



Abschlussbericht

Projekt: „Verminderung der Schwarzfleckigkeit bei Kartoffeln unter besonderer Berücksichtigung der Knollenphysiologie“

Das Forschungsvorhaben wurde vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Fördernummer 03HS052 und der Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung e.V. (GFP), Fördernummer K 69/05 HS gefördert.



Laufzeit: 01.04.2005 bis 31.01.2009

Berichtszeitraum:

Zwischenbericht: 01.04.2005 bis 31.03.2006

Kurzbericht: 01.04.2006 bis 31.08.2006

Kurzbericht: 01.09.2006 bis 31.03.2007

Zwischenbericht: 01.04.2007 bis 31.07.2008

Kurzbericht: 01.08.2008 bis 31.01.2009

Abschlussbericht: 01.04.2005 bis 31.01.2009

Projektleitung:

Prof. Dr. Elke Pawelzik

Abteilung Qualität pflanzlicher Erzeugnisse
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Georg-August-Universität Göttingen

Carl-Sprengel Weg 1

37075 Göttingen

Tel.: 0551 395545

Fax.: 0551 395570

E-mail: epawelz@gwdg.de

Projektbearbeitung:

M. Sc. Antje Wulkow

Abteilung Qualität pflanzlicher Erzeugnisse
Department für Nutzpflanzenwissenschaften

Georg-August-Universität Göttingen

Carl-Sprengel Weg 1

37075 Göttingen

Tel.: 0551 396452

Fax.: 0551 395570

E-mail: awulkow@gwdg.de

Zusammenarbeit mit anderen Stellen:

Versuchsstation Dethlingen

Dethlingen 14

29633 Munster

Max-Rubner Institut,

Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide

Schützenberg 10

32756 Detmold

Leibniz-Institut für Agrartechnik

Potsdam-Bornim e.V.

Max-Eyth-Allee 100

14469 Potsdam

Göttingen, 30.04.2009

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	iii
Abbildungsverzeichnis.....	v
Tabellenverzeichnis.....	v
Abkürzungsverzeichnis.....	vi
1 Einleitung.....	1
1.1 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes.....	1
1.2 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde.....	2
1.3 Planung und Ablauf des Projektes.....	3
2 Material und Methoden.....	5
2.1 Ermittlung der Neigung zu Schwarzfleckigkeit.....	7
2.2 Ermittlung des oxidativen Potentials.....	7
2.3 Ermittlung des Wasserzustandes in den Knollen.....	8
2.4 Ermittlung der Stärkekonzentration.....	8
2.5 Ermittlung der Trockenmassekonzentration.....	8
2.6 Ermittlung der Konzentration von Bestandteilen der Zellwand.....	9
2.7 Ermittlung der Konzentration zytoplasmatischer Bestandteile.....	9
2.8 Ermittlung der Zellgröße.....	10
2.9 Ermittlung der antioxidativen Kapazität.....	10
2.10 Ermittlung von Enzymaktivitäten.....	10
2.10.1 Ermittlung der Aktivität der Superoxiddismutase.....	10
2.10.2 Ermittlung der Aktivität der Ascorbatperoxidase.....	11
2.10.3 Ermittlung der Aktivität der Polyphenoloxidase.....	12
2.11 Ermittlung der Proteinkonzentration.....	12
2.12 Ermittlung der Polyphenolkonzentration.....	12
2.13 Ermittlung der Konzentration organischer Säuren.....	12
2.13.1 Konzentration von L-Ascorbinsäure.....	12
2.13.2 Konzentration von Chlorogensäure.....	12
2.13.3 Konzentration von Weinsäure, Äpfelsäure, Zitronensäure, Bersteinsäure, Fumarsäure.....	13

2.14	Ermittlung der Konzentration von Aminosäuren.....	13
2.15	Ermittlung der Konzentration der Nährstoffe	13
2.16	Empirische Datenanalyse.....	14
3	Ergebnisse.....	15
3.1	Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse.....	15
3.2	Voraussichtlicher Nutzen und Verwendbarkeit der Ergebnisse	18
4	Zusammenfassung.....	20
5	Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen	21
6	Literatur zu den Kapiteln 1, 2, 3.2 und 5	27
7	Anhang.....	34

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Knollen einer Kartoffelsorte (A) mit zunehmender Neigung zu Schwarzfleckigkeit (v.l.) nach der Ernte 2006	3
Abb. 2 Knollen einer Kartoffelsorte (B) mit zunehmender Neigung zu Schwarzfleckigkeit (v.l.) nach der Ernte 2006	3

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Ausgewählte Eigenschaften der untersuchten Sorten (Bundessortenamt 2004/2005/2006)	5
Tab. 2 Standorteigenschaften und Informationen zum Anbau der Kartoffeln	6
Tab. 3 Gegenüberstellung geplanter (hellgrau) und durchgeführter (dunkelgrau) Arbeitsschritte im Untersuchungszeitraum 2005, wobei zusätzliche Arbeitsschritte kursiv dargestellt sind und die Proteinkonzentration, anders als geplant, im Frischmaterial analysiert wurde (*)	23
Tab. 4 Gegenüberstellung geplanter (hellgrau) und durchgeführter (dunkelgrau) Arbeitsschritte im Untersuchungszeitraum 2006, wobei zusätzliche Arbeitsschritte kursiv dargestellt sind und die Proteinkonzentration, anders als geplant, im Frischmaterial analysiert wurde (*)	24
Tab. 5 Gegenüberstellung geplanter (hellgrau) und durchgeführter (dunkelgrau) Arbeitsschritte im Untersuchungszeitraum 2007, wobei zusätzliche Arbeitsschritte kursiv dargestellt sind und die Proteinkonzentration, anders als geplant, im Frischmaterial analysiert wurde (*)	25
Tab. 6 Gegenüberstellung geplanter (hellgrau) und durchgeführter (dunkelgrau) Arbeitsschritte im Untersuchungszeitraum 2008/9, wobei zusätzliche Arbeitsschritte kursiv dargestellt sind und die Proteinkonzentration, anders als geplant, im Frischmaterial analysiert wurde (*)	26

Abkürzungsverzeichnis

$^1\text{O}_2$	singlet oxygen	Singulett-Sauerstoff
ABTS	2,2'-azino-bis (3-ethyl-benzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt	
APX	ascorbate peroxidase	Ascorbatperoxidase
AsA	ascorbate	Ascorbat
B	boron	Bor
BSA	Federal Plant Variety Office	Bundessortenamt
BSI	blackspot index	Schwarzfleckigkeitsindex
C	carbon	Kohlenstoff
Ca	calcium	Kalzium
CAT	catalase	Katalase
Cl	chlorine	Chlor
Cu	copper	Kupfer
CUPRAC	copper (II) (or cupric) reducing antioxidant capacity	Kupfer-reduzierende antioxidative Kapazität
DAsA	dehydroascorbate	Dehydroascorbat
DAsAR	dehydroascorbate reductase	Dehydroascorbatereduktase
DOPA	dihydroxyphenylalanin	Dihydroxyphenylalanin
DP	discolouration potential	oxidatives Potential
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl scavenging assay	Test zur Abnahme von 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl
Fe	iron	Eisen
FRAP	ferric reducing ability of plasma	plasmatische Fähigkeit Eisen zu reduzieren
GAE	gallic acid equivalent	Gallussäureäquivalent
GFP		Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung
GR	glutathione reductase	Glutathionreduktase
H	hydrogen	Wasserstoff
H_2O_2	hydrogen peroxide	Wasserstoffperoxid
HO^\cdot	hydroxyl radical	Hydroxylradikal
H-ORAC	hydroxyl radical averting capacity	Kapazität zur Vermeidung einer Hydroxylradikalbildung
HPLC	high pressure liquid chromatography	Hochdruckflüssigkeitschromatographie
K	potassium	Kalium
MDAsA	monodehydroascorbate	Monodehydroascorbat
MDAsAR	monodehydroascorbate reductase	Monodehydroascorbatereduktase

Mg	magnesium	Magnesium
Mn	manganese	Mangan
Mo	molybdenum	Molybdän
N	nitrogen	Stickstoff
Ni	nickel	Nickel
O	oxygen	Sauerstoff
O ₂ ⁻	superoxide radical	Super- oder (Hyper-) oxidradikal
O ₃	ozone	Ozon
ORAC	total oxygen radical absorbance capacity	Gesamtkapazität, Sauerstoff zu binden
P	phosphorus	Phosphor
POD	peroxidase	Peroxidase
PPO	polyphenol oxidase	Polyphenoloxidase
PUFAs	poly unsaturated fatty acids	mehrfach ungesättigte Fettsäuren
ROO ⁻	peroxyl radikal	Peroxyradikal
ROS	reactive oxygen species	freie Sauerstoffradikale
R	gas constant	allgemeine Gaskonstante
S	selenium	Selen
SOD	superoxide dismutase	Superoxiddismutase
T	temperature	Temperatur
TEAC	trolox equivalent antioxidant capacity	Trolox entsprechende antioxidative Kapazität
TOSC	oxyradical scavenging capacity	Sauerstoffradikal-verringemde Kapazität
TRAP	total radical trapping antioxidant parameter	Gesamtradikalbindende antioxidative Kenngröße
Trolox	6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchoman-2-carboxylic acid	
Zn	zinc	Zink

1 Einleitung

Das Forschungsprojekt der BLE 03HS052 wurde als Entscheidungshilfe- Vorhaben gefördert. Im Bereich von Untersuchungen zur Bewertung und Verbesserung der Qualität von agrarischen Urprodukten, Lebensmitteln und sonstigen Produkten über die gesamte Prozesskette wurde der innere Qualitätsmangel Schwarzfleckigkeit bei Kartoffeln physiologisch erforscht.

1.1 Ziele und Aufgabenstellung des Projektes

Der ganzheitliche Forschungsansatz des Projektes hatte das Ziel, zum generellen Verständnis der Reaktionsmechanismen der Schwarzfleckigkeit in Kartoffelknollen beizutragen. Basierend auf den Erkenntnissen zu physiologischen Vorgängen in der Kartoffelknolle und unter Berücksichtigung guter fachlicher Praxis über die einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette Züchtung – Anbau – Lagerung – Abpackung – Handel – Verbraucher sollten zunächst kritische Punkte für die Entstehung von Schwarzfleckigkeit identifiziert werden, die zukünftig von den einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette genutzt werden können, um Schwarzfleckigkeit bei Kartoffeln und daraus resultierende finanzielle Verluste nachhaltig zu reduzieren.

Bezug zu den förderpolitischen Zielen

Die Ergebnisse der Untersuchungen sollen in die gute fachliche Praxis integrierbar sein. Sie können den Kartoffelproduzenten weitere Möglichkeiten aufzeigen, durch angemessene Standortwahl, Anbaumaßnahmen (Düngung, Wasserversorgung) und Ernteverfahren die Neigung zu Schwarzfleckigkeit zu verringern. Für Lagerungs- und Abpackbetriebe sowie Händler sollen ebenfalls geeignete Bedingungen beschrieben werden, die Neigung zu Schwarzfleckigkeit im Nacherntebereich zu minimieren. Für die Züchtung können die vorliegenden Ergebnisse Möglichkeiten aufzeigen, die sortenspezifische Neigung zu Schwarzfleckigkeit genetisch zu beeinflussen.

Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele

Anhand der Ziele des Forschungsprojektes wurden nachstehend einzelne Untersuchungsschwerpunkte formuliert:

- Analyse der Bedeutung der Knollenphysiologie (Knollenalter) für die Ausprägung der Schwarzfleckigkeit
- Weitere Aufklärung der ablaufenden biochemischen und biophysikalischen Vorgänge beim Auftreten der Verfärbung; Identifizierung von „Schlüsselsubstanzen“. Erkenntnisse zu den Relationen (Verhältnissen), in denen die an der Verfärbung beteiligten Substanzen vorliegen, damit eine Empfindlichkeit gegenüber Schwarzfleckigkeit gegeben ist.
- Die Ermittlung des Einflusses der Lagerung auf den Pektingehalt der Zellwände und den Veresterungsgrad sowie die Wirkung membrangebundener Enzyme und deren Auswirkung auf die Verfärbungsneigung

1.2 Wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Während der Ernte kann die Auswahl geeigneter Roder und deren fachgerechte Bedienung die mechanische Belastung der Knollen vermindern und somit deren Neigung zu Schwarzfleckigkeit bestimmen (Specht 1997, Peters 1999). Anschließend geringe Transportbewegungen zwischen dem Roden und den Abtrocknen der Knollen verringert zusätzlich potenzielle Beanspruchungen (Schuhmann 2001). Nach der Ernte wird die Qualität der Knollen u. a. durch deren Transportbedingungen beeinflusst, wobei der Transport mehrere Etappen von der Lagerhalle des Erzeugers zu den Zwischen- und Aufbereitungsanlagen des Handels und weiter zu Zwischenlagern und Kaufhallen des Handels umfassen kann. Weitestgehend optimale Transport- und Aufbereitungsmaßnahmen, wie u. a. bei Schuhmann (2001) beschrieben, können helfen, das Risiko mechanischer Belastungen für die Knollen und somit deren Neigung zu Schwarzfleckigkeit zu verringern.

Verschiedene Umweltbedingungen während der Vegetation können ebenfalls die Neigung zu Schwarzfleckigkeit beeinflussen (McGarry 1996). Einige Untersuchungen zeigten, dass die sortenspezifische Neigung zu Schwarzfleckigkeit zwischen unterschiedlichen Vegetationsperioden entweder unverändert bleibt (Dean et al. 1993) oder verschieden sein kann (Workman und Holm 1984, Mondy und Munshi 1993, Lærke et al. 2002). Unterschiede scheinen überwiegend bedingt durch standortspezifische Faktoren wie Bodenart, Bodenwassergehalt und Nährstoffzufuhr (McNabney 1999, van Loon und van den Berg 2003/4, Kirk et al. 2006) und können teilweise durch standortangepasste Anbaumaßnahmen (Bodenvorbereitung, Beregnung, Drainage, Düngung) ausgeglichen werden (Pawelzik und Delgado 1999, Thornton und Bohl 2000, Davenport et al. 2005), wobei deren Einfluss auf die stoffliche Zusammensetzung der Knollen, die deren unterschiedlichen Neigung zu Schwarzfleckigkeit bewirkt (Kirk et al. 2006) begrenzt bleibt (Thornton und Timm 1990).

Die stoffliche Zusammensetzung der Knollen ist ebenfalls abhängig von der Länge der Vegetationsperiode (Kolbe und Stephan-Beckmann 1997). Während Schuhmann (2001) die unbedingte sortentypische Ausreifung (nach chemischer Sikkation bei beginnender Krautvergilbung und bei Stärkegehalten der Knollen, die zu 80 % dem sortentypischen Stärkegehalt entsprechen) der Knollen zur Erhaltung der Qualität einfordert, zeigen Untersuchungen von Pavek et al. (1985), Corsini et al. (1999), Thornton und Bohl (2000) sowie Kirk et al. (2006), dass eine vorzeitige Ernte der Knollen (nach chemischer Sikkation grünen Krautes oder bevor 40 % des Krautes gelb sind) deren Neigung zu Schwarzfleckigkeit verringern kann.

Kartoffelsorten neigen unterschiedlich zu Schwarzfleckigkeit (McNabney et al. 1999, Wirsing 2001, Heinecke 2007). Die sortenspezifische Neigung zu Schwarzfleckigkeit wird als Schwarzfleckigkeitsindex (Schuhmann 2001) in der jährlich erscheinenden Beschreibenden Sortenliste des Bundessortenamtes berücksichtigt und spiegelt die zu erwartende Beschädigung der Knollen in allen Phasen des Produktionsprozesses wider, wobei der Schwarzfleckigkeitsindex keine genauen Aussagen über die Art und Höhe eventuell entstehender Qualitätsmängel beschreibt (Leppack 2001).

Grundsätzlich zeigt sich, dass Knollen einer Kartoffelsorte (Abb. 1) oder verschiedener Kartoffelsorten (Abb. 1 und 2) gegenüber einer definierten Belastung unterschiedlich reagieren können. Aus diesem Grund wird die Neigung zu Schwarzfleckigkeit vermutlich von mehreren Einflussfaktoren bestimmt (Thornton und Timm 1990).



Abb.1 Knollen einer Kartoffelsorte (A) mit zunehmender Neigung zu Schwarzfleckigkeit (v.l.) nach der Ernte 2006



Abb.2 Knollen einer Kartoffelsorte (B) mit zunehmender Neigung zu Schwarzfleckigkeit (v.l.) nach der Ernte 2006

Kartoffellagerung ist auf Grund der ständigen Nachfrage nach frischer und verarbeitungsfähiger Ware unumgänglich, wobei sich während der Lagerung die Neigung zu Schwarzfleckigkeit ändern kann. In einer Vielzahl von bisher dazu durchgeführten Untersuchungen werden unterschiedliche Ergebnisse gewonnen. Zum Einen wird während der Lagerung die Neigung zu Schwarzfleckigkeit erhöht (Dean et al. 1993, Sabba und Dean 1996, Edgell et al. 1998, Lærke 2001), zum Anderen verringert (Workman und Holm 1984, Delgado et al. 2001, Lærke et al. 2002) oder beides erfolgt in Abhängigkeit der Dauer der Lagerung und der eingelagerten Sorte (Heinecke 2007). McGarry (1996) erwähnt rückblickend ebenfalls unterschiedliche Ergebnisse. Die Mehrzahl o. g. Autoren vermutet physiologische Veränderungen der Knollen während der Lagerung, die möglicherweise eine veränderte Neigung zu Schwarzfleckigkeit bewirken.

1.3 Planung und Ablauf des Projektes

Versuchsvorhaben

Entsprechend der wissenschaftlichen und technischen Arbeitsziele des Projektes erfolgte die Ermittlung der einzelnen Einflussgrößen auf die Neigung zu Schwarzfleckigkeit durch die Untersuchung acht verschiedener, überregional bedeutender Speisekartoffelsorten. Deren Auswahl erfolgte auf Empfehlung der am Projekt beteiligten GFP. Das Knollenmaterial wurde in den Jahren 2005, 2006 und 2007 in einer kartoffelintensiven Anbauregion Niedersachsens erzeugt. Der Einfluss des Erntezeitpunktes auf die sortenspezifische Neigung zu Schwarzfleckigkeit wurde ermittelt, indem neben dem praxisüblichen Erntezeitpunkt (etwa 160 Tage nach dem Pflanzen) in den Jahren 2006 und 2007 jeweils eine Vorernte (etwa 150 Tage nach dem Pflanzen) der Knollen erfolgte. Die Knollen wurden nach der Ernte

für fünf und acht Monate gelagert. Während der Lagerung können physiologische Veränderungen in den Knollen stattfinden, die deren Neigung zu Schwarzfleckigkeit beeinflussen. Während des gesamten Untersuchungszeitraumes wurden Anbau, (Vor) Ernte und Lagerung der Kartoffeln praxisüblich und termingerecht durchgeführt. Die anschließenden chemisch-biochemischen Untersuchungen erfolgten mit dem Ziel physiologische Vorgänge in den Knollen zu erfassen und deren Einfluss auf die Neigung zu Schwarzfleckigkeit zu bewerten.

Wissenstransfer in die Praxis

Zur Information der Zielgruppen des Forschungsprojektes wurde am 12. Februar 2008 ein Statusseminar mit dem Thema „Schwarzfleckigkeit bei Kartoffeln - Einblicke in aktuelle Arbeiten der Forschung & landwirtschaftlichen Praxis“ durchgeführt (siehe Anhang). Das Seminar fand im Department für Nutzpflanzenwissenschaften in der Abteilung Qualität pflanzlicher Erzeugnisse der Georg-August-Universität Göttingen statt. Das Programm umfasste eine Einführung in die Problematik und die Vorstellung gegenwärtiger Forschungsarbeiten. Dabei wurden eigene Forschungsergebnisse vorgestellt, die Schwarzfleckigkeit bei Kartoffeln im Zeitraum 2005 bis 2007 und mögliche physiologische Ursachen aufzeigten. Außerdem informierten Gastwissenschaftler über die Anmerkung zur Aussagekraft einer Schwarzfleckigkeitsbonitur vor dem Hintergrund schwankender Trockenmassekonzentrationen, die Möglichkeiten zur Reduzierung der Schwarzfleckigkeit in der Praxis und die Möglichkeit der Integration des Schwarzfleckigkeitsindex als zusätzliches Boniturnstrument in Abpackbetrieben. Das Statusseminar wurde von einer zusammenfassenden Diskussion und einem Meinungsaustausch aller Beteiligten begleitet.

Darüber hinaus wurden aktuelle Zwischenergebnisse regelmäßig auf eingeladenen Fachtagungen der Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung (GFP) in Bonn (2005, 2006, 2007 und 2008) sowie während den Tagungen der Arbeitsgemeinschaft Kartoffelforschung e.V. (AGK e.V.) in Detmold (2007, 2008 und 2009) vorgetragen. Ebenso wurden einige Zwischenergebnisse während der internationalen Tagung der Europäischen Gemeinschaft für Kartoffelforschung (EAPR) in Brasov/Rumänien (2008) präsentiert. Außerdem wurden Zwischenergebnisse, die bereits zur Verbesserung der Knollenqualitäten während des Kartoffelanbaus führen können, auf dem Sächsischen Kartoffeltag in Groitzsch (2009) vorgestellt.

Neben den mündlichen Vorträgen erfolgten Ergebnispräsentationen ebenfalls auf Postern bei der Tagung der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung (DGQ) in Kiel (2007) sowie bei der Tagung der Europäischen Gemeinschaft für Kartoffelforschung (EAPR) in Brasov/Rumänien (2008) und der Tagung der Deutschen Gesellschaft für Pflanzenernährung (DGP) in Osnabrück (2009) (siehe Anhang).

Außerdem wurde zur Information verschiedener Zielgruppen ein Artikel mit aktuellen Zwischenergebnissen in der Fachzeitschrift Kartoffelbau (2008) veröffentlicht (siehe Anhang).

2 Material und Methoden

Die Untersuchung der Neigung zu Schwarzfleckigkeit erfolgte bei acht Speisekartoffelsorten aus verschiedenen Reifegruppen, die das Spektrum der Neigung zu Schwarzfleckigkeit bei Kartoffeln weitgehend charakterisierten (Tab. 1).

Tab. 1 Ausgewählte Eigenschaften der untersuchten Sorten (Bundessortenamt 2004/2005/2006)

Sorte	Reifegruppe	Kochtyp	Neigung zu Schwarzfleckigkeit
Afra	mittelfrüh	mehligkochend	mittel
Adretta	mittelfrüh	mehligkochend	mittel
Granola	mittelfrüh	vorw. festkochend	mittel
Nicola	mittelfrüh	festkochend	niedrig
Renate	früh	festkochend	niedrig bis mittel
Gala	früh	vorw. festkochend	sehr niedrig
Marabel	früh	vorw. festkochend	sehr niedrig
Lolita	mittelfrüh	vorw. festkochend	sehr niedrig

Der Anbau der Sorten erfolgte in den Jahren 2005, 2006 und 2007 nach den Regeln guter fachlicher Praxis. Als Versuchsfelder wurden Standorte mit ähnlichen Eigenschaften gewählt, um den Einfluss äußerer Faktoren auf den Versuch gering zu halten (Tab. 2).

Tab. 2 Standorteigenschaften und Informationen zum Anbau der Kartoffeln

Anbauinformation	Versuchsjahr							
	2005		2006		2007			
Versuchsstandort	Dethlingen							
Eigenschaften des Versuchsstandortes vor jeder Vegetationsperiode (Gehaltsklasse)								
Bodenart	humoser Sand							
Ackerzahl	25							
Tiefe (cm)	0 bis 30		30 bis 60		0 bis 30		30 bis 60	
pH-Wert (CaCl ₂)	5,2	5,0	5,6	5,7	5,3	5,1		
Wassergehalt (g kg ⁻¹)	160	70	160	100	140	60		
P (g kg ⁻¹)	57 (B)	2 (A)	58 (C)	4 (A)	44 (B)	2 (A)		
K (g kg ⁻¹)	60 (B)	40 (B)	67 (C)	46 (C)	55 (C)	23 (A)		
Mg (g kg ⁻¹)	72 (C)	13 (A)	42 (C)	12 (A)	57 (C)	7 (A)		
B (mg kg ⁻¹)	0,6 (C)	0,4 (C)	0,3 (C)	0,1 (A)	0,2 (C)	0,04 (A)		
Cu (mg kg ⁻¹)	3,7 (E)	0,2 (A)	3,9 (E)	0,3 (A)	1,1 (C)	0,1 (A)		
Mn (mg kg ⁻¹)	5,1 (A)	0,4 (A)	16,1 (A)	1,1 (A)	2,8 (A)	0,3 (A)		
NH ₄ (kg ha ⁻¹)	12	0	4	2	5	2		
NO ₃ (kg ha ⁻¹)	-		5	3	10	4		
N _{min} (kg ha ⁻¹)	12	7	9	5	15	6		
Letzte Vorfrucht	Wintergerste							
Legen	05. April		15. April		05. April			
Düngung (kg ha ⁻¹)								
N	120		119		117			
P ₂ O ₅	108		92		120			
K ₂ O	280		240		240			
CaO	-		-		58			
Pflanzenschutz (L ha ⁻¹) oder (kg ha ⁻¹)								
bedarfsorientiert nach guter fachlicher Praxis								
Vorernte	-		11. bis 15. Sept.		27. bis 30. August			
Ernte	05. bis 08. Sept.		25. bis 29. Sept.		11. bis 15. Sept.			

Nach der Ernte der Knollen erfolgte deren Sortierung nach dem Knollengrößen- Quadratmaß, wobei zur weiteren Untersuchung nur Knollen einer Größe von 40 bis 50 mm genutzt wurden. Die sortierten Knollen wurden gedrittelt, wobei ein Teil der Knollen sofort analysiert wurde. Die übrigen zwei Drittel wurden für fünf und acht Monate bei 4°C und zusätzlich bei 8°C (nur in 2007) und 95 % relativer Luftfeuchte eingelagert.

Die Knollen wurden zu Beginn jedes Untersuchungstermins nach spezifischen Dichten von <1,055 bis >1,095 kg L⁻¹ gradiert, wobei sie in Salzwasserbäder mit verschiedenen NaCl- Konzentrationen getaucht wurden. Anschließend wurden die gradierten Knollen in zwei Gruppen geteilt, wobei bei einer Gruppe die Neigung zu Schwarzfleckigkeit getestet wurde und an der zweiten Gruppe erfolgten physiologische und chemisch- biochemische Untersuchungen, die im Folgenden beschrieben werden. Es wurde je nach Untersuchungsmethode frisches, gefrorenes oder gefriergetrocknetes und vermahlene Knollenmaterial verwendet.

2.1 Ermittlung der Neigung zu Schwarzfleckigkeit

Die Neigung zu Schwarzfleckigkeit bezeichnet den prozentualen Anteil verfärbter Knollen am gesamten untersuchten Knollenmaterial und wurde nach der vorgeschlagenen Methode des Bundessortenamtes (BSA) ermittelt. Jede Untersuchung erfolgte dreimal, wobei pro Untersuchung 6 L kalte (4°C bis 5°C) Knollen in einer Pflanzenwaschmaschine mit drehender Trommel (Flottwerk H. J. Dames GmbH & Co. KG, Rotenburg a. d. F., Germany) belastet wurden. Nach einer Ruhepause von 48 h wurden die Knollen längst halbiert und eine halbe Knolle wurde visuell nach den Richtlinien des BSA bonitiert. Folgende vier Ausprägungsstufen wurden bei der Bonitur berücksichtigt:

- keine Schwarzfleckigkeit (Σ_1)
- leichte Schwarzfleckigkeit, die ein Viertel der Knolle umfasst und weniger als 5 mm in das Knolleninnere reicht (Σ_2)
- mittlere Schwarzfleckigkeit, die ein Viertel der Knolle umfasst und mehr als 5 mm in das Knolleninnere reicht oder die Hälfte der Knolle umfasst und weniger als 5 mm in das Knolleninnere reicht (Σ_3)
- schwere Schwarzfleckigkeit, die im stärkeren Maße auftritt als zuvor beschrieben (Σ_4).

Der Anteil schwarzfleckiger Knollen ($\Sigma_2, \Sigma_3, \Sigma_4$) an allen bonitierten Knollen ($\Sigma_{\text{gesamt}} = \Sigma_1 + \Sigma_2 + \Sigma_3 + \Sigma_4$) wurde als Schwarzfleckigkeitsindex (%) berechnet:

$$BSI (\%) = (0,3\Sigma_2 + 0,5\Sigma_3 + \Sigma_4) / \Sigma_{\text{tuber}} * 100 \quad (1)$$

2.2 Ermittlung des oxidativen Potentials

Das oxidative Potential der Knollen wurde in frisch homogenisiertem Material (McNabney et al. 1999) aus dem Nabel- und Kronenende der Knollen untersucht (Lærke et al. 2002, Dean et al. 1993, Delgado et al. 2001). Dafür wurde das Knollenmaterial mit einer NaH₂PO₄-Pufferlösung (0,05 mol L⁻¹) mittels Ultra-Turrax (Janke & Kunkel, IKA lab technics, Germany) vermengt und die Absorption des zentrifugierten Überstandes spektrophotometrisch bei 475 nm an einem UV-Vis spectral system (HP 8453, Germany) ermittelt. Die Ergebnisse wurden als Absorptionseinheiten (AU_{475nm}) ausgedrückt.

2.3 Ermittlung des Wasserzustandes in den Knollen

Der Wasserzustand der Knollen wird zum einen durch deren Wasserkonzentration (Wassermasse oder Wasservolumen) und zum zweiten durch das chemische Potential des Wassers in den Zellen bestimmt (Galindo et al. 2004b, von Willert et al. 1995). Das chemische Potential des Wassers bezeichnet das gegenwärtige Wasserpotential, welches durch die entsprechende osmotische Komponente (osmotisches Potential) und Druckkomponente (Binnendruck oder Turgor) beschrieben wird (Galindo et al. 2004b).

Der Wasserzustand der Knollen wurde an Gewebeproben aus dem Nabel- und Kronenbereich (6 mm Durchmesser und 2 mm dick) ermittelt, die mittels Korkbohrer der Knolle entnommen wurden. Dabei enthielt das untersuchte Material beide Gewebearten Rinden- und Grundgewebe, die von Schwarzfleckigkeit betroffen sein können.

Das Wasserpotential der Gewebeproben wurde psychrometrisch (von Willert et al. 1995) in 10 C-52 Taupunkthygrometerkammern gemessen, die durch PS-10-Umschaltboxen an ein HR-33T Mikrovoltmeter angeschlossen waren (Wescor Inc., Logan, USA). Die vorgewogenen Gewebeproben (FM_i) wurden in tiefe Probenhalter der C-52 Taupunkthygrometerkammern gelegt und 60 min bei geschlossener Kammer equilibriert. Nach der Messung des Wasserpotentials wurden die Gewebeproben aus der Probenkammer entfernt, deren Frischmasse erneut gewogen (Elektrowaage BP 210 S, Satorius AG, Göttingen, Germany). Anschließend transpirierten die Gewebeproben 30 min an der Luft. Die Messung des Wasserpotentials wurde wiederholt. Danach wurden die Gewebeproben in vorgewogene 1,5 ml Reaktionsgefäße (Eppendorf AG, Hamburg, Germany) überführt, gefroren, aufgetaut und 3 min zentrifugiert (14000xg, MiniSpin® plus, Eppendorf AG, Hamburg, Germany). Im Überstand wurde der molale Gehalt osmotisch wirkender Substanzen (c_{osm} ; $mmol\ kg^{-1}$) mit einem Vapour-Druck-Osmometer (VAPRO 5520, Wescor Inc., Logan, USA) bestimmt. Das Ergebnis wurde genutzt um das osmotische Potential (Ψ_π) der Gewebeprobe mittels van't Hoff'scher Gleichung ($\Psi_\pi = c_{osm} * \rho_{solution} * R * T$; c.f. von Willert et al. 1995) zu berechnen. Die berechnete Differenz zwischen dem Wasserpotential und dem osmotischen Potential stellt den Binnendruck (Ψ_p) dar. Die Trockenmassekonzentration (TM) des Gewebes wurde ermittelt nach Trocknung der Gewebeprobe über 24 h bei 85°C und ermöglichte die anschließende Berechnung des Wasservolumens als $((FM-DM)/FM * 1000)$. Die wiederholte Messung des Wasserpotentials veränderte den Binnendruck und die Frischmasse der Gewebeproben. Deren relative Änderung in der Frischmasse als volumetrischer Modulus der Elastizität (ϵ , c.f. von Willert et al. 1995) beschrieben werden kann und nach Landahl et al. (2004) als $\epsilon = (\Delta\Psi_p)/\Delta FM * FM_i$ berechnet wurde.

2.4 Ermittlung der Stärkekonzentration

Die Konzentration der Stärke wurde an gefriergetrocknetem Knollenmaterial nach der ICC- Standardmethode Nr. 123/ 1 (2006) bestimmt.

2.5 Ermittlung der Trockenmassekonzentration

Die Konzentration der Trockenmasse in frischen Knollen wurde analog zu Naumann and Bassler (1976) ermittelt.

2.6 Ermittlung der Konzentration von Bestandteilen der Zellwand

Die Konzentration des Zellwandmaterials wurde in gestückelten und gefroren Knollen ermittelt. Die Analyse erfolgte an Knollenmaterial, das aus Kartoffelmark und –schale bestand, sowie nur an Kartoffelmark oder –Schale (2 mm dick). Zunächst wurden 60 g Knollenmaterial (frisches Material) mit 80°C warmen denaturiertem Ethanol (95 %) mittels Ultra-Turrax (Janke & Kunkel, IKA lab technics, Germany) (Keijbets and Pilnik 1974) vermischt und anschließend zentrifugiert. Von dem gewonnenen ethanolunlöslichen Zellwandmaterial (entfettetes Material) wurden 2 g genutzt, um darin enthaltene Stärke mittels Kaltwasserextraktion über einem Nylonsieb (Porengröße von >100 µm) auszuwaschen. Das stärkefreie Zellwandmaterial (stärkefreies Material) wurde bei 40 °C für 12 h im Trockenschrank (MMM-Group, Typ Ecocell, Germany) getrocknet und gewogen (trockenes stärkefreies Material). Die Konzentration von Zellwandbestandteilen größer als > 100µm wurde berechnet (2):

$$\text{trockenes Zellwandmaterial (g kg}^{-1}\text{FM)} = \left(\frac{\text{Material}_{\text{entfettet}} * \text{Material}_{\text{trocken, stärkefrei}} * 100}{\text{Material}_{\text{stärkefrei}} * \text{Material}_{\text{frisch}}} \right) * 1000 \quad (2)$$

Die Konzentration von Pektin im trockenen Zellwandmaterial und der Veresterungsgrad des Pektins wurden durch die Kupfer (Cu²⁺)-Austauschmethode ermittelt. Dafür wurde 0,1 g trockenes Zellwandmaterial genutzt, um Filtrate herzustellen, die die Pektinkonzentration (Filtrat A) und den Veresterungsgrad des Pektins (Filtrat B) symbolisieren (Pardede 2004, Braun 1989, Längerer et al. 1978, Bäuerle et al. 1977, Tibensky et al. 1963). Anschließend wurden mit einer 0,5 % C₁₄H₂₂N₄O₂-Lösung die sorbierten Cu²⁺-Ionen in den Filtraten gegen H⁺-Ionen ausgetauscht. In Abhängigkeit der Konzentration an sorbierten Cu²⁺-Ionen färbte sich die 0,5 % C₁₄H₂₂N₄O₂-Lösung blau, wobei deren Lichtabsorption bei 560 nm spektrophotometrisch mit einem UV-Vis spectral system (HP 8453, Germany) ermittelt wurde. CuSO₄*5H₂O-Standardlösungen mit Cu²⁺-Konzentrationen von 0, 0,5, 1, 2, 3, 4, 5 mg L⁻¹ wurden genutzt um die Cu²⁺-Konzentration der Filtrate zu ermitteln. Die Ergebnisse ermöglichten die Berechnung der Konzentration (3) und des Veresterungsgrades (4) des Pektins in Kartoffeln:

$$\text{Pektin (g kg}^{-1}\text{FM)} = \left[\left(\frac{190B - 14A}{317.5 * 1000 * W} \right) * 1000 * 5 \right] * \left(\frac{\text{trockenes Zellwandmaterial} \cdot (\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}\text{FM})}{1000} \right) \quad (3)$$

$$\text{Grad der Pektinveresterung} \cdot (\%) = [(B - A) * 100] / B \quad (4)$$

A = Pektinkonzentration in Filtrat A (mg L⁻¹), B = Grad der Pektinveresterung in Filtrat B (mg L⁻¹), W = trockenes Zellwandmaterial (g kg⁻¹FM)

Die Differenz aus dem trockenen Zellwandmaterial (2) und der Pektinkonzentration (3) wurde berechnet und beschreibt weitere Bestandteile des Zellwandmaterials (Zellulose und Hemicellulose), die nicht als Pektin identifiziert wurden.

2.7 Ermittlung der Konzentration zytoplasmatischer Bestandteile

Die Konzentration zytoplasmatischer Bestandteile in der Frischmasse der Knollen wurde rechnerisch als Differenz der Trockenmasse und des addierten Konzentrationen von Stärke und trockenem Zellwandmaterial ermittelt.

2.8 Ermittlung der Zellgröße

Die Größe der Rindenzellen aus dem Nabel- und Kronengewebe der Knollen wurde unter dem Mikroskop gemessen. Dafür wurden die Gewebeproben mit einer Rasierklinge, entnommen, abwechselnd in Ethanol und Wasser getaucht (um die Stärke zu entfernen) und anschließend auf einen Objektträger gelegt und mit einem Deckglas versehen. Durch eine bei vierzigfacher Vergrößerung geeichte Messskala im Okular konnte die Zellgröße bestimmt werden. Hierbei entsprach ein Abstand auf der Messskala einem Wert von 25 µm. Die durchschnittliche Zellgröße jeder Gewebeprobe entspricht der Größe von drei gemessenen Zellen, die im Gewebeverband nicht unmittelbar nebeneinander lagen.

2.9 Ermittlung der antioxidativen Kapazität

Die antioxidative Kapazität der Knollen spiegelt die Summe antioxidativ wirkender Substanzen wider. Diese besitzen u. a. Eisen-reduzierende Fähigkeiten, die durch die FRAP-Methode ermittelt werden können. Ebenso wurde durch die Nutzung der H-ORAC-Methode die Möglichkeit die Bildung von Hydroxylradikalen zu verringern gemessen.

Die Anwendung der FRAP-Methode setzte eine manuelle Zerkleinerung des gefrorenen Knollenmaterials bei 4°C voraus. Anschließend wurden 3 g des Knollenmaterials genutzt um daraus freie, zellwandassoziierte (Leo et al. 2008, Civello et al. 1995, Keutgen und Pawelzik 2007) und wasserunlösliche (George et al. 2004) antioxidativ wirkende Substanzen zu extrahieren. Die freien antioxidativ wirkende Substanzen wurden durch einen 0,1 M KH₂PO₄-Puffer (pH 6.0) gewonnen. Die zellwandassoziierten antioxidativ wirkenden Substanzen wurden durch zweifache Anwendung einer 1M NaCl-Lösung entzogen. Wasserunlösliche antioxidativ wirkende Substanzen wurden durch Zugabe des Lösungsmittels n-Hexane extrahiert. Die Bestimmung der Konzentration antioxidativ wirkender Substanzen erfolgte mit einem UV-Vis spectral system (HP 8453, Germany) bei 595 nm im Vergleich zu 1 mM FeSO₄*7H₂O-Standartlösungen (Benzie und Strain 1996), die im jeweiligen Extraktionsmedium hergestellt wurden. Die Ergebnisse stellen die gesamte FRAP-Aktivität (mmol kg⁻¹ FM) in frischem Knollenmaterial dar.

Die H-ORAC-Methode nach Boxin et al. (2002) wurde modifiziert und bei gefriergetrocknetem Knollenmaterial von Mark und Schale angewendet. Dabei wurden 100 mg Knollenmaterial in 2 ml einer Lösung bestehend aus Aceton:destilliertes Wasser:Essigsäure im Verhältnis 70:29,5:0,5 (pH 5.0) für 1 h inkubiert. Das Stoffgemisch wurde 10 min bei 5000 rpm zentrifugiert (Janetzki T-30, Germany) und der verbleibende Überstand zur spektrophotometrischen Analyse der H-ORAC-Aktivität verwendet. Die Ergebnisse beschreiben die relative H-ORAC Aktivität auf der Grundlage von Gallussäureequivalenten (GAE) in frischem Knollenmaterial.

2.10 Ermittlung von Enzymaktivitäten

Die Enzyme Superoxiddismutase (EC 1.15.1.1, EC 1.15.1.2), Ascorbatperoxidase (EC 1.11.1.11) und Polyphenoloxidase (EC 1.14.18.1) liegen in Kartoffelzellen entweder frei im Zytoplasma vor oder sind membranassoziiert. Heinecke (2007) stellte fest, dass die Aktivität membranassoziiierter Enzyme in Kartoffeln höher ist, als die Aktivität freier Enzyme. Die in ihrer Arbeit beschriebenen Methoden für die Bestimmung der Enzymaktivitäten wurden modifiziert und an gefrorenem Knollenmaterial durchgeführt, wobei ausschließlich die Aktivitäten membranassoziiierter Superoxiddismutase, Ascorbatperoxidase und Polyphenoloxidase gemessen wurden.

2.10.1 Ermittlung der Aktivität der Superoxiddismutase

Superoxiddismutase katalysiert die Reaktion $2 O_2^- + 2 H^+ \rightarrow H_2O_2 + O_2$. In pflanzlichen Zellen bildet

sich das Sauerstoffradikal O_2^- bei ungünstigen Umweltbedingungen, wobei dessen Konzentration durch die Aktivität der Superoxiddismutase begrenzt werden kann. In wässrigen Lösungen kann die Bildung von O_2^- durch das Enzym Xanthin-Oxidase (Katalysator der Reaktion $Xanthin + O_2 + H_2O \rightarrow$ Harnsäure + $O_2^- + 2H^+$) zur Bildung von O_2^- genutzt werden, welches umgehend Nitro-Blautetrazolium (NBT) reduziert. Dabei entsteht ein blauer Farbstoff, dessen Bildung entsprechend der Aktivität der Superoxiddismutase gehemmt wird. Zur Bestimmung der Aktivität der Superoxiddismutase modifiziert nach Keutgen und Pawelzik (2007), Lester et al. (2004), McCord und Fridovich (1969) und Fridovich (1995) wurde eine Reaktionslösung mit 1,33 mM DETEPAC-Lösung (entspricht Idranal, Riedl de Heän, Germany), 1,8mM Xanthin-Lösung (Sigma-Aldrich, Germany), Katalase ($40U\ ml^{-1}$) (Sigma-Aldrich, Germany), 2,24 mM NBT-Lösung (Merck, Germany) und 0,05 M KH_2PO_4 -Pufferlösung (KMF optichem, Germany) genutzt. Die Absorption des blauen Farbstoffs wurde spektrophotometrisch mit einem UV-Vis spectral system (HP 8453, Germany) bei 560 nm ermittelt. Dazu wurde zunächst ein Kontrollwert bestimmt, der die Absorptionsänderung der 1 M NaCl-Extraktionslösung im 20-Sekundenintervall bei einem 3-Minuten Messintervall beschreibt. Die Reduktionsrate betrug 0,015 bis 0,025 je Minute und kennzeichnete die optimal gewählte Konzentration des Enzym Xanthin-Oxidase. Zur Bestimmung der Superoxiddismutaseaktivität im Knollenmaterial wurden 800 μ l Reaktionslösung mit 100 μ l Probe (NaCl-Extrakt des Knollenmaterials) gemischt und deren Absorption bei 560 nm gemessen. Anschließend erfolgte die Zugabe von 100 μ l Xanthin-Oxidase und die wiederholte Messung der Absorption bei 560 nm nach einer Inkubationszeit von 30 Minuten. Die Hemmung der Enzymaktivität wurde nach Formel (5) berechnet:

$$Inhibition (\%) = \frac{\Delta Blank - \Delta Probe}{\Delta Blank} \quad (5)$$

Anschließend wurde die Aktivität der Superoxiddismutase in Einheiten (Units) berechnet, wobei eine Unit definiert ist als die Enzymaktivität die benötigt wird, um die Reduktionsrate des NBT um 50 % zu hemmen. Die Units wurden mit dem Faktor 16,67 multipliziert und die Darstellung der Ergebnisse in Katal (kat) dem internationalen Einheitensystem angepasst (6):

$$\mu kat\ kg^{-1}\ FM = \left(\left(\frac{Inhibition}{50} \right) / Einwaage \right) * 16,67 \quad (6)$$

Einwaage: $3\ g \pm 0,3g$ Knollenmaterial

2.10.2 Ermittlung der Aktivität der Ascorbatperoxidase

Ascorbatperoxidase katalysiert die Reduktion von H_2O_2 zu H_2O , wobei Ascorbat als Elektronendonator dient, dessen Oxidation bei einer Wellenlänge von 265 nm mit einem UV-Vis spectral system (HP 8453, Germany) gemessen wurde. Die Bestimmung der Ascorbatperoxidaseaktivität im Knollenmaterial erfolgte in Anlehnung an die beschriebene Methode von Nakano und Asada (1981) und Lester et al. (2004). Als Reaktionslösung diente 0,3 mM L(+)-Ascorbinsäure (Roth, Germany) und 0,06 mM Triplex III (EDTA, Merck, Germany) gelöst in einer 0,05 M KH_2PO_4 -Pufferlösung (KMF optichem, Germany). Von dieser Lösung wurden 2200 μ l mit 600 μ l Probe (NaCl-Extrakt des Knollenmaterials) gemischt und 200 μ l H_2O_2 unmittelbar vor der Messung hinzugefügt. Gemessen wurde der Absorptionsrückgang im 20-Sekundenintervall. Als Kontrollwert diente NaCl, das Extraktionsmittel der Probe.

Die Berechnung der Ascorbatperoxidaseaktivität erfolgte nach dem Lambert-Beer'schen Gesetz ($\Delta E = \epsilon_{mol} * c * d$), bei linearem Verhältnis zwischen Konzentration der Probe und gemessener Absorption (7):

$$\mu\text{kat kg}^{-1}\text{FM} = \left(\left(\left(\frac{V * \Delta E / \text{min}}{\varepsilon_{\text{mol}} * V_p * d} \right) * a \right) / \text{Einwaage} \right) * 16,67 \quad (7)$$

V: Gesamtvolumen (ml), $\Delta E / \text{min}$: Absorptionsänderung pro Minute, ε_{mol} : Extinktionskoeffizient ($6,3 * 10^3 \text{ mol}^{-1} * \text{cm}^{-1}$), V_p : Probevolumen, d: Schichtdicke der Küvette (cm), a: Verdünnungsfaktor (hier 1000), Einwaage: $3 \text{ g} \pm 0,3 \text{ g}$ Knollenmaterial

2.10.3 Ermittlung der Aktivität der Polyphenoloxidase

Die Bestimmung der Polyphenoloxidaseaktivität erfolgte nach der Methode der Messung der Catecholaseaktivität (Ashida 1971), u. a. modifiziert nach Partington et al. (1999). Polyphenoloxidase katalysiert in Kartoffeln die Hydroxylierung von Monophenolen zu L-Dopa und anschließend zu Dopaquinone aus dem u. a. Melanin gebildet werden kann. Dopa (3-3,4-Dihydroxyphenyl-L-alanin) (Fluka, Germany) wurde als Reaktionslösung zur Messung der Polyphenoloxidaseaktivität verwendet. Von dieser Lösung wurden $600 \mu\text{l}$ mit $40 \mu\text{l}$ Probe (NaCl-Extrakt des Knollenmaterials) und $860 \mu\text{l}$ $0,05 \text{ M}$ KH_2PO_4 -Pufferlösung (KMF optichem, Germany) gemischt und bei einer Wellenlänge von 490 nm in einem UV-Vis spectral system (HP 8453, Germany) wiederholt gemessen. Die erste Messung erfolgte direkt nach dem Mischen. Die zweite Messung wurde nach einer Inkubationszeit von 30 Minuten im Wasserbad bei 30°C durchgeführt. Die Enzymaktivität (Units) beschreibt die Menge, die eine Absorptionsänderung von 0,01 bewirkt. Die berechneten Ergebnisse (8) beschreiben die Enzymaktivität in Katal (kat):

$$\mu\text{kat kg}^{-1}\text{FM} = \left(\left(\frac{\Delta E}{0,01} \right) / \text{Einwaage} \right) \quad (8)$$

$\Delta E / \text{min}$: Absorptionsänderung pro Minute, Einwaage: $3 \text{ g} \pm 0,3 \text{ g}$ Knollenmaterial

2.11 Ermittlung der Proteinkonzentration

Die Konzentration membranassoziierter Proteine wurde im Knollenmaterial nach Extraktion mit NaCl nach der Methode von Bradford (1976) gemessen. Die Quantifizierung erfolgte im Vergleich zu einer Proteinstandardlösung aus Rinder-Serum-Albumin (BSA, Sigma-Aldrich, Germany) aus den Proteinstandardlösungen von 0 bis $1500 \mu\text{g ml}^{-1}$ hergestellt wurden. Proteinstandardlösung bzw. Probe, Extraktionslösung und Bio-Rad Farbreagenz (Bio-Rad, USA) im Verhältnis 1:1:5 wurden bei einer Wellenlänge von 595 nm a einem UV-Vis spectral system (HP 8453, Germany) gemessen. Die Proteinkonzentration im frischen Knollenmaterial wurde berechnet (9):

$$\text{Protein} \left(\text{g kg}^{-1}\text{FM} \right) = \left((a / \text{Einwaage}) * C \right) / 1000 \quad (9)$$

a: Verdünnungsfaktor, Einwaage: $3 \text{ g} \pm 0,3 \text{ g}$ Knollenmaterial, C: Proteinkonzentration ($\mu\text{g ml}^{-1}$)

2.12 Ermittlung der Polyphenolkonzentration

Die Polyphenolkonzentration wurde in 100 mg gefriergetrocknetem Knollenmaterial nach Extraktion mit 2 ml einer Lösung bestehend aus Aceton:destilliertes Wasser:Essigsäure im Verhältnis 70:29,5:0,5 (pH 5,0) ermittelt. Grundlage der Analyse war die Methode von Singleton und Rossi (1965).

2.13 Ermittlung der Konzentration organischer Säuren

2.13.1 Konzentration von L-Ascorbinsäure

Der Konzentration von L-Ascorbinsäure in frischem Knollenmaterial wurde mittels Farbumschlag durch Titration (Beutler und Beinstingl 1980) ermittelt.

2.13.2 Konzentration von Chlorogensäure

Die Chlorogensäurekonzentration wurde in 200 mg gefriergetrocknetem Knollenmaterial nach der Methode von Griffiths et al. (1992) spektrophotometrisch mittels UV-Vis spectral system (HP 8453, Germany) gemessen. Chlorogensäurestammlösungen von 0 bis 350 mg L⁻¹ wurden zur Quantifizierung genutzt.

2.13.3 Konzentration von Weinsäure, Äpfelsäure, Zitronensäure, Bersteinsäure, Fumarsäure

Zur Ermittlung der Konzentrationen von Weinsäure, Äpfelsäure, Zitronensäure, Bersteinsäure, Fumarsäure wurde 1g gefriergetrocknetes Knollenmaterial mit einer Lösung aus 85 mM Carrez I ((K₄(Fe(CN₆))*3H₂O) und 250 mM Carrez II (ZnSO₄*7H₂O) sowie destilliertem Wasser im Verhältnis 1:1:5 gemischt und filtriert (MN 616md ¼, Macherey-Nagel, Germany). Eine Reaktivierung der wässrigen Lösung erfolgte mit Dichlormethan, welches durch Filtration durch 0,45 µm Filter (Millipore) wieder entfernt wurde. Anschließend wurden die Konzentrationen der organischen Säuren mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC) gemessen (Garcia-Viguera et al. 1994) und für die Knollenfrischsubstanz dargestellt.

2.14 Ermittlung der Konzentration von Aminosäuren

Mit Ausnahme von Prolin (PRO) wurden die Konzentration der Aminosäuren Alanin (ALA), Arginin (ARG), Asparagin (ASN), Asparaginsäure (ASP), Glutamin (GLN), Glutaminsäure (GLU), Glycin (GLY), Isoleucin (ILE), Leucin (LEU), Lysin (LYS), Methionin (MET), Phenylalanin (PHE), Serin (SER), Threonin (THR), Tyrosin (TYR), Valin (VAL) nach wiederholter Extraktion des gefriergetrockneten Knollenmaterials mit 0,1 M HCL mittels Hochdruckflüssigkeitschromatographie (HPLC) inklusive Fluoreszenzdetektion quantitativ gemessen (Cohen und Michaud 1993).

Die Prolinkonzentration wurde nach der Methode von Steubing und Fangmeier (1992) ermittelt.

2.15 Ermittlung der Konzentration der Nährstoffe

Zur Bestimmung der Nährstoffkonzentrationen wurde gefriergetrocknetes Knollenmaterial in HNO₃ (65 %) (Roth, Germany) (Kuennen et al. 1982) bei 175°C für 12 h in Teflondruckbehältern (Aysola et al. 1987) gelöst. Anschließend wurden die Proben mit destilliertem Wasser verdünnt, so dass zur Nährstoffanalyse Proben mit einer Konzentration von 40 % HCL zur Verfügung standen. Die Bestimmung der Phosphorkonzentration erfolgte standardisiert nach §35 LMBG L 06.00/9 (Wilhelm et al. 1993) mit einem UV-Vis spectral system (HP 8453, Germany). Die Absorption der Proben wurde bei 436 nm gemessen und deren Phosphorkonzentration quantitativ gegen die Absorption von KH₂PO₄-Stammlösungen mit Phosphorkonzentrationen zwischen 0 und 14 mg L⁻¹ berechnet.

Die Konzentrationen von Selen, Bor, Eisen, Calcium und Magnesium wurden mit einem induktiv gekoppelten Plasma-Massen-Spektrometer (ICP-MS) bestimmt, wobei standardisierte Methoden des Geowissenschaftlichen Zentrums der Fakultät für Geowissenschaften und Geografie an der Georg-August-Universität Göttingen genutzt wurden. Die Konzentration der einzelnen Nährstoffe wurde anhand deren charakteristischer Isotope ermittelt (Makishima et al. 1997; Müller et al. 2003). Dafür wurden mehrfach konzentrierte Stammlösungen mit Se, B and Fe und mit Ca und Mg inklusive internem Standard hergestellt und zur quantitativen Berechnung der Nährstoffkonzentrationen der Proben verwendet.

Die Kaliumkonzentration wurde mittels Atomabsorption (Unicam Solaar M Series) (Westermann et al. 1994, McNabney et al. 1999) gemessen.

Obwohl in der Literatur Nährstoffkonzentrationen oftmals in der Trockenmasse der Knollen dargestellt wurden (z. B. Locascio et al. 1992, Bergmann 1993, Bamberg et al. 1998, Putz 1998, Seppänen et al.

2003, Turakainen et al. 2004, 2006, Nitsch 2005, Rogozińska et al. 2005, Sulaiman 2005, Dilworth et al. 2007), wurden in der vorliegenden Untersuchung die Nährstoffkonzentrationen für frisches Knollenmaterial berechnet. Die Trockenmasse selbst beeinflusst bereits die Neigung zu Schwarzfleckigkeit (siehe Anhang) und kann möglicherweise Einflüsse von Nährstoffen auf die Neigung zu Schwarzfleckigkeit verzerren.

2.16 Empirische Datenanalyse

Die Untersuchungsergebnisse wurden im Statistikprogramm Sigma Stat (STAT32) verrechnet. Die Normalverteilung und Standardabweichung ($p = 0.05$) aller Daten wurde ermittelt. Anschließende Varianzanalysen erfolgten für Sorten und Dichten. Berechnete Mittelwerte wurden durch den Tukey-Test ($p \leq 0.05$) verglichen. Korrelationen zwischen normal verteilten Daten wurden mit dem Pearson Korrelationskoeffizienten ermittelt. Die Berechnungen der Ergebnisse zeigen statistische Unterschiede zwischen den Sorten oder Knollen verschiedener spezifischer Dichten. Sie zeigen keine statistischen Unterschiede zwischen Knollen verschiedener spezifischer Dichten innerhalb einer Sorte. Die graphische Darstellung der Ergebnisse erfolgte überwiegend mit dem Programm Sigma Plot 2001 (SPSS Inc. SigmaPlot for Windows).

3 Ergebnisse

3.1 Ausführliche Darstellung der wichtigsten Ergebnisse

Der empirische Vergleich der Ergebnisse der untersuchten Faktoren ermöglichte es, deren Einfluss auf die Neigung zu Schwarzfleckigkeit zu bewerten. Dabei zeigte sich, dass die Zellgröße (siehe Anhang) sowie die Konzentration der Proteine (siehe Anhang), Polyphenole (siehe Anhang) und freien Aminosäuren (siehe Anhang) keinen Einfluss auf die Neigung zu Schwarzfleckigkeit hatten. Daher wurden diese Faktoren nicht für den gesamten Untersuchungszeitraum berücksichtigt und diskutiert. Außerdem bot die Auswertung der Konzentrationen der organischen Säuren (siehe Anhang) keine Diskussionsgrundlage.

Der Schwarzfleckigkeitsindex, der die Neigung zu Schwarzfleckigkeit beschreibt, wurde durch mechanische Belastungen der Knollen ermittelt. Diese Methode gilt als Standortverfahren des Bundessortenamtes und basiert auf praxisnahen Testbedingungen. Allerdings benötigt man zur Durchführung mindestens 48 h. Weniger zeitaufwendig sind Methoden, mit denen die Verfärbung von homogenisiertem Kartoffelmaterial spektrophotometrisch gemessen werden kann. Nach Dean et al. (1993), Delgado et al. (2001), Lærke et al. (2002) und McNabney et al. (1999) gilt die Ermittlung des oxidativen Potentials als indirektes Verfahren, um Schwarzfleckigkeit zu ermitteln. Beide Methoden wurden vergleichend bei Kartoffeln angewendet, die in den Jahren 2005 und 2006 geerntet und anschließend gelagert wurden. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass sich der Schwarzfleckigkeitsindex mit zunehmender spezifischer Dichte der Knollen erhöht, unabhängig vom Untersuchungstermin. Das oxidative Potential wurde nach der Ernte 2006 ($r^2=0,39$; $p=0,05$) und nach fünf Monaten Lagerung ($r^2=0,38$; $p=0,05$) von der spezifischen Dichte beeinflusst. Nach der Ernte 2005 sowie nach acht Monaten Lagerung und nach der Ernte 2006 sowie nach fünf und acht Monaten Lagerung korrelierte der Schwarzfleckigkeitsindex mäßig mit dem oxidativen Potential ($r^2>0,68$; $p=0,05$). Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass das oxidative Potential indirekt Schwarzfleckigkeit widerspiegeln kann, wenn verschiedene Sorten, die im selben Jahr geerntet wurden, verglichen werden. Die Bestimmung des oxidativen Potentials basiert auf der Messung der Farbe ganzer homogenisierter Knollen, daher sind jahres- bzw. lagerungsübergreifende vergleichende Messungen nicht möglich, da die Gewebefarbe der Knollen ebenfalls umweltabhängig ist, unabhängig von deren Neigung zu Schwarzfleckigkeit.

Der Schwarzfleckigkeitsindex variierte während des gesamten Untersuchungszeitraumes. Grundsätzlich erhöhte sich der Schwarzfleckigkeitsindex mit zunehmender spezifischer Dichte der Knollen. Im Einzelnen hatten Knollen, die im Jahr 2005 geerntet wurden nach fünf Monaten Lagerung einen signifikant geringeren Schwarzfleckigkeitsindex, als nach der Ernte und nach acht Monaten Lagerung. Im darauffolgenden Jahr hatten frisch geerntete Knollen den gleichen Schwarzfleckigkeitsindex, wie im Vorjahr. Der Schwarzfleckigkeitsindex erhöhte sich allerdings nach fünf Monaten Lagerung signifikant. Knollen die im Jahr 2007 geerntet wurden hatten einen signifikant höheren Schwarzfleckigkeitsindex, als Knollen vorangegangener Jahre, wobei der Schwarzfleckigkeitsindex mit zunehmender Lagerungsdauer sank. Knollen, die in den Jahren 2006 und 2007 etwa zehn Tage vor dem üblichen Erntetermin gerodet wurden, hatten signifikant geringere Schwarzfleckigkeitsindices.

Die Ergebnisse zeigen, dass der Erntezeitpunkt Schwarzfleckigkeit beeinflusst. Der Erntezeitpunkt kann ebenfalls unterschiedliche Nährstoffkonzentrationen in Kartoffelknollen bewirken (Putz 1998). Es liegt die Vermutung nahe, dass die Nährstoffkonzentrationen per se bereits einen Einfluss auf Schwarzfleckigkeit ausüben (White et al. 2007). Vor diesem Hintergrund wurden die Konzentrationen der Nährstoffe K, Ca, Mg, P, B, Se und Fe untersucht, da diese Nährstoffe auf Grund ihrer Funktionen die Schwarzfleckigkeit beeinflussen können (u. a. Bergmann 1993, Mondy and Munshi 1993, Tzeng

et al. 1986, Terry et al. 2000, siehe Anhang). Ergebnisse der Untersuchungen zeigten, dass Knollen, die zwei Wochen vor dem üblichen Erntetermin gerodet wurden, bereits ausreichend mit Nährstoffen versorgt waren, ausgenommen K. Die Kaliumkonzentration erhöhte sich mit zunehmender spezifischer Dichte und Länge der Vegetationsperiode. Diese ertragsrelevante Wirkung von K wurde bereits von Westermann et al. (1994) beschrieben. Ca war in dreifach höherer Konzentration in den untersuchten Knollen enthalten, im Vergleich zu anderen Untersuchungen (Putz 1998, Lærke 2001, Dilworth et al. 2007). Hohe Nährstoffkonzentrationen können in Pflanzenzellen toxisch wirken (Bergmann 1993). Toxische Wirkung von Ca wurden bisher nicht beschrieben (Bergmann 1993). Wulkow et al. (2007) stellten fest, dass Ca in hohen Konzentrationen in den Vakuolen der Zellen gespeichert wird und bei Bedarf mobilisierbar ist. Zur Untersuchung des Einflusses hoher Kalziumkonzentrationen auf die Funktion der übrigen Nährstoffe wurden die Nährstoffverhältnisse K/B, Ca/B, P/B, P/Fe berechnet. Nach Bergmann (1993) ist es möglich mittels relativer Nährstoffkonzentrationen in diesem Fall die Verfügbarkeit von Mikronährstoffen zu ermitteln. Ein Verhältnis 240:1 entspricht einer ausgeglichenen Nährstoffkonzentration. Ein Verhältnis von 1200:1 deutet auf einen relativen Mikronährstoffmangel hin. Ein Verhältnis von 7:1 beschreibt zu hohe Mikronährstoffkonzentrationen. Von zwölf möglichen Makro:Miko-Nährstoffverhältnissen korrelierten die Verhältnisse K/B, Ca/B, P/B und P/Fe teilweise mit dem Schwarzfleckigkeitsindex. Die Ca/B, P/B und P/Fe-Verhältnisse lagen während des gesamten Untersuchungszeitraumes bei etwa 240:1. Die Ergebnisse lassen vermuten, dass eine hohe Kalziumkonzentration keinen Einfluss auf die Funktion der übrigen Nährstoffe hatte. Allerdings war das K/B-Verhältnis bei allen untersuchten Knollen zu Gunsten des K verschoben. Daher liegt die Vermutung nahe, dass auf Grund eines relativen Bormangels der Zellstoffwechsel und die Qualität der Knollen beeinflusst wurde. Bormangelsymptome, wie raue, korkrissige Schalen und darunterliegendes nekrotisiertes Gewebe waren jedoch nicht sichtbar. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass bei Knollen, deren Vegetationszeit bei normalen Witterungsbedingungen (1250 Sonnenscheinstunden, 15°C, 564mm Niederschlag) mindestens 150 Tage beträgt, der Erntezeitpunkt die Schwarzfleckigkeit beeinflusst, sofern ausreichend Wasser vorhanden ist, welches die Nährstoffverfügbarkeit sichert. Die praxisübliche Erhaltungsdüngung ermöglichte eine ausreichende Nährstoffversorgung der Knollen, die mit dem Ziel gedüngt wurden optimale Erträge zu erzielen.

Der Wassergehalt von Kartoffelknollen kann Schwarzfleckigkeit beeinflussen (Bajema et al. 1998, Baritelle und Hyde 2001, Corsini et al. 1999, Pawelzik und Delgado 1999), denn bei Wasserverlust ändert sich die Membranintegrität und enzymatische Bräunungsreaktionen können erfolgen, wie es bei *Nephegium lappaceum* (Landrigan et al. 1996) beobachtet wurde. Der Wassergehalt kann beschrieben werden durch die Konzentration des Wassers in den Knollen, dessen chemischem Potential, dem Wasserpotential, dem osmotischen Potential und der Osmolalität sowie dem Turgor. Diese Größen sowie die Elastizität der Zellen wurden im Nabel- und Kronengewebe von Knollen verschiedener spezifischer Dichten nach den Ernten in 2006 und 2007 sowie nach fünf und acht Monaten Lagerung gemessen. Der Wassergehalt im Nabel- und Kronengewebe war nicht signifikant verschieden voneinander. Der Turgordruck lag zwischen 0,25 und 0,45 MPa und war nicht verschieden von Sorten aus anderen Untersuchungen (Alvarez et al. 2000, Brusewitz et al. 1998, Laza et al. 2001, Lærke 2001). Während der Lagerung wurden osmotisch aktive Substanzen in den Knollen akkumuliert, die eine Aufrechterhaltung des Turgors während der gesamten Lagerung ermöglichte. Daten aus den vorliegenden Untersuchungen zeigen, dass Kartoffeln durch osmotische Anpassung in der Lage sind bei kühlen Temperaturen ihre Keimbereitschaft und damit ihre Vitalität aufrecht zu erhalten. Die Aufrechterhaltung des Turgors spricht für die Erhaltung der Membranintegrität und hatte somit keinen Einfluss auf die unterschiedliche Neigung zu Schwarzfleckigkeit im Lager.

Allerdings hat die Wasserversorgung der Knollen während der Vegetationsperiode einen Einfluss auf die Schwarzfleckigkeit, denn Knollen, die im Jahr 2007 geerntet wurden hatten einen signifikant geringen Turgor und eine signifikant höherer Schwarzfleckigkeit, im Vergleich zu Knollen, die im Jahr 2006 geerntet wurden. Die untersuchten Knollen neigten, trotz gleichen Turgors innerhalb einer Vegetationsperiode, unterschiedlich zu Schwarzfleckigkeit, somit scheint Schwarzfleckigkeit stärker durch die nicht-wässrigen Bestandteile, d. h. die Trockenmasse beeinflusst zu werden. Die Trockenmasse setzt sich zu 80 % aus Stärke, zu 10 % aus zytoplasmatischen Bestandteilen und zu 10 % Zellwandmaterialien (Lærke 2001) zusammen. Um den Einfluss der Trockenmasse auf die Schwarzfleckigkeit zu untersuchen, wurde die Konzentration der Stärke, der zytoplasmatischen Bestandteile sowie des Pektins ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, dass Knollen mit verschiedenen spezifischen Dichten definierte Trockenmassekonzentrationen haben, unabhängig von der Sorte, der Vegetationsperiode und der Lagerung. Die Trockenmasse der Knollen korreliert eng mit der Schwarzfleckigkeit ($P < 0,01$; $R^2 = 0,36$) während des gesamten Untersuchungszeitraumes. Stärke ist Hauptbestandteil der Trockenmasse ($P < 0,01$; $R^2 = 0,74$) und steigt mit zunehmender spezifischer Dichte ($P < 0,01$; $R^2 > 0,38$). Knollen mit gleicher spezifischer Dichte hatten gleiche Stärkekonzentrationen, ausgenommen nach der Ernte 2005 und anschließender Lagerung von 8 Monaten. Die Stärkekonzentration war eng mit Schwarzfleckigkeit korreliert ($P < 0,01$; $R^2 = 0,37$).

Trockenes Zellwandmaterial umfasste 0,3 bis 16 % der Trockenmasse, korrelierten aber nicht mit Schwarzfleckigkeit ($P > 0,05$). Etwa 0,04 bis 0,6 % des Zellwandmaterials liegen als Pektin vor. Restliches Zellwandmaterial wird in Form von Zellulosen und Hemizellulosen bereitgestellt. Beide Komponenten beeinflussen die Zellwandfestigkeit von Kartoffelknollen (Bush et al. 2001). Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass die Dicke und Festigkeit der Zellwand zwar andere Arten von qualitativen Beschädigungen (Quetschungen, Stoß, Bruch) beeinflusst (Baritell und Hyde 2003), aber nicht mit Schwarzfleckigkeit korreliert ist, denn Schwarzfleckigkeit wird erst nach dem Schälen oder zerschneiden der Knollen sichtbar.

Es wurde ein teilweiser Zusammenhang zwischen den Enzymaktivitäten der Superoxiddismutase (EC 1.15.1.1), Ascorbatperoxidase (EC 1.11.1.11) und Polyphenoloxidase (EC 1.14.18.1) sowie der antioxidativen Kapazitäten (gemessen als die plasmatische Fähigkeit Eisen zu reduzieren FRAP) und Schwarzfleckigkeit ermittelt. Die Ermittlung der Enzymaktivitäten und antioxidativen Kapazitäten erfolgten nur in Knollen, die im ersten Drittel des Untersuchungszeitraumes geerntet wurden. Die Ergebnisse zeigen, dass unterschiedliche Sorten signifikant unterschiedliche Enzymaktivitäten und antioxidative Kapazitäten besitzen, die nur geringfügig durch die spezifische Dichte der Knollen beeinflusst wird. Aufgrund der schützenden Funktion, die die Kartoffelschale besitzt, waren ebenfalls Enzymaktivitäten und die antioxidative Kapazitäten in der Schale höher, als im Mark. Mit zunehmender Lagerungsdauer erhöhte sich die Aktivität der Superoxiddismutase. Die Aktivität der Ascorbatperoxidase erhöhte sich entsprechend der Ascorbinsäuregehalte in den Knollen nach fünf Monaten Lagerung und verringerte sich nach acht Monaten Lagerung. Auch die Aktivität der Polyphenoloxidase verringerte sich nach mehrmonatiger Lagerung. Die Enzymaktivitäten sowie die antioxidativen Kapazität und deren Einfluss auf die Schwarzfleckigkeit waren zwar nur schwach signifikant, dennoch besaßen die zu Schwarzfleckigkeit neigenden Sorten tendenziell höhere Polyphenoloxidaseaktivitäten und geringere antioxidative Kapazitäten, als Sorten, die weniger zu Schwarzfleckigkeit neigten. In Knollen der Sorten Granola, Nicola und Renate wurde eine negative Korrelation ($r = -0,5$ bis $-0,8$; $p < 0,05$) zwischen der Aktivität der Superoxiddismutase und deren Schwarzfleckigkeit ermittelt. Es liegt die Vermutung nahe, dass die Superoxiddismutase der Polyphenoloxidase die benötigten freien Sauerstoffradikale entzieht und somit deren Einfluss auf die Bildung von Schwarzfleckigkeit prägt. Weiterhin wurden

Wechselwirkungen zwischen den Aktivitäten der Ascorbatperoxidase und der Superoxiddismutase festgestellt, da die Ascorbatperoxidase das Wasserstoffperoxid, welches während der Aktivität der Superoxiddismutase gebildet wird, abbaut. Die antioxidative Kapazität war vor allem bei festkochenden Kartoffelsorten mit deren Schwarzfleckigkeit korreliert. Anhand vorliegender Ergebnisse lag der Schwerpunkt weiterführender Untersuchungen bei der Bestimmung der antioxidativen Kapazität in separiertem Kartoffelmark und separierter Kartoffelschale sowie in Kartoffelknollen mit unterschiedlicher spezifischer Dichte und unterschiedlicher Schwarzfleckigkeit (siehe Anhang). Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass die antioxidative Kapazität, gemessen als H-ORAC (hydroxyl radical averting capacity) und FRAP (ferric reducing ability of plasma), in der Kartoffelschale grundsätzlich signifikant höher ist, als im Kartoffelmark. Es wird daher angenommen, dass vor allem phenolische Verbindungen, die überwiegend in der Schale konzentriert sind antioxidativ wirken. Antioxidative Kapazitäten, die in der vorliegenden als H-ORAC und FRAP gemessen worden sind, korrelierten gering mit der spezifischen Dichte der Knollen bzw. mit deren Schwarzfleckigkeit. Daher wird vermutet, dass beide angewendeten Methoden nicht in der Lage sind substratspezifische Bindung freier Sauerstoffradikale zu messen. Die Bindung freier Sauerstoffradikale scheint notwendig zu sein, um die Aktivität der Polyphenoloxidase und die damit verbundene Entstehung von Schwarzfleckigkeit zu hemmen. Freie Sauerstoffradikale können enzymatisch sowie nicht-enzymatisch gebunden werden. Nicht-enzymatische antioxidative Verbindungen in Kartoffelknollen sind u. a. Quercitin (Lindberg Madsen et al. 2000, Liu et al. 2008) und β -Karotinoide (Reyes et al. Smirnoff et al. 1995), die in gelbfleischigen Kartoffeln höher konzentriert sind, als in weißfleischigen Kartoffeln (Reddivari et al. 2007, Stushnoff et al. 2008). Auf Grund vorliegender Ergebnisse wird vermutet, dass u. a. β -Karotinode die Bildung von Schwarzfleckigkeit beeinflussen, da die gelbfleischige Sorte Gala im gesamten Untersuchungszeitraum kaum schwarzfleckig war.

3.2 Voraussichtlicher Nutzen und Verwendbarkeit der Ergebnisse

Die Neigung von Kartoffelknollen zu Schwarzfleckigkeit kann mittels Schwarzfleckigkeitsindex bestimmt und berechnet werden und ist abhängig von einer Vielzahl von Faktoren, die unterschiedlich gruppiert werden können, um ihren Einfluss auf die Entstehung des Qualitätsmangels zu beschreiben. McGarry et al. (1996) fassten die Faktoren zusammen, welche die Art der Entstehung der Schwarzfleckigkeit beeinflussen, Sortenmerkmale beschreiben und physikalisch, physiologisch und biochemisch wirken. Lærke (2001) konzentrierte sich auf Faktoren, die entweder einen anatomischen und/oder physikalischen sowie einen physiologischen Einfluss ausüben. In der vorliegenden Arbeit werden die untersuchten Faktoren im Kontext mit **Stabilität** und **Empfindlichkeit gegenüber Schwarzfleckigkeit** beschrieben. Diese vorgenommene Einteilung ermöglicht es erstmals, die Neigung zu Schwarzfleckigkeit ganzheitlich darzustellen und konkrete Maßnahmen abzuleiten, die zur Verminderung der Entstehung des Qualitätsmangels beitragen.

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass eine Optimierung der Anbau-, Nachernte- und Lagerbedingungen für Kartoffeln deren Stabilität gegenüber Schwarzfleckigkeit erhöhen kann. Die **Stabilität** gegenüber Schwarzfleckigkeit wird nach unseren Erkenntnissen maßgeblich beeinflusst durch das **Verteilungsspektrum von Knollen verschiedener spezifischer Dichten** innerhalb einer Sorte und Pflanze. Dabei ist die Bildung von Knollen verschiedener spezifischer Dichten abhängig von der Verteilung und Akkumulation von Trockenmasse und Wasser in den Knollen (Bussieres et al. 1993, Kolbe und Stephan-Beckmann 1997, Struik et al. 1991). Es ist bereits bekannt, dass die Trockenmassebildung teilweise durch ackerbauliche Maßnahmen beeinflusst werden kann. Nach Struik et al. (1990) ist die Konkurrenz der Knollen um Reservestoffe abhängig von der Anzahl knollenbildender Stängel und deren Konkurrenz um Reservestoffe. Dies betrifft sowohl Haupt- als auch Nebenstängel. Der Haupt-

stängel wird direkt von der Pflanzknolle gebildet. Dessen Entwicklung ist wiederum vom physiologischen Alter der Pflanzknolle (reguliert durch die Vegetationsverhältnisse während des Wachstums und Lagerungsbedingungen) und deren Größe, Form, Genotyp, Vorkeimungen und Keimschädigungen während des Legens abhängig und wird durch Umweltbedingungen nach dem Legen (Feuchte, Temperatur, Bodenstruktur) beeinflusst. Die Nebenzweige, als unterirdische Verzweigungen des Hauptstängels, können durch die Pflanzdichte, Stickstoffdüngung sowie durch die Größe und das physiologische Alter der Pflanzknolle beeinflusst werden. Eine relativ gleichmäßige Knollenentwicklung wird u. a. durch gleichmäßige Pflanzabstände und durch Pflanzknollen gleicher Größensortierung und physiologischen Alters bei optimaler Bestandesführung gefördert und kann nach den vorliegenden Ergebnissen dazu beitragen die Neigung zu Schwarzfleckigkeit zu verringern. Dabei sollte eine optimale Bestandesführung auch eine zusätzliche bedarfsorientierte Beregung beinhalten, die neben einer ausreichenden Nährstoffzufuhr eine ausreichende Konzentration von Wasser in den Knollen ermöglicht, um deren Stabilität gegenüber Schwarzfleckigkeit zu erhöhen. Außerdem wird bestätigt, dass eine ertragsorientierte Düngung Nährstoffmangel bei Kartoffeln und damit verbundene Qualitätsverluste vermindert. Eine zusätzliche Nährstoffversorgung führt jedoch nicht zu einer erhöhten Stabilität der Knollen gegenüber Schwarzfleckigkeit.

Die abgeschlossenen Untersuchungen zeigen, dass die **Empfindlichkeit** für Schwarzfleckigkeit, verursacht durch die Konzentration schwarzfleckigkeitsfördernder oder -hemmender Substanzen potentiell durch züchterische Bearbeitung beeinflusst werden kann. Eine Beeinflussung der Konzentration **antioxidativ wirkender Substanzen** kann nach unseren Erkenntnissen die Neigung zu Schwarzfleckigkeit verändern. Die vorliegenden Ergebnisse lassen vermuten, dass Sauerstoffradikale, die unter Stressbedingungen (einschließlich mechanischem Stress) übermäßig produziert werden, durch Elektronenakzeptoren (u. a. Flavonole, Flavone, β -Karotinoide) gebunden werden können, bevor diese für die Melaninsynthese nutzbar sind. Hinsichtlich der züchterischen Beeinflussung der Neigung zu Schwarzfleckigkeit ist allerdings zu bedenken, dass Melanin einerseits als Folge von mechanischem Stress gebildet wird, dass es jedoch andererseits auch antioxidativ wirken kann, weil es in der Lage ist freie Sauerstoffradikale aufzunehmen, deren Konzentration nicht durch andere antioxidative Abwehrsysteme der Knolle verringert werden kann.

4 Zusammenfassung

Melanin ist ein Pigment, welches in der Rindenschicht von Kartoffelknollen gebildet wird und ein bis mehrere Gewebeabschnitte grau bis schwarz erscheinen lässt. Diese Verfärbung des Knollengewebes wird als Schwarzfleckigkeit bezeichnet und stellt einen inneren Qualitätsmangel dar, der äußerlich nur schwer zu erkennen ist (Radke et al. 2000). Mit dem Auftreten von Schwarzfleckigkeit sind erhebliche finanzielle Verluste auf allen Stufen der Wertschöpfungskette verbunden. Dieses Problem war bereits Gegenstand einer Vielzahl von wissenschaftlichen Untersuchungen und die vorliegende Arbeit baut darauf mit speziellem Fokus auf physiologische Vorgänge in der Knolle auf.

Grundsätzlich zeigte sich, dass Knollen verschiedener Sorten sowie Knollen einer Sorte in unterschiedlicher Intensität zu Schwarzfleckigkeit neigten. Außerdem waren Knollen, die zwei Wochen vor dem üblichen Erntetermin gerodet wurden, weniger schwarzfleckig, als Knollen, die zum üblichen Erntezeitpunkt gerodet worden waren. Daher schienen mehrere Faktoren am Entstehen dieses Qualitätsmangels beteiligt zu sein.

Um den Einfluss der Jahreswitterung zu quantifizieren, wurden die Kartoffeln über drei Vegetationsperioden angebaut. Die Ergebnisse zeigten, dass Sonnenscheindauer, Niederschlagsmenge (inklusive Beregnung) und die durchschnittliche Temperatur im Untersuchungszeitraum über alle drei Jahre nahezu gleich waren und keinen Einfluss auf die unterschiedliche Neigung zu Schwarzfleckigkeit hatten. Die Neigung zu Schwarzfleckigkeit ist u. a. sortenabhängig und wurde daher an acht verschiedenen, überregional bedeutenden Speisekartoffeln untersucht, die den Qualitätsmangel unterschiedlich ausprägten. Ein Vergleich der Sorten wurde ermöglicht, indem Knollen gleicher Größen im Bereich von 40 bis 50 mm untersucht wurden, die zusätzlich nach ihren spezifischen Dichten getrennt wurden. Alle Sorten neigten nach der dritten Vegetationsperiode signifikant höher zu Schwarzfleckigkeit, als nach den vorherigen Vegetationsperioden. Der Anbau der Sorten erfolgte in einer kartoffelintensiven Anbauregion unter praxisüblichen Bedingungen, die u. a. eine bedarfsorientierte Beregnung und Nährstoffversorgung einschlossen. Die Nährstoffkonzentrationen von Kalium, Phosphor, Magnesium, Kalzium, Selen, Bor und Eisen wurden untersucht, da sie verschiedene Funktionen im Zellstoffwechsel besitzen, die u. a. in Beziehung zur Neigung zu Schwarzfleckigkeit stehen. Dabei zeigten die vorliegenden Ergebnisse, dass die praxisübliche Erhaltungsdüngung ausreichend war, um die Knollen gut mit Nährstoffen zu versorgen, wobei deren Konzentrationen in den Knollen keinen Einfluss auf die unterschiedliche Neigung zu Schwarzfleckigkeit hatten.

Es wurde deutlich, dass sich in geernteten Knollen der Stoffwechsel verlangsamte, indem u. a. der Stärkeabbau eingeschränkt war. Dadurch verringerte sich die Transpiration der Knollen, wobei deren Konzentration an Wasser erhalten blieb. Während der anschließenden Lagerung bei 4°C für fünf und acht Monate blieben die Knollen turgeszent, hervorgerufen durch ihre osmotische Anpassung an niedrige Temperaturen und unterstützt durch eine hohe relative Luftfeuchte von 95 %. Die Neigung zu Schwarzfleckigkeit veränderte sich während der Lagerung nach allen drei Vegetationsperioden verschieden, unabhängig von der Wasserkonzentration in den Knollen. Jedoch beeinflusste die Konzentration der Trockenmasse in den Knollen deren Neigung zu Schwarzfleckigkeit. Von den untersuchten Trockenmassebestandteilen (Stärke, Zellwandbestandteile, zytoplasmatische Komponenten) korrelierte nur die Konzentration der Stärke mit der Neigung zu Schwarzfleckigkeit.

Anhand der vorliegenden Ergebnisse konnten Maßnahmen abgeleitet werden, die für die Kartoffelproduktion, -lagerung und -züchtung Möglichkeiten aufzeigen, die Neigung der Knollen zu Schwarzfleckigkeit zu vermindern.

5 Gegenüberstellung der ursprünglich geplanten zu den tatsächlich erreichten Zielen

Grundsätzlich wurden alle geplanten Arbeiten durchgeführt. Die zeitliche Realisierung einiger Arbeitsschritte wich geringfügig vom ursprünglich erstellten Projektplan ab (Tab. 3 bis 5), jedoch ohne das Gesamtziel des Projektes zu beeinflussen. Die ermittelten Ergebnisse aus den einzelnen Arbeitsschritten tragen umfassend zur Erreichung der Zielsetzung des Projektes bei.

Zu den wissenschaftlichen und technischen Arbeitszielen des Projektes zählte die Analyse der Bedeutung des Knollenalters für die Ausprägung zu Schwarzfleckigkeit. Die ermittelten Ergebnisse lassen erkennen, dass sich mit zunehmender physiologischer Reife der Knollen deren Neigung zu Schwarzfleckigkeit erhöhte, wobei im Zeitraum zwischen der Vorernte und Haupternte metabolische Prozesse in den Knollen stattfinden, die die Neigung zu Schwarzfleckigkeit beeinflussen. Da sich die Nährstoffkonzentration zwischen Vorernte und Ernte kaum ändert und eine längere Vegetationsperiode für Knolle und Mensch ernährungsphysiologisch keinen Vorteil bringt, ist eine frühere Kartoffelernte möglich, um die Neigung zu Schwarzfleckigkeit zu verringern. Allerdings kann sich bei diesen Knollen die Konzentration der reduzierenden Zucker während der Lagerung erhöhen und deren Verarbeitungsqualitäten beeinträchtigen, wenn keine entsprechenden Gegenmaßnahmen erfolgen, wie von Corsini et al. (1999) beschrieben. Ein Anstieg bei den reduzierenden Zuckern wäre bei Kartoffeln zur Lagerung zum Frischverzehr jedoch von untergeordneter Bedeutung.

Die Konzentration der Stärke konnte eindeutig als Schlüsselsubstanz identifiziert werden, die die Neigung zu Schwarzfleckigkeit beeinflusst. Es wird angenommen, dass die mechanischen Belastungen, die zu Schwarzfleckigkeit führen, eine Art mechanischen Stresses darstellen, der sich auf mechanosensitive Kanäle in den Membranen richtet. Die Aktivität der mechanosensitiven Kanäle wird u. a. auch durch die Masse der Amyloplasten, in denen die Stärke gespeichert wird und durch die Masse des Protoplasten reguliert. In einer weiterführenden Fragestellung des Projektes könnte beispielweise untersucht werden, ob mechanosensitive Kanäle der Zellmembranen die Neigung zu Schwarzfleckigkeit beeinflussen können.

Als drittes Projektziel sollte ermittelt werden, ob die Lagerung, die Pektinkonzentration sowie dessen Veresterungsgrad und/oder die Konzentration membrangebundener Enzyme die Neigung zu Schwarzfleckigkeit beeinflussen. In den vorliegenden Untersuchungen wurde neben der Konzentration an Pektin und dessen Veresterungsgrad auch die Konzentration übriger Zellwandbestandteile berücksichtigt. Die ermittelten Ergebnisse lassen keinen Zusammenhang zwischen der Konzentration von Zellwandbestandteilen und der Schwarzfleckigkeitsneigung erkennen. Es wurde deutlich, dass die Beschaffenheit der Zellwand die Ausprägung äußerer Qualitätsmängel, wie Risse und Druckstellen beeinflusst, aber nicht innere Qualitätsmängel wie Schwarzfleckigkeit. Tendenziell zeigte sich, dass eher zu Schwarzfleckigkeit neigende Sorten, wie Afra, Adretta und Granola eine höhere Aktivität des Enzyms Polyphenoloxidase aufweisen, welches die Melaninbildung katalysiert. Dagegen hatte die Aktivität der antioxidativ wirkenden Enzyme Superoxiddismutase und Ascorbatperoxidase keinen Einfluss auf die Schwarzfleckigkeitsneigung. Die Schwarzfleckigkeit änderte sich während der Lagerung. Zusätzlich zur ursprünglichen Planung erfolgte die Lagerung der Knollen im letzten Drittel des Untersuchungszeitraumes bei 4°C und 8°C. Dabei wurde festgestellt, dass in dieser Zeit physiologische Vorgänge in den Knollen, die entweder zur Keimung und/oder Alterung oder zur Temperaturanpassung dienen, auch die Neigung zu Schwarzfleckigkeit beeinflussen. Hierbei zeigte sich tendenziell, dass bei einer Lagerung bei 8°C die Keimbereitschaft erhöht ist und die Neigung zu Schwarzfleckigkeit steigt. Dagegen führte eine Kaltlagerung bei 4°C zur osmotischen Anpassung der Knollen an die Umgebungstem-

peratur und zu einer geringeren Schwarzfleckigkeitsneigung. Die Möglichkeit der osmotischen Anpassung der Knollen an kalte Umgebungstemperaturen wurde ermittelt, indem zusätzlich der Wasserzustand der Knollen untersucht wurde. Die vorliegenden Ergebnisse belegen, dass eine ausgeglichene Wasserkonzentration in den Knollen deren Neigung zu Schwarzfleckigkeit verringert. Dazu ist es notwendig, die Knollen während des Wachstums ausreichend mit Wasser zu versorgen und während der Lagerung die Luftfeuchtigkeit im Lager möglichst hoch zu halten. Beide Maßnahmen werden in der Regel bereits bei der Kartoffelproduktion und -lagerung praktiziert und können zukünftig als ein essentieller Bestandteil in die Beratung zum Kartoffelanbau integriert werden.

Tab. 3 Gegenüberstellung geplanter (hellgrau) und durchgeführter (dunkelgrau) Arbeitsschritte im Untersuchungszeitraum 2005, wobei *zusätzliche Arbeitsschritte kursiv dargestellt sind* und die Proteinkonzentration, anders als geplant, im Frischmaterial analysiert wurde (*)

Arbeitsschritte		Monate in 2005								
		04	05	06	07	08	09	10	11	12
Anbau, Ernte, Aufbereitung (Sortierung)		■	■	■	■	■	■			
Mechanische Belastung								■		
Fraktionierung (Grädierung), Einlagerung							■	■		
Probenaufbereitung für Pektinbestimmung								■	■	■
Analytik Frischmaterial, Gefriertrocknung	Trockenmasse, Restfeuchte, Ascorbinsäure, oxidatives Potential, Proteinkonzentration*, Enzymaktivitäten, <i>antioxidative Aktivität</i>						■	■	■	■
Analytik gefriergetrocknetes Material	Stärke, freie Aminosäuren, Chlorogensäure, Zitronensäure, <i>Weinsäure, Äpfelsäure, Bernsteinsäure, Fumarsäure</i> , Kalium, Magnesium, Kalzium, Phosphor, <i>Selen, Bor, Eisen</i>									■
Turgormessung	<i>Wasserkonzentration</i>							■		
	<i>Wasserpotential</i>							■		
	<i>Osmolalität</i>							■		
	<i>Osmotisches Potential</i>							■		
	<i>Modulus der Elastizität</i>							■		
Berichterstattung	Zwischen- und Abschlussberichte									
	Vorträge und Präsentationen								■	

Tab. 4 Gegenüberstellung geplanter (hellgrau) und durchgeführter (dunkelgrau) Arbeitsschritte im Untersuchungszeitraum 2006, wobei *zusätzliche Arbeitsschritte kursiv dargestellt sind* und die Proteinkonzentration, anders als geplant, im Frischmaterial analysiert wurde (*)

		Monate in 2006											
Arbeitsschritte		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Anbau, Ernte, Aufbereitung (Sortierung)				hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau			
Mechanische Belastung			hellgrau			hellgrau					hellgrau		
Fraktionierung (Grädierung), Einlagerung			hellgrau			hellgrau				hellgrau	hellgrau		
Probenaufbereitung für Pektinbestimmung			hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau
Analytik Frischmaterial, Gefriertrocknung	Trockenmasse, Restfeuchte, Ascorbinsäure, oxidatives Potential, Proteinkonzentration*, Enzymaktivitäten, <i>antioxidative Aktivität, Bestimmung der Zellgröße</i>		hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau		hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau
Analytik gefriergetrocknetes Material	Stärke, freie Aminosäuren, Chlorogensäure, Zitronensäure, <i>Weinsäure, Äpfelsäure, Bernsteinsäure, Fumarsäure, Kalium, Magnesium, Kalzium, Phosphor, Selen, Bor, Eisen</i>	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau	hellgrau
Turgormessung	<i>Wasserkonzentration</i>		hellgrau								hellgrau		hellgrau
	<i>Wasserpotential</i>		hellgrau			hellgrau					hellgrau		hellgrau
	<i>Osmolalität</i>		hellgrau			hellgrau					hellgrau		hellgrau
	<i>Osmotisches Potential</i>		hellgrau			hellgrau					hellgrau		hellgrau
	<i>Modulus der Elastizität</i>		hellgrau			hellgrau					hellgrau		hellgrau
Berichterstattung	Zwischen- und Abschlussberichte			hellgrau				hellgrau	hellgrau				
	Vorträge und Präsentationen											hellgrau	

Tab. 5 Gegenüberstellung geplanter (hellgrau) und durchgeführter (dunkelgrau) Arbeitsschritte im Untersuchungszeitraum 2007, wobei *zusätzliche Arbeitsschritte kursiv dargestellt sind* und die Proteinkonzentration, anders als geplant, im Frischmaterial analysiert wurde (*)

		Monate in 2007											
Arbeitsschritte		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Anbau, Ernte, Aufbereitung (Sortierung)				■	■	■	■	■	■	■			
Mechanische Belastung			■			■					■		
Fraktionierung (Grädierung), Einlagerung			■			■				■	■		
Probenaufbereitung für Pektinbestimmung		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Analytik Frischmaterial, Gefriertrocknung	Trockenmasse, Restfeuchte, Ascorbinsäure, oxidatives Potential, Proteinkonzentration*, Enzymaktivitäten, <i>antioxidative Aktivität</i>		■	■	■	■	■			■	■	■	■
Analytik gefriergetrocknetes Material	Stärke, freie Aminosäuren, Chlorogensäure, Zitronensäure, <i>Weinsäure, Äpfelsäure, Bernsteinsäure, Fumarsäure</i> , Kalium, Magnesium, Kalzium, Phosphor, <i>Selen, Bor, Eisen</i>	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■
Turgormessung	<i>Wasserkonzentration</i>		■			■					■		■
	<i>Wasserpotential</i>		■			■					■		■
	<i>Osmolalität</i>		■			■					■		■
	<i>Osmotisches Potential</i>		■			■					■		■
	<i>Modulus der Elastizität</i>		■			■					■		■
Berichterstattung	Zwischen- und Abschlussberichte			■				■	■				
	Vorträge und Präsentationen			■		■		■	■			■	

Tab. 6 Gegenüberstellung geplanter (hellgrau) und durchgeführter (dunkelgrau) Arbeitsschritte im Untersuchungszeitraum 2008/9, wobei *zusätzliche Arbeitsschritte kursiv dargestellt sind* und die Proteinkonzentration, anders als geplant, im Frischmaterial analysiert wurde (*)

		Monate in 2008/9												
Arbeitsschritte		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1
Anbau, Ernte, Aufbereitung (Sortierung)														
Mechanische Belastung														
Fraktionierung (Grädierung)														
Probenaufbereitung für Pektinbestimmung														
Analytik Frischmaterial, Gefriertrocknung	Trockenmasse, Restfeuchte, Ascorbinsäure, oxidatives Potential, Proteinkonzentration*, Enzymaktivitäten, <i>antioxidative Aktivität</i>													
Analytik gefriergetrocknetes Material	Stärke, freie Aminosäuren, Chlorogensäure, Zitronensäure, <i>Weinsäure, Äpfelsäure, Bernsteinsäure, Fumarsäure</i> , Kalium, Magnesium, Kalzium, Phosphor, <i>Selen, Bor, Eisen</i>													
Turgormessung	<i>Wasserkonzentration</i>													
	<i>Wasserpotential</i>													
	<i>Osmolalität</i>													
	<i>Osmotisches Potential</i>													
	<i>Modulus der Elastizität</i>													
Berichterstattung	Zwischen- und Abschlussberichte													
	Vorträge und Präsentationen													

6 Literatur zu den Kapiteln 1, 2, 3.2 und 5

- Alvarez M.D., Saunders D.E.J., Vincent J.F.V. 2000: Effects of turgor pressure on the cutting energy of stored potato tissue. *European Food Research and Technology* 210, 331-339.
- Bajema R.W., Hyde G.M., Baritelle A.L. 1998: Effects of mannitol33 on turgor and on failure stress and strain in potato tuber tissue. *Journal of Postharvest Biology and Technology* 14, 199-205.
- Bakalova S., Nikolova A., Nedeva D. 2004: Isoenzyme profiles of peroxidase, catalase and superoxide dismutase as affected by dehydration stress and during germination of wheat seeds. *Bulgarien Journal of Plant Physiology* 30, 64-77.
- Baritelle A.L., Hyde G.H. 2001: Commodity conditions to reduce impact bruising. *Postharvest Biology and Technology* 21, 331-339.
- Baritelle A., Hyde G.H. 2003: Effect of the specific gravity and cultivar on the impact sensitivity of potatoes. *Postharvest Biology and Technology* 29, 279-286.
- Barkhausen R. 1978: Ultrastructural changes in wounded plant storage tissue. In *Biochemistry of Wounded Plant Tissues*. Kagel G. (Ed), Walter de Gruyter, Berlin, pp. 1-42.
- Bartz J.A., Locascio S.J., Weingartner D.P. 1992: Calcium and potassium fertilization of potatoes grown in North Florida. II: Effect on Bacterial Soft Rot potential in the tuber. *American Potato Journal* 69, 39-50.
- Benzie I.F.F., Strain J.J. 1996: The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239, 70-76.
- Bergmann W. 1993: *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen*. Verlag Gustav Fischer Jena.
- Blokhina O., Virolainen E., v. Fagerstedt K. 2003: Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: A review. *Annals of Botany* 91, 179-194.
- Boumann A. 1995: Beschädigungen der Kartoffeln- Vom Roden bis zum Abpacken. *Kartoffelbau* 46, 242-244.
- Braun I. 1989: Einfluss von physiologischer Ausreife und Lagerung auf einige qualitätsbestimmende Inhaltsstoffe verschiedener Kartoffelsorten unter besonderer Berücksichtigung der Zellwandsubstanzen und ihre Bedeutung für die Verarbeitung zu Kartoffeltrockenprodukten. Dissertation, Fachbereich Agrarwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen, Deutschland.
- Bucher M., Kossmann J. 2007: Molecular physiology of the mineral nutrition of the potato. In: *Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives*, Vreugendhil D. (Ed), 1. Elsevier, Amsterdam, pp. 441-470.
- Buselmaier W. 2007: *Biologie für Mediziner*. Springer, Heidelberg.
- Bussieres P. 1993: Potential dry matter and water rates in the Tomato fruit in relationship to fruit size. *Annals of Botany* 72, 63-72.
- Camacho-Christóbal J.J., Rexach J., Gonzáles-Fontes A. 2008: Boron in plants: Deficiency and toxicity. *Journal of integrative Plant Biology* 50, 1247-1255.
- Corsini D., Stark J., Thornton M. 1999: Factors contributing to the blackspot bruise potential of Idaho Potato fields. *American Journal of Potato Research* 76, 221-226.
- Davies H.V. 1998: Physiological mechanisms associated with the development of internal necrotic

- disorders of potato. *American Journal of Potato Research* 75, 37-44.
- Davenport J.R., Milburn P.H., Rosen C.J., Thornton R.E. 2005: Environmental impacts of potato nutrient management. *American Journal of Potato Research* 82, 321-328.
- Dean B.B., Jackowiack N., Nagle M., Pavek J., Corsini D. 1993: Blackspot pigment development of resistant and susceptible *Solanum tuberosum* L. genotypes at harvest and during storage measured by three methods of evaluation. *American Potato Journal* 70, 201-217.
- Dejmek P., Miyawaki O. 2002: Relationship between the electrical and rheological properties of potato tuber tissue after various forms of processing. *Journal of Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 66, 1218-1223.
- Delgado E., Poberezy J., Pawelzik E., Rogozińska I. 2001: Comparison of two methods for determining the discoloration potential of potato tubers based on their chemical and biochemical properties. *American Journal of Potato Research* 78, 389-394.
- Dilworth L.L., Omoruyi F.O., Asemota H.N. 2007: In vitro availability of some essential minerals in commonly eaten processed and unprocessed Caribbean tuber crops. *BioMetals* 20, 37-42.
- Edgell T., Brierley E.R., Cobb A.H. 1998: An ultrastructural study of bruising in stored potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. *Annals of applied Biology* 132, 143-150.
- George B., Kaura C., Khurdiya D.S., Kapoor H.C. 2004: Antioxidant in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. *Food Chemistry* 84, 45-51.
- Gorinstein S., Zachwieja Z., Katrich E., Pawelzik E., Haruenkit R., Trakhtenberg S., Martin-Belloso O. 2004: Comparison of the contents of the main antioxidant compounds and the antioxidant activity of white grapefruit and his new hybrid. *Lebensmittelwissenschaften und -Technologie* 37, 337-343.
- Gorinstein S., Lojek A., Číž M., Pawelzik E., Delgado-Licon E., Medina O.J., Moreno M., Salas I.A., Goshev I. 2008: Comparison of composition and antioxidant capacity of some cereals and pseudo cereals. *International Journal of Food Science and Technology* 43, 629-637.
- Griffiths D.W., Bain H. 1997: Photo-induced changes in the concentrations of individual chlorogenic acid isomers in potato (*Solanum tuberosum*) tubers and their complexation with ferric ions. *Potato Research* 40, 307-315.
- Guillot S.E. 2005: Studies on the intra- and intermolecular distributions of substituents in commercial pectins. Ph.D. thesis Universität Wageningen.
- Hamester W. 1997: 100 Jahre Wandel im Handel. In: Speisefrischkartoffeln. Qualität erzeugen, erfassen, lagern vermarkten. Pötke E., Schumann P. (Ed), Agrimedia, Holm, pp. 117-122.
- Haase N.U. 2003/4: Estimation of dry matter and starch concentration in potatoes by determination of under-water weight and near infrared spectroscopy. *Potato Research* 46, 117-127.
- Heinecke A. 2007: Beitrag zur Ermittlung der biochemischen Ursachen der Schwarzfleckigkeit bei Kartoffeln. Fachbereich Agrarwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen, Deutschland.
- Hung Y.-C., Sava V.M., Makan S.Y., Chen T.-H. J., Hong M.-Y., Huang G.S. 2002: Antioxidant activity of melanins derived from tea: comparison between different oxidative states. *Food Chemistry* 78, 233-240.
- Jacobsen H.B., Madsen M.H., Christiansen J., Nielsen T.H. 1998: The degree of starch phosphorylation as influenced by phosphate deprivation of potato (*Solanum tuberosum* L.) plants. *Potato Research* 41,

109-116.

- Keijbets M.J.H., Pilnik W. 1974: Some problems in the analysis of pectin in potato tuber tissue. *Potato Research* 17, 169-177.
- Keutgen A.J., Pawelzik E. 2007: Modifications of strawberry fruit antioxidant pools and fruit Quality under NaCl stress. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 55, 4066-4072.
- Kirk W.W., da Rocha A.B., Hollosy S.I., Hammerschmidt R., Wharton P.S. 2006: Effect of soil salinity on internal browning of potato tuber tissue in two soil types. *American Journal of Potato Research* 83, 223-232.
- Kolbe H., Haase N.U. 1997: Einflussfaktoren auf die Inhaltsstoffe der Kartoffel. *Kartoffelbau* 48, 234-240.
- Kolbe H., Stephan-Beckmann S. 1997: Development, growth and chemical composition of the potato crop (*Solanum tuberosum* L.). II. Tuber and whole plant. *Potato Research* 40, 135-153.
- Kunkel R., Gardner W.H. 1965: Potato tuber hydration and its effect on blackspot of Russet Burbank potatoes in the Columbia basin of Washington. *American Potato Journal* 42, 109-124.
- Laboski C.A.M., Kelling K.A. 2007: Influence of fertilizer management and soil fertility on tuber specific gravity: A review. *American Journal of Potato Research* 84, 283-290.
- Lærke P.E. 2001: Blackspot bruise in potato tubers: Ph.D. thesis, Department of Plant Biology, The Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark.
- Lærke P.E., Christiansen J., Veierskov B. 2002: Colour of blackspot bruises in potato tubers during growth and storage compared to their discolouration potential. *Postharvest Biology and Technology* 26, 99-111.
- Landrigan M., Morris S.C., Eamus D., McGlasson W.B. 1996: Postharvest water relationships and tissue browning of rambutan fruit. *Scientia Horticulturae* 66, 201-208.
- Leo L., Leone A., Longo C., Lombardi D.A., Raimo F., Zacheo G. 2008: Antioxidant Compounds and Antioxidant Activity in "Early Potatoes". *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 4154-4163.
- Leppack E. 2001: Messungen von Knollenbeanspruchungen und Schlussfolgerungen für die Verfahrensgestaltung. In: Wege zur Verbesserung der Kartoffelqualität durch Verminderung der mechanischen Beanspruchung. ATB/KLAS-Verband (Hrsg), Agrimedia, Bergen/Dumme, pp. 27-31.
- Liu C-L., Chen Y-S., Yang J-H., Chiang B-H. 2008: Antioxidant activity of Tartary (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaert.) and common (*Fagopyrum esculentum* Moench) Buckwheat sprouts. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 56, 173-178.
- Lulai, E.C. 2007: Skin-set, wound healing, and related defects. In: *Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives*, Vreugendhil D. (Ed), 1. Elsevier, Amsterdam, pp. 471-500.
- Marschner H. 2003: *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, London.
- McGarry A., Hole C.C., Drew R.L.K., Parsons N. 1996: Internal damage in potato tubers: A critical review. *Postharvest Biology and Technology* 8, 239-258.
- McNabney M., Dean B.B., Bajema R.W., Hyde G.M. 1999: The effect of potassium deficiency on chemical, biochemical and physical factors commonly associated with blackspot development in potato tubers. *American Journal of Potato Research* 75, 53-60.

- McNeal J.M. and Balistrieri L.S. 1989: Geochemistry and Occurrence of selenium: An overview. In: Selenium in Agriculture and the environment, Heichel G.H., Kissel D.E., Ernst S. (Ed), SSSA Special Publication, 23, pp. 1-13.
- Meier U. 2001: Entwicklungsstadien mono- und dikotyler Pflanzen. BBCH Monografie. Biologische Bundesanstalt für Land und Forstwirtschaft, Berlin und Braunschweig
- Moledina K.H., Haydar M., Ooraikul B., Hadziyev D. 1981: Pectin changes in pre cooking stepp of dehydrated mashed potato production. Journal of Science of Food and Agriculture 32, 1091-1102.
- Mondy N.I., Munshi C.B., 1993: Effect of Boron on enzymatic discoloration and phenolics and ascorbic acid contents of potatoes. Journal of Agricultural and Food Chemistry 41, 554-556.
- Mühling K.H., Wimmer M., Goldbach H.E. 1998: Apoplastic and membrane associated Ca^{2+} in leaves and roots as affected by boron deficiency. Plant Physiology 102, 179-184.
- Muneta P., Kaisaki F. 1983: Ascorbic acid-ferrous iron (Fe^{++}) complexes and after cooking darkening of potatoes. American Potato Journal 62, 531-536.
- Munshi C.B., Combs G.F., Mondy N.I. 1990: Effect of selenium treatment on the nitrogenous constituents of the potato. Journal of Agricultural and Food Chemistry 38, 2000-2002.
- Murphy H.J., Gover M.J. 1966: The last decade in 38 years of potash studies for potato fertilizers in Maine. American Potato Journal 43, 122-127.
- Nzaramba M.N., Bamberg J.B., Miller (Jr) J.C. 2007: Effect of propagule type and growing environment on antioxidant activity ant total phenolics content in potato germplasm. American Journal of Potato Research 84, 323-330.
- Pavek J., Corsini D., Nissley F. 1985: A rapid method for determining blackspot susceptibility of potato clones. American Journal of Potato Research 62, 511-517.
- Pawelzik E., Delgado E. 1999: Wirkung von Trockenstress auf die Verfärbungsneigung von Kartoffelknollen. Kartoffelbau 50, 358-360.
- Pellegrini N., Serafini M., Colombi B., del Rio D., Salvatore S., Bianchi M., Brighenti F. 2003: Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. American Society for Nutritional Science 133, 2812-2819.
- Peters R. 1999: Qualitätskartoffel erzeugen, Beschädigungen vermeiden. Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (aid) e.V., Bonn.
- Pötke E. 2001: Verfahrensvergleich zur Kartoffellagerung in loser Schüttung und in Behältern. In: Wege zur Verbesserung der Kartoffelqualität durch Verminderung der mechanischen Beanspruchung. ATB/KLAS-Verband (Hrsg.), Agrimedia, Bergen/Dumme, pp. 93-106.
- Putz B. 1998: Kartoffeln: Züchtung, Anbau, Verwertung. Verlag Behr's, Hamburg.
- Radtke W., Rieckmann W., Brendler F. 2000: Kartoffel- Krankheiten, Schädlinge, Unkräuter, Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen.
- Reddivari L., Hale A.L., Miller (Jr) J.C. 2007: Determination of phenolic content, composition and their contribution to antioxidant activity in specialty potato selections. American Journal of Potato Research 84, 275-282.
- Reeve R.M. 1968: Preliminary histological observation on internal blackspot in potatoes. American Potato Journal 45, 157-167.

- Reyes L.F., Miller J.C., Cisneros-Zevallos L. 2005: Antioxidant capacity, anthocyanins and total phenolics in purple and red-fleshed potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes. *American Journal of Potato Research* 82, 271-277.
- Rogozińska I., Wszelaczyńska E., Wichrowska D. 2005: Effect of bioelements (Mg, N, K) and herbicides on vitamin C content in potato tubers. Part I: Vitamin C content in potato tubers immediately after harvest. *Journal of Elementology* 10, 999-1008.
- Sabba R.P., Dean B.B. 1996: Effect of cold storage on proteinase and chorismate mutase activities in *Solanum tuberosum* L. genotypes differing in blackspot susceptibility. *American Potato Journal* 73, 113-122.
- Scanlon M.G., Pang C.H., Biliaderis C.G. 1996: The effect of osmotic adjustment on the mechanical properties of potato parenchyma. *Food Research International* 29, 481-488.
- Schick R., Klinkowski M. 1961: Die Kartoffel. Ein Handbuch. 1., Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- Schuhmann P. 1997: Veränderte Stellung der Kartoffel in der Landwirtschaft. In: Speisefrischkartoffeln. Qualität erzeugen, erfassen, lagern vermarkten. Pötke E., Schumann P. (Ed), Agrimedia, Holm, pp. 55-60.
- Schuhmann P. 2001: Kartoffelbeschädigungen im Produktionsverfahren In: Wege zur Verbesserung der Kartoffelqualität durch Verminderung der mechanischen Beanspruchung. ATB/KLAS-Verband (Hrsg), Agrimedia, Bergen/Dumme, pp. 9-26.
- Seeram N.P., Aviram M., Zhang Y., Henning S.M., Feng L., Dreher M., Heber D. 2008: Comparison of antioxidant potency of commonly consumed polyphenol-rich beverages in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 1415-1422.
- Seppänen M., Turakainen M., Hartikainen H. 2003: Selenium effects on oxidative stress in potato. *Plant Science* 165, 311-319.
- Simmons K.E., Kelling K.A. 1987: Potato responses to calcium application on several soil types. *American Potato Journal* 64, 119-136.
- Sowokinos J.R. 2007: Internal physiological disorders and nutritional and compositional factors that affect market quality. In: Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives, Vreugdenhil D. (Ed), 1. Elsevier, Amsterdam, pp. 501-523.
- Specht A. 1997: Qualitätsfördernde Erntetechnik und Ernteverfahren. In: Speisefrischkartoffeln. Qualität erzeugen, erfassen, lagern vermarkten. Pötke E., Schumann P. (Ed), Agrimedia, Holm, pp. 55-60.
- Storey, M., 2007: The harvested crop. In: Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives, Vreugdenhil D. (Ed), 1. Elsevier, Amsterdam, pp. 441-470.
- Struik P.C., Vreugdenhil D., Haverkort A.J., Bus C.B., Dankert R. 1991: Possible mechanisms of size and hierarchy among tubers on one stem of a potato (*Solanum tuberosum* L.) plant. *Potato Research* 34, 187-203.
- Stushnoff C., Holm D., Thompson M.D., Jiang W., Thompson H.J., Joyce N.I., Wilson P. 2008: Antioxidant properties of cultivars and selections from the Colorado potato breeding program. *American Journal of Potato Research* 85, 267-276.
- Sun-Waterhouse D., Melton L.D., O'Connor C.J., Kilmartin P.A., Smith B.G. 2008: Effect of apple cell

- wall and their extracts on the activity of dietary antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 289-295.
- Szöllösi R., Szöllösi Varga I. 2002: Total antioxidant power in some species of Labiatae (Adaptation of FRAP method). *Acta Biologica Szegediensis* 46, 125-127.
- Taylor M.A., McDougall G.J., Stewart D. 2007: Potato flavour and texture. In: *Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives*, Vreugdenhil D. (Ed), 1. Elsevier, Amsterdam, pp. 525-532.
- Terry N., Zayed A.M., Souza M.P., Tarun A.S. 2000: Selenium in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51, 401-432.
- Thornton R.E., Timm H. 1990: Influence of fertilizer and irrigation management on tuber bruising. *American Potato Journal* 67, 45-54.
- Thornton M., Bohl W. 2000: Preventing potato bruise damage. Educational Publication Warehouse, University of Idaho.
- Turakainen M., Hartikainen H., Ekholm P., Seppänen M.M. 2006: Distribution of selenium in different biochemical fractions and raw darkening degree of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers supplemented with selenate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, 8617-8622.
- Tzeng K.C., Kelman A., Simmons K.E., Kelling K.A. 1986: Relationship of calcium nutrition to internal brown spot of potato tubers and sub-apical necrosis of sprouts. *American Potato Journal* 63, 87-97.
- van Eck H.J. 2007: Genetics of morphological and tuber traits. In: *Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives*, Vreugdenhil D. (Ed), 1. Elsevier, Amsterdam, pp. 91-115.
- van Loon C.D., van den Berg W. 2003/4: The effect of chloride fertilization on blackspot susceptibility and other quality characteristics and on yield of potato. *Potato Research* 46, 147-154.
- Wang H.C. Du F.X., Yang Y. 2003: Effects of boron and calcium supply on calcium fractionation in plants and suspension cells of rape cultivars with different boron efficiency. *Journal of Plant Nutrition* 26, 789-806.
- Wang S.Y., Chen C-T., Sciarppa W., Wang C.Y., Camp M.J. 2008: Fruit quality, antioxidant capacity, and flavonoid content of organically and conventionally grown Blueberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 5788-5794.
- White P.J., Wheatley R.E., Hammomd J.P., Zhang K. 2007: Minerals, soils and roots In: *Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives*, Vreugdenhil D. (Ed), 1. Elsevier, Amsterdam, pp. 739-752.
- Wirsing F. 2001: Erkenntnisse zum Auftreten und zur Vermeidung von Schwarzfleckigkeit. In: *Wege zur Verbesserung der Kartoffelqualität durch Verminderung der mechanischen Beanspruchung*. ATB/KLAS-Verband (Hrsg), Agrimedia, Bergen/Dumme, pp. 33-48.
- Workman M., Holm D.G. 1984: Potato clone variation in Blackspot and soft rot susceptibility, redox potential, ascorbic acid, dry matter and potassium. *American Potato Journal* 61, 723-733.
- Wormanns G. 2001: Rechnergestützte Qualitätssicherung von Speisekartoffeln. In: *Wege zur Verbesserung der Kartoffelqualität durch Verminderung der mechanischen Beanspruchung*. ATB/KLAS-Verband (Hrsg), Agrimedia, Bergen/Dumme, pp. 49-58.
- Wu X., Gu L., Holden J., Haytowitz D.B., Gebhardt S.E., Beecher G., Prior R.L. 2004: Development of a database for total antioxidant capacity in foods: a preliminary study. *Journal of Food Composition*

and Analysis 17, 407-422.

Wu X., Beecher G.R., Holden J.M., Haytowitz D.B., Gebhardt S.E., Prior R.L. 2004: Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 52, 4026-4037.

Yahraus T., Chandra S., Legendre L., Low P.S. 1995: Evidence for mechanically induced oxidative burst. *Plant Physiology* 109, 1259-1266.

7 Anhang

Nachfolgend sind Einzel- oder Mittelwerte von Faktoren vermerkt, deren möglicher Einfluss auf die Neigung zu Schwarzfleckigkeit untersucht wurde. Signifikante Unterschiede zwischen den Werten sind dargestellt und beschrieben als:

- A, B, C** unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb eines Einflussfaktors zwischen den Jahren unabhängig von der Lagerung, Sorte und der spezifischen Dichte
- A, B, C** unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb eines Einflussfaktors zwischen den Stadien[§] innerhalb eines Jahres unabhängig von der Sorte und der spezifischen Dichte
- a, b, c** unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb eines Einflussfaktors zwischen den Sorten innerhalb eines Stadiums und eines Jahres unabhängig von der spezifischen Dichte
- a, b, c** unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb eines Einflussfaktors zwischen den Stadien innerhalb einer Sorte und eines Jahres unabhängig von der spezifischen Dichte
- a, b, c** unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb eines Einflussfaktors zwischen den Dichten innerhalb eines Stadiums und eines Jahres unabhängig von der Sorte

[§]Stadium bezieht sich auf ein Zeitintervall, welches den Zeitabschnitt nach der Vorernte, Ernte oder nach fünf bzw. acht Monaten Lagerung eingrenzt

Tab. A1: Schwarzfleckigkeit [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (%) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x				
2005 B	Ernte	A			Adretta a a		Afra a a		Gala bc ab		Granola a a		Lolita c b		Marabel bc a		Nicola c c		Renate b a			
			< 1,055																			
			1,056-1,065	b				0,60	0,60						1,47	0,29	3,20	0,30	15,57	3,76		
			1,066-1,075	b	50,20	7,19	21,63	4,86	1,77	1,75	42,40	2,29	2,43	0,93	2,40	0,78	1,20	0,87	27,17	12,36		
			1,076-1,085	a	67,27	7,68	83,33	4,20			75,37	7,70	2,93	1,53			5,13	1,36	34,97	2,74		
			1,086-1,095	a			84,50	5,20														
						Adretta a b		Afra b b		Gala e b		Granola c c		Lolita d c		Marabel de a		Nicola d b		Renate de c		
				< 1,055																		
				1,056-1,065	c			0,30	0,52					2,17	0,72	4,47	1,66	2,63	1,70			
				1,066-1,075	c	39,17	4,90	13,43	4,57	0,33	0,29	13,23	4,82			4,17	1,79	8,17	4,22	3,73	2,80	
				1,076-1,085	b	52,70	4,45	33,93	7,00			27,57	3,49	1,53	0,72			11,13	1,27	5,30	1,01	
				1,086-1,095	a			51,40	2,81					1,87	1,07							
				> 1,095																		
		8 Monate Lagerung	A			Adretta a a		Afra b a		Gala f a		Granola c b		Lolita de a		Marabel f a		Nicola d a		Renate e b		
	< 1,055			c				1,40	0,70													
1,056-1,065	c						0,97	0,36						4,61	2,22	15,35	5,10	3,41	1,34			
1,066-1,075	c			48,46	2,10	25,18	1,13	5,24	1,57	25,74	3,83	12,49	2,38	2,13	2,05	17,24	1,57	13,52	3,75			
1,076-1,085	b			76,79	4,95	68,95	2,16			53,02	3,40	15,40	4,24			21,47	7,84	18,30	5,97			
1,086-1,095	a			85,90	5,67	83,58	0,90					20,00	6,31									
			> 1,095																			

Tab. A2: Schwarzfleckigkeit [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (%) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x			
2006 B	Vorernte	C	Adretta a d		Afra b b		Gala e c		Granola c b		Lolita e c		Marabel e c		Nicola de ab		Renate cd c				
			< 1,055	d			1,65	1,28			2,58	1,08	2,56	2,61	5,32	1,39					
			1,056-1,065	c			15,71	0,63	2,39	0,57	9,61	0,20	0,90	1,04	2,55	1,22	5,05	2,82	8,68	1,79	
			1,066-1,075	b	39,45	8,04	24,77	1,96					2,71	1,50	3,39	0,45			8,51	0,97	
			1,076-1,085	a			23,18	1,12													
			1,086-1,095	a																	
				Adretta a c		Afra b a		Gala c a		Granola b b		Lolita d bc		Marabel d b		Nicola c a		Renate c b			
				< 1,055																	
				1,056-1,065	c			14,29	2,19	18,74	4,12	4,20	1,67	7,34	2,24	7,40	3,73	14,23	2,62		
				1,066-1,075	c			24,43	2,01	16,77	2,45	40,24	9,00	8,14	4,83	8,93	2,73	11,26	2,48	20,28	4,21
				1,076-1,085	b	69,39	2,25	41,92	9,32							15,22	4,73	21,46	1,77		
				1,086-1,095	a	97,86	1,36	81,50	4,86												
				> 1,095																	
				Adretta a a		Afra b ab		Gala d b		Granola a a		Lolita bc a		Marabel d a		Nicola cd a		Renate bc a			
				< 1,055																	
				1,056-1,065	d			7,76	1,31	66,07	5,82	17,22	3,00	12,93	1,11	8,12	4,93	16,63	3,31		
				1,066-1,075	c			10,37	1,47	93,74	3,14	27,25	3,85	12,41	1,04	14,04	3,92	29,05	6,01		
				1,076-1,085	b	93,21	3,92	32,99	4,72							21,87	2,91	32,73	4,70		
				1,086-1,095	a	99,71	0,50	54,28	9,96												
				> 1,095																	
			Adretta a a		Afra bcd c		Gala d c		Granola b b		Lolita bc b		Marabel cd bc		Nicola d b		Renate cd c				
			< 1,055																		
			1,056-1,065	e			2,17	1,75	8,37	2,40	3,33	3,06	3,83	1,02	2,37	1,17	4,43	2,22			
			1,066-1,075	d			5,20	2,52	38,87	1,99	19,00	2,35	6,97	2,03	3,33	1,19	2,20	1,31			
			1,076-1,085	c	86,37	1,18	11,83	2,66			25,33	1,72	30,23	6,35	11,33	4,88	5,93	0,49	10,17	2,15	
			1,086-1,095	b	95,20	2,17	21,00	5,03													
			> 1,095	a	97,40	0,82	55,00	3,39													

Tab. A3: Schwarzfleckigkeit [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (%) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L^{-1}) nach der Vorernte und Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x				
2007 A	Vorernte	C			Adretta a c		Afra a c		Gala e b		Granola c c		Lolita e bc		Marabel e a		Nicola d bc		Renate b b			
			< 1,055	d					3,20	1,73	14,97	3,85			0,90	1,01						
			1,056–1,065	c	17,53	3,84			7,83	2,58	21,37	1,91	3,80	1,39	4,13	1,91	11,77	1,97	21,70	1,90		
			1,066–1,075	b	35,53	3,33	39,03	3,93					4,27	3,19			12,53	3,85	31,40	7,18		
			1,076–1,085	a	56,90	1,76	43,63	4,22														
						Adretta a a		Afra a a		Gala c a		Granola a a		Lolita d a		Marabel d a		Nicola d b		Renate b a		
				< 1,055	e									4,50	1,61							
				1,056–1,065	d			17,67	5,39	76,17	5,60			8,30	2,21	14,03	4,27	59,00	2,09			
	Ernte	A	1,066–1,075	c	86,23	1,99			31,83	2,17	93,13	3,03	12,23	0,81	31,73	13,31	16,60	5,19	81,23	1,36		
				1,076–1,085	b	92,83	3,21	90,33	7,07			96,40	1,80	20,63	3,25			23,17	4,24	81,80	3,08	
				1,086–1,095	a	100,00	0,00	97,53	2,32													
				> 1,095																		
						Adretta a a		Afra b b		Gala d b		Granola d b		Lolita d b		Marabel e b		Nicola c a		Renate c b		
				< 1,055																		
				1,056–1,065	d				2,20	1,70	61,13	6,52										
	5 Monate Lagerung	B	1,066–1,075	c					20,03	7,78	78,87	3,21	4,70	1,21	3,93	2,53	22,07	6,30	22,37	3,30		
				1,076–1,085	b	95,43	4,73	69,40	5,19			95,57	1,60	11,60	5,54	2,40	0,87	37,00	10,31	39,93	4,02	
				1,086–1,095	a	98,73	0,64	93,13	0,65					22,80	4,11							
				> 1,095																		
						Adretta a b		Afra bc d		Gala b b		Granola b d		Lolita de c		Marabel e b		Nicola bcd c		Renate cde c		
			< 1,055																			
			1,056–1,065	c				4,07	1,00	4,10	2,67			0,80	1,39	11,87	6,22	1,17	1,01			
8 Monate Lagerung	C	1,066–1,075	c					4,03	1,47	3,83	1,66	1,23	0,84	1,97	2,11	2,47	1,19	1,40	0,92			
			1,076–1,085	b	75,53	7,82	4,47	2,49	24,43	2,59	34,13	8,95	4,23	2,10			12,30	7,63	7,37	3,81		
			1,086–1,095	a	87,77	2,14	14,10	6,51														
			> 1,095																			

Tab. A4: Schwarzfleckigkeit [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (%) nach teilweiser Vorernte und Ernte in 2005, 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung von Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden, aber teilweise bei 4°C und 8°C gelagert worden sind

Jahr	Stadium	°C	Adretta		Afra		Gala		Granola		Lolita		Marabel		Nicola		Renate		
			\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	
2005 AB	Ernte	A	4	58,06 b b	3,95	82,93 a a	7,05	1,53 h a	0,83	49,86 c b	10,12	4,16 e b	2,15	2,33 g a	0,91	2,83 f c	1,41	38,76 d a	11,59
	5 Monate Lagerung	B	4	41,53 a c	2,36	39,30 b c	2,53	0,93 h a	0,86	23,77 c c	1,86	2,17 g b	2,37	2,20 f a	1,18	7,73 d b	3,29	3,63 e b	0,92
	8 Monate Lagerung	A	4	83,03 a a	4,08	68,80 b b	6,13	2,37 h a	0,74	58,21 c a	9,13	14,59 e a	0,91	3,52 g a	0,97	23,28 d a	5,14	5,82 f b	1,34
2006 B	Vorernte	C	4	36,59 a c	6,51	16,46 b d	3,32	3,23 e b	0,80	11,09 c c	1,43	0,27 g c	0,47	0,80 f c	0,69	5,94 d b	1,64	11,59 c c	0,50
	Ernte	B	4	73,86 a b	6,51	65,63 b a	1,80	3,06 h b	0,75	28,3 c b	0,76	5,30 f b	1,02	10,03 e a	2,75	4,90 g b	2,02	19,93 d b	5,24
	5 Monate Lagerung	A	4	92,74 a a	1,94	40,13 c b	3,30	9,21 f a b	4,12	58,44 b a	44,62	16,16 e a	1,90	10,79 f a	0,32	13,80 e a	6,23	33,40 d a	6,82
	8 Monate Lagerung	AB	4	94,80 a a	2,12	25,93 b c	9,67	13,50 d a	6,66	26,26 b b	5,80	19,66 c a	2,40	5,23 e b	1,57	3,83 f b	2,15	15,96 d b c	10,76
2007 A	Vorernte	B	4	48,13 a c	8,34	49,63 a b	20,21	5,60 d c	1,65	16,70 b c	2,36	3,00 d e c	0,26	2,60 e a	1,15	12,13 c b	4,48	17,20 b c	4,52
	Ernte	A	4	93,33 a a	2,41	95,43 a a	2,07	26,83 d a	10,15	67,36 c b	5,28	18,93 e a	2,03	7,86 f a	1,41	19,36 e a b	4,28	75,10 b a	1,73
	5 Monate Lagerung	A	4	a 93,50 a a	0,62	87,93 b a	4,60	12,83 e b	7,34	81,63 b a	8,02	9,13 f b	2,94	6,16 g a	4,90	24,33 d a	4,32	34,8 c b	6,48
			8	a 90,16 a	5,24														
	8 Monate Lagerung	B	4	a 85,33 a b	3,30	8,00 c c	3,26	3,80 d c	2,30	19,53 b c	7,47	5,66 c b c	1,53	2,03 d a	0,81	14,50 b b	1,37	5,60 c d	1,14
8			a 83,43 a	5,75	60,83 b	6,51	6,56 c	2,74			7,16 c	1,74							

Tab. A5: Oxidatives Potential [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (AU_{475nm}) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2005 C	Ernte	B			Adretta a c	Afra bcd a	Gala cd b	Granola bc b	Lolita d b	Marabel d b	Nicola ab b	Renate ab b								
			< 1,055	a			0,09	0,01		0,05	0,00									
			1,056-1,065	a	0,21	0,02	0,11	0,00	0,06	0,01	0,16	0,01	0,09	0,00	0,06	0,00	0,16	0,00	0,18	0,02
			1,066-1,075	a	0,24	0,01	0,10	0,01	0,08	0,01	0,13	0,01	0,09	0,02	0,06	0,01	0,16	0,00	0,16	0,00
			1,076-1,085	a	0,19	0,02	0,11	0,01	0,08	0,00	0,14	0,00	0,11	0,01			0,17	0,00	0,13	0,02
			1,086-1,095	a	0,20	0,02	0,10	0,00			0,09	0,00								
	> 1,095	a			0,13	0,01														
	5 Monate Lagerung	B			Adretta a b	Afra ab a	Gala b b	Granola ab b	Lolita b b	Marabel b ab	Nicola a b	Renate ab c								
			< 1,055	a			0,07	0,01		0,06	0,00	0,12	0,00							
			1,056-1,065	a	0,20	0,02	0,14	0,01	0,07	0,00	0,10	0,00	0,11	0,00	0,07	0,00	0,19	0,02	0,10	0,01
			1,066-1,075	a	0,17	0,01	0,13	0,00	0,07	0,01	0,11	0,00	0,09	0,02	0,08	0,01	0,20	0,00	0,10	0,00
			1,076-1,085	a	0,13	0,01	0,11	0,00	0,07	0,00	0,09	0,00	0,07	0,00	0,10	0,04	0,13	0,01	0,11	0,00
			1,086-1,095	a	0,11	0,00	0,11	0,00			0,09	0,02			0,12	0,01	0,12	0,01		
	> 1,095	a			0,11	0,00														
	8 Monate Lagerung	A			Adretta a a	Afra e a	Gala e a	Granola cd a	Lolita de a	Marabel e a	Nicola bc a	Renate ab a								
			< 1,055	a			0,16	0,02		0,12	0,00	0,31	0,01							
			1,056-1,065	a	0,33	0,05	0,11	0,00	0,11	0,03	0,23	0,01	0,17	0,02	0,11	0,01	0,26	0,03	0,38	0,01
			1,066-1,075	a	0,37	0,00	0,11	0,01	0,15	0,00	0,19	0,01	0,20	0,06	0,11	0,01	0,27	0,01	0,28	0,03
1,076-1,085			a	0,31	0,00	0,12	0,01	0,17	0,01	0,23	0,01	0,14	0,02	0,13	0,02	0,27	0,02	0,24	0,04	
1,086-1,095			a	0,29	0,02	0,12	0,00			0,13	0,01			0,24	0,01	0,32	0,01			
> 1,095	a	0,34	0,03	0,13	0,01															

Tab. A6: Oxidatives Potential [Mittelwert (\bar{x}) und Standartabweichung (σ_x)] (AU_{475nm}) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten ($kg L^{-1}$) nach der Vorernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x				
2006 B	Vorernte	B	Adretta a b		Afra bc b		Gala c b		Granola bc b		Lolita b b		Marabel c b		Nicola a a		Renate ab b			
			< 1,055	a			0,09	0,00	0,13	0,01	0,09	0,00	0,07	0,01	0,24	0,05	0,19	0,00		
			1,056-1,065	a	0,28	0,01	0,11	0,00	0,10	0,01	0,14	0,02	0,12	0,01	0,07	0,01	0,28	0,01	0,25	0,02
			1,066-1,075	a	0,24	0,01	0,11	0,00	0,07	0,05	0,18	0,00	0,11	0,01	0,09	0,00	0,28	0,00	0,11	0,01
			1,076-1,085	a	0,26	0,01	0,12	0,00												
			1,086-1,095																	
	> 1,095																			
	Ernte	B	Adretta a a		Afra b b		Gala b b		Granola b b		Lolita b b		Marabel b b		Nicola b b		Renate b b			
			< 1,055	a			0,13	0,00					0,08	0,01						
			1,056-1,065	a	0,44	0,23			0,10	0,01	0,18	0,01	0,09	0,01	0,07	0,00	0,13	0,00	0,15	0,01
			1,066-1,075	a	0,32	0,01	0,13	0,01	0,10	0,00	0,16	0,00	0,08	0,00	0,12	0,05	0,15	0,00	0,14	0,02
			1,076-1,085	a	0,29	0,01	0,11	0,00	0,10	0,00	0,15	0,01	0,10	0,00	0,07	0,00	0,14	0,00	0,12	0,01
			1,086-1,095	a	0,28	0,03	0,11	0,00											0,10	0,01
	> 1,095	a	0,24	0,01	0,10	0,01														
	5 Monate Lagerung	B	Adretta a a		Afra b b		Gala cd b		Granola b b		Lolita b b		Marabel d b		Nicola bc b		Renate b b			
			< 1,055	a			0,11	0,01												
			1,056-1,065	a	0,31	0,00			0,09	0,00	0,15	0,01	0,13	0,00	0,09	0,00	0,13	0,00	0,19	0,01
			1,066-1,075	a	0,25	0,01	0,12	0,01	0,09	0,00	0,14	0,03	0,15	0,01	0,07	0,00	0,15	0,01	0,16	0,00
			1,076-1,085	a	0,28	0,01	0,12	0,00	0,07	0,00	0,18	0,01	0,17	0,01	0,09	0,01	0,13	0,00	0,16	0,01
			1,086-1,095	a	0,22	0,00	0,13	0,00					0,19	0,01			0,16	0,01	0,17	0,01
	> 1,095	a	0,27	0,01	0,10	0,01														
	8 Monate Lagerung	A	Adretta a a		Afra b a		Gala b a		Granola ab a		Lolita b a		Marabel b a		Nicola b ab		Renate b a			
			< 1,055	a			0,23	0,00												
			1,056-1,065	a			0,18	0,01	0,28	0,01	0,20	0,01	0,18	0,01	0,19	0,00	0,34	0,02		
1,066-1,075			a	0,37	0,04	0,18	0,00	0,16	0,00	0,30	0,01	0,21	0,01	0,16	0,01	0,21	0,01	0,30	0,01	
1,076-1,085			a	0,40	0,02	0,14	0,02			0,25	0,00	0,20	0,01	0,16	0,00	0,24	0,01	0,16	0,02	
1,086-1,095			a	0,35	0,01	0,16	0,00						0,16	0,01			0,26	0,03		
> 1,095	a	0,31	0,01	0,16	0,01															

Tab. A7: Oxidatives Potential [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (AU_{475nm}) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x				
2007 A	Vorernte	AB			Adretta a a		Afra b b		Gala b b		Granola a a		Lolita b a		Marabel b a		Nicola a a		Renate a a	
			< 1,055	a					0,16	0,01	0,30	0,01	0,19	0,01	0,12	0,00	0,27	0,03	0,33	0,02
			1,056-1,065	a	0,30	0,00	0,15	0,01	0,10	0,01	0,27	0,01	0,19	0,01	0,13	0,02	0,26	0,02	0,30	0,02
			1,066-1,075	a	0,27	0,02	0,12	0,01	0,11	0,00	0,28	0,02	0,15	0,01	0,14	0,01	0,28	0,01	0,27	0,01
			1,076-1,085	a	0,31	0,02	0,11	0,00					0,17	0,01			0,25	0,02	0,27	0,02
			1,086-1,095	a	0,28	0,01	0,10	0,01												
			> 1,095	a																
	Ernte	B			Adretta ab a		Afra cd ab		Gala d ab		Granola a a		Lolita d a		Marabel d a		Nicola ab a		Renate bc a	
			< 1,055	a					0,15	0,01			0,17	0,03	0,11	0,01				
			1,056-1,065	a	0,33	0,02	0,15	0,01	0,15	0,00	0,35	0,02	0,15	0,00	0,11	0,00	0,28	0,01	0,24	0,01
			1,066-1,075	a	0,30	0,01	0,20	0,01	0,13	0,01	0,30	0,01	0,13	0,00	0,12	0,01	0,23	0,01	0,22	0,00
			1,076-1,085	a	0,22	0,01	0,15	0,00	0,13	0,00	0,30	0,01	0,16	0,02	0,13	0,01	0,28	0,03	0,23	0,02
			1,086-1,095	a	0,25	0,00	0,17	0,01									0,22	0,01		
			> 1,095	a	0,29	0,02														
	5 Monate Lagerung	AB			Adretta a a		Afra b ab		Gala b ab		Granola a a		Lolita b a		Marabel b a		Nicola a a		Renate a a	
			< 1,055	a					0,19	0,01										
			1,056-1,065	a					0,18	0,01	0,38	0,01	0,09	0,01	0,12	0,00	0,33	0,00	0,28	0,01
			1,066-1,075	a	0,34	0,04	0,18	0,01	0,16	0,01	0,30	0,01	0,19	0,01	0,16	0,01	0,27	0,01	0,27	0,01
			1,076-1,085	a	0,28	0,01	0,15	0,01	0,15	0,00	0,31	0,02	0,14	0,00	0,14	0,01	0,35	0,02	0,27	0,01
			1,086-1,095	a	0,30	0,01	0,14	0,00			0,32	0,01	0,14	0,01			0,27	0,01	0,27	0,02
			> 1,095	a	0,28	0,02	0,13	0,01												
	8 Monate Lagerung	A			Adretta a a		Afra c a		Gala c a		Granola ab a		Lolita cd a		Marabel d a		Nicola b a		Renate b a	
			< 1,055	a					0,20	0,01	0,37	0,01								
			1,056-1,065	a	0,39	0,03	0,23	0,00	0,16	0,04	0,31	0,01	0,18	0,00	0,12	0,01	0,28	0,05	0,32	0,05
1,066-1,075			a	0,37	0,01	0,16	0,01	0,15	0,00	0,35	0,01	0,15	0,01	0,10	0,01	0,30	0,01	0,29	0,01	
1,076-1,085			a	0,32	0,02	0,15	0,00	0,15	0,01	0,31	0,02	0,14	0,01	0,08	0,01	0,27	0,01	0,31	0,04	
1,086-1,095			a	0,35	0,02	0,15	0,02			0,35	0,03	0,13	0,01			0,28	0,01	0,25	0,01	
		> 1,095	a	0,33	0,03	0,17	0,01													

Tab. A8: Oxidatives Potential [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (AU_{475nm}) nach teilweiser Vorernte und Ernte in 2005, 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung von Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden, aber teilweise bei 4°C und 8°C gelagert worden sind

Jahr	Stadium	°C	Adretta		Afra		Gala		Granola		Lolita		Marabel		Nicola		Renate		
			\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	
2005 C	Ernte	B	4	0,18 a a	0,01	0,11 ab ab	0,01	0,08 b b	0,01	0,18 a ab	0,06	0,08 b b	0,01	0,06 b b	0,01	0,15 a ab	0,01	0,19 a ab	0,01
	5 Monate Lagerung	B	4	0,28 a a	0,04	0,14 ab a	0,01	0,05 b b	0,00	0,09 b b	0,00	0,08 b b	0,01	0,07 b b	0,00	0,10 ab b	0,01	0,09 b b	0,00
	8 Monate Lagerung	A	4	0,18 c a	0,01	0,10 d b	0,00	0,14 c a	0,00	0,23 b a	0,01	0,14 c a	0,01	0,14 c a	0,01	0,31 a a	0,01	0,25 b a	0,01
2006 B	Vorernte	B	4	0,26 a b	0,02	0,12 c ab	0,00	0,10 c b	0,00	0,27 ab a	0,01	0,11 c b	0,00	0,07 c a	0,01	0,20 b a	0,00	0,31 a a	0,02
	Ernte	BC	4	0,31 a a	0,01	0,13 c ab	0,00	0,11 c b	0,00	0,25 b a	0,02	0,10 c b	0,00	0,11 c b	0,00	0,17 c ab	0,01	0,14 c b	0,01
	5 Monate Lagerung	C	4	0,23 a b	0,00	0,10 cd b	0,00	0,07 d b	0,00	0,18 b b	0,01	0,14 bc ab	0,01	0,08 d b	0,00	0,15 bc b	0,01	0,17 b b	0,01
	8 Monate Lagerung	A	4	0,33 a a	0,07	0,18 b a	0,01	0,20 b a	0,01	0,22 b ab	0,00	0,19 b a	0,01	0,15 b a	0,00	0,19 b ab	0,00	0,35 a a	0,02
2007 A	Vorernte	A	4	0,31 a a	0,01	0,14 b b	0,01	0,13 b a	0,01	0,27 ab ab	0,02	0,19 b a	0,00	0,12 b a	0,01	0,24 ab a	0,01	0,31 a a	0,01
	Ernte	A	4	0,28 a a	0,02	0,18 ab a	0,00	0,15 b a	0,01	0,31 a a	0,01	0,15 b ab	0,01	0,11 b a	0,00	0,28 a a	0,02	0,29 a a	0,01
	5 Monate Lagerung	A	4 a	0,32 a a	0,02	0,14 b b	0,02	0,19 b a	0,07	0,26 a b	0,01	0,17 b ab	0,01	0,13 b a	0,01	0,27 a a	0,01	0,28 a a	0,01
			8 a	0,31	0,01					0,28	0,03				0,29	0,01	0,26	0,02	
	8 Monate Lagerung	A	4 a	0,35 a a	0,07	0,18 b a	0,02	0,15 b a	0,01	0,29 a ab	0,01	0,13 b b	0,01	0,11 b a	0,01	0,28 a a	0,02	0,29 a a	0,02
			8 a	0,31	0,00	0,17	0,01	0,17	0,01			0,13	0,02						

Tab. A9: Volumetrischer Modulus der Elastizität [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (MPa) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L^{-1}) nach der Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x			
			Adretta	a a	Afra	a b	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a b	Nicola	a b	Renate	a a	
		< 1,055																	
	Ernte	1,056-1,065	a				3,66	1,45	2,42	1,08	3,19	1,60	3,46	2,53	2,80	1,15	2,24	0,72	
		1,066-1,075	a		1,88	0,92	2,41	0,95	2,99	1,30	2,94	0,63	2,81	1,94	2,81	1,52	2,48	0,75	
		1,076-1,085	a	2,33	0,71	1,46	0,53							2,64	0,69	2,40	1,72		
		1,086-1,095	a	2,71	0,59	3,25	1,40												
		> 1,095																	
			Adretta	ab a	Afra	b ab	Gala	b a	Granola	ab a	Lolita	ab a	Marabel	ab b	Nicola	ab b	Renate	a a	
		< 1,055	a				3,30	0,11											
	2006 A	1,056-1,065	a	3,52	1,29		4,38	2,09	2,16	1,38	6,96	1,57	4,24	1,49	3,92	1,95	4,41	1,76	
	5 Monate Lagerung	1,066-1,075	a	3,07	1,34	3,02	0,56	2,39	1,35	3,66	1,35	7,90	0,92	4,81	0,60	2,69	1,14	9,10	8,28
		1,076-1,085	a	3,45	0,53	2,83	0,23	2,16	0,68	5,27	4,82	4,95	1,69	3,02	0,54	2,94	1,50	5,20	3,18
		1,086-1,095	a	3,68	1,57	3,66	1,24					5,09	2,23		7,96	3,55	8,10	7,07	
		> 1,095	a	3,42	1,03	3,05	1,36												
			Adretta	b a	Afra	ab a	Gala	ab a	Granola	ab a	Lolita	ab a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a	
		< 1,055	a				4,45	4,04						6,92	2,88	7,30	3,74		
	8 Monate Lagerung	1,056-1,065	a	2,67	1,08		4,30	2,64	6,00	3,05	6,35	3,07	6,83	2,71	8,38	4,37	10,57	12,69	
	A	1,066-1,075	a	2,25	0,81	5,82	2,26	5,49	3,64	5,09	1,12	4,56	1,46	10,18	5,10	7,32	3,14	8,88	1,83
		1,076-1,085	a	2,64	0,48	4,96	1,90			5,08	2,48	7,35	2,64	9,65	2,14		6,13	3,32	
		1,086-1,095	a	3,10	1,55	3,80	1,39			4,76	2,36	7,06	2,40	8,39	3,52		7,99	8,62	
		> 1,095	a			4,38	1,20												

Tab. A10: Volumetrischer Modulus der Elastizität [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (MPa) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x
			Adretta a a		Afra a a		Gala c a		Granola bc a		Lolita bc a		Marabel ab a		Nicola bc a		Renate b a	
		< 1,055 a					3,51	1,23					4,07	0,63				
	Ernte	1,056-1,065 a	6,48	0,92			2,91	0,62	3,61	0,30	3,49	0,52	4,25	0,39	2,15	0,93	3,93	1,05
		1,066-1,075 a	4,75	0,74	4,18	0,58	3,12	0,64	3,76	0,24	3,59	0,58	4,38	0,47	4,14	0,81	3,72	0,52
		1,076-1,085 ab	5,08	1,03	3,44	0,50	2,42	0,37	3,76	0,78	3,33	0,63	3,62	0,63	3,99	0,55	3,70	0,08
		1,086-1,095 a	4,17	0,81	3,96	0,66												
		> 1,095 b	2,99	0,59														
			Adretta a b		Afra a b		Gala a b		Granola a b		Lolita a b		Marabel a b		Nicola a a		Renate a b	
		< 1,055 a					2,08	0,30										
2007 B	5 Monate Lagerung	1,056-1,065 a					1,67	0,27	2,35	0,33	2,26	0,38	1,94	0,22	2,53	0,42	2,45	0,53
		1,066-1,075 a	2,53	0,84	2,97	1,09	2,16	0,20	2,21	0,17	2,11	0,46	2,08	0,14	2,51	0,37	2,64	0,41
		1,076-1,085 a	2,20	0,33	1,72	0,29	2,18	0,60	1,83	0,34	1,83	0,20	2,23	0,36	2,46	0,36	1,85	0,52
		1,086-1,095 a	2,13	0,16	1,77	0,27			2,22	0,15	2,15	0,32			2,21	0,40	2,17	0,28
		> 1,095 a	2,02	0,33	1,94	0,51												
			Adretta c b		Afra bc b		Gala bc b		Granola bc b		Lolita a a		Marabel bc b		Nicola b a		Renate c b	
		< 1,055 b					1,68	0,24	1,80	0,07								
	8 Monate Lagerung	1,056-1,065 ab	1,74	0,74			1,89	0,45	1,75	0,59	3,58	0,85	2,05	0,44	2,63	0,71	1,98	0,46
		1,066-1,075 ab	2,01	0,54	1,45	0,36	1,90	0,43	2,60	0,61	2,74	0,58	2,12	0,46	2,39	0,36	1,90	0,33
		1,076-1,085 a	2,03	0,21	2,30	0,68	2,74	0,63	2,79	0,93	3,13	0,70	2,40	0,80	2,52	0,33	1,50	0,32
		1,086-1,095 ab	2,01	0,41	2,13	0,31									2,33	0,21		
		> 1,095 b	1,41	0,68	1,95	0,48												

Tab. A11: Volumetrischer Modulus der Elastizität [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (MPa) im Kronen- und Nabelgewebe nach der Ernte 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2006 A	Ernte	B	Nabel a	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
				Krone a	6,17	2,72	1,86	0,25	1,81	1,51	1,96	1,03	5,20	0,05	2,83	1,46	2,13	0,41	2,87	0,77
	5 Monate Lagerung	AB	Nabel a	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
				Krone a	5,75	4,20	2,09	1,53	2,11	2,03	3,30	1,10	3,00	1,89	3,06	0,96	2,27	0,78	2,73	1,31
	8 Monate Lagerung	A	Nabel a	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
				Krone a	4,53	0,35	2,79	1,18	3,47	1,78	2,65	0,99	7,07	1,83	5,81	4,93	2,77	1,30	6,21	1,16
	2007 B	Ernte	A	Nabel a	Adretta a a		Afra b a		Gala b a		Granola a b a		Lolita a b a		Marabel b a		Nicola b a		Renate b a	
					Krone a	7,53	1,80	2,75	1,11	5,13	1,25	3,16	0,38	6,07	1,53	6,78	5,44	4,66	0,20	2,57
		5 Monate Lagerung	A	Nabel a	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a b		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a	
					Krone a	2,57	1,31	6,33	0,47	5,55	1,30	3,68	0,69	15,22	10,72	4,08	3,96	6,57	3,378	5,81
8 Monate Lagerung		A	Nabel a	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a b		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
				Krone a	4,14	1,72	3,94	1,68	4,39	5,33	3,32	2,95	10,40	3,06	6,18	0,73	10,87	3,16	9,37	1,99
5 Monate Lagerung		A	Nabel a	Adretta a a b		Afra a a		Gala a a		Granola a a b		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
				Krone a	5,54	0,26	3,16	0,05	3,91	0,19	5,06	0,55	4,35	0,06	2,71	1,54	3,14	0,09	3,45	0,04
8 Monate Lagerung		A	Nabel a	Adretta a a b		Afra a a		Gala a a		Granola a b		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
				Krone a	6,18	1,15	3,31	0,45	2,47	0,44	3,01	0,56	3,59	0,76	2,74	0,06	2,47	0,39	2,99	0,12
5 Monate Lagerung	A	Nabel a	Adretta a a b		Afra a a		Gala a a		Granola a a b		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a			
			Krone a	2,66	0,52	1,91	0,89	1,92	0,13	2,31	0,13	2,28	0,42	2,74	0,965	2,23	0,42	2,27	0,17	
8 Monate Lagerung	A	Nabel a	Adretta a a b		Afra a a		Gala a a		Granola a b		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a			
			Krone a	2,29	0,05	1,77	0,29	1,99	0,03	2,40	0,38	2,23	0,12	1,76	0,28	2,34	0,12	2,45	0,56	
5 Monate Lagerung	A	Nabel a	Adretta a a b		Afra a a		Gala a a		Granola a b		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a			
			Krone a	2,15	1,33	2,00	0,03	1,93	1,09	1,29	0,86	2,32	0,49	2,34	0,09	2,22	0,07	2,46	0,69	
8 Monate Lagerung	A	Nabel a	Adretta a a b		Afra a a		Gala a a		Granola a b		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a			
			Krone a	1,54	0,37	1,82	0,34	1,69	0,69	1,34	0,31	2,38	0,56	1,36	0,38	1,16	0,17	2,13	0,33	

Tab. A12: Osmolalität [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mmol kg⁻¹) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x			
			Adretta de b		Afra eb		Gala db		Granola eb		Lolita aa		Marabel aba		Nicola cb		Renate cb		
		< 1,055																	
	Ernte	1,056-1,065	a			375,30	8,39	370,95	11,64	574,20	28,34	546,90	30,36	482,70	30,03	508,50	52,03		
		1,066-1,075	b		268,35	16,43	451,20	27,31	367,35	4,96	514,80	28,19	472,50	14,74	461,40	47,98	420,30	28,29	
		1,076-1,085	b	389,25	11,71	296,25	17,14								447,75	19,16	503,70	48,19	
		1,086-1,095	c	387,90	7,68	316,80	7,64												
		> 1,095																	
			Adretta ea		Afra fa		Gala eb		Granola cab		Lolita ba		Marabel ca		Nicola dab		Renate aa		
		< 1,055	d			427,35	3,19												
	2006 A	1,056-1,065	c	469,50	25,11			453,90	3,16	416,10	7,98	487,80	5,09	531,60	2,94	477,00	7,23	477,60	6,42
		1,066-1,075	b	441,00	23,79	420,30	4,34	456,60	4,65	489,15	5,72	546,45	8,07	520,65	13,77	495,00	4,65	658,20	45,16
		1,076-1,085	b	455,70	6,88	418,05	6,20	467,40	2,08	617,25	10,64	514,80	9,49	489,75	3,51	472,50	10,88	654,60	13,20
		1,086-1,095	a	463,50	15,22	441,60	9,75					590,40	8,02			512,40	17,17	814,65	83,92
		> 1,095	c	481,20	3,10	457,80	6,54												
			Adretta aa		Afra da		Gala cd a		Granola abc a		Lolita abc a		Marabel aba		Nicola bcd a		Renate ab ab		
		< 1,055	a			530,10	44,57												
	8 Monate Lagerung	1,056-1,065	a	645,00	56,03			472,80	34,22	508,50	83,29	516,60	15,96	517,80	19,66	506,70	12,05	513,90	35,17
		1,066-1,075	a	675,00	34,58	445,80	26,01	507,00	10,30	459,90	12,98	502,80	17,66	590,10	72,11	531,90	34,54	536,40	69,58
		1,076-1,085	a	608,70	106,77	457,50	24,50			576,60	61,08	586,50	76,71	598,50	29,58	527,10	33,36	601,20	134,22
		1,086-1,095	a	533,10	8,89	470,10	18,88			666,30	150,47	574,50	29,45	657,90	38,29			616,50	96,48
		> 1,095	a			492,90	17,40											686,40	89,48

Tab. A13: Osmolalität [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mmol kg⁻¹) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2007 B	Ernte	C	Adretta bc b	Afra cd b	Gala d c	Granola cd b	Lolita b b	Marabel a c	Nicola b b	Renate cd c										
			< 1,055	a			354,30	3,71		435,00	49,58									
			1,056-1,065	a	373,20	10,46			355,50	7,68	386,10	8,56	423,00	28,29	436,50	13,80	381,90	23,24	385,20	4,60
			1,066-1,075	a	394,80	20,15	389,40	12,79	393,00	6,96	380,40	9,09	402,00	13,96	446,70	14,01	396,00	17,77	387,90	16,58
			1,076-1,085	a	394,20	14,28	368,10	15,69	379,20	28,97	381,90	10,11	415,50	19,46	426,90	9,57	465,60	25,77	402,30	10,75
			1,086-1,095	a	421,50	11,53	384,60	6,00												
	> 1,095	a	390,30	11,44																
	5 Monate Lagerung	B	Adretta bc a	Afra e b	Gala d b	Granola d b	Lolita bc a	Marabel a b	Nicola ab a	Renate c b										
			< 1,055	a			450,00	7,07												
			1,056-1,065	a			425,40	6,31	443,40	17,15	455,70	18,50			461,10	19,26	447,90	27,58		
			1,066-1,075	a	466,80	22,62	414,90	14,64	423,90	15,16	441,30	11,77	480,60	20,98	477,60	16,19	475,80	26,61	461,40	16,41
			1,076-1,085	a	453,30	12,52	415,80	4,44	448,50	47,16	418,50	6,15	459,30	15,25	483,90	22,52	463,50	13,94	452,70	13,41
1,086-1,095			a	470,10	6,15	438,90	12,37			424,80	11,63	465,90	12,09	494,40	42,90	504,90	11,32	466,20	19,36	
> 1,095	a	478,20	13,59	429,00	19,46															
8 Monate Lagerung	A	Adretta b a	Afra b a	Gala b a	Granola b a	Lolita ab a	Marabel a a	Nicola b ab	Renate a a											
		< 1,055	a			468,60	26,75	493,50	37,11											
		1,056-1,065	a	439,05	13,69			457,20	10,32	447,00	2,86	486,60	36,61	501,60	6,35	474,00	9,35	543,30	112,06	
		1,066-1,075	a	462,30	6,24	423,30	16,70	480,90	2,66	445,80	9,06	498,90	4,08	535,50	22,18	487,50	41,02	488,10	8,45	
		1,076-1,085	b	451,65	12,56	401,40	4,38	498,00	21,49	431,40	10,67	478,20	6,89	526,80	7,59	471,00	14,45	524,70	21,45	
		1,086-1,095	b	466,95	16,79	405,30	11,86									441,60	87,28			
> 1,095	ab	514,80	10,91	411,75	8,71															

Tab. A14: Osmolalität [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mmol kg⁻¹) im Kronen- und Nabelgewebe nach der Ernte 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	
			Adretta b b		Afra ab a		Gala ab b		Granola ab b		Lolita ab a		Marabel a b		Nicola ab a		Renate ab a		
	Ernte	B	Nabel a	345,90	7,21	400,80	1,69	394,80	6,79	368,40	11,88	477,00	26,30	485,40	22,91	449,40	44,97	419,40	7,64
			Krone a	373,50	19,09	340,80	78,07	406,80	6,79	374,10	9,76	423,60	13,58	444,00	1,69	463,20	5,09	441,60	16,12
			Adretta e a		Afra f a		Gala e a		Granola f b		Lolita b a		Marabel a a		Nicola c a		Renate d a		
2006 A	5 Monate Lagerung	A	Nabel a	456,00	5,09	420,90	1,27	456,60	2,55	412,20	0,85	516,00	5,09	576,60	2,55	502,50	2,12	484,80	0,00
			Krone a	468,90	15,69	418,50	0,42	473,40	5,94	415,80	0,85	539,40	7,64	586,20	0,85	508,80	5,09	487,80	2,55
			Adretta b a		Afra b a		Gala b a		Granola b a		Lolita b a		Marabel a a		Nicola ab a		Renate ab a		
	8 Monate Lagerung	A	Nabel a	487,20	6,79	460,80	0,00	458,40	3,39	481,20	20,37	478,80	22,06	564,00	5,09	495,00	19,52	489,60	47,52
			Krone a	472,20	9,33	473,40	12,73	478,80	0,00	474,60	11,03	501,60	39,03	592,20	12,73	513,00	9,33	534,00	11,88
			Adretta a a		Afra a b		Gala a b		Granola a b		Lolita a b		Marabel a b		Nicola a b		Renate a a		
	Ernte	B	Nabel a	402,00	3,39	373,80	2,55	369,00	0,85	380,40	3,39	396,60	5,94	414,60	33,09	394,20	22,91	390,00	6,79
			Krone a	405,60	16,97	372,00	15,27	360,00	3,39	355,20	1,69	372,60	7,64	408,00	11,88	385,20	18,67	387,60	27,15
			Adretta b a		Afra b a		Gala b ab		Granola b a		Lolita b ab		Marabel a ab		Nicola ab ab		Renate ab a		
2007 B	5 Monate Lagerung	A	Nabel a	440,40	0,00	412,80	5,09	423,00	11,03	454,20	5,94	453,60	15,27	482,40	5,09	450,00	0,00	432,00	5,09
			Krone a	453,60	18,67	450,60	4,24	429,00	0,85	430,20	9,33	428,40	3,39	497,40	4,24	462,60	2,55	479,40	17,82
			Adretta ab a		Afra b ab		Gala a a		Granola ab a		Lolita ab a		Marabel a a		Nicola ab a		Renate ab a		
	8 Monate Lagerung	A	Nabel a	445,20	20,37	399,90	10,61	474,60	22,91	440,40	18,67	463,80	26,30	494,40	11,88	479,40	4,24	448,20	17,82
			Krone a	438,90	14,85	385,80	7,64	497,40	50,06	448,20	19,52	474,00	10,18	501,00	5,94	471,60	10,18	446,40	45,82

Tab. A15: Osmotisches Potential [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (MPa) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x					
			Adretta bc a		Afra a a		Gala c a		Granola b a		Lolita f a		Marabel ef a		Nicola d a		Renate c a				
		< 1,055																			
	Ernte	A	1,056-1,065	c			-0,92	0,02	-0,91	0,03	-1,40	0,07	-1,34	0,07	-1,18	0,07	-1,24	0,13			
1,066-1,075			b			-0,66	0,04	-1,10	0,07	-0,90	0,01	-1,26	0,07	-1,15	0,04	-1,13	0,12	-1,03	0,07		
1,076-1,085			b	-0,95	0,03	-0,72	0,04									-1,09	0,05	-1,23	0,12		
1,086-1,095			a	-0,95	0,02	-0,77	0,02														
> 1,095																					
			Adretta b a		Afra a b		Gala b a		Granola d ab		Lolita e a		Marabel d a		Nicola c ab		Renate f b				
		< 1,055	a				-1,04	0,01													
	2006 B	5 Monate Lagerung	B	1,056-1,065	b	-1,15	0,06			-1,11	0,01	-1,02	0,02	-1,19	0,01	-1,30	0,01	-1,17	0,02	-1,17	0,02
1,066-1,075				c	-1,08	0,06	-1,03	0,01	-1,12	0,01	-1,20	0,01	-1,34	0,02	-1,27	0,03	-1,21	0,01	-1,61	0,11	
1,076-1,085				c	-1,11	0,02	-1,02	0,02	-1,14	0,01	-1,51	0,03	-1,26	0,02	-1,20	0,01	-1,15	0,03	-1,60	0,03	
1,086-1,095				d	-1,13	0,04	-1,08	0,02					-1,44	0,02			-1,25	0,04	-1,99	0,21	
> 1,095				b	-1,18	0,01	-1,12	0,02													
			Adretta d b		Afra a c		Gala ab b		Granola bcd b		Lolita bcd a		Marabel cd a		Nicola abc b		Renate cd ab				
		< 1,055	a				-1,30	0,11									-1,26	0,09			
	8 Monate Lagerung	C	1,056-1,065	a	-1,58	0,14			-1,16	0,08	-1,24	0,20	-1,26	0,04	-1,27	0,05	-1,24	0,03	-1,31	0,17	
1,066-1,075			a	-1,65	0,08	-1,09	0,06	-1,24	0,03	-1,12	0,03	-1,23	0,04	-1,44	0,18	-1,30	0,08	-1,47	0,33		
1,076-1,085			a	-1,49	0,26	-1,12	0,06			-1,41	0,15	-1,43	0,19	-1,46	0,07	-1,29	0,08	-1,51	0,24		
1,086-1,095			a	-1,30	0,02	-1,15	0,05			-1,63	0,37	-1,40	0,07	-1,61	0,09			-1,68	0,22		
> 1,095			a			-1,20	0,04														

Tab. A16: Osmotisches Potential [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (MPa) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L^{-1}) nach der Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2007 A	Ernte	A			Adretta bc a	Afra ab a		Gala a a	Granola ab a		Lolita c a		Marabel d a		Nicola c a		Renate ab a			
			< 1,055	a			-0,87	0,01					-1,06	0,12						
			1,056-1,065	a	-0,91	0,03			-0,87	0,02	-0,94	0,02	-1,03	0,07	-1,07	0,03	-0,93	0,06	-0,94	0,01
			1,066-1,075	a	-0,97	0,05	-0,95	0,03	-0,96	0,02	-0,93	0,02	-0,98	0,03	-1,09	0,03	-0,97	0,04	-0,95	0,04
			1,076-1,085	a	-0,96	0,03	-0,90	0,04	-0,93	0,07	-0,93	0,02	-1,02	0,05	-1,04	0,02	-1,14	0,06	-0,98	0,03
			1,086-1,095	a	-1,03	0,03	-0,94	0,01												
	> 1,095	a	-0,95	0,03																
	5 Monate Lagerung	B			Adretta cd a	Afra a b		Gala b b	Granola ab b		Lolita cd b		Marabel e b		Nicola de b		Renate c b			
			< 1,055	a			-1,10	0,02												
			1,056-1,065	a			-1,04	0,02	-1,08	0,04	-1,11	0,05	-1,17	0,04	-1,13	0,05	-1,09	0,07	-1,09	0,07
			1,066-1,075	a	-1,14	0,06	-1,01	0,04	-1,04	0,04	-1,08	0,03	-1,17	0,05	-1,18	0,06	-1,16	0,07	-1,13	0,04
			1,076-1,085	a	-1,11	0,03	-1,02	0,01	-1,10	0,12	-1,02	0,02	-1,12	0,04	-1,21	0,10	-1,13	0,03	-1,11	0,03
			1,086-1,095	a	-1,15	0,02	-1,07	0,03			-1,04	0,03	-1,14	0,03			-1,23	0,03	-1,14	0,05
	> 1,095	a	-1,17	0,03	-1,05	0,05														
	8 Monate Lagerung	B			Adretta b b	Afra a b		Gala b c	Granola b b		Lolita bc b		Marabel c c		Nicola b b		Renate c c			
			< 1,055	b			-1,15	0,07	-1,21	0,09										
			1,056-1,065	b	-1,07	0,03			-1,12	0,03	-1,09	0,01	-1,19	0,09	-1,23	0,02	-1,16	0,02	-1,33	0,27
			1,066-1,075	b	-1,13	0,02	-1,03	0,04	-1,18	0,01	-1,09	0,02	-1,22	0,01	-1,31	0,05	-1,19	0,10	-1,19	0,02
1,076-1,085			ab	-1,10	0,03	-0,98	0,01	-1,22	0,05	-1,05	0,03	-1,17	0,02	-1,29	0,02	-1,15	0,04	-1,28	0,05	
1,086-1,095			a	-1,14	0,04	-0,99	0,03									-1,08	0,21			
> 1,095	ab	-1,26	0,03	-1,01	0,02															

Tab. A17: Osmotisches Potential [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (MPa) im Kronen- und Nabelgewebe nach der Ernte 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2006 B	Ernte	A			Adretta a a	Afra ab a	Gala ab a	Granola ab a	Lolita ab a	Marabel b a	Nicola ab a	Renate ab a								
			Nabel a	-0,85	0,02	-0,98	0,01	-0,97	0,02	-0,90	0,03	-1,17	0,06	-1,19	0,06	-1,09	0,10	-1,03	0,02	
			Krone a	-0,91	0,05	-0,83	0,19	-0,99	0,02	-0,91	0,02	-1,04	0,03	-1,09	0,01	-1,13	0,01	-1,08	0,04	
	5 Monate Lagerung	B			Adretta b b	Afra a a	Gala b b	Granola a a	Lolita d a	Marabel e b	Nicola c a	Renate c a								
			Nabel a	-1,12	0,012	-1,03	0,01	-1,11	0,006	-1,01	0,01	-1,26	0,01	-1,41	0,01	-1,23	0,01	-1,19	0,00	
			Krone a	-1,15	0,04	-1,02	0,01	-1,16	0,02	-1,02	0,01	-1,32	0,02	-1,43	0,01	-1,24	0,01	-1,19	0,01	
	8 Monate Lagerung	B			Adretta a b	Afra a a	Gala a b	Granola a b	Lolita a a	Marabel b b	Nicola ab a	Renate ab a								
			Nabel a	-1,19	0,02	-1,13	0,00	-1,12	0,01	-1,18	0,05	-1,17	0,05	-1,38	0,01	-1,21	0,05	-1,19	0,12	
			Krone a	-1,15	0,02	-1,16	0,03	-1,17	0,00	-1,16	0,03	-1,23	0,09	-1,45	0,03	-1,25	0,02	-1,31	0,03	
	2007 A	Ernte	A			Adretta a a	Afra a a	Gala a a	Granola a a	Lolita a a	Marabel a a	Nicola a a	Renate a a							
				Nabel a	-0,98	0,01	-0,91	0,01	-0,90	0,01	-0,93	0,01	-0,97	0,015	-1,01	0,081	-0,96	0,06	-0,95	0,02
				Krone a	-0,99	0,04	-0,91	0,04	-0,88	0,01	-0,87	0,01	-0,91	0,02	-0,99	0,03	-0,94	0,05	-0,95	0,07
5 Monate Lagerung		B			Adretta a a	Afra a b	Gala a b	Granola a b	Lolita a b	Marabel b ab	Nicola ab b	Renate ab a								
			Nabel a	-1,08	0,00	-1,01	0,01	-1,03	0,03	-1,11	0,02	-1,11	0,04	-1,18	0,01	-1,10	0,00	-1,05	0,01	
			Krone a	-1,11	0,05	-1,10	0,01	-1,05	0,01	-1,05	0,02	-1,05	0,01	-1,22	0,01	-1,13	0,01	-1,17	0,04	
8 Monate Lagerung		B			Adretta ab a	Afra a ab	Gala b ab	Granola ab b	Lolita ab b	Marabel b b	Nicola ab b	Renate ab a								
			Nabel a	-1,09	0,05	-0,98	0,03	-1,16	0,06	-1,08	0,046	-1,13	0,06	-1,21	0,03	-1,17	0,01	-1,09	0,04	
			Krone a	-1,07	0,04	-0,94	0,02	-1,22	0,12	-1,09	0,05	-1,16	0,03	-1,23	0,02	-1,15	0,03	-1,09	0,11	

Tab. A18: Binnendruck (Turgor) [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (MPa) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L^{-1}) nach der Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	
			Adretta c ab		Afra d b		Gala bc a		Granola c a		Lolita a a		Marabel bc a		Nicola ab a		Renate bc a		
		< 1,055																	
	Ernte	AB					0,33	0,02	0,27	0,06	0,62	0,12	0,38	0,13	0,52	0,13	0,43	0,08	
		1,056-1,065	a																
		1,066-1,075	b		0,13	0,06	0,39	0,07	0,28	0,06	0,49	0,07	0,35	0,11	0,41	0,20	0,36	0,10	
		1,076-1,085	bc	0,24	0,06	0,06	0,05							0,43	0,04	0,36	0,08		
		1,086-1,095	c	0,31	0,07	0,19	0,04												
		> 1,095																	
			Adretta cd b		Afra c a		Gala d b		Granola b a		Lolita c b		Marabel db		Nicola c b		Renate aa		
		< 1,055	c				0,16	0,03											
	2006 A	5 Monate Lagerung	B																
		1,056-1,065	b	0,32	0,02		0,24	0,04	0,19	0,07	0,28	0,04	0,19	0,03	0,29	0,05	0,24	0,04	
		1,066-1,075	b	0,25	0,07	0,28	0,03	0,21	0,08	0,35	0,07	0,37	0,05	0,24	0,04	0,21	0,05	0,65	0,11
		1,076-1,085	b	0,17	0,02	0,26	0,08	0,16	0,02	0,59	0,05	0,25	0,08	0,15	0,02	0,17	0,09	0,33	0,11
		1,086-1,095	a	0,23	0,05	0,36	0,05					0,26	0,11		0,36	0,02	0,82	0,23	
		> 1,095	b	0,24	0,06	0,31	0,06												
			Adretta aa		Afra ba		Gala bab		Granola ba		Lolita bb		Marabel ba		Nicola bab		Renate ba		
		< 1,055	a				0,23	0,08							0,33	0,05			
		1,056-1,065	a	0,71	0,14		0,25	0,08	0,36	0,07	0,29	0,14	0,34	0,09	0,38	0,05	0,32	0,07	
	8 Monate Lagerung	A																	
		1,066-1,075	a	0,78	0,15	0,37	0,04	0,32	0,08	0,32	0,03	0,25	0,06	0,40	0,03	0,34	0,04	0,32	0,03
		1,076-1,085	a	0,59	0,28	0,36	0,04			0,32	0,12	0,37	0,14	0,38	0,11			0,32	0,04
		1,086-1,095	a	0,26	0,04	0,32	0,02			0,32	0,04	0,36	0,11	0,39	0,05			0,29	0,10
		> 1,095	a			0,41	0,02											0,39	0,30

Tab. A19: Binnendruck (Turgor) [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (MPa) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L^{-1}) nach der Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x				
2007 B	Ernte	B	Adretta a a		Afra d ab		Gala d b		Granola cd ab		Lolita ab a		Marabel ab a		Nicola d a		Renate bcd b			
			< 1,055	ab			0,22	0,07			0,28	0,06								
			1,056-1,065	ab	0,36	0,04			0,20	0,05	0,22	0,02	0,26	0,04	0,28	0,03	0,15	0,06	0,22	0,05
			1,066-1,075	a	0,33	0,04	0,25	0,01	0,21	0,04	0,25	0,05	0,31	0,05	0,30	0,04	0,26	0,03	0,25	0,03
			1,076-1,085	ab	0,34	0,04	0,23	0,03	0,20	0,04	0,25	0,04	0,29	0,05	0,26	0,03	0,27	0,02	0,26	0,03
			1,086-1,095	a	0,29	0,04	0,25	0,03												
	> 1,095	b	0,21	0,03																
	5 Monate Lagerung	A	Adretta a a		Afra ab a		Gala b a		Granola ab a		Lolita ab a		Marabel ab a		Nicola ab a		Renate b ab			
			< 1,055	a			0,30	0,04												
			1,056-1,065	a			0,29	0,04	0,32	0,05	0,29	0,02	0,29	0,03	0,32	0,04	0,26	0,04		
			1,066-1,075	a	0,31	0,07	0,34	0,07	0,26	0,03	0,34	0,01	0,27	0,04	0,29	0,04	0,29	0,05	0,30	0,03
			1,076-1,085	a	0,32	0,04	0,26	0,04	0,24	0,03	0,27	0,06	0,26	0,04	0,34	0,06	0,31	0,05	0,28	0,03
			1,086-1,095	a	0,35	0,02	0,30	0,03			0,30	0,02	0,32	0,02			0,26	0,04	0,26	0,02
	> 1,095	a	0,31	0,02	0,29	0,03														
	8 Monate Lagerung	B	Adretta cd b		Afra d b		Gala bc ab		Granola cd b		Lolita ab a		Marabel ab a		Nicola cd a		Renate a a			
			< 1,055	a			0,25	0,00	0,27	0,07										
			1,056-1,065	a	0,20	0,04			0,26	0,04	0,22	0,04	0,32	0,06	0,30	0,06	0,23	0,06	0,33	0,06
			1,066-1,075	a	0,21	0,03	0,14	0,01	0,23	0,02	0,24	0,04	0,33	0,10	0,35	0,10	0,24	0,05	0,35	0,06
1,076-1,085			a	0,26	0,09	0,24	0,07	0,32	0,06	0,21	0,06	0,31	0,08	0,32	0,05	0,21	0,02	0,36	0,08	
1,086-1,095			a	0,24	0,05	0,19	0,03									0,13	0,15			
> 1,095	b	0,17	0,06	0,20	0,08															

Tab. A20: Binnendruck (Turgor) [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (MPa) im Kronen- und Nabelgewebe nach der Ernte 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	
2006 A	Ernte	Nabel a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a	
			0,29	0,15	0,29	0,03	0,23	0,01	0,20	0,07	0,42	0,00	0,49	0,10	0,39	0,06	0,35	0,08	
		Krone a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a	
			0,33	0,06	0,27	0,24	0,30	0,05	0,28	0,06	0,34	0,02	0,34	0,11	0,42	0,05	0,47	0,05	
	5 Monate Lagerung	A	Nabel a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a
				0,34	0,06	0,31	0,02	0,25	0,04	0,19	0,02	0,27	0,07	0,36	0,03	0,30	0,10	0,21	0,07
		Krone a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a	
			0,50	0,09	0,24	0,06	0,31	0,06	0,19	0,02	0,26	0,08	0,40	0,06	0,35	0,00	0,10	0,16	
	8 Monate Lagerung	A	Nabel a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a
				0,17	0,09	0,31	0,01	0,26	0,02	0,21	0,03	0,33	0,00	0,30	0,05	0,32	0,04	0,30	0,07
		Krone a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a	
			0,29	0,14	0,36	0,11	0,31	0,15	0,35	0,11	0,34	0,05	0,32	0,04	0,38	0,12	0,40	0,07	
2007 B	Ernte	Nabel a	Adretta	a a	Afra	b a	Gala	ab a	Granola	b a	Lolita	ab a	Marabel	b a	Nicola	b a	Renate	ab a	
			0,39	0,00	0,19	0,00	0,26	0,04	0,26	0,02	0,31	0,01	0,20	0,12	0,21	0,01	0,25	0,04	
		Krone a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a	
			0,36	0,05	0,20	0,02	0,19	0,03	0,17	0,03	0,25	0,05	0,20	0,01	0,19	0,03	0,23	0,00	
	5 Monate Lagerung	A	Nabel a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a
				0,32	0,02	0,30	0,06	0,25	0,00	0,38	0,03	0,25	0,02	0,31	0,04	0,24	0,03	0,28	0,03
	Krone a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a		
		0,32	0,08	0,30	0,02	0,31	0,03	0,32	0,01	0,24	0,01	0,28	0,01	0,32	0,07	0,32	0,01		
8 Monate Lagerung	B	Nabel a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a	
			0,20	0,05	0,20	0,01	0,31	0,03	0,15	0,07	0,26	0,03	0,27	0,07	0,24	0,00	0,19	0,02	
	Krone a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a		
		0,19	0,02	0,17	0,09	0,38	0,09	0,25	0,03	0,35	0,13	0,31	0,11	0,20	0,11	0,13	0,07		

Tab. A21: Wasserkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x
			Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a
		< 1,055																
	Ernte	1,056-1,06 a				862,91	50,69	848,86	33,51	833,56	21,24	847,08	54,30	845,77	39,65	831,87	24,85	
		1,066-1,075 ab			822,30	35,24	810,71	31,18	810,10	40,74	801,36	15,05	802,87	12,66	840,02	94,68	825,54	28,92
		1,076-1,085 b	802,87	48,43	812,63	66,24								787,88	8,07	806,34	104,71	
		1,086-1,095 b	786,69	33,11	784,95	32,15												
		> 1,095																
			Adretta	c a	Afra	c a	Gala	a a	Granola	ab a	Lolita	bc a	Marabel	bc a	Nicola	ab a	Renate	bc a
		< 1,055 ab				892,12	26,45											
2006 A	5 Monate Lagerung	1,056-1,065 b	850,59	26,71		856,99	7,39	863,30	41,69	847,81	23,20	819,18	21,61	871,11	20,19	818,41	14,65	
		1,066-1,075 bc	816,29	45,43	823,44	24,73	830,10	26,58	818,42	36,16	819,29	32,83	816,43	23,89	885,26	62,39	823,03	22,91
		1,076-1,085 cd	773,94	54,37	812,51	34,31	843,58	43,27	822,15	19,32	812,73	46,31	798,01	8,65	767,82	81,92	802,76	23,78
		1,086-1,095 de	764,25	18,54	774,49	23,21					793,32	8,12			832,38	95,30	786,67	35,71
		> 1,095 e	770,68	15,08	752,73	19,38												
			Adretta	b a	Afra	b a	Gala	a a	Granola	ab a	Lolita	ab a	Marabel	ab a	Nicola	a a	Renate	ab a
		< 1,055 a				865,29	28,18							852,84	21,39			
	8 Monate Lagerung	1,056-1,065 ab	819,95	43,14		833,13	22,07	819,76	35,03	856,23	40,75	827,67	31,11	828,69	26,07	845,72	22,76	
		1,066-1,075 bc	787,35	16,11	811,31	22,04	796,33	58,59	836,84	39,13	807,05	13,78	806,46	51,75	801,00	22,18	814,39	12,20
		1,076-1,085 cd	775,46	24,72	761,01	15,36			781,32	16,44	791,15	12,44	809,94	55,90			809,03	16,54
		1,086-1,095 d	736,82	35,17	781,61	22,29			779,00	23,11	753,59	61,29	755,10	61,15			763,41	43,13
		> 1,095 d			748,90	21,25											783,91	26,95

Tab. A22: Wasserkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	
2007 A	Ernte		Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a	
		< 1,055	a			861,58	37,17					891,95	19,25						
		1,056-1,065	ab	839,34	23,01			842,58	17,45	839,27	52,20	805,03	45,87	865,42	27,54	833,84	18,90	843,90	40,21
		1,066-1,075	abc	811,86	47,62	817,97	17,80	844,28	39,64	848,52	263,84	826,31	39,11	822,96	24,08	823,52	39,50	823,45	12,80
		1,076-1,085	bc	813,65	43,82	796,37	113,70	801,46	35,02	809,21	18,23	804,76	32,11	813,12	8,28	797,75	16,86	789,87	21,86
		1,086-1,095	bc	770,59	20,11	778,94	31,66												
	> 1,095	c	757,13	38,40															
	5 Monate Lagerung	A		Adretta	d a	Afra	cd a	Gala	a a	Granola	abc a	Lolita	abcd a	Marabel	ab a	Nicola	abcd a	Renate	bcd a
		< 1,055	a				863,10	14,80											
		1,056-1,065	ab				856,14	28,83	843,51	30,49	847,05	39,78	847,51	11,21	838,61	23,69	846,73	28,40	
		1,066-1,075	bc	806,11	29,13	849,76	17,06	832,70	33,71	841,85	20,36	827,41	47,55	842,19	16,36	824,21	17,60	824,99	26,16
		1,076-1,085	c	822,78	30,71	819,90	18,23	816,86	35,55	821,13	22,46	809,81	13,59	826,91	8,83	813,74	23,63	805,48	22,36
		1,086-1,095	d	779,73	31,22	790,51	15,92			812,31	8,09	777,87	11,03			778,54	20,89	773,58	18,22
	> 1,095	d	771,74	30,54	758,75	6,44													
	8 Monate Lagerung	A		Adretta	ab a	Afra	bc a	Gala	a a	Granola	ab a	Lolita	c a	Marabel	ab a	Nicola	b a	Renate	ab a
		< 1,055	a				861,59	21,70	794,32	34,60									
		1,056-1,065	ab	852,75	26,26			828,29	36,37	836,88	41,03	750,99	3,18	827,47	15,39	804,65	10,70	816,44	47,78
		1,066-1,075	b	810,83	39,22	822,33	27,52	817,55	21,97	794,76	21,93	787,61	49,26	811,91	26,92	783,55	28,49	778,71	7,21
1,076-1,085		bc	821,70	14,30	789,64	12,75	812,36	9,22	794,54	15,76	766,56	59,37	793,36	17,56	786,21	45,92	781,74	20,83	
1,086-1,095		c	787,88	25,99	777,23	27,72									757,88	9,02			
> 1,095	d	743,06	27,32	750,60	16,06														

Tab. A23: Wasserkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) im Kronen- und Nabelgewebe nach der Ernte 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	
2006 A	Ernte	Nabel a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a	
			801,43	6,37	819,64	21,78	868,62	36,93	843,82	26,94	835,31	10,32	838,07	23,44	842,14	5,48	827,25	40,28	
		Krone b	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a	
			781,97	7,30	785,85	8,40	831,98	1,76	828,98	43,81	810,15	1,19	811,93	8,61	801,91	17,30	802,64	29,27	
		5 Monate Lagerung	Nabel a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a
				804,47	3,79	803,98	36,86	863,71	24,20	855,41	0,25	858,28	19,74	832,92	30,02	825,68	33,25	815,73	6,10
	Krone b	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a		
		790,70	7,40	787,22	49,73	833,54	13,40	831,49	47,95	798,74	31,98	817,89	43,34	809,33	21,06	769,50	29,44		
	8 Monate Lagerung	Nabel a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a	
			801,49	1,29	783,44	10,90	859,25	29,59	891,99	40,23	755,62	96,61	792,11	11,85	795,57	3,42	847,62	9,79	
	Krone a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a		
		815,64	74,95	748,42	70,85	828,39	9,53	807,42	11,51	931,53	48,09	798,60	27,04	819,38	23,51	773,14	42,86		
2007 A	Ernte	Nabel a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a	
			813,56	1,05	767,67	19,50	889,72	60,87	865,69	8,42	856,02	28,28	880,63	45,92	819,05	22,76	802,65	17,47	
		Krone b	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a	
			801,16	9,84	800,86	4,81	773,17	43,64	801,61	8,80	776,54	15,42	848,41	14,53	797,55	1,66	805,94	21,52	
		5 Monate Lagerung	Nabel a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a
				835,86	13,48	813,91	3,95	815,66	6,92	841,78	39,58	810,07	11,60	824,91	21,43	843,55	10,49	814,10	19,12
	Krone a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a		
		776,97	25,45	778,76	17,52	872,00	23,96	810,05	3,14	818,15	32,88	835,21	15,47	822,22	24,00	818,64	2,34		
	8 Monate Lagerung	Nabel a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a	
			785,96	55,16	819,08	35,47	809,25	17,32	825,08	2,68	808,08	16,65	843,63	34,09	790,42	44,29	832,80	15,69	
	Krone a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a		
		790,72	11,65	777,80	32,51	802,89	22,48	809,87	20,00	785,87	6,62	847,76	0,31	798,21	13,66	801,91	21,95		

Tab. A24: Wasserpotential [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (MPa) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
			Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	b a	Marabel	c a	Nicola	a a	Renate	b a		
		< 1,055																		
	Ernte	A	1,056-1,065	b			-0,59	0,03	-0,63	0,06	-0,78	0,08	-0,96	0,14	-0,66	0,06	-0,82	0,07		
			1,066-1,075	b	-0,53	0,05	-0,72	0,02	-0,62	0,06	-0,77	0,06	-0,80	0,11	-0,72	0,10	-0,66	0,05		
			1,076-1,085	b	-0,71	0,04	-0,67	0,05							-0,66	0,05	-0,87	0,08		
			1,086-1,095	a	-0,64	0,07	-0,58	0,02												
			> 1,095	a																
			Adretta	bc b	Afra	a b	Gala	bc b	Granola	b ab	Lolita	d b	Marabel	de a	Nicola	c b	Renate	e b		
		< 1,055	a				-0,88	0,04												
2006 B	5 Monate Lagerung	B	1,056-1,065	a	-0,83	0,05	-0,87	0,03	-0,82	0,08	-0,91	0,03	-1,11	0,03	-0,88	0,03	-0,93	0,02		
			1,066-1,075	a	-0,82	0,03	-0,75	0,02	-0,91	0,07	-0,85	0,08	-0,97	0,04	-1,03	0,03	-1,00	0,04	-0,96	0,08
			1,076-1,085	b	-0,94	0,03	-0,76	0,08	-0,98	0,02	-0,92	0,07	-1,01	0,06	-1,05	0,03	-0,99	0,11	-1,27	0,11
			1,086-1,095	b	-0,91	0,07	-0,72	0,03					-1,19	0,13		-0,89	0,04	-1,18	0,07	
			> 1,095	a	-0,93	0,05	-0,81	0,06												
			Adretta	ab b	Afra	a b	Gala	bc b	Granola	bc b	Lolita	bc b	Marabel	bc a	Nicola	ab b	Renate	c b		
		< 1,055	ab				-1,07	0,07						-0,91	0,02	-0,94	0,09			
	8 Monate Lagerung	B	1,056-1,065	a	-0,87	0,08	-0,91	0,05	-0,88	0,16	-0,98	0,17	-0,92	0,13	-0,92	0,06	-0,99	0,17		
			1,066-1,075	a	-0,86	0,08	-0,72	0,05	-0,92	0,10	-0,80	0,02	-0,98	0,09	-1,04	0,15	-0,95	0,06	-1,15	0,34
			1,076-1,085	ab	-0,90	0,07	-0,76	0,04			-1,09	0,14	-1,06	0,05	-1,08	0,06		-1,21	0,18	
			1,086-1,095	b	-1,04	0,06	-0,83	0,06			-1,31	0,36	-1,05	0,08	-1,22	0,14		-1,29	0,22	
			> 1,095	ab			-0,80	0,05												

Tab. A25: Wasserpotential [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (MPa) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2007 A	Ernte	A	Adretta	a a	Afra	ab a	Gala	ab a	Granola	ab a	Lolita	b a	Marabel	b a	Nicola	b a	Renate	ab a		
			< 1,055	a			-0,65	0,07					-0,79	0,12						
			1,056-1,065	a	-0,56	0,05			-0,67	0,05	-0,73	0,02	-0,77	0,07	-0,79	0,04	-0,78	0,04	-0,72	0,05
			1,066-1,075	a	-0,64	0,02	-0,71	0,02	-0,75	0,03	-0,68	0,04	-0,67	0,04	-0,79	0,05	-0,71	0,05	-0,70	0,04
			1,076-1,085	a	-0,63	0,04	-0,67	0,04	-0,72	0,06	-0,69	0,03	-0,73	0,06	-0,78	0,04	-0,87	0,04	-0,72	0,04
			1,086-1,095	a	-0,74	0,05	-0,69	0,03												
	> 1,095	a	-0,74	0,02																
	5 Monate Lagerung	B	Adretta	bc b	Afra	a ab	Gala	a b	Granola	a a	Lolita	cd b	Marabel	d b	Nicola	d ab	Renate	cd ab		
			< 1,055	a			-0,80	0,04												
			1,056-1,065	a			-0,75	0,05	-0,77	0,03	-0,82	0,05	-0,88	0,07	-0,81	0,02	-0,83	0,03		
			1,066-1,075	a	-0,83	0,02	-0,68	0,09	-0,77	0,03	-0,74	0,02	-0,90	0,03	-0,89	0,05	-0,87	0,05	-0,83	0,03
			1,076-1,085	a	-0,79	0,01	-0,76	0,03	-0,85	0,12	-0,75	0,05	-0,86	0,03	-0,86	0,07	-0,82	0,04	-0,83	0,00
			1,086-1,095	a	-0,80	0,03	-0,77	0,02			-0,74	0,04	-0,82	0,01		-0,97	0,06	-0,88	0,04	
	> 1,095	a	-0,86	0,02	-0,76	0,02														
	8 Monate Lagerung	C	Adretta	b c	Afra	a ab	Gala	ab c	Granola	ab b	Lolita	ab b	Marabel	b b	Nicola	b b	Renate	b ab		
			< 1,055	a			-0,90	0,06	-0,93	0,16										
			1,056-1,065	a	-0,88	0,02			-0,86	0,06	-0,87	0,05	-0,87	0,07	-0,93	0,05	-0,92	0,08	-1,00	0,26
			1,066-1,075	a	-0,92	0,03	-0,89	0,05	-0,95	0,02	-0,85	0,06	-0,89	0,11	-0,96	0,07	-0,95	0,05	-0,84	0,05
1,076-1,085			a	-0,85	0,10	-0,74	0,07	-0,90	0,05	-0,84	0,05	-0,86	0,08	-0,97	0,04	-0,94	0,05	-0,92	0,07	
1,086-1,095			a	-0,91	0,08	-0,80	0,05								-0,95	0,09				
> 1,095	a	-1,09	0,05	-0,81	0,10															

Tab. A26: Wasserpotential [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (MPa) im Kronen- und Nabelgewebe nach der Ernte 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	
			Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
	Ernte	A	Nabel a	-0,56	0,13	-0,69	0,02	-0,74	0,01	-0,70	0,09	-0,75	0,06	-0,70	0,04	-0,71	0,05	-0,68	0,10
			Krone a	-0,59	0,02	-0,57	0,05	-0,69	0,03	-0,64	0,09	-0,69	0,05	-0,75	0,10	-0,72	0,06	-0,61	0,01
			Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola ab a		Lolita b a		Marabel b b		Nicola ab a		Renate b a		
2006 A	5 Monate Lagerung	B	Nabel a	-0,77	0,04	-0,72	0,02	-0,87	0,03	-0,82	0,01	-0,99	0,06	-1,05	0,02	-0,92	0,11	-0,97	0,07
			Krone a	-0,64	0,05	-0,79	0,06	-0,84	0,04	-0,83	0,02	-1,06	0,10	-1,04	0,05	-0,90	0,02	-1,09	0,15
			Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a b		Nicola a a		Renate a a		
	8 Monate Lagerung	B	Nabel a	-1,02	0,07	-0,82	0,01	-0,86	0,01	-0,97	0,08	-0,84	0,06	-1,08	0,03	-0,89	0,01	-0,90	0,05
			Krone a	-0,86	0,12	-0,79	0,08	-0,86	0,15	-0,81	0,14	-0,89	0,04	-1,13	0,07	-0,88	0,10	-0,90	0,04
			Adretta a a		Afra ab a		Gala ab a		Granola ab a		Lolita ab a		Marabel b a		Nicola ab a		Renate ab a		
	Ernte	A	Nabel a	-0,59	0,01	-0,73	0,01	-0,64	0,03	-0,67	0,03	-0,66	0,01	-0,81	0,04	-0,75	0,05	-0,71	0,05
			Krone a	-0,63	0,01	-0,71	0,01	-0,69	0,04	-0,70	0,02	-0,66	0,03	-0,80	0,02	-0,75	0,08	-0,72	0,07
			Adretta ab b		Afra a a		Gala a ab		Granola a a		Lolita ab a		Marabel b a		Nicola ab a		Renate ab a		
2007 A	5 Monate Lagerung	B	Nabel a	-0,76	0,02	-0,71	0,07	-0,78	0,03	-0,73	0,02	-0,85	0,02	-0,87	0,03	-0,86	0,03	-0,77	0,02
			Krone a	-0,79	0,03	-0,80	0,01	-0,74	0,03	-0,73	0,03	-0,81	0,02	-0,94	0,00	-0,82	0,07	-0,85	0,03
			Adretta a c		Afra a a		Gala a b		Granola a b		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
	8 Monate Lagerung	C	Nabel a	-0,88	0,00	-0,78	0,04	-0,85	0,03	-0,92	0,02	-0,87	0,03	-0,94	0,04	-0,94	0,01	-0,90	0,07
			Krone a	-0,88	0,02	-0,77	0,11	-0,84	0,03	-0,84	0,01	-0,81	0,16	-0,91	0,10	-0,95	0,14	-0,96	0,04

Tab. A27: Zellgröße [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (μm) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L^{-1}) nach der Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
			Adretta a a		Afra a a		Gala a a b		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a	
		< 1,055																
	Ernte	1,056-1,065 a				116,00	15,36	144,00	10,27	133,33	9,92	137,33	4,22	133,67	2,28	115,33	12,63	
	A	1,066-1,075 a			148,00	5,86	126,67	5,55	129,00	23,79	139,00	10,74	136,00	18,28	130,00	14,17	107,33	13,66
		1,076-1,085 a	136,67	9,58	131,50	6,43								143,33	13,88	123,33	15,94	
		1,086-1,095 a	135,00	14,25	121,00	6,66												
		> 1,095 a																
			Adretta b b		Afra c b		Gala a b		Granola b b		Lolita a a		Marabel ab a		Nicola ab b		Renate b b	
		< 1,055 a				113,75	8,86											
2006	5 Monate Lagerung	1,056-1,065 a	92,50	6,91		93,13	8,12	103,13	11,95	100,83	9,15	91,88	6,14	123,54	17,70	92,98	6,53	
	B	1,066-1,075 a	96,67	12,58	94,38	5,58	112,08	6,96	103,13	20,75	129,58	16,98	140,63	13,44	119,17	10,30	100,21	8,12
		1,076-1,085 a	106,46	17,02	94,17	5,14	112,08	14,28	90,00	10,69	139,38	5,75	125,00	10,69	110,42	10,51	97,92	11,07
		1,086-1,095 a	101,88	13,09	95,83	9,15					127,29	13,15			102,92	17,34	102,92	7,02
		> 1,095 a	119,79	17,70	91,04	8,43												
			Adretta a a		Afra c b		Gala a a		Granola bc ab		Lolita a a		Marabel ab a		Nicola c b		Renate c a	
		< 1,055 a				146,88	5,06							107,50	4,46	110,63	5,20	
	8 Monate Lagerung	1,056-1,065 a	115,83	19,80		138,96	9,89	115,83	7,76	132,50	7,23	136,88	9,46	109,58	2,76	113,33	4,56	
	A	1,066-1,075 a	133,54	15,79	100,63	5,20	138,13	3,43	110,21	7,50	136,04	9,09	131,25	8,46	113,33	5,57	124,17	7,30
		1,076-1,085 a	128,54	11,63	107,08	19,39			114,79	10,10	135,00	12,04	128,96	5,99			115,42	8,73
		1,086-1,095 a	120,63	9,21	118,54	15,73			123,96	3,43			131,04	5,99			106,04	8,20
		> 1,095 a			100,83	9,60												

Tab. A28: Zellgröße [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (μm) im Kronen- und Nabelgewebe nach der Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	
			Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
	Ernte	A	Nabel a	152,00	7,54	131,00	2,36	130,67	11,31	120,67	19,79	142,00	21,69	130,00	17,91	144,67	16,03	116,67	6,60
			Krone a	155,33	34,88	132,00	11,31	107,33	12,26	146,00	19,79	122,67	24,51	115,33	6,60	126,00	12,26	100,00	1,89
			Adretta b a		Afra ab b		Gala ab a		Granola ab a		Lolita a a		Marabel ab a		Nicola ab a		Renate ab a		
2006	5 Monate Lagerung	B	Nabel b	91,67	0,00	101,67	9,43	105,42	6,48	102,08	11,19	118,75	2,95	114,58	2,95	96,25	1,77	97,50	8,25
			Krone a	119,583	7,66	84,58	1,77	93,33	4,71	137,08	10,02	144,17	21,21	133,33	11,79	110,42	4,13	118,75	0,59
			Adretta c a		Afra e b		Gala ab a		Granola c a		Lolita bc a		Marabel a a		Nicola d a		Renate cd a		
	8 Monate Lagerung	AB	Nabel a	103,33	3,54	93,75	0,59	145,00	7,07	117,92	0,59	127,08	0,59	152,50	2,36	103,33	2,36	115,42	8,84
			Krone a	140,00	2,36	97,08	0,59	138,33	4,71	126,25	4,13	129,17	4,71	146,25	0,59	106,25	0,59	117,08	2,95

Tab. A29: Stärkekonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x		
			Adretta a a	Afra a a	Gala a a	Granola a a	Lolita a a	Marabel a a	Nicola a a	Renate a a									
2005 C	Ernte A	< 1,055 d			79,33	0,09					89,77	0,11							
		1,056-1,065 d	99,14	0,04	99,05	0,08	98,22	0,28	109,12	0,22			98,61	0,06	104,30	0,05	98,53	0,29	
		1,066-1,075 c	123,14	0,15	118,08	0,12	116,12	0,12	130,51	0,24	115,58	0,12	121,20	0,16	125,00	0,15	121,73	0,35	
		1,076-1,085 b	138,13	2,15	150,35	0,72	128,97	0,21	142,29	0,14					140,28	0,12	140,11	0,14	
		1,086-1,095 a	168,56	0,17	161,03	0,50					144,90	0,15							
		> 1,095 a			175,60	2,54													
	5 Monate Lagerung B			Adretta ab b	Afra ab b	Gala b b	Granola a a	Lolita b b	Marabel b b	Nicola b b	Renate ab a								
		< 1,055 b				56,30	0,96			56,03	0,92	70,18	0,08						
		1,056-1,065 b	89,56	0,07	102,03	0,03	81,18	0,22	100,54	0,40	82,85	0,87	73,34	0,48	84,51	0,38	88,82	0,29	
		1,066-1,075 a	109,60	0,69	118,33	0,17	90,21	1,28	190,87	12,43	105,13	0,65	91,95	0,58	97,67	0,19	105,28	0,80	
		1,076-1,085 a	153,04	1,49	141,47	0,20	117,51	0,59	134,39	0,32	110,99	1,34	98,90	0,08	118,33	0,36	120,66	0,27	
		1,086-1,095 a	153,86	0,36	161,58	0,20					138,34	0,40			125,49	0,61	135,20	0,94	
	> 1,095 a			175,02	0,34														
	8 Monate Lagerung C			Adretta ab b	Afra a b	Gala b c	Granola ab b	Lolita b b	Marabel b c	Nicola b b	Renate ab b								
		< 1,055 d				50,36	0,23			48,08	0,56								
		1,056-1,065 d	84,93	0,72	94,60	0,44	71,85	0,48	76,29	1,52	72,44	0,37	61,65	0,56	63,12	0,15	82,96	0,65	
		1,066-1,075 c	109,70	0,63	119,17	0,48	86,01	0,43	106,35	0,63	87,60	0,27	78,23	0,08	107,25	0,23	103,97	0,42	
		1,076-1,085 b	123,66	0,38	129,89	0,52	96,30	0,64	130,34	1,89	114,68	0,16	91,03	0,56	108,85	0,44	113,32	0,22	
1,086-1,095 ab		133,28	0,79	146,23	0,57					113,94	0,31								
> 1,095 a			156,34	1,52															

Tab. A30: Stärkekonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x				
			Adretta a b	Afra a b	Gala a b	Granola a b	Lolita a a	Marabel a a	Nicola a b	Renate a b											
2006 B	Vorernte	B	< 1,055	c			97,98	0,37	90,72	0,71	120,43	0,21	98,17	0,16	88,73	0,74	85,43	0,11			
			1,056-1,065	bc	123,68	0,73	110,59	1,62	109,55	0,26	119,56	0,30	114,49	0,25	115,41	0,64	102,10	0,41	109,98	0,99	
			1,066-1,075	ab	147,20	0,48	141,46	0,46	129,03	0,60	123,77	0,44	101,78	0,19	129,82	0,29	119,05	0,73	125,98	0,30	
			1,076-1,085	a	149,77	0,80	156,94	0,04													
			1,086-1,095																		
			> 1,095																		
	Ernte	AB			Adretta a ab	Afra a ab	Gala a b	Granola a b	Lolita a a	Marabel a a	Nicola a ab	Renate a b									
			< 1,055	c			82,77	0,55			90,60	0,29									
			1,056-1,065	bc	121,60	0,27			96,42	1,63	89,54	0,25	126,39	0,24	112,54	0,27	90,32	0,37	87,25	0,09	
			1,066-1,075	ab	137,01	0,68	103,05	0,91	119,51	0,72	116,47	0,36	121,99	0,13	128,64	0,12	112,18	0,70	109,38	0,81	
			1,076-1,085	a	150,37	1,53	137,73	0,48			118,52	0,11	101,98	0,54	132,05	0,10	122,62	0,06	113,78	1,48	
			1,086-1,095	a			156,70	0,48													
	5 Monate Lagerung	A			Adretta a a	Afra ab a	Gala ab a	Granola ab a	Lolita ab a	Marabel b a	Nicola ab a	Renate ab a									
			< 1,055	b			79,29	0,14													
			1,056-1,065	ab			114,43	0,34	116,08	0,60	98,51	0,69	91,57	0,26	114,98	0,44	108,32	0,43			
			1,066-1,075	ab	142,02	0,88	136,41	0,41	119,07	0,22	125,20	0,36	116,09	0,09	113,75	0,14	129,50	0,19	128,67	0,32	
			1,076-1,085	ab	230,62	10,41	152,36	1,22	130,45	0,43	144,54	1,05	127,14	0,16	122,89	0,14	112,24	0,15	142,51	0,25	
			1,086-1,095	ab	157,45	0,49	167,70	1,08											149,84	0,22	
	8 Monate Lagerung	B			Adretta a b	Afra a a	Gala ab b	Granola ab ab	Lolita ab a	Marabel b a	Nicola ab ab	Renate b b									
			< 1,055	c			70,45	0,18													
			1,056-1,065	bc			91,51	0,21	104,77	0,49	99,46	0,15	86,65	0,12	101,47	0,23	97,96	0,27			
			1,066-1,075	b	127,93	0,42	113,01	0,10	116,85	0,36	113,05	0,69	101,25	0,57	104,52	0,67	102,15	1,19	106,22	0,36	
			1,076-1,085	a	134,95	0,60	152,65	0,21			118,02	1,39	126,98	0,35	114,18	0,35	123,85	0,72	115,56	0,20	
			1,086-1,095	a	167,70	0,58	150,69	0,14							123,32	0,09			113,24	1,38	
> 1,095	a	165,36	0,50	167,57	0,29																

Tab. A31: Stärkekonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x			
			\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2007 A	Vorernte	AB			Adretta a a	Afra a a	Gala cd b	Granola bc b	Lolita cd b	Marabel d b	Nicola b a	Renate bc b								
			< 1,055	e			87,27	0,17	96,53	0,28	96,93	0,08	75,07	0,35	97,07	0,22	95,97	0,62		
			1,056-1,065	d	135,06	0,33	127,71	0,58	99,09	0,56	112,13	0,42	95,45	0,37	85,66	0,46	113,16	0,32	116,79	0,20
			1,066-1,075	c	143,94	0,43	150,29	0,54	107,94	0,20	122,37	0,45	112,74	0,57	94,67	0,79	127,44	0,34	123,37	2,84
			1,076-1,085	b	157,46	0,16	163,81	0,78					115,90	0,32			143,44	0,68	129,86	0,54
			1,086-1,095	a			179,94	0,20												
			> 1,095																	
	Ernte	A			Adretta a a	Afra a a	Gala a a	Granola a a	Lolita a a	Marabel a a	Nicola a a	Renate a ab								
			< 1,055	d			103,70	0,32			82,16	0,28								
			1,056-1,065	cd	117,92	0,63			107,97	0,37	130,00	0,13	122,24	0,47	101,93	0,35	111,84	0,42	117,03	0,21
			1,066-1,075	bc	135,23	0,28	124,08	0,44	121,77	0,94	142,00	0,09	128,84	0,21	115,39	0,50	126,40	0,21	134,96	0,17
			1,076-1,085	b	136,51	2,96	150,45	1,00	130,73	0,21	144,94	0,54	152,42	0,43	135,94	0,41	134,63	0,11	148,50	0,48
			1,086-1,095	a	194,59	7,54	151,33	0,62												
			> 1,095																	
	5 Monate Lagerung	B			Adretta a a	Afra ab a	Gala b ab	Granola ab a	Lolita ab a	Marabel c b	Nicola abc a	Renate ab ab								
			< 1,055	d			79,95	0,20												
			1,056-1,065	d			99,13	0,60	103,92	1,60	103,27	0,55			96,15	0,48	112,74	0,31		
			1,066-1,075	c	139,29	0,36	123,35	0,29	114,54	0,40	127,16	0,65	116,31	0,71	91,73	0,61	115,58	0,30	131,29	0,15
			1,076-1,085	b	140,48	0,68	148,80	0,76	121,14	0,55	120,33	1,05	152,68	0,71	118,27	0,40	130,02	0,56	137,14	0,21
			1,086-1,095	b	160,53	0,28	160,89	1,01			141,44	0,13	148,78	0,76			146,09	0,16	148,20	0,34
		> 1,095	a	187,87	0,18	181,27	0,54													
8 Monate Lagerung	AB			Adretta a a	Afra a a	Gala c ab	Granola a a	Lolita abc ab	Marabel bc ab	Nicola abc a	Renate ab a									
		< 1,055	d			84,80	0,14	108,58	0,45											
		1,056-1,065	d	115,07	0,27			103,38	0,39	123,79	0,72	106,86	0,65	73,86	1,11	108,05	0,61	131,59	0,57	
		1,066-1,075	cd	136,99	2,17	132,88	0,40	109,90	2,08	133,62	0,80	129,41	0,62	118,44	0,41	121,82	0,37	128,85	0,21	
		1,076-1,085	bc	154,75	0,27	153,88	0,81	94,60	0,31	150,58	1,30	148,47	0,66	125,52	0,91	139,96	0,15	142,22	0,48	
		1,086-1,095	ab	173,68	0,67	164,06	0,27					152,26	0,33			161,11	1,38	156,55	0,32	
		> 1,095	a	171,80	3,74	185,78	0,33													

Tab. A32: Stärkekonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) nach teilweiser Vorernte und Ernte in 2005, 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung von Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden aber teilweise bei 4°C und 8°C gelagert worden sind

Jahr	Stadium	°C	Adretta		Afra		Gala		Granola		Lolita		Marabel		Nicola		Renate		
			\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	
2005 B	Ernte	A	4	130,77 ab a	0,1	145,47 a a	0,9	111,63 ab a	0,1	143,02 ab a	1,2	131,95 ab a	0,4	109,95 b a	1,3	129,77 ab a	0,3	122,14 ab a	0,6
	5 Monate Lagerung	B	4	125,76 ab a	0,4	145,32 a a	0,5	86,57 c b	0,6	131,97 ab a	0,4	126,50 bc ab	0,3	82,42 c b	1,1	110,43 b b	0,2	99,76 bc b	
	8 Monate Lagerung	C	4	113,29 ab b	1,1	132,11 a a	0,3	70,27 b c	0,3	82,90 ab a	6,5	110,64 ab b	1,2	71,39 b b	0,2	88,75 ab c	0,2	102,74 ab ab	0,4
2006 B	Vorernte	BC	4	136,03 ab a	0,1	137,30 a ab	0,3	101,17 b a	0,5	108,57 ab a	1,7	108,95 ab b	0,1	102,11 b a	0,3	107,81 ab ab	0,2	117,36 ab ab	0,3
	Ernte	C	4	131,52 a a	1,5	125,25 a b	0,4	94,51 b a	0,6	93,88 b a	1,7	119,65 ab ab	0,3	97,80 b a	1,4	100,36 ab ab	0,1	110,20 ab b	0,6
	5 Monate Lagerung	A	4	154,61 a a	0,2	158,24 a a	1,1	106,61 bc a	0,7	116,14 ab a	0,3	124,51 ab a	0,5	108,13 bc a	0,3	91,21 c b	1,7	124,21 ab ab	0,2
	8 Monate Lagerung	AB	4	153,29 a a	0,2	152,74 a a	0,2	98,43 c a	0,4	104,32 bc a	0,4	111,19 ab ab	0,4	106,11 bc a	0,2	113,42 ab a	0,3	131,94 ab a	0,5
2007 A	Vorernte	B	4	146,78 a ab	1,0	142,12 a a	0,8	96,64 b b	0,2	108,52 ab b	0,1	110,69 ab b	0,4	90,15 b bc	0,2	129,01 ab a	0,2	120,97 ab b	0,6
	Ernte	A	4	133,11 a b	0,8	145,65 a a	0,7	117,91 bc a	0,4	128,04 ab ab	0,6	131,35 ab a	0,3	102,86 c a	0,2	128,64 ab a	0,5	126,24 ab ab	0,1
	5 Monate Lagerung	A	4 a	137,69 ab b	0,61	156,81 a a	0,5	117,85 b a	0,5	130,36 ab a	0,9	122,79 ab ab	0,6	98,49 c ab	0,7	132,62 ab a	4,4	132,85 ab a	0,4
			8 a	152,29	0,3					142,30	0,2					139,11	3,3	135,12	4,2
	8 Monate Lagerung	A	4 b	155,20 a a	0,3	139,70 ab a	4,1	112,31 a a	1,0	126,29 ab ab	0,3	130,29 ab a	0,6	77,95 c c	0,4	122,67 ab a	0,5	132,35 ab a	0,1
			8 a	160,44	0,1	174,68	0,5	124,56	0,2			138,69	0,7						

Tab. A33: Trockenmassekonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x
			Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a ab		Renate a a	
		< 1,055 e	161,82	0,62			138,80	0,29					141,93	1,15				
	Ernte	1,056-1,065 d	182,68	1,22	153,71	0,22	166,99	0,61	161,38	1,43	165,27	1,60	153,62	0,65	156,63	1,08	152,11	3,50
		1,066-1,075 c	186,01	29,12	178,79	2,69	178,97	0,29	184,55	1,44	187,21	1,02	180,63	1,14	183,67	1,07	178,63	4,24
		1,076-1,085 b	223,16	0,84	214,86	7,47	200,24	1,05	199,17	1,60	205,02	0,65			202,00	0,55	197,96	4,91
		1,086-1,095 a			220,58	6,01					222,41	0,50						
		> 1,095 a			232,12	33,38												
			Adretta a a		Afra a a		Gala b b		Granola ab a		Lolita b b		Marabel b a		Nicola b b		Renate ab a	
		< 1,055 e					130,98	14,80					138,08	1,75	138,73	3,31		
	5 Monate Lagerung	1,056-1,065 d	165,53	2,90	168,83	2,23	158,45	1,01	160,42	3,96	163,62	2,85	157,37	3,46	152,93	1,42	158,85	1,44
2005 C		1,066-1,075 c	178,04	9,82	186,91	3,28	160,71	21,75	194,55	17,45	178,53	5,04	176,01	1,23	167,32	2,46	179,66	3,05
		1,076-1,085 b	230,17	21,70	206,03	2,10	201,25	6,70	193,50	4,11	180,33	25,26	189,81	1,31	192,13	4,61	203,07	3,71
		1,0856-1,095 a	224,99	6,86	231,76	0,96					210,86	2,51			199,63	9,70	208,81	13,39
		> 1,095 a			240,91	5,17												
			Adretta ab a		Afra a a		Gala b ab		Granola a a		Lolita b ab		Marabel c b		Nicola ab a		Renate b a	
		< 1,055 f					131,84	3,41					131,51	6,78	128,55	7,84		
	8 Monate Lagerung	1,056-1,065 e	161,45	0,88	170,40	3,03	154,53	4,19	159,77	1,72	161,47	3,06	152,49	1,75	153,58	0,65	152,48	4,20
		1,066-1,075 d	185,68	1,04	188,86	2,32	181,25	1,77	180,69	5,26	176,03	3,15	168,89	0,65	195,34	0,74	182,51	3,23
		1,076-1,085 c	200,77	0,68	207,97	4,40	198,91	4,17	199,42	2,98	203,42	3,13	190,60	0,92	203,38	5,65	199,31	4,51
		1,086-1,095 b	223,68	2,02	222,99	4,78					211,16	4,44			213,05	2,16	215,34	5,99
		> 1,095 a	240,65	2,18	234,48	17,09												

Tab. A34: Trockenmassekonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x				
			Adretta a a	Afra ab a	Gala ab b	Granola ab ab	Lolita ab b	Marabel ab ab	Nicola b a	Renate ab c											
2006 B	Vorernte	B	< 1,055	d			144,60	2,81	141,13	1,60	182,57	1,32	149,03	3,52	136,70	9,19	140,01	2,00			
			1,056-1,065	c	181,93	5,99	156,64	18,34	157,66	1,56	167,10	2,56	169,25	0,47	170,47	0,61	159,22	4,45	162,06	9,81	
			1,066-1,075	b	197,23	8,45	190,94	9,22	175,00	4,91	178,52	3,80	143,04	3,24	184,73	3,59	174,75	4,67	177,96	5,45	
			1,076-1,085	a	206,43	5,40	212,87	3,29													
			1,086-1,095																		
		> 1,095																			
		Ernte	A	< 1,055	e					141,35	2,43			159,43	2,38						
				1,056-1,065	d	188,31	0,66			166,36	2,96	169,68	2,52	174,09	2,89	170,85	3,88	168,13	1,58	149,22	3,63
				1,066-1,075	c	193,46	4,66	193,02	2,16	184,92	4,61	190,46	4,56	192,78	3,52	186,72	3,38	183,00	1,97	159,03	7,93
				1,076-1,085	b	213,56	2,37	210,69	2,30	195,81	0,71	205,54	5,97	197,16	2,64	205,69	3,49	200,92	3,00	176,70	3,86
	1,086-1,095			a	229,07	1,10	231,38	5,33											188,01	3,60	
	> 1,095	a	244,50	3,84	224,30	14,94															
	5 Monate Lagerung	A	< 1,055	b					142,14	2,65											
			1,056-1,065	b	169,97	9,81			180,98	3,01	167,80	1,80	155,25	10,26	161,62	3,15	146,48	15,71	169,16	1,18	
			1,066-1,075	ab	202,90	3,49	188,44	1,92	187,88	1,99	185,09	4,20	183,84	6,06	186,78	2,14	179,85	2,17	194,04	2,60	
			1,076-1,085	a	325,33	127,58	209,89	8,68	198,34	4,26	205,29	8,75	194,85	2,22	202,38	0,36	195,20	2,23	207,10	1,37	
			1,086-1,095	a	217,03	5,04	227,96	7,40					215,77	3,56			217,80	66,58	224,41	3,21	
		> 1,095	a	246,22	6,97	245,02	2,25														
		8 Monate Lagerung	A	< 1,055	e					141,97	1,73										
				1,056-1,065	d					163,23	0,68	164,58	5,16	174,50	3,86	164,60	0,56	173,20	8,16	172,15	0,42
1,066-1,075				c	207,20	1,16	178,00	1,15	198,36	3,89	180,27	6,64	175,27	7,48	183,94	2,08	170,11	18,26	186,27	5,69	
1,076-1,085				b	219,55	0,66	225,78	2,43			198,69	8,15	197,48	5,20	199,07	8,81	198,46	3,72	203,34	3,65	
1,086-1,095	a			254,31	3,99	227,20	0,76							216,67	1,30			229,39	2,79		
> 1,095	a	247,50	3,06	237,76	1,28																

Tab. A35: Trockenmassekonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2007 A	Vorernte	B	Adretta a a		Afra a bc		Gala b b		Granola b c		Lolita ab b		Marabel b ab		Nicola b b		Renate ab b			
			< 1,055	f			145,60	2,18	143,58	2,63	166,80	1,95	145,54	5,29	146,75	1,72	148,62	1,72		
			1,056-1,065	e	186,25	1,36	171,59	10,09	163,59	4,72	165,48	4,00	163,83	4,46	158,85	2,35	161,17	1,81	170,53	2,34
			1,066-1,075	d	189,72	0,83	190,88	2,91	181,86	1,57	172,54	6,86	187,42	10,66	177,54	1,29	180,38	3,17	189,12	40,66
			1,076-1,085	c	206,17	2,99	213,17	2,72					191,97	4,28			194,89	5,03	201,18	0,68
			1,086-1,095	b	223,28	1,91	222,67	1,12												
			> 1,095	a																
	Ernte	A	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a ab			
			< 1,055	b			166,21	3,91					144,28	3,93						
			1,056-1,065	b	185,92	8,37	171,03	5,84	166,46	5,76	193,22	3,96	184,93	2,51	168,71	3,52	173,62	1,38	181,02	2,57
			1,066-1,075	ab	203,16	2,54	197,05	3,17	189,18	6,43	205,55	1,37	186,69	3,40	179,73	1,54	193,38	1,91	202,19	2,44
			1,076-1,085	a	199,32	43,49	221,55	4,74	201,26	0,37	210,09	6,14	207,27	1,41	198,52	1,27	208,83	1,64	210,56	2,58
			1,086-1,095	a	282,74	109,82	233,71	3,84					221,18	4,66			218,24	2,89		
			> 1,095	a	252,04	56,32														
	5 Monate Lagerung	A	Adretta a a		Afra a c		Gala a b		Granola bc c		Lolita ab ab		Marabel c b		Nicola ab b		Renate abc b			
			< 1,055	f			144,15	1,94												
			1,056-1,065	e			165,95	2,87	172,40	2,09	169,02	3,21	160,20	3,10	157,48	4,83	176,02	1,03		
			1,066-1,075	d	200,04	0,35	183,96	2,44	184,36	2,15	186,50	2,30	172,98	10,79	162,08	1,62	182,08	2,72	188,96	3,15
			1,076-1,085	c	206,26	3,92	213,08	11,02	200,37	2,40	178,37	16,71	228,68	9,90	192,07	2,59	191,62	3,70	189,94	2,62
			1,086-1,095	b	224,84	2,46	220,62	7,06			205,69	1,96	211,95	2,99			210,61	2,76	215,67	3,03
		> 1,095	a	247,38	0,75	246,44	3,12													
8 Monate Lagerung	A	Adretta a a		Afra ab ab		Gala c ab		Granola abc b		Lolita abc a		Marabel bc a		Nicola abc a		Renate a a				
		< 1,055	e			149,67	1,39	168,76	5,93											
		1,056-1,065	e	176,97	1,00	178,25	2,53	166,18	1,15	175,73	1,61	171,97	3,93	154,48	7,22	172,93	3,59	202,45	4,67	
		1,066-1,075	d	200,70	30,63	196,19	1,52	187,88	3,30	187,99	4,98	199,22	5,06	187,76	2,16	187,59	4,41	192,90	4,89	
		1,076-1,085	c	212,47	2,34	215,46	2,52	199,69	3,49	203,61	7,92	219,19	7,51	210,61	0,74	211,65	1,01	209,58	2,99	
		1,086-1,095	b	231,56	1,10	231,36	2,24			227,88	0,99	223,45	3,46			233,57	13,32	232,27	1,76	
		> 1,095	a	259,61	19,18	248,72	2,02													

Tab. A36: Trockenmassekonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) nach teilweiser Vorernte und Ernte in 2005, 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung von Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden, aber teilweise bei 4°C und 8°C gelagert worden sind

Jahr	Stadium	°C	Adretta		Afra		Gala		Granola		Lolita		Marabel		Nicola		Renate			
			\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2005 A	Ernte	A	4	187,86 ab c	2,2	210,48 a a	13,4	178,28 ab a	0,8	202,03 ab a	15,1	203,77 a a	1,5	162,46 b a	0,3	187,07 ab a	1,7	179,37 ab a	6,5	
	5 Monate Lagerung	A	4	189,10 ab b	4,0	209,42 a a	3,8	154,19 b c	5,4	190,00 ab a	4,8	203,64 ab a	2,4	169,75 ab a	16,9	179,61 ab b	3,1	176,45 ab a	1,6	
	8 Monate Lagerung	A	4	197,48 c a	2,0	204,22 a a	9,4	161,80 h b	5,1	191,82 d a	6,8	200,65 b a	0,8	172,34 g a	2,4	175,90 f c	3,4	182,03 e a	3,7	
2006 A	Vorernte	C	4	214,67 ab c	4,6	184,22 a c	2,5	179,77 b a	2,1	187,16 ab a	4,6	168,55 ab a	1,9	155,08 ab d	3,3	155,90 ab d	2,8	167,77 ab c	4,8	
	Ernte	AB	4	189,87 ab d	2,4	213,66 a b	6,9	153,04 b d	4,4	148,89 ab a	25,1	169,15 ab a	21,3	188,83 ab b	1,1	188,08 ab b	2,0	195,40 ab a	2,2	
	5 Monate Lagerung	B	4	219,27 a b	2,9	213,45 b b	1,2	170,38 h b	1,5	169,74 g a	5,3	179,09 e a	4,7	181,17 d c	5,8	176,78 f c	3,7	187,92 c b	3,2	
	8 Monate Lagerung	B	4	234,45 a a	1,0	224,59 b a	2,1	161,79 f c	8,9	173,52 h a	9,1	176,31 g a	4,5	193,38 d a	1,7	192,58 e a	1,1	195,72 c a	6,5	
2007 A	Vorernte	A	4	194,99 a d	6,3	222,29 b a	6,7	174,21 g c	8,8	159,938 h d	2,2	180,07 c d	4,1	162,97 f d	1,7	179,17 d a	1,6	188,51 e c	2,7	
	Ernte	A	4	206,28 b c	2,2	188,96 a a	1,9	160,17 f d	2,9	196,60 c a	5,3	188,61 e b	3,5	164,51 g c	2,1	189,71 d a	3,3	178,61 e d	2,7	
	5 Monate Lagerung	A	4	b	210,79 a b	1,7	223,32 a a	2,0	176,63 a b	4,4	186,96 a b	5,3	183,02 a c	1,9	178,68 a a	9,9	194,69 a a	56,3	189,48 a b	2,9
			8	a	220,39	1,96					197,43	2,0			202,45	54,4	203,77	54,1		
	8 Monate Lagerung	A	4	a	224,96 a a	1,6	194,23 a a	60,3	184,68 a a	8,6	178,65 a c	3,6	198,70 a a	2,1	170,93 a b	1,4	185,17 a a	4,2	194,96 a a	2,5
			8	a	221,27	2,9	238,03	3,6	178,29	6,2			203,69	2,0						

Tab. A37: Trockenmassekonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) im Schalen- und Markgewebe nach der Ernte 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x										
2006	Vorernte	Mark	Adretta	\	Afra	\	Gala	\	Granola	\	Lolita	\	Marabel	\	Nicola	\	Renate	\										
		Schale	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\										
	Ernte	Mark	Adretta	\	Afra	\	Gala	\	Granola	\	Lolita	\	Marabel	\	Nicola	\	Renate	\	\									
		Schale	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\	\									
	5 Monate Lagerung	A	Mark a	Adretta a a	210,70	24,50	Afra ab a	201,50	1,12	Gala b a	181,46	5,61	Granola ab a	187,26	3,63	Lolita ab a	183,84	4,33	Marabel ab a	188,19	4,01	Nicola ab a	176,91	7,23	Renate ab a	201,58	0,93	
		Schale b	Adretta a a	192,34	2,01	Afra ab a	150,96	2,39	Gala b a	138,14	2,74	Granola ab a	154,24	3,48	Lolita ab a	158,28	0,83	Marabel ab a	180,79	2,17	Nicola ab a	155,13	2,52	Renate ab a	162,08	0,92		
	8 Monate Lagerung	A	Mark a	Adretta a a	229,32	2,15	Afra a a	237,28	4,08	Gala a a	185,58	2,25	Granola a a	179,00	2,76	Lolita a a	181,23	8,04	Marabel a a	281,03	56,68	Nicola a a	177,73	7,06	Renate a a	191,61	4,44	
		Schale b	Adretta a a	197,32	1,84	Afra a a	168,91	3,09	Gala a a	141,54	1,67	Granola a a	164,18	0,81	Lolita a a	176,81	2,80	Marabel a a	165,15	103,28	Nicola a a	164,46	1,43	Renate a a	164,66	2,22		
	2007	Vorernte	B	Mark a	Adretta a a	198,98	7,49	Afra ab a	197,55	17,94	Gala b a	160,86	6,06	Granola b d	148,72	9,47	Lolita ab a	176,40	6,06	Marabel ab a	162,93	1,25	Nicola ab a	176,14	5,27	Renate ab a	181,80	1,26
			Schale b	Adretta a a	184,11	7,26	Afra ab a	165,56	2,32	Gala b a	134,18	1,83	Granola b d	153,17	2,36	Lolita ab a	147,04	1,85	Marabel ab a	158,05	1,52	Nicola ab a	152,58	2,61	Renate ab a	154,43	1,07	
		Ernte	A	Mark a	Adretta a a	204,28	8,74	Afra a a	226,21	2,19	Gala a a	178,85	13,24	Granola a a	201,11	5,79	Lolita a a	193,91	1,99	Marabel a a	176,18	3,89	Nicola a a	203,27	0,94	Renate a a	204,68	0,92
			Schale b	Adretta a a	195,58	3,94	Afra a a	171,68	1,01	Gala a a	132,33	1,79	Granola a a	176,13	0,91	Lolita a a	156,05	4,35	Marabel a a	158,47	2,14	Nicola a a	158,98	4,78	Renate a a	162,53	3,26	
5 Monate Lagerung		A	Mark a	Adretta a a	211,32	26,63	Afra a a	225,36	6,92	Gala a a	170,60	3,63	Granola a b	199,21	0,57	Lolita a a	188,67	1,84	Marabel a a	173,24	1,52	Nicola a a	194,59	4,70	Renate a a	195,43	3,47	
		Schale b	Adretta a a	179,71	2,53	Afra a a	164,78	3,59	Gala a a	139,87	1,26	Granola a b	175,60	4,22	Lolita a a	161,99	1,51	Marabel a a	162,80	4,41	Nicola a a	157,55	1,31	Renate a a	164,42	7,77		
8 Monate Lagerung		A	Mark a	Adretta a a	208,68	3,72	Afra ab a	240,74	1,33	Gala b a	173,92	3,46	Granola ab c	192,41	10,03	Lolita ab a	185,69	5,24	Marabel b a	159,60	3,43	Nicola ab a	173,86	5,45	Renate ab a	195,03	1,96	
		Schale b	Adretta a a	193,62	2,43	Afra ab a	165,07	0,53	Gala b a	139,62	0,84	Granola ab c	169,91	3,04	Lolita ab a	171,93	4,62	Marabel b a	169,87	7,72	Nicola ab a	162,47	4,48	Renate ab a	171,67	4,91		

Tab. A38: Konzentration des trockenen Zellwandmaterials [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	
			Adretta ab a		Afra ab b		Gala ab a		Granola a a		Lolita ab a		Marabel ba		Nicola ab a		Renate ab a		
		< 1,055 a				25,94	5,00						16,81	1,11					
	Ernte	A	1,056-1,065 a	27,18	1,09	14,67	1,19	18,89	4,13	27,85	1,83	12,56	1,21	15,82	1,88	28,86	1,95	23,82	2,36
1,066-1,075 a			22,97	1,64	15,05	0,79	21,75	2,70	32,64	1,76	14,50	0,45	16,45	2,91	23,20	1,60	24,22	2,01	
1,076-1,085 a			24,66	0,22	24,48	0,43	23,36	1,94	22,91	0,68	18,57	1,31			19,94	0,37	22,11	0,44	
1,086-1,095 a			25,14	0,60	22,22	1,85					22,11	1,19							
> 1,095 a					25,79	1,88													
			Adretta ab a		Afra ab b		Gala a a		Granola ab a		Lolita ab a		Marabel ab a		Nicola b b		Renate ab a		
		< 1,055 a				21,61	4,74						16,03	2,65	15,91	3,82			
2005 B	5 Monate Lagerung	B	1,056-1,065 a	21,21	1,72	15,66	1,85	17,92	0,89	16,55	2,39	16,96	2,12	17,39	0,77	16,05	0,84	20,06	3,52
1,066-1,075 a			18,68	2,20	16,10	1,61	23,94	0,68	18,92	4,69	17,67	0,51	22,18	1,18	17,16	1,10	20,57	0,69	
1,076-1,085 a			16,95	0,92	20,98	2,08	24,57	2,13	20,12	0,91	24,28	3,24	19,29	0,66	17,13	0,72	22,19	2,21	
1,086-1,095 a			22,31	2,01	18,00	3,04					19,91	0,64			17,79	1,31	22,80	2,50	
> 1,095 a					19,03	1,99													
			Adretta abc a		Afra a a		Gala ab a		Granola abc a		Lolita c a		Marabel bc a		Nicola bc ab		Renate abc a		
		< 1,055 a				22,83	3,49						19,44	2,47	20,14	1,27			
	8 Monate Lagerung	A	1,056-1,065 b	20,81	0,41	23,13	2,09	23,06	1,89	20,89	5,91	17,80	4,28	19,66	2,20	22,10	2,56	25,12	2,57
1,066-1,075 ab			24,67	2,89	26,99	2,45	27,66	3,27	19,46	5,01	17,42	1,89	19,04	2,16	22,88	1,55	23,47	1,54	
1,076-1,085 ab			27,39	3,03	36,27	3,31	31,67	1,36	26,01	0,66	21,31	3,13	19,11	0,52	16,86	0,14	22,14	0,53	
1,086-1,095 ab			29,57	0,72	31,96	5,38					22,67	0,96			24,76	0,62	30,52	1,48	
> 1,095 a			28,69	0,81	35,03	2,09													

Tab. A39: Konzentration des trockenen Zellwandmaterials [Einzelwerte] (g kg^{-1} FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L^{-1}) nach der Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	Sorte									
2006 A	Ernte		Adretta a a	Afra a a	Gala a a	Granola a a	Lolita a a	Marabel a a	Nicola a a	Renate a ab		
		< 1,055	a		49,23			59,65				
		1,056-1,065	a	63,65		48,43	55,81	52,24	62,94	53,87	53,33	
		1,066-1,075	a	47,60	51,64	63,00	59,82	57,58	61,92	57,00	46,53	
		1,076-1,085	a	50,96	54,85		58,37	60,32	54,67	64,87	47,41	
		1,086-1,095	a	47,51	57,19							
	> 1,095	a	38,07									
	5 Monate Lagerung	A		Adretta ab b	Afra ab a	Gala ab a	Granola a a	Lolita ab ab	Marabel ab a	Nicola b b	Renate a a	
			< 1,055	a		80,17						
			1,056-1,065	a	16,03		48,43	41,04	22,36	54,55	8,51	65,22
			1,066-1,075	a	38,94	37,59	60,79	62,43	52,68	50,81	26,87	72,08
			1,076-1,085	a	58,80	22,10	66,43	41,63	52,78	64,46	30,39	48,66
1,086-1,095			a	52,86	54,08			65,34		43,48	41,50	
8 Monate Lagerung	B		Adretta a a	Afra ab a	Gala ab a	Granola ab a	Lolita b b	Marabel ab a	Nicola ab ab	Renate b b		
		< 1,055	a		47,91							
		1,056-1,065	a			52,78	43,53	13,00	58,22	61,75	26,85	
		1,066-1,075	a	62,91	48,00	51,05	62,86	47,52	62,23	60,52	26,72	
		1,076-1,085	a	59,42	65,93	20,83	62,12	25,34	47,53	17,00	59,63	
		1,086-1,095	a	64,36	42,12		41,35	30,04	40,59	28,70	38,81	
> 1,095	a	66,61	39,46						24,06			

Tab. A40: Konzentration des trockenen Zellwandmaterials [Einzelwerte] (g kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	Sorten								
2007 B	Ernte		Adretta a a	Afra a a	Gala a a	Granola a a	Lolita a a	Marabel a a	Nicola a a	Renate a a	
		< 1,055	a			13,73		38,94			
		1,056-1,065	a	157,82		8,35	9,99	32,63	34,10	110,63	14,27
		1,066-1,075	a	154,81	34,66	10,05	25,62	23,73	22,52	32,75	11,56
		1,076-1,085	a	139,73	36,77	18,13	30,69	25,54	16,73	39,26	12,51
		1,086-1,095	a	8,75	189,57			17,07			
		> 1,095	a								
	5 Monate Lagerung	B		Adretta a b	Afra a b	Gala a a	Granola a a	Lolita a b	Marabel a a	Nicola a b	Renate a a
		< 1,055	a			25,35					
		1,056-1,065	b	3,64		10,04	4,73	6,02		3,83	4,72
		1,066-1,075	b	4,56	4,14	9,05	3,62	4,84	6,40	2,74	5,30
		1,076-1,085	b	7,40	8,21		4,57	3,81	4,70	2,59	4,16
		1,086-1,095	ab	4,94	3,09		4,53	8,24	4,26		16,97
		> 1,095	ab	16,39	4,87			5,07			
	8 Monate Lagerung	B		Adretta a b	Afra a b	Gala a a	Granola a a	Lolita a ab	Marabel a a	Nicola a b	Renate a a
		< 1,055	a			17,95	12,98				
		1,056-1,065	a	4,31		5,80	3,59	16,27	3,98	20,69	4,54
		1,066-1,075	a		4,65	4,04	4,84	21,85	4,34	3,44	4,66
1,076-1,085		a	5,73	4,89	22,31	0,05	16,85	9,70	4,01	4,08	
1,086-1,095		a	6,01	9,04			8,13		4,64	17,65	
> 1,095		a	4,62	4,40							

Tab. A41: Konzentration des trockenen Zellwandmaterials [Einzelwerte] (g kg^{-1} FM) nach der Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung von Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden, aber teilweise bei 4°C und 8°C gelagert worden sind

Jahr	Stadium	°C	Adretta	Afra	Gala	Granola	Lolita	Marabel	Nicola	Renate
2007	5 Monate Lagerung	4								
		8	11,73 a a			5,17 a			4,93 a	15,71 a
	8 Monate Lagerung	4 a	10,03 a	4,88 a	2,61 a	21,26 a	23,35 a	9,32 a	4,11 a	4,50 a
		8 a	10,60 a a	7,32 a	5,86 a		19,61 a			

Tab. A42: Konzentration des trockenen Zellwandmaterials [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x) der Daten aus 2005, Einzelwerte der Daten aus 2006 und 2007] (g kg⁻¹ FM) im Schalen- und Markgewebe nach der Ernte 2005, 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x									
2005 B	Ernte	A	Mark b	Adretta a	Afra a	Gala a	Granola a	Lolita a	Marabel a	Nicola a	Renate a	29,04	0,71	15,34	0,76	16,65	6,68	12,62	0,60	14,35	2,56	21,02	0,92	19,08	6,75	16,45	0,85
			Schale a	36,82	5,48	30,77	4,22	42,88	5,97	38,99	5,84	37,56	6,71	42,16	6,04	47,47	5,32	46,32	6,82								
	5 Monate Lagerung	A	Mark b	Adretta a	Afra a	Gala a	Granola a	Lolita a	Marabel a	Nicola a	Renate a	16,80	0,92	11,23	2,32	18,87	2,34	14,43	6,25	14,13	3,67	15,66	1,94	14,51	0,60	21,45	1,29
			Schale a	38,96	3,17	33,27	3,59	37,80	3,30	40,36	4,41	36,75	0,64	32,34	0,86	34,30	2,64	39,84	3,62								
	8 Monate Lagerung	A	Mark b	Adretta a	Afra a	Gala a	Granola a	Lolita a	Marabel a	Nicola a	Renate a	17,51	6,94	17,47	3,55	19,74	4,42	21,64	4,37	19,05	1,94	15,72	0,18	19,64	3,22	24,10	2,54
			Schale a	41,00	6,65	37,11	5,23	44,71	4,61	33,38	1,28	35,04	1,75	36,25	3,36	42,87	4,70	42,28	7,64								
2006 A	Ernte	A	Mark a	Adretta a a	Afra a a	Gala a a	Granola a a	Lolita a a	Marabel a a	Nicola a a	Renate a a	56,03		53,91		55,08		52,65		61,14		59,09		58,53		57,12	
			Schale a	48,25		53,87		45,02		56,92		63,91		42,86		52,81		41,13									
	5 Monate Lagerung	A	Mark a	Adretta a a	Afra a a	Gala a a	Granola a ab	Lolita a a	Marabel a a	Nicola a a	Renate a a	56,35		59,03		52,66		24,28		61,76		54,64		53,85		30,03	
			Schale a	60,12		54,07		50,45		52,34		64,54		71,74		57,22		65,68									
	8 Monate Lagerung	A	Mark a	Adretta ab a	Afra ab a	Gala ab a	Granola b b	Lolita ab a	Marabel ab a	Nicola ab a	Renate a a	33,60		63,90		49,96		12,61		49,05		52,87		61,35		59,27	
			Schale a	66,20		31,05		48,26		18,05		52,65		27,52		36,63		58,65									
2007 A	Ernte	A	Mark b	Adretta ab a	Afra a a	Gala b a	Granola c a	Lolita c a	Marabel abc a	Nicola abc a	Renate b a	173,71		181,10		34,23		7,20		8,30		106,56		93,33		49,40	
			Schale a	174,34		222,22		127,88		68,99		53,58		89,92		156,16		94,52									
	5 Monate Lagerung	B	Mark b	Adretta a b	Afra a b	Gala a b	Granola a a	Lolita a a	Marabel a b	Nicola a b	Renate a a	3,83		5,06		7,14		3,86				3,17		11,09		3,28	
			Schale a	20,07		27,06		0,00		22,69		2,56		8,33		22,39		215,74									
	8 Monate Lagerung	B	Mark a	Adretta a b	Afra a b	Gala a b	Granola a a	Lolita a a	Marabel a b	Nicola a b	Renate a a	4,61		4,31		7,26		3,10		10,94		4,15		16,88		4,44	
			Schale a	11,44		15,55		6,64		7,14		7,59		4,86		15,72		8,65									

Tab. A43: Pektinkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2005 A	Ernte	A	Adretta ab a		Afra ab a		Gala ab a		Granola a a		Lolita b a		Marabel b a		Nicola ab a		Renate ab a			
			< 1,055	a			4,38	0,79					2,51	0,20						
			1,056-1,065	a	3,89	0,48	2,37	0,15	3,19	0,69	4,29	0,05	1,83	0,14	2,26	0,48	3,88	0,24	4,17	0,31
			1,066-1,075	a	3,27	0,17	2,32	0,08	3,41	0,32	4,81	0,22	2,11	0,19	2,24	0,39	3,11	0,18	4,07	0,32
			1,076-1,085	a	3,65	0,04	3,59	0,40	3,62	0,23	3,25	0,21	2,56	0,23			2,61	0,06	3,11	0,23
			1,086-1,095	a	3,56	0,22	3,35	0,45					2,97	0,13						
	> 1,095	a			3,81	0,19														
	5 Monate Lagerung	B	Adretta ab b		Afra b b		Gala ab a		Granola ab a		Lolita ab a		Marabel ab a		Nicola b b		Renate a a			
			< 1,055	a			3,01	0,39					2,23	0,27	2,18	0,56				
			1,056-1,065	a	2,58	0,33	2,27	0,34	2,31	0,23	2,37	0,33	2,37	0,41	2,30	0,08	2,19	0,15	2,99	0,37
			1,066-1,075	a	2,24	0,19	2,32	0,28	2,93	0,12	2,59	0,86	2,48	0,17	2,83	0,27	2,19	0,22	2,90	0,12
			1,076-1,085	a	1,98	0,06	2,55	0,18	2,95	0,09	2,65	0,13	3,31	0,38	2,48	0,14	2,25	0,07	3,08	0,10
			1,086-1,095	a	2,50	0,24	2,19	0,40					2,51	0,12			2,38	0,19	3,07	0,29
	> 1,095	a			2,26	0,20														
	8 Monate Lagerung	A	Adretta bc b		Afra ab a		Gala a a		Granola c a		Lolita c a		Marabel c a		Nicola abc a		Renate a a			
			< 1,055	a			3,27	0,45					2,71	0,28	3,07	0,24				
			1,056-1,065	a	2,57	0,31	3,01	0,25	3,27	0,24	2,56	0,40	2,43	0,64	2,72	0,31	3,15	0,46	3,66	0,37
			1,066-1,075	a	2,82	0,34	3,37	0,29	3,81	0,42	2,32	0,48	2,37	0,28	2,60	0,03	3,29	0,33	3,60	0,13
1,076-1,085			a	3,03	0,43	3,76	0,51	4,12	0,15	3,03	0,23	2,73	0,18	2,58	0,05	2,53	0,11	3,43	0,30	
1,086-1,095			a	3,27	0,15	3,79	0,57					2,78	0,15			3,33	0,31	4,09	0,25	
> 1,095	a	3,43	0,07	3,93	0,35															

Tab. A44: Pektinkonzentration [Einzelwerte] (g kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte		Sorten								
				Adretta a ab	Afra a ab	Gala a a	Granola a a	Lolita a ab	Marabel a a	Nicola a a	Renate a a	
2006 A	Ernte	B	< 1,055	a			6,63		4,74			
			1,056-1,065	b	3,80		2,38	0,22	3,84	2,67	3,11	4,78
			1,066-1,075	ab	2,74	1,37	4,94	0,28	3,09	1,48	3,04	2,60
			1,076-1,085	ab	3,23	1,88		2,42	0,75	2,48	3,11	2,30
			1,086-1,095	ab	0,70	2,52						
			> 1,095	ab	1,50							
	5 Monate Lagerung	A			Adretta ab a	Afra ab a	Gala a a	Granola ab a	Lolita ab a	Marabel ab a	Nicola b a	Renate ab a
			< 1,055	a			9,80					
			1,056-1,065	a	2,71		3,57	4,27	4,56	7,43	2,25	7,02
			1,066-1,075	a	3,28	4,66	5,25	3,12	5,14	6,17	2,63	10,10
			1,076-1,085	a	5,55	2,93	9,10	3,14	8,20	5,64	2,35	5,64
			1,086-1,095	a	3,91	4,07			6,49		5,90	3,85
	8 Monate Lagerung	B			Adretta a b	Afra a b	Gala a a	Granola a a	Lolita a b	Marabel a a	Nicola a a	Renate a a
			< 1,055	a			3,47					
			1,056-1,065	a			2,28	1,00	1,73	0,87	4,78	1,75
			1,066-1,075	a	1,21	2,37	3,25	0,38	2,80	3,93	1,93	1,65
			1,076-1,085	a	0,97	1,61	0,94	1,67	1,11	1,66	0,63	1,48
			1,086-1,095	a	1,93	0,70		1,29	0,50	2,25	1,09	2,41
		> 1,095	a	1,14	1,10					0,91		

Tab. A45: Pektinkonzentration [Einzelwerte] (g kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte		Sorten								
				Adretta <i>a a</i>	Afra <i>a a</i>	Gala <i>a a</i>	Granola <i>a a</i>	Lolita <i>a a</i>	Marabel <i>a a</i>	Nicola <i>a a</i>	Renate <i>a a</i>	
2007 B	Ernte	A	< 1,055	a			1,13			2,29		
			1,056-1,065	a	9,96	2,64	0,44	0,61	2,07	3,57	5,56	1,38
			1,066-1,075	a	14,05	0,27	0,74	1,26	2,46	1,12	3,31	1,28
			1,076-1,085	a	10,28	15,53	1,52	2,60	2,64	2,03	2,77	0,92
			1,086-1,095	a	0,90				2,36			
			> 1,095	a								
	5 Monate Lagerung	B			Adretta <i>a b</i>	Afra <i>a a</i>	Gala <i>a a</i>	Granola <i>a a</i>	Lolita <i>a c</i>	Marabel <i>a a</i>	Nicola <i>a b</i>	Renate <i>a a b</i>
			< 1,055	a			1,39					
			1,056-1,065	a	0,30	0,36	0,82	0,40	0,31		0,39	0,37
			1,066-1,075	a	0,23	0,50	0,68	0,25	0,35	0,29	0,22	0,43
			1,076-1,085	a	0,41	0,23		0,36	0,30	0,27	0,16	0,30
			1,086-1,095	a	0,56	0,38		0,47	0,45	0,40		1,39
	> 1,095	a	1,58				0,51					
	8 Monate Lagerung	B			Adretta <i>a b</i>	Afra <i>a a</i>	Gala <i>a a</i>	Granola <i>a a</i>	Lolita <i>a b</i>	Marabel <i>a a</i>	Nicola <i>a b</i>	Renate <i>a b</i>
			< 1,055	a			1,64	0,81				
			1,056-1,065	a	0,36	0,00	0,56	0,23	0,78	0,36	1,34	0,45
			1,066-1,075	a		0,39	0,41	0,31	0,96	0,42	0,22	0,64
			1,076-1,085	a	0,54	0,49	2,43	0,00	0,82	0,77	0,37	0,51
1,086-1,095			a	0,37	0,79			0,52		0,38	0,72	
> 1,095	a	0,37	0,41									

Tab. A46: Pektinkonzentration [Einzelwerte] (g kg^{-1} FM) nach der Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung von Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden aber teilweise bei 4°C und 8°C gelagert worden sind

Jahr	Stadium	$^\circ\text{C}$	Adretta	Afra	Gala	Granola	Lolita	Marabel	Nicola	Renate
2007	5 Monate Lagerung	4								
		8	0,33 a a			0,34 a			0,42 a	0,98 a
	8 Monate Lagerung	4 a	0,61 a	0,32 a	0,18 a	1,01 a	1,66 a	0,92 a	0,43 a	0,41 a
		8 a	0,87 a a	0,48 a	0,62 a		0,65 a			

Tab. A47: Pektinkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x) der Daten aus 2005, Einzelwerte der Daten aus 2006 und 2007] (g kg^{-1} FM) im Schalen- und Markgewebe nach der Ernte 2005, 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x			
2005 A	Ernte	A	Mark	b	Adretta	a	Afra	a	Gala	a	Granola	a	Lolita	a	Marabel	a	Nicola	a	Renate	a	
					3,73	0,20	2,22	0,18	2,90	1,28	1,86	0,10	1,93	0,49	2,66	0,15	2,82	0,92	2,89	0,15	
				Schale	a	Adretta	a	Afra	a	Gala	a	Granola	a	Lolita	a	Marabel	a	Nicola	a	Renate	a
						5,72	1,02	5,37	0,71	6,50	1,08	6,39	0,93	5,56	0,95	6,41	0,95	5,85	0,98	6,30	1,03
		5 Monate Lagerung	A	Mark	b	Adretta	a	Afra	a	Gala	a	Granola	a	Lolita	a	Marabel	a	Nicola	a	Renate	a
						1,80	0,09	1,40	0,34	2,40	0,23	1,97	0,81	1,69	0,29	1,91	0,24	2,22	0,16	2,88	0,32
			Schale	a	Adretta	a	Afra	a	Gala	a	Granola	a	Lolita	a	Marabel	a	Nicola	a	Renate	a	
					5,61	0,58	5,24	0,71	5,50	0,47	6,58	0,65	5,28	0,30	4,62	0,25	3,97	0,43	6,38	0,44	
	8 Monate Lagerung	A	Mark	b	Adretta	a	Afra	a	Gala	a	Granola	a	Lolita	a	Marabel	a	Nicola	a	Renate	a	
					1,90	0,66	1,99	0,30	2,52	0,25	2,15	0,27	2,32	0,48	2,10	0,15	3,03	0,49	3,31	0,35	
			Schale	a	Adretta	a	Afra	a	Gala	a	Granola	a	Lolita	a	Marabel	a	Nicola	a	Renate	a	
					5,97	0,98	5,66	0,83	6,98	0,49	5,07	0,36	5,04	0,33	5,17	0,47	5,39	0,21	7,14	1,47	
2006 A	Ernte	A	Mark	b	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a	
					1,05		1,82		2,04		2,65		1,21		2,39		2,01		1,55		
				Schale	a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a
						1,88		4,05		10,92		13,93		12,07		10,22		11,33		10,65	
		5 Monate Lagerung	A	Mark	b	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a
						2,67		2,93		4,99		0,85		4,73		2,71		4,07		3,42	
			Schale	a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a	
					10,87		7,58		10,98		11,28		11,87		11,86		12,44		17,57		
	8 Monate Lagerung	B	Mark	b	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a	
					0,50		1,72		0,91		0,90		1,78		1,96		0,89		1,06		
			Schale	a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a	
					1,74		3,90		14,55		4,38		3,01		1,40		0,64		5,24		
2007 B	Ernte	A	Mark	a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a	
					10,97				2,72		0,59		0,54		6,95		6,83		4,99		
				Schale	a	Adretta	a a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a a	Nicola	a a	Renate	a a
						8,03		1,41		6,41		3,69		3,72		3,90		8,88		5,91	
		5 Monate Lagerung	B	Mark	a	Adretta	a a	Afra	a b	Gala	a b	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a b	Nicola	a b	Renate	a a
						0,34		0,39		0,68		0,33				0,41		0,65		0,29	
			Schale	a	Adretta	a a	Afra	a b	Gala	a b	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a b	Nicola	a b	Renate	a a	
					1,31		1,48		0,00		1,28		0,14		0,81		1,65		18,38		
	8 Monate Lagerung	B	Mark	a	Adretta	a a	Afra	a b	Gala	a b	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a b	Nicola	a b	Renate	a a	
					0,26		0,40		0,58		0,26		1,23		0,32		1,16		0,45		
			Schale	a	Adretta	a a	Afra	a b	Gala	a b	Granola	a a	Lolita	a a	Marabel	a b	Nicola	a b	Renate	a a	
					0,99		1,46		0,38		0,47		0,75		0,39		0,88		0,50		

Tab. A48: Grad der Pektinveresterung [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (%) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L^{-1}) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2005 A	Ernte	A	Adretta	a a	Afra	c ab	Gala	bc a	Granola	a a	Lolita	abc a	Marabel	c a	Nicola	abc a	Renate	ab a		
			< 1,055	a			50,36	2,91			50,70	0,72								
			1,056-1,065	a	57,92	1,10	50,44	1,15	52,52	1,64	58,09	2,21	52,43	2,99	49,56	2,07	50,30	3,20	55,70	1,94
			1,066-1,075	a	57,13	0,62	50,26	1,19	51,01	4,30	55,53	2,84	52,03	1,72	51,02	0,56	51,74	2,13	55,93	1,63
			1,076-1,085	a	56,92	2,01	51,97	1,80	51,59	2,02	57,11	2,65	54,24	1,90			57,01	2,59	55,86	2,65
			1,086-1,095	a	56,74	2,25	53,10	2,44					55,86	2,19						
	> 1,095	a			51,90	0,89														
	5 Monate Lagerung	B	Adretta	bc b	Afra	bc a	Gala	b a	Granola	a a	Lolita	c b	Marabel	bc a	Nicola	bc a	Renate	ab ab		
			< 1,055	b			51,35	1,07			50,61	0,92	49,23	2,32						
			1,056-1,065	c	50,70	0,57	49,70	1,34	51,63	2,70	54,79	1,64	47,56	0,57	49,65	1,80	51,93	1,04	50,57	2,88
			1,066-1,075	abc	51,32	3,29	52,29	2,11	52,55	1,95	55,65	3,79	48,56	0,77	50,73	0,88	51,72	1,04	52,54	2,79
			1,076-1,085	ab	52,05	1,57	52,61	2,47	52,59	1,27	55,25	2,40	51,90	1,52	50,71	4,09	51,53	1,88	55,06	2,28
			1,086-1,095	a	52,86	1,19	52,88	0,42					50,67	1,23			52,71	2,43	55,74	2,02
	> 1,095	abc			52,18	2,74														
	8 Monate Lagerung	C	Adretta	a b	Afra	a b	Gala	a b	Granola	a b	Lolita	a b	Marabel	b b	Nicola	b b	Renate	a b		
			< 1,055	c			48,50	1,07			44,85	0,42	45,51	3,86						
			1,056-1,065	bc	50,55	1,18	49,93	0,56	49,47	1,27	48,95	2,59	49,80	0,84	45,68	1,23	44,67	0,97	50,50	1,08
			1,066-1,075	abc	50,89	1,05	49,99	3,90	48,17	1,92	49,59	0,69	49,88	2,84	47,00	0,50	47,23	1,45	50,23	4,14
1,076-1,085			abc	51,30	2,98	48,38	2,24	49,33	2,86	50,06	2,81	50,16	0,77	46,04	1,70	47,73	1,40	50,14	0,88	
1,086-1,095			ab	51,54	1,17	50,81	1,51					50,13	1,77			48,32	1,54	51,05	1,08	
> 1,095	a	53,75	0,55	50,81	1,52															

Tab. A49: Grad der Pektinveresterung [Einzelwerte] (%) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte		Sorten								
				Adretta b b	Afra abc b	Gala abc a	Granola c b	Lolita b b	Marabel abc b	Nicola abc b	Renate ab b	
2006 A	Ernte	B	< 1,055	a			85,12			70,76		
			1,056-1,065	a	40,34		41,37	3,44	42,85	38,79	42,81	75,57
			1,066-1,075	a	38,47	23,77	76,73	4,19	36,43	14,02	47,99	46,51
			1,076-1,085	a	39,51	29,01		36,05	7,68	26,33	43,84	49,05
			1,086-1,095	a	11,39	45,50						
			> 1,095	a	27,01							
	5 Monate Lagerung	A			Adretta ab a	Afra ab a	Gala ab a	Granola b a	Lolita ab a	Marabel ab a	Nicola ab a	Renate a a
			< 1,055	a			76,73					
			1,056-1,065	a	59,15		68,26	62,49	95,33	81,94	67,01	86,70
			1,066-1,075	a	58,18	67,67	77,09	42,60	58,98	62,46	67,97	122,68
			1,076-1,085	a	75,93	74,27	97,72	50,72	66,10	68,86	56,86	79,99
			1,086-1,095	a	56,39	83,77			64,60		113,73	78,67
	8 Monate Lagerung	C			Adretta a b	Afra a b	Gala a b	Granola a b	Lolita a b	Marabel a b	Nicola a b	Renate a c
			< 1,055	a			42,66					
			1,056-1,065	a			38,58	13,63	43,80	12,87	43,65	36,31
			1,066-1,075	a	17,24	29,76	46,97	8,08	36,48	39,42	22,61	34,12
			1,075 - 1,085	a	11,13	20,16	26,54	19,75	20,66	21,63	16,10	20,74
			1,085 - 1,095	a	28,50	9,67		17,17	9,63	24,04	23,69	33,42
> 1,095	a	12,45	24,32						20,34			

Tab. A50: Grad der Pektinveresterung [Einzelwerte] (%) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	Sorten								
2007 B	Ernte		Adretta a a	Afra a a	Gala a b	Granola a a	Lolita a a	Marabel a a	Nicola a a	Renate a a	
		< 1,055	a			7,37					
		1,056-1,065	a	42,88		5,83	22,98	11,78	10,29	17,57	49,32
		1,066-1,075	a	38,99	47,06	19,61	40,61	57,32	54,69	17,76	58,04
		1,076-1,085	a	35,95	37,61	15,13	37,84	59,71	3,46	24,95	59,50
		1,086-1,095	a	39,89	48,15			42,71	64,85		
	> 1,095	a									
	5 Monate Lagerung	A		Adretta a a	Afra a a	Gala a a	Granola a a	Lolita a a	Marabel a a	Nicola a a	Renate a a
		< 1,055	a			52,99					
		1,056-1,065	a	32,04		64,23	49,43	33,31		44,60	51,67
		1,066-1,075	a	59,07	75,90	43,01	40,17	48,99	26,53	31,97	45,23
		1,076-1,085	a	46,93	49,85		40,28	21,15	3,79	9,84	24,44
		1,086-1,095	a	8,71	17,50		80,64	47,72	33,70		33,59
	> 1,095	a	48,42	27,48			46,86				
	8 Monate Lagerung	B		Adretta ab a	Afra a a	Gala ab b	Granola ab a	Lolita ab a	Marabel b a	Nicola ab a	Renate ab a
		< 1,055	a			33,81	48,43				
		1,056-1,065	ab	37,42	49,44	20,53	15,58	35,20	9,00	38,20	25,30
		1,066-1,075	ab		37,95	26,66	24,14	20,12	0,89	1,64	11,99
1,076-1,085		ab	31,45	43,99	22,45	25,63	20,32	28,59	13,23	34,47	
1,086-1,095		ab	38,31	36,10			25,64		21,21	31,68	
> 1,095	b	22,74	13,93								

Tab. A51: Grad der Pektinveresterung [Einzelwerte] (%) nach der Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung von Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden aber teilweise bei 4°C und 8°C gelagert worden sind

Jahr	Stadium	°C	Adretta	Afra	Gala	Granola	Lolita	Marabel	Nicola	Renate
2007	5 Monate Lagerung	4								
		8	43,29 a a			76,95 a			51,26 a	3,16 a
	8 Monate Lagerung	4 a	30,75 a	14,60 a	5,03 a	23,20 a	4,46 a	39,61 a	43,35 a	12,33 a
		8 a	52,26 a a	0,85 b	46,24 a		14,67 ab			

Tab. A52: Grad der Pektinveresterung [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x) der Daten aus 2005, Einzelwerte der Daten aus 2006 und 2007] (%) im Schalen- und Markgewebe nach der Ernte 2005, 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	
2005 B	Ernte	A	Mark b	Adretta a		Afra a		Gala a		Granola a		Lolita a		Marabel a		Nicola a		Renate a	
				Schale a	55,06	1,16	49,21	1,30	50,19	4,40	58,34	1,89	51,54	3,04	50,09	3,00	49,42	2,26	53,95
	5 Monate Lagerung	AB	Mark a	Adretta a		Afra a		Gala a		Granola a		Lolita a		Marabel a		Nicola a		Renate a	
				Schale a	58,25	2,86	58,25	1,38	56,84	3,51	54,45	1,26	55,67	2,54	51,77	2,24	57,24	1,10	56,00
	8 Monate Lagerung	B	Mark a	Adretta a		Afra a		Gala a		Granola a		Lolita a		Marabel a		Nicola a		Renate a	
				Schale a	50,76	0,72	49,38	2,06	50,71	3,18	56,09	1,24	46,95	0,71	51,39	2,73	52,72	2,10	55,32
2006 A	Ernte	A	Mark b	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a	
				Schale a	53,17	2,07	52,98	0,48	52,92	2,15	54,12	2,10	52,34	3,28	49,37	2,15	48,78	0,92	48,18
5 Monate Lagerung	A	Mark b	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
			Schale a	52,26	1,16	50,89	1,33	46,44	1,69	50,18	1,18	47,33	1,54	47,61	1,14	49,31	0,71	51,85	1,84
8 Monate Lagerung	B	Mark b	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
			Schale a	49,93	1,51	48,36	2,05	52,25	2,22	48,64	0,91	51,07	0,66	42,35	2,14	44,12	1,99	48,20	1,95
2007 C	Ernte	A	Mark a	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a	
				Schale b	20,00		34,37		48,18		41,76		13,81		36,14		36,48		27,93
	5 Monate Lagerung	A	Mark b	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a	
				Schale a	31,76		62,59		223,78		145,29		134,01		122,13		161,27		137,20
	8 Monate Lagerung	B	Mark b	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a	
				Schale a	56,12		56,67		64,97		34,69		70,71		44,55		68,09		85,97
5 Monate Lagerung	A	Mark a	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
			Schale b	110,32		108,41		122,11		149,61		96,25		91,19		133,66		129,44	
8 Monate Lagerung	A	Mark a	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
			Schale b	19,26		25,57		14,32		24,43		29,87		25,37		13,28		16,27	
5 Monate Lagerung	A	Mark a	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
			Schale b	16,14		68,89		135,05		89,38		32,16		28,99		9,49		51,20	
8 Monate Lagerung	A	Mark a	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
			Schale b	15,55				53,15		50,17		9,65		17,79		58,84		47,21	
5 Monate Lagerung	A	Mark a	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
			Schale b	9,11		41,50		14,67		25,81		22,90		15,61		36,04		28,42	
8 Monate Lagerung	A	Mark a	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
			Schale b	84,50		33,71		52,45		38,36		6,97		53,22		45,51		1,63	
5 Monate Lagerung	A	Mark a	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
			Schale b	15,21		5,54		34,23		36,55		6,97		28,76		36,52		36,42	
8 Monate Lagerung	A	Mark a	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
			Schale b	11,82		19,10		34,23		57,00		56,49		32,34		31,96		43,89	
5 Monate Lagerung	A	Mark a	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
			Schale b	38,73		31,19		13,34		15,74		31,84		33,25		41,37		14,84	

Tab. A53: Die antioxidative Kapazität (FRAP) [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mmol kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg⁻¹ L) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x
			Adretta c b		Afra c b		Gala bc b		Granola c b		Lolita c c		Marabel d c		Nicola ab b		Renate a b	
		< 1,055 a					1,53	0,28					0,84	0,13				
	Ernte	1,056-1,065 ab	1,23	0,12	0,82	0,32	1,27	0,45	0,91	0,15	0,86	0,08	0,43	0,12	1,40	0,46	1,50	0,12
		1,066-1,075 bc	0,81	0,10	0,74	0,15	0,97	0,24	0,82	0,14	0,76	0,11	0,51	0,07	1,13	0,23	1,45	0,02
		1,076-1,085 c	0,71	0,04	0,75	0,23	0,93	0,21	0,75	0,25	0,71	0,12			1,26	0,34	1,29	0,07
		1,086-1,095 bc	0,77	0,08	0,86	0,14					0,69	0,04						
		> 1,095 ac			0,87	0,15												
			Adretta ab a		Afra ab a		Gala b b		Granola ab b		Lolita ab b		Marabel ab b		Nicola ab b		Renate a b	
		< 1,055 a					1,39	0,41					1,09	0,21	1,29	0,25		
2005 A	5 Monate Lagerung	1,056-1,065 a	1,38	0,04	0,95	0,46	1,06	0,36	1,21	0,09	1,30	0,07	1,21	0,31	1,33	0,22	1,92	0,21
		1,066-1,075 a	1,40	0,20	0,84	0,19	0,60	0,08	1,21	0,04	1,23	0,33	1,07	0,29	1,14	0,17	1,35	0,41
		1,076-1,085 a	0,94	0,08	1,43	0,48	0,81	0,23	1,43	0,40	1,08	0,23	1,15	0,21	1,09	0,16	1,26	0,11
		1,086-1,095 a	0,86	0,08	1,34	0,34					0,90	0,38			1,40	0,73	1,50	0,10
		> 1,095 a			0,98	0,15												
			Adretta cd a		Afra d ab		Gala abc a		Granola bcd a		Lolita a a		Marabel ab a		Nicola ab a		Renate abc a	
		< 1,055 a					1,25	0,25					1,66	0,32	1,90	0,24		
	8 Monate Lagerung	1,056-1,065 a	1,31	0,20	0,64	0,16	1,75	0,07	1,43	0,16	2,12	0,16	1,92	0,20	2,04	0,75	1,97	0,09
		1,066-1,075 a	1,49	0,12	1,10	0,21	1,69	0,33	1,62	0,44	2,55	0,71	2,03	0,30	1,52	0,31	1,83	0,32
		1,076-1,085 a	1,29	0,23	1,39	0,48	2,18	0,27	1,35	0,10	1,59	0,12	1,87	0,38	1,58	0,36	1,48	0,26
		1,086-1,095 a	1,09	0,24	0,77	0,19					1,67	0,40			1,64	0,21	1,70	0,36
		> 1,095 a	1,61	0,17	0,89	0,17												

Tab. A54: Die antioxidative Kapazität (FRAP) [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mmol kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2006 B	Vorernte	A	Adretta b b		Afra a a		Gala c b		Granola bc a		Lolita c b		Marabel c b		Nicola a a		Renate b c			
			< 1,055	a			0,89	0,08	1,09	0,07	1,00	0,07	1,03	0,08	2,35	0,29	1,69	0,09		
			1,056-1,065	ab	1,50	0,13	1,50	0,21	0,89	0,07	1,01	0,08	1,18	0,16	0,80	0,12	1,90	0,35	1,31	0,35
			1,066-1,075	b	1,02	0,21	1,81	0,03	0,90	0,14	1,19	0,05	0,74	0,03	0,67	0,11	1,43	0,09	1,20	0,22
			1,076-1,085	ab	1,11	0,29	1,60	0,15												
		1,086-1,095																		
		> 1,095																		
		Ernte	A	Adretta a a		Afra bc a		Gala bc b		Granola b ab		Lolita bc a		Marabel c b		Nicola bc b		Renate b bc		
				< 1,055	a			1,16	0,15			0,72	0,06							
				1,056-1,065	a	1,93	0,05			0,93	0,03	1,03	0,10	1,49	0,36	0,71	0,11	0,97	0,14	1,48
	1,066-1,075			a	1,66	0,13	0,87	0,15	1,33	0,66	0,90	0,23	1,13	0,15	0,73	0,03	1,06	0,02	1,31	0,05
	1,076-1,085			a	2,13	0,10	1,70	1,20			1,08	0,10	1,14	0,26	1,14	0,26	1,13	0,17	1,27	0,13
	1,086-1,095	a	1,86	0,31	0,77	0,05														
	> 1,095	a	2,01	0,15																
	5 Monate Lagerung	A	Adretta cd b		Afra d a		Gala ab a		Granola cd ab		Lolita bc a		Marabel bc a		Nicola c b		Renate a a			
			< 1,055	a			1,74	0,10												
			1,056-1,065	a	0,92	0,01			1,60	0,08	1,14	0,12	1,59	0,21	1,08	0,19	0,72	0,16	1,81	0,06
			1,066-1,075	a	1,06	0,19	0,81	0,12	1,60	0,35	0,93	0,24	1,31	0,07	1,35	0,53	1,16	0,01	1,77	0,18
			1,076-1,085	a	0,74	0,11	0,90	0,20	1,49	0,28	1,06	0,08	1,04	0,04	1,36	0,25	1,29	0,04	1,88	0,51
		1,086-1,095	a	1,17	0,25	0,76	0,05					1,25	0,23			1,30	0,14	1,69	0,16	
		> 1,095	a	1,17	0,16	0,71	0,04													
		8 Monate Lagerung	B	Adretta b b		Afra b a		Gala b b		Granola b b		Lolita b ab		Marabel b b		Nicola b c		Renate a ab		
				< 1,055	a			1,23	0,35											
				1,056-1,065	a			0,92	0,17	0,84	0,09	1,16	0,14	1,11	0,28	0,97	0,14	1,83	0,15	
1,066-1,075	a			0,99	0,15	1,50	1,70	1,12	0,09	0,98	0,24	1,12	0,21	0,88	0,16	0,75	0,08	1,47	0,18	
1,076-1,085	a			1,04	0,14	0,62	0,06	1,31	0,26	0,82	0,06	1,01	0,20	0,64	0,13	0,59	0,04	1,62	0,04	
1,086-1,095	a	0,85	0,06	0,65	0,03			0,94	0,11	1,14	0,02	1,07	0,13	0,78	0,08	1,63	0,04			
> 1,095	a	0,93	0,16	0,22	0,15											2,27	0,57			

Tab. A55: Die antioxidative Kapazität (FRAP) [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mmol kg⁻¹ FM) im Schalen- und Markgewebe nach der Ernte 2005 und 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x							
2005 A	Ernte	C	Mark b	Adretta ab a				Afra ab a				Gala a a		Granola b b		Lolita ab b		Marabel b b		Nicola ab b		Renate a b	
				1,00	0,05	0,89	0,07	1,18	0,12	0,64	0,18	0,72	0,03	0,74	0,00	0,86	0,16	1,13	0,34				
			Schale a	Adretta ab a				Afra ab a				Gala a a		Granola b b		Lolita ab b		Marabel b b		Nicola ab b		Renate a b	
				1,24	0,19	1,39	0,28	1,63	0,47	1,24	0,16	1,52	0,21	1,13	0,12	1,44	0,35	1,73	0,15				
	5 Monate Lagerung	B	Mark b	Adretta b a				Afra b a				Gala b a		Granola b b		Lolita ab a		Marabel b b		Nicola b ab		Renate a a	
				0,78	0,06	0,89	0,20	0,97	0,32	0,91	0,04	1,04	0,26	0,81	0,42	0,98	0,05	1,87	0,11				
			Schale a	Adretta b a				Afra b a				Gala b a		Granola b b		Lolita ab a		Marabel b b		Nicola b ab		Renate a a	
				1,88	0,66	1,34	0,30	1,68	0,17	1,43	0,21	2,04	0,36	1,05	0,01	1,88	0,51	2,20	0,25				
	8 Monate Lagerung	A	Mark b	Adretta bc a				Afra c a				Gala bc a		Granola abc a		Lolita ab a		Marabel a a		Nicola ab a		Renate ab ab	
				1,06	0,40	0,76	0,21	1,04	0,20	1,34	0,49	1,67	0,30	2,12	0,09	1,54	0,20	1,60	0,47				
			Schale a	Adretta bc a				Afra c a				Gala bc a		Granola abc a		Lolita ab a		Marabel a a		Nicola ab a		Renate ab ab	
				1,68	0,11	0,89	0,13	1,53	0,17	1,89	0,25	2,70	0,33	2,29	0,75	2,35	0,90	2,14	0,66				
2006 B	Vorernte	A	Mark b	Adretta a a				Afra bcd a				Gala cd b		Granola abcd a		Lolita ab a		Marabel d b		Nicola abc a		Renate ab a	
				1,61	0,08	1,07	0,34	0,89	0,04	1,26	0,03	1,01	0,20	0,72	0,26	1,16	0,31	1,70	0,07				
			Schale a	Adretta a a				Afra bcd a				Gala cd b		Granola abcd a		Lolita ab a		Marabel d b		Nicola abc a		Renate ab a	
				2,04	0,13	1,43	0,15	1,13	0,21	1,46	0,11	2,01	0,79	1,09	0,07	1,84	0,02	1,70	0,27				
	Ernte	AB	Mark b	Adretta ab b				Afra ab a				Gala b b		Granola ab a		Lolita a a		Marabel b b		Nicola ab ab		Renate a a	
				0,98	0,12	1,27	0,79	0,99	0,33	1,41	0,09	1,35	0,19	0,60	0,03	1,03	0,15	1,08	0,11				
			Schale a	Adretta ab b				Afra ab a				Gala b b		Granola ab a		Lolita a a		Marabel b b		Nicola ab ab		Renate a a	
				1,83	0,26	1,26	0,06	1,06	0,12	1,35	0,36	1,84	0,09	1,38	0,10	1,31	0,03	2,02	0,06				
	5 Monate Lagerung	AB	Mark b	Adretta bc b				Afra d ab				Gala ab a		Granola cd ab		Lolita abc a		Marabel bc a		Nicola d b		Renate a a	
				0,93	0,18	0,84	0,16	1,08	0,04	1,03	0,13	1,18	0,21	1,13	0,19	0,98	0,12	1,38	0,20				
			Schale a	Adretta bc b				Afra d ab				Gala ab a		Granola cd ab		Lolita abc a		Marabel bc a		Nicola d b		Renate a a	
				1,74	0,14	0,99	0,02	2,02	0,33	1,31	0,15	1,80	0,13	1,51	0,35	0,79	0,02	1,97	0,11				
8 Monate Lagerung	B	Mark b	Adretta bc c				Afra c b				Gala b ab		Granola bc b		Lolita b a		Marabel bc b		Nicola bc a		Renate a a		
			0,44	0,26	0,50	0,05	0,93	0,08	0,63	0,01	0,92	0,15	0,75	0,10	0,76	0,11	0,89	0,19					
		Schale a	Adretta bc c				Afra c b				Gala b ab		Granola bc b		Lolita b a		Marabel bc b		Nicola bc a		Renate a a		
			1,46	0,03	0,86	0,08	1,47	0,31	1,39	0,23	1,58	0,37	1,20	0,03	1,41	0,61	2,75	0,17					

Tab. A56: Die antioxidative Kapazität (H-ORAC) [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mmol GAE kg⁻¹ FM) im Schalen- und Markgewebe nach der Ernte 2005 und 2006 und teilweise nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2005 B	Ernte	A	Mark b	Adretta a a		Afra cd b		Gala cd a		Granola ab a		Lolita bc a		Marabel c a		Nicola d a		Renate a a		
				Schale a	42,09	3,53	29,77	2,14	33,55	4,61	31,85	2,00	32,80	2,11	24,63	3,38	23,11	5,92	42,88	9,53
	5 Monate Lagerung	B	Mark b	Adretta bc b		Afra ab ab		Gala de b		Granola a ab		Lolita ef b		Marabel f b		Nicola cd a		Renate de b		
				Schale a	59,59	4,86	38,15	3,25	37,53	3,20	57,94	5,80	48,21	2,29	47,41	0,83	30,99	3,37	56,46	7,31
	8 Monate Lagerung	B	Mark b	Adretta b b		Afra ab a		Gala e c		Granola b b		Lolita de b		Marabel f b		Nicola cd a		Renate c b		
				Schale a	22,29	3,24	27,20	4,55	19,99	2,79	23,33	3,72	14,63	0,89	9,82	0,94	35,55	2,18	18,19	1,45
	2006 A	Vorernte		Mark b	Adretta		Afra		Gala		Granola		Lolita		Marabel		Nicola		Renate	
					Schale a	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Ernte		Mark b	Adretta a		Afra bc		Gala c		Granola bc		Lolita b		Marabel c		Nicola bc		Renate d	
					Schale a	55,02	9,07	47,01	7,16	45,16	3,05	33,26	4,38	55,01	3,97	27,04	2,60	44,32	4,92	30,47
		5 Monate Lagerung		Mark b	Adretta		Afra		Gala		Granola		Lolita		Marabel		Nicola		Renate	
					Schale a	109,47	6,34	64,34	8,57	53,75	2,39	75,74	1,87	72,41	2,63	76,33	4,33	65,81	3,95	41,93
8 Monate Lagerung			Mark b	Adretta		Afra		Gala		Granola		Lolita		Marabel		Nicola		Renate		
				Schale a	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

Tab. A57: Die Aktivität der Ascorbatperoxidase [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] ($\mu\text{kat kg}^{-1}\text{ FM}$) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L^{-1}) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x
			Adretta ab b		Afra a ab		Gala ab b		Granola ab a		Lolita ab b		Marabel b b		Nicola a b		Renate a b	
		< 1,055 a											0,18	0,05				
	Ernte	1,056-1,065 a	0,63	0,32	0,73	0,99	0,53	0,10	0,30	0,44	0,32	0,12	0,08	0,07	0,90	0,85	1,49	0,35
		1,066-1,075 a	0,34	0,23	1,23	0,74	0,24	0,10	0,42	0,30	0,35	0,15	0,03	0,05	0,78	0,66	0,76	0,66
		1,076-1,085 a	0,24	0,33	0,20	0,30	0,29	0,21	0,43	0,32	0,42	0,24			0,97	0,38	0,60	0,67
		1,086-1,095 a	0,12	0,17	0,94	0,30	0,25	0,03			0,15	0,13						
		> 1,095 a			0,70	0,73												
			Adretta c a		Afra d b		Gala c a		Granola c a		Lolita bc a		Marabel c a		Nicola ab a		Renate a a	
		< 1,055 a					0,75	0,40					0,77	0,12	2,21	0,36		
2005 B	5 Monate Lagerung A	1,056-1,065 a	1,22	0,47	0,49	0,33	0,95	0,13	0,62	0,27	1,39	0,50	0,60	0,13	2,21	0,20	2,59	0,25
		1,066-1,075 a	0,94	0,48	0,25	0,18	0,87	0,04	0,60	0,03	0,78	0,28	0,90	0,13	2,01	0,56	2,28	0,78
		1,076-1,085 a	0,51	0,20	0,47	0,29	0,63	0,05	0,84	0,42	1,97	1,16	1,04	0,61	1,72	0,10	2,37	0,14
		1,086-1,095 a	0,50	0,16	0,68	0,12					1,47	0,57			1,88	0,32	2,47	0,40
		> 1,095 a			1,16	0,20												
			Adretta b ab		Afra a a		Gala b b		Granola b a		Lolita a a		Marabel b b		Nicola b b		Renate b c	
		< 1,055 a					0,58	0,26					0,31	0,11	0,43	0,15		
	8 Monate Lagerung B	1,056-1,065 a	0,36	0,17	1,19	0,42	0,18	0,05	0,57	0,38	1,62	0,55	0,22	0,11	0,83	0,38	0,56	0,26
		1,066-1,075 a	0,67	0,34	1,01	0,04	0,22	0,01	0,46	0,18	1,96	0,63	0,36	0,22	0,46	0,05	0,45	0,24
		1,076-1,085 a	0,55	0,21	1,28	0,34	0,32	0,06	0,36	0,04	1,11	0,18	0,21	0,01	0,29	0,07	0,36	0,21
		1,086-1,095 a	0,64	0,06	1,21	0,23					1,48	0,48			0,45	0,10	0,27	0,03
		> 1,095 a	0,61	0,16	0,94	0,40												

Tab. A58: Die Aktivität der Ascorbatperoxidase [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] ($\mu\text{kat kg}^{-1}\text{ FM}$) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L^{-1}) nach der Vorernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x				
			Adretta	Afra	Gala	Granola	Lolita	Marabel	Nicola	Renate											
2006 A	Vorernte	C	< 1,055	a																	
			1,056-1,065	a	0,18	0,06	0,37	0,05	0,31	0,11	0,05	0,02	0,47	0,54	0,42	0,22	1,49	0,36	1,61	0,25	
			1,066-1,075	a	0,09	0,06	0,23	0,11	0,39	0,11	0,09	0,02	1,03	0,33	0,26	0,10	0,59	0,25	1,34	0,34	
			1,076-1,085	a	0,03	0,03	0,16	0,06													
			1,086-1,095	a																	
			> 1,095	a																	
	Ernte	B	< 1,055	ab																	
			1,056-1,065	a	2,06	0,36			0,80	0,56			0,58	0,05	0,73	0,23					
			1,066-1,075	ab	1,24	0,20	1,30	0,69	1,25	0,49	0,54	0,13	0,75	0,18	0,54	0,17	0,23	0,11	3,48	0,22	
			1,076-1,085	ab	1,21	0,33	1,86	0,89	0,29	0,14	0,32	0,23			0,45	0,05	0,05	0,01	3,17	0,79	
			1,086-1,095	b	0,80	0,09	1,30	0,44			0,52	0,15			0,97	0,33	0,05	0,01	2,95	0,58	
			> 1,095	ab	1,18	0,58															
	5 Monate Lagerung	A	< 1,055	ab																	
			1,056-1,065	a	3,10	0,31			2,20	0,39			3,58	1,13	1,41	0,19	2,43	0,83	4,38	0,26	
			1,066-1,075	ab	1,33	0,59	0,67	0,20	2,27	0,46	1,63	0,34			1,21	0,47	2,01	0,25	3,21	0,19	
			1,076-1,085	b	1,14	0,48	0,33	0,11	1,03	0,27	1,99	0,30			1,35	0,37	2,07	0,52	3,78	0,35	
			1,086-1,095	ab	1,66	0,57	0,65	0,25									2,10	0,52	3,96	0,49	
			> 1,095	ab	2,32	0,89	0,29	0,11													
	8 Monate Lagerung	A	< 1,055	ab																	
			1,056-1,065	a					2,10	0,37			2,51	0,68	1,90	0,59	2,07	0,39	5,01	0,60	
			1,066-1,075	b	1,57	0,11	1,31	0,45	2,35	0,52	1,89	0,19	1,40	0,27	1,56	0,23	1,81	0,39	2,90	0,74	
			1,076-1,085	b	2,01	0,44	1,10	0,30	1,02	0,33	2,23	0,52	1,06	0,24	1,15	0,39	1,55	0,31	3,73	0,20	
			1,086-1,095	ab	1,51	0,15	2,29	0,77			2,40	0,30	1,18	0,30	1,63	0,15	1,85	0,33	3,39	0,07	
			> 1,095	ab	1,57	0,44	1,79	0,79												3,63	1,21

Tab. A59: Die Aktivität der Ascorbatperoxidase [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] ($\mu\text{kat kg}^{-1}\text{ FM}$) im Schalen- und Markgewebe nach der Ernte 2005 und 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2005 B	Ernte	B	Mark b	Adretta a a		Afra a a		Gala a ab		Granola a a		Lolita a a		Marabel a ab		Nicola a ab		Renate a b		
				Schale a	0,14	0,16	0,34	0,27	0,04	0,06	0,16	0,16	0,00	0,00	0,01	0,02	0,50	0,30	0,13	0,05
	5 Monate Lagerung	A	Mark b	Adretta abc a		Afra c a		Gala ab a		Granola b a		Lolita ab a		Marabel abc a		Nicola ab a		Renate a a		
				Schale a	0,36	0,22	1,93	0,70	1,53	0,55	1,34	1,71	1,63	1,93	0,58	0,01	3,40	0,96	0,96	0,93
	8 Monate Lagerung	B	Mark b	Adretta ab a		Afra a a		Gala b b		Granola b a		Lolita b a		Marabel b b		Nicola b b		Renate b b		
				Schale a	0,72	0,07	0,35	0,06	1,02	0,19	0,46	0,08	0,46	0,06	0,37	0,08	1,13	0,33	1,93	0,42
	2006 A	Vorernte	C	Mark b	Adretta d b		Afra cd b		Gala c b		Granola d b		Lolita a ab		Marabel c b		Nicola d b		Renate b b	
					Schale a	0,70	0,48	0,62	0,08	0,14	0,07	0,28	0,10	0,44	0,43	0,21	0,03	0,38	0,16	0,26
		Ernte	B	Mark b	Adretta ab a		Afra ab a		Gala c b		Granola a a		Lolita ab b		Marabel bc ab		Nicola d b		Renate a ab	
					Schale a	0,71	0,22	2,28	0,15	0,31	0,03	0,67	0,11	0,22	0,13	0,40	0,16	0,65	0,07	0,30
		5 Monate Lagerung	AB	Mark b	Adretta ab a		Afra c b		Gala ab a		Granola ab a		Lolita ab a		Marabel b a		Nicola a a		Renate ab ab	
					Schale a	0,04	0,02	0,09	0,04	0,21	0,12	0,02	0,02	0,44	0,23	0,00	0,00	0,04	0,01	0,83
8 Monate Lagerung		A	Mark b	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
				Schale a	0,35	0,02	1,11	0,35	1,66	0,36	0,32	0,06	4,50	0,44	1,97	0,12	0,22	0,02	2,45	0,30
5 Monate Lagerung		AB	Mark b	Adretta ab a		Afra c b		Gala ab a		Granola ab a		Lolita ab a		Marabel b a		Nicola a a		Renate ab ab		
				Schale a	0,90	0,44	1,08	0,08	0,31	0,44	0,85	0,52	2,17	0,07	0,25	0,05	0,28	0,06	1,51	0,19
8 Monate Lagerung		A	Mark b	Adretta ab a		Afra c b		Gala ab a		Granola ab a		Lolita ab a		Marabel bc ab		Nicola d b		Renate a ab		
				Schale a	3,94	0,64	3,50	0,38	1,74	0,05	4,33	0,45	1,21	0,48	3,27	0,52	0,69	0,07	4,15	0,11
5 Monate Lagerung	AB	Mark b	Adretta ab a		Afra c b		Gala ab a		Granola ab a		Lolita ab a		Marabel b a		Nicola a a		Renate ab ab			
			Schale a	0,28	0,09	0,34	0,06	0,76	0,19	1,00	0,18	0,58	0,13	0,14	0,24	1,30	0,19	2,31	0,99	
8 Monate Lagerung	A	Mark b	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a			
			Schale a	4,87	0,24	1,61	0,11	4,95	0,22	4,79	0,62	4,40	0,30	3,72	0,16	5,17	0,52	3,12	0,47	
8 Monate Lagerung	A	Mark b	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a			
			Schale a	0,82	0,06	0,99	0,33	1,00	0,15	1,04	0,19	1,06	0,13	0,72	0,17	1,57	0,54	1,56	0,06	
8 Monate Lagerung	A	Mark b	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a			
			Schale a	4,74	0,05	3,90	0,21	3,68	0,46	5,68	0,14	4,36	0,11	3,81	0,66	4,06	1,07	5,17	0,48	

Tab. A60: Die Aktivität der Superoxiddismutase [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] ($\mu\text{kat kg}^{-1}\text{ FM}$) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L^{-1}) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x			
			Adretta b b	Afra b b	Gala b b	Granola b b	Lolita b b	Marabel b b	Nicola a ab	Renate b b										
005 A	Ernte	B	< 1,055	a			519,04	202,69					353,06	246,12						
			1,056-1,065	a	454,98	163,86	421,81	284,76	424,54	23,61	126,36	22,91	166,80	117,75	187,93	107,66	1257,26	263,57	496,08	157,33
			1,066-1,075	a	291,23	102,51	276,28	156,77	405,07	155,50	217,14	179,62	210,63	137,89	122,91	23,72	843,67	238,13	456,80	146,68
			1,076-1,085	a	161,66	85,63	347,28	228,75	473,46	106,46	243,50	189,39	415,07	62,29			814,24	347,61	458,88	228,30
			1,086-1,095	a	366,99	217,10	412,28	114,95					270,15	147,85						
			> 1,095	a			435,89	116,30												
	5 Monate Lagerung	A			Adretta c a	Afra c a	Gala bc a	Granola c a	Lolita bc a	Marabel c a	Nicola a a	Renate ab a								
			< 1,055	a			888,48	172,57			636,03	87,85	1184,29	89,58						
			1,056-1,065	a	842,70	147,06	807,37	364,94	975,50	208,10	648,78	89,52	1130,46	136,08	657,04	210,04	1333,16	236,97	1140,72	108,85
			1,066-1,075	a	785,83	119,71	487,21	232,72	673,69	13,60	591,87	130,74	659,71	183,44	525,37	123,73	1065,15	171,58	1048,92	346,30
			1,076-1,085	a	557,38	101,17	614,42	180,94	679,52	150,64	666,06	80,71	1003,43	386,84	825,27	186,24	1089,87	149,67	1046,01	144,57
			1,086-1,095	a	527,24	18,74	818,91	306,69					732,22	435,30			1242,56	324,92	1033,04	173,84
	8 Monate Lagerung	A			Adretta ab a	Afra b a	Gala ab a	Granola b a	Lolita a a	Marabel ab a	Nicola ab b	Renate ab a								
			< 1,055	ab			669,52	27,10			763,22	167,02	1061,58	51,38						
			1,056-1,065	a	646,46	128,30	716,87	111,31	626,80	167,36	698,12	120,03	1157,51	190,09	859,26	26,87	1043,73	55,78	1054,61	109,32
			1,066-1,075	b	853,07	129,17	730,76	54,65	568,37	72,81	747,54	113,31	1202,03	216,00	833,23	165,73	762,58	143,36	791,50	182,45
			1,076-1,085	ab	862,08	68,99	794,61	73,54	897,95	85,34	599,64	84,93	808,76	64,20	781,07	84,75	629,25	41,67	726,80	174,20
			1,086-1,095	ab	686,11	216,27	675,25	64,67					820,39	110,05			856,57	110,75	939,76	209,09
> 1,095	ab	786,67	42,57	488,81	81,75															

Tab. A61: Die Aktivität der Superoxiddismutase [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] ($\mu\text{kat kg}^{-1}\text{FM}$) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L^{-1}) nach der Vorernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x		\bar{x}		σ_x			
			Adretta b bc	Afra b ab	Gala cd b	Granola bc b	Lolita cd b	Marabel d b	Nicola b bc	Renate a a										
2006 B	Vorernte	BC	< 1,055	a			145,66	81,88	510,05	61,90	243,44	110,34	100,27	32,07	962,11	453,87	1233,69	202,12		
			1,056-1,065	a	779,79	375,53	659,70	13,05	211,59	34,79	540,72	59,76	411,24	131,76	213,80	93,47	593,74	218,92	929,42	118,08
			1,066-1,075	a	390,75	149,97	672,32	87,67	226,01	198,35	425,95	290,28	156,21	94,28	183,03	53,62	500,23	61,13	934,46	184,78
			1,076-1,085	a	587,32	110,28	449,85	39,89												
			1,086-1,095	a																
			> 1,095	a																
	Ernte	C	< 1,055	a					776,08	242,19					476,90	105,25				
			1,056-1,065	a	638,21	126,53			411,88	117,25	239,23	112,54	844,45	241,90	402,69	120,09	343,85	176,67	529,33	190,16
			1,066-1,075	a	412,60	205,98	272,92	76,95	633,93	75,34	268,81	107,43	580,62	30,56	483,76	64,02	366,92	103,06	521,78	166,70
			1,076-1,085	a	404,24	103,48	164,56	82,09			262,87	89,71	604,87	48,08	564,24	82,78	509,68	136,40	720,21	134,84
			1,086-1,095	a	231,79	113,87	266,23	99,92												
			> 1,095	a	293,05	180,03														
	5 Monate Lagerung	A	< 1,055	a					611,23	189,21										
			1,056-1,065	a	1213,05	219,38			433,37	76,00	1023,50	92,28	635,97	321,37	550,56	10,91	1164,11	64,50	809,39	20,24
			1,066-1,075	a	1279,73	157,85	709,82	150,84	546,91	262,68	807,28	325,36	514,91	71,42	218,47	40,99	1127,47	103,03	669,46	68,88
			1,076-1,085	a	871,92	112,35	898,46	292,47	391,64	62,01	1003,63	21,36	414,38	55,73	248,01	117,37	789,42	205,62	738,88	134,34
			1,086-1,095	a	1170,93	139,71	793,20	139,24					656,41	332,65			746,57	24,75	736,51	178,85
			> 1,095	a	1104,72	99,24	501,41	164,13												
8 Monate Lagerung	B	< 1,055	ab					513,00	84,91											
		1,056-1,065	a					198,31	87,88	935,14	101,52	587,49	27,19	543,37	180,20	966,35	205,28	980,43	27,68	
		1,066-1,075	ab	528,44	195,13	548,86	131,66	618,90	145,29	925,58	117,47	593,90	180,35	361,48	183,78	487,29	182,35	601,63	11,83	
		1,076-1,085	b	535,80	90,99	240,46	155,47	368,21	44,12	837,53	60,71	457,47	51,72	194,61	106,54	710,86	285,71	402,76	151,56	
		1,086-1,095	ab	640,53	316,91	513,06	91,10			972,60	84,30	671,30	83,45	586,96	257,34	376,69	44,13	359,22	38,05	
		> 1,095	ab	856,28	27,42	371,09	46,86											596,11	240,37	

Tab. A62: Die Aktivität der Superoxiddismutase [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] ($\mu\text{kat kg}^{-1}\text{FM}$) im Schalen- und Markgewebe nach der Ernte 2005 und 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2005 A	Ernte	B	Mark	b	Adretta	ab a	Afra	ab a	Gala	bc a	Granola	bc a	Lolita	c b	Marabel	bc b	Nicola	a a	Renate	abc b
			491,46	82,34	302,73	99,57	246,98	195,66	309,08	99,54	268,90	128,81	62,82	55,02	579,97	209,01	303,85	113,56		
			Schale	a	1279,95	158,93	1690,59	123,66	1099,76	349,54	939,90	96,23	613,68	170,44	1163,17	116,33	1607,16	359,88	1154,93	435,44
			Mark	b	Adretta	abc a	Afra	bc a	Gala	c a	Granola	bc a	Lolita	ab a	Marabel	abc a	Nicola	ab a	Renate	a a
			443,90	79,10	243,13	100,13	473,52	211,87	234,39	72,74	450,11	110,47	379,01	93,07	611,83	40,16	1059,61	230,34		
			Schale	a	1897,54	633,63	1430,21	140,74	914,36	107,92	1455,19	657,49	2441,39	159,89	1457,06	221,69	1872,08	387,28	2165,52	191,37
			Mark	b	Adretta	ab a	Afra	b a	Gala	b a	Granola	ab a	Lolita	ab ab	Marabel	ab a	Nicola	a a	Renate	ab b
			478,14	72,50	452,78	75,80	387,22	69,71	448,53	73,89	648,04	146,88	721,74	33,26	675,66	85,06	818,75	162,69		
		Schale	a	1422,58	150,98	1164,84	123,27	1113,11	149,17	1491,54	75,87	1640,79	265,07	1404,10	97,58	2285,60	682,15	1412,35	197,40	
2006 B	Vorernte	A	Mark		Adretta	a bc	Afra	a a	Gala	bcd a	Granola	a ab	Lolita	cd b	Marabel	d a	Nicola	ab b	Renate	abc b
			336,74	21,50	295,06	7,89	107,22	29,63	474,36	91,41	124,24	79,39	143,33	60,20	363,83	42,60	407,99	83,93		
			Schale		1484,12	110,54	1436,52	80,95	968,14	388,51	1461,18	123,29	868,07	6,62	628,84	62,77	1202,32	117,17	1048,60	127,61
			Mark		Adretta	abc c	Afra	c ab	Gala	bc a	Granola	d c	Lolita	ab a	Marabel	abc a	Nicola	c b	Renate	a a
			172,19	68,10	114,82	74,28	501,06	112,79	113,20	33,32	411,41	209,72	136,05	47,03	159,33	47,35	591,50	17,71		
			Schale		1390,41	226,93	1092,14	118,41	906,53	442,61	467,11	127,56	1601,87	114,06	1447,25	68,12	1163,98	185,92	1593,10	8,93
			Mark		Adretta	a a	Afra	e b	Gala	c a	Granola	a a	Lolita	b a	Marabel	d a	Nicola	a a	Renate	b a
			736,06	74,59	47,77	3,61	238,56	76,38	627,89	2,66	274,51	7,56	222,76	33,54	691,36	43,46	721,55	90,22		
		Schale		1989,60	92,15	147,73	14,43	1106,09	22,57	1784,87	101,52	1488,63	149,59	743,05	148,31	1799,89	142,36	1410,34	77,80	
		Mark		Adretta	ab b	Afra	ab a	Gala	c a	Granola	bc b	Lolita	ab a	Marabel	c a	Nicola	a a	Renate	a a	
		558,58	86,89	522,07	118,18	269,45	72,57	431,88	6,92	400,91	3,87	193,77	69,32	752,06	33,20	531,49	31,33			
		Schale		1616,06	65,46	1383,56	94,52	868,04	138,56	983,58	23,05	1554,62	209,63	757,36	444,96	1642,52	137,56	1693,99	71,62	

Tab. A63: Die Aktivität der Polyphenoloxidase [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] ($\mu\text{kat kg}^{-1}\text{ FM}$) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L^{-1}) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2005 B	Ernte	A			Adretta ab a	Afra a a	Gala bc a	Granola ab a	Lolita c a	Marabel c a	Nicola ab a	Renate ab a								
			< 1,055	a			304,45	10,21			168,57	11,60								
			1,056-1,065	a	340,20	173,81	479,48	287,20	213,23	64,39	401,09	98,69	185,56	33,27	195,93	59,94	489,55	126,34	443,87	105,59
			1,066-1,075	a	337,65	62,18	432,56	163,34	311,31	90,27	399,83	94,56	174,76	41,40	134,97	20,03	373,59	70,22	320,47	47,83
			1,076-1,085	a	397,77	125,80	492,22	130,62	270,74	55,05	452,67	70,87	159,12	2,57			340,68	47,01	313,78	78,03
			1,086-1,095	a	265,19	105,09	445,53	67,90					173,43	51,71						
	> 1,095	a			446,87	48,40														
	5 Monate Lagerung	B			Adretta c b	Afra ab b	Gala c b	Granola c b	Lolita c ab	Marabel c a	Nicola a a	Renate bc b								
			< 1,055	a			144,19	42,43			117,78	45,43	169,22	25,03						
			1,056-1,065	a	275,36	51,66	375,93	158,48	154,50	32,50	226,46	80,04	245,83	52,44	131,85	22,33	443,26	36,44	445,14	40,15
			1,066-1,075	a	214,86	39,34	279,93	99,09	144,23	25,23	179,66	58,49	144,81	45,38	154,58	21,82	389,84	0,76	193,92	60,88
			1,076-1,085	a	181,54	3,29	327,85	23,38	107,53	20,11	249,71	50,82	169,31	18,97	175,62	76,29	464,13	30,47	194,18	10,76
			1,086-1,095	a	121,17	34,23	269,01	55,82			101,91	30,96					469,66	41,72	185,60	29,31
	> 1,095	a			309,53	29,85														
	8 Monate Lagerung	B			Adretta c b	Afra a b	Gala c b	Granola ab b	Lolita c b	Marabel c a	Nicola c b	Renate bc b								
			< 1,055	a			235,47	42,51			177,60	37,89	191,86	39,87						
			1,056-1,065	a	168,05	90,49	338,73	36,91	143,73	32,70	310,88	30,72	140,46	31,96	205,81	28,52	228,50	38,94	251,75	35,69
			1,066-1,075	a	193,25	114,35	386,19	62,31	127,83	69,05	257,87	73,97	162,42	81,57	166,80	11,00	179,24	51,49	179,53	19,46
1,076-1,085			a	80,66	32,21	373,05	68,93	177,20	33,44	321,11	19,08	122,83	7,33	177,98	43,46	103,22	16,93	183,62	20,55	
1,086-1,095			a	91,40	15,09	194,77	19,04					72,14	74,30			164,20	8,02	174,37	37,52	
> 1,095	a	144,28	27,44	181,00	5,36															

Tab. A64: Die Aktivität der Polyphenoloxidase [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] ($\mu\text{kat kg}^{-1}\text{ FM}$) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L^{-1}) nach der Vorernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2006 B	Vorernte	C	Adretta a c		Afra a b		Gala a b		Granola a b		Lolita a c		Marabel a b		Nicola a b		Renate a b			
			< 1,055	a			170,66	64,77	97,42	30,76			135,23	19,19	106,72	69,14	192,73	31,50		
			1,056-1,065	a	206,06	11,69	303,94	33,40	175,24	29,89	297,73	288,31	104,95	23,03	186,13	20,68	92,52	82,23	189,49	80,41
			1,066-1,075	a	146,51	19,66	98,51	85,33	159,95	46,08	105,03	92,21	199,54	49,73	119,47	20,62	72,51	26,84	171,06	42,77
			1,076-1,085	a	86,00	85,65	200,51	84,61					128,36	46,52						
			1,086-1,095	a																
	> 1,095	a																		
	Ernte	B	Adretta bc c		Afra a ab		Gala b b		Granola ab ab		Lolita bc bc		Marabel c b		Nicola c b		Renate ab b			
			< 1,055	a			219,68	82,59			159,70	14,65								
			1,056-1,065	a	209,00	37,05			242,89	10,19	235,06	31,04	202,27	116,81	184,89	26,79	203,54	57,62	308,25	47,36
			1,066-1,075	a	216,02	51,73	442,96	20,61	185,94	30,34	293,73	57,51	163,06	28,33	129,61	6,84	115,17	41,35	244,02	54,10
			1,076-1,085	a	228,44	61,39	238,66	33,70			299,76	67,64	224,27	19,03	206,15	64,49	127,79	38,95	251,83	27,06
			1,086-1,095	a	190,94	46,29	277,67	46,05												
	> 1,095	a	258,64	68,91																
	5 Monate Lagerung	A	Adretta bc b		Afra bc a		Gala c b		Granola ab a		Lolita bc a		Marabel d ab		Nicola bcd a		Renate a a			
			< 1,055	a			168,81	27,30												
			1,056-1,065	a	466,23	123,15			244,24	19,67	466,38	103,59	352,42	93,23	250,82	9,54	358,39	23,12	594,81	133,22
			1,066-1,075	a	339,16	104,57	423,12	181,79	295,46	34,37	395,95	169,96	321,01	31,50	166,66	51,64	240,56	17,25	482,48	24,45
			1,076-1,085	a	321,33	56,50	382,31	126,92	262,18	39,42	357,86	65,92	312,99	65,89	184,54	58,14	288,67	61,12	485,80	89,81
			1,086-1,095	a	295,43	72,51	300,26	100,24					337,62	122,93			308,79	77,66	510,32	74,36
> 1,095	a	343,92	35,42	287,68	63,23															
8 Monate Lagerung	A	Adretta ab a		Afra ab a		Gala bc a		Granola bc a		Lolita c ab		Marabel c a		Nicola c a		Renate a a				
		< 1,055	a			404,47	68,49													
		1,056-1,065	a			438,44	69,93	403,28	85,22	285,51	99,10	363,19	110,62	275,78	90,78	683,83	98,39			
		1,066-1,075	a	500,85	104,46	378,47	97,36	474,30	193,54	324,33	39,28	317,92	35,14	275,60	18,65	238,27	116,50	582,75	290,25	
		1,076-1,085	a	431,18	118,67	430,85	190,89	170,65	56,94	347,81	73,47	261,97	45,87	232,60	40,15	299,67	30,41	714,69	277,19	
		1,086-1,095	a	458,45	59,70	527,57	217,40			414,52	33,80	225,59	88,69	281,30	25,74	151,84	5,55	578,03	91,58	
> 1,095	a	459,59	181,37	516,65	134,12											475,55	81,55			

Tab. A65: Die Aktivität der Polyphenoloxidase [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] ($\mu\text{kat kg}^{-1}$ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L^{-1}) nach der Vorernte und Ernte 2007

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	
2007 A	Vorernte	A	Adretta b a	Afra b a	Gala d a	Granola b a	Lolita d a	Marabel d a	Nicola bc a	Renate a a									
			< 1,055 ab			561,39	27,74	1012,81	167,32	687,86	112,21	466,16	108,84	616,84	64,54	1621,44	203,57		
			1,056-1,065 a	882,86	239,19	1195,30	135,32	566,12	193,72	863,56	129,84	362,74	78,31	425,99	68,97	749,27	259,87	1539,12	261,18
			1,066-1,075 ab	833,91	217,07	1024,57	289,23	544,88	34,99	965,92	245,72	250,59	48,88	368,37	26,64	769,26	30,64	1588,86	221,71
			1,076-1,085 b	915,36	32,82	717,50	64,71					274,76	68,05			849,48	113,46	1184,96	262,20
			1,086-1,095 ab	877,41	272,82	698,78	175,24												
		> 1,095																	
	Ernte	A	Adretta b a	Afra b a	Gala c a	Granola ab a	Lolita c a	Marabel c a	Nicola b a	Renate a a									
			< 1,055 ab			503,75	175,18			394,61	94,18								
			1,056-1,065 a	692,70	90,98	1016,10	245,41	460,13	98,04	1016,62	195,94	452,04	51,09	337,07	150,80	1270,41	301,80	1936,96	695,60
			1,066-1,075 ab	579,91	111,30	1052,51	74,57	475,84	13,94	1267,19	561,90	386,41	132,60	335,71	53,43	919,45	67,67	1245,63	165,96
			1,076-1,085 b	865,97	75,55	888,44	229,47	378,99	49,36	889,78	61,49	211,88	181,08	327,30	86,75	705,52	138,18	1132,37	215,63
1,086-1,095 ab			951,29	64,71	1018,79	232,69					222,87	52,10			881,97	122,45			
	> 1,095 ab	771,80	125,95	607,80	123,91														

Tab. A66: Die Aktivität der Polyphenoloxidase [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] ($\mu\text{kat kg}^{-1}$ FM) im Schalen- und Markgewebe nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	
2005 B	Ernte	A	Adretta ab a	Afra a a	Gala b a	Granola ab a	Lolita b a	Marabel b a	Nicola ab a	Renate b a									
			Mark b	119,30	61,57	285,34	90,95	142,78	26,11	150,61	54,54	83,20	11,33	83,68	73,78	294,64	46,91	141,33	68,29
	Schale a	962,98	425,27	1534,56	158,08	767,99	277,03	1114,84	167,43	700,59	239,18	811,24	130,55	833,90	180,38	771,00	327,28		
	5 Monate Lagerung	B	Adretta ab a	Afra ab b	Gala b a	Granola ab a	Lolita b a	Marabel b a	Nicola b b	Renate a a									
			Mark b	153,29	40,29	131,14	25,59	75,39	20,43	111,92	9,87	65,49	5,21	88,92	1,05	117,64	47,00	460,11	92,88
	Schale a	842,43	156,87	677,58	116,62	514,85	35,10	829,56	256,76	575,53	100,39	385,17	30,58	374,03	127,14	745,92	108,03		
8 Monate Lagerung	B	Adretta a a	Afra a b	Gala a a	Granola a a	Lolita a a	Marabel a a	Nicola a b	Renate a a										
		Mark b	37,60	15,65	173,40	32,59	70,04	6,25	118,41	55,14	117,40	87,87	71,09	22,33	104,32	40,12	175,93	34,96	
Schale a	767,00	189,63	632,36	41,10	512,12	81,42	976,78	44,23	673,24	122,14	493,35	106,78	478,79	87,70	556,38	71,57			

Tab. A67: Die Aktivität der Polyphenoloxidase [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] ($\mu\text{kat kg}^{-1}\text{ FM}$) im Schalen- und Markgewebe nach der Vorernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	
2006	Vorernte	B	Mark b	77,73	6,54	125,28	17,16	101,69	22,15	88,29	20,64	101,09	20,00	111,55	12,58	38,73	60,63	103,79	92,14
			Schale a	368,88	58,95	531,83	52,59	533,03	90,46	283,51	246,15	393,41	90,78	363,00	49,21	390,69	117,01	291,37	42,24
	Ernte	B	Mark b	118,69	35,83	194,84	21,19	143,54	30,60	120,40	38,99	81,18	12,78	78,50	21,98	164,54	82,88	153,90	82,82
			Schale a	667,48	136,96	973,58	111,97	521,48	171,57	909,83	78,19	577,74	134,51	488,36	37,17	440,80	45,64	515,11	86,09
	5 Monate Lagerung	A	Mark b	164,89	39,38	206,64	15,35	145,08	15,95	227,73	68,82	82,60	12,18	158,00	64,30	153,18	29,46	361,79	103,68
			Schale a	1498,96	308,89	758,37	151,19	787,99	21,02	1427,31	233,27	932,92	119,46	614,59	145,58	950,23	176,33	1886,96	798,20
	8 Monate Lagerung	A	Mark b	154,56	17,75	272,18	52,34	218,05	49,88	305,89	72,35	196,31	45,09	180,48	29,25	220,72	52,20	252,55	51,86
			Schale a	1870,79	496,71	1040,61	180,31	1248,07	241,08	2517,99	972,76	1181,20	161,43	789,70	240,23	723,41	192,31	1422,86	637,02

Tab. A68: Die Aktivität der Polyphenoloxidase [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] ($\mu\text{kat kg}^{-1}\text{ FM}$) im Schalen- und Markgewebe nach der Vorernte und Ernte 2007 der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	
2007	Vorernte	A	Mark b	473,06	195,85	370,09	66,13	198,63	40,29	564,47	148,26	244,09	52,86	244,91	52,45	527,67	125,77	868,10	241,95
			Schale a	2832,75	559,28	3023,36	309,26	1069,95	226,75	2991,27	600,15	1251,71	275,93	1209,15	68,15	1610,39	113,39	2746,45	898,76
	Ernte	A	Mark b	588,13	98,09	609,62	68,32	157,58	40,26	657,67	129,13	209,48	57,00	84,08	146,33	369,60	43,57	841,41	180,02
			Schale a	2011,60	125,45	2465,39	934,20	1245,21	91,54	3400,76	617,99	1238,02	485,56	974,90	70,78	1623,81	331,48	2617,34	467,72

Tab. A69: Proteinkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] ($\mu\text{kat kg}^{-1}$ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L^{-1}) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x				
			Adretta b b		Afra a a		Gala ab a		Granola d a		Lolita bc b		Marabel bc ab		Nicola bc a		Renate cd a			
		< 1,055	a				0,95	0,07					0,89	0,04						
	Ernte	A	1,056 - 1,065	b	0,60	0,03	0,94	0,25	0,72	0,06	0,30	0,06	0,72	0,09	0,71	0,22	0,78	0,10	0,57	0,04
			1,066 - 1,075	b	0,79	0,09	0,81	0,13	0,83	0,04	0,46	0,04	0,75	0,15	0,56	0,05	0,55	0,08	0,49	0,10
			1,076 - 1,085	b	0,67	0,06	0,98	0,24	0,80	0,08	0,32	0,10	0,60	0,05			0,57	0,15	0,46	0,04
			1,086 - 1,095	b	0,63	0,11	0,76	0,03					0,51	0,04						
			> 1,095	b			0,83	0,05												
			Adretta abc a		Afra ab a		Gala bcd ab		Granola e a		Lolita a a		Marabel abc a		Nicola cd a		Renate de a			
		< 1,055	ab				0,74	0,16					0,96	0,02	0,66	0,06				
2005 B	5 Monate Lagerung	A	1,056 - 1,065	a	0,83	0,01	0,76	0,26	0,84	0,10	0,46	0,05	1,10	0,07	0,80	0,09	0,71	0,05	0,68	0,06
			1,066 - 1,075	b	0,79	0,15	0,70	0,12	0,59	0,10	0,46	0,06	0,81	0,10	0,75	0,10	0,60	0,03	0,53	0,08
			1,076 - 1,085	ab	0,72	0,02	0,91	0,23	0,70	0,06	0,46	0,07	0,74	0,10	0,77	0,04	0,63	0,06	0,50	0,05
			1,086 - 1,095	ab	0,66	0,06	0,90	0,10					0,79	0,22			0,66	0,17	0,50	0,10
			> 1,095	ab			0,91	0,08												
			Adretta a b		Afra a b		Gala a b		Granola c b		Lolita a b		Marabel a b		Nicola b b		Renate bc b			
		< 1,055	a				0,58	0,05					0,60	0,19	0,47	0,16				
	8 Monate Lagerung	B	1,056 - 1,065	a	0,58	0,04	0,61	0,04	0,62	0,14	0,14	0,07	0,85	0,08	0,71	0,05	0,56	0,18	0,31	0,18
			1,066 - 1,075	a	0,76	0,01	0,81	0,13	0,54	0,14	0,23	0,25	0,86	0,32	0,62	0,07	0,29	0,08	0,22	0,10
			1,076 - 1,085	a	0,58	0,14	0,86	0,06	0,83	0,28	0,11	0,03	0,56	0,06	0,59	0,12	0,35	0,07	0,20	0,06
			1,086 - 1,095	a	0,55	0,12	0,53	0,01					0,40	0,14			0,26	0,03	0,42	0,13
			> 1,095	a	0,69	0,12	0,51	0,08												

Tab. A70: Proteinkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2006 A	Vorernte	B	Adretta	a a	Afra	ab b	Gala	ab b	Granola	c b	Lolita	b c	Marabel	abc a	Nicola	c c	Renate	b b		
			< 1,055	a			0,69	0,05	0,38	0,06	0,57	0,03	0,79	0,07	0,54	0,19	0,67	0,18		
			1,056 - 1,065	a	0,90	0,16	0,64	0,14	0,78	0,09	0,35	0,06	0,67	0,08	0,75	0,09	0,31	0,07	0,62	0,12
			1,066 - 1,075	a	0,65	0,16	0,69	0,11	0,80	0,12	0,37	0,07	0,53	0,02	0,56	0,02	0,33	0,05	0,57	0,05
			1,076 - 1,085	a	0,75	0,08	0,53	0,03												
			1,086 - 1,095	a																
					> 1,095	a														
	Ernte	B	Adretta	a a	Afra	cd b	Gala	a ab	Granola	d ab	Lolita	bc bc	Marabel	ab a	Nicola	cd b	Renate	cd ab		
			< 1,055	a			0,99	0,07					0,91	0,10						
			1,056 - 1,065	a	1,00	0,17			0,83	0,02	0,45	0,05	0,76	0,12	0,92	0,04	0,58	0,14	0,77	0,14
			1,066 - 1,075	a	0,80	0,16	0,64	0,25	0,90	0,04	0,37	0,05	0,66	0,10	0,81	0,05	0,53	0,03	0,56	0,05
			1,076 - 1,085	a	1,04	0,09	0,62	0,08			0,41	0,05	0,65	0,04	0,83	0,08	0,46	0,11	0,59	0,07
			1,086 - 1,095	a	0,94	0,11	0,59	0,06												
					> 1,095	a	0,88	0,11												
	5 Monate Lagerung	A	Adretta	ab a	Afra	a a	Gala	a a	Granola	c a	Lolita	ab a	Marabel	ab a	Nicola	b a	Renate	ab a		
			< 1,055	a			0,85	0,05												
			1,056 - 1,065	a	0,74	0,08			0,92	0,03	0,52	0,09	0,97	0,17	0,82	0,04	0,73	0,08	0,89	0,06
			1,066 - 1,075	a	0,95	0,22	1,13	0,29	1,07	0,14	0,41	0,14	0,86	0,06	0,70	0,03	0,74	0,07	0,69	0,04
			1,076 - 1,085	a	0,86	0,07	0,91	0,17	0,98	0,08	0,44	0,03	0,76	0,10	1,01	0,12	0,76	0,06	0,76	0,14
			1,086 - 1,095	a	0,94	0,08	0,91	0,16					0,80	0,17			0,64	0,04	0,79	0,11
				> 1,095	a	0,99	0,18	0,77	0,07											
8 Monate Lagerung	B	Adretta	a a	Afra	a ab	Gala	a b	Granola	c b	Lolita	ab ab	Marabel	a a	Nicola	bc b	Renate	ab ab			
		< 1,055	a			0,95	0,16													
		1,056 - 1,065	a			0,68	0,09	0,40	0,01	0,95	0,09	0,82	0,27	0,71	0,11	0,71	0,09			
		1,066 - 1,075	a	0,58	0,05	0,73	0,23	0,87	0,14	0,33	0,03	0,71	0,19	0,88	0,08	0,51	0,11	0,65	0,09	
		1,076 - 1,085	a	0,67	0,23	0,71	0,16	0,80	0,11	0,38	0,01	0,62	0,07	0,68	0,07	0,54	0,04	0,75	0,12	
		1,086 - 1,095	a	1,00	0,16	0,99	0,15			0,34	0,04			0,85	0,12	0,47	0,02	0,69	0,07	
				> 1,095	a	0,90	0,11	0,78	0,16							0,83	0,17			

Tab. A71: Proteinkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) im Schalen- und Markgewebe nach der Ernte 2005 und 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x			
2005	Ernte	A	Mark	a	Adretta abc a		Afra a a		Gala ab a		Granola d a		Lolita abc ab		Marabel bc a		Nicola bcd ab		Renate cd a		
					0,92	0,09	1,10	0,05	0,83	0,19	0,48	0,12	0,72	0,18	0,59	0,07	0,63	0,11	0,57	0,06	
				Schale	a	Adretta abc a		Afra a a		Gala ab a		Granola d a		Lolita abc ab		Marabel bc a		Nicola bcd ab		Renate cd a	
						0,78	0,15	1,03	0,13	0,94	0,28	0,31	0,05	0,95	0,23	0,77	0,08	0,62	0,18	0,62	0,11
	5 Monate Lagerung	A	Mark	a	Adretta ab a		Afra c b		Gala bc ab		Granola d a		Lolita a a		Marabel cd a		Nicola bcd a		Renate bcd a		
					0,86	0,07	0,63	0,27	0,70	0,17	0,48	0,02	0,87	0,04	0,67	0,10	0,63	0,06	0,85	0,04	
				Schale	a	Adretta ab a		Afra c b		Gala bc ab		Granola d a		Lolita a a		Marabel cd a		Nicola bcd a		Renate bcd a	
						0,92	0,22	0,51	0,14	0,85	0,08	0,47	0,10	1,21	0,08	0,63	0,05	0,77	0,12	0,74	0,11
	8 Monate Lagerung	B	Mark	a	Adretta a a		Afra a b		Gala ab b		Granola c b		Lolita a b		Marabel ab a		Nicola abc b		Renate abc b		
					0,63	0,19	0,77	0,13	0,53	0,18	0,20	0,09	0,64	0,24	0,61	0,08	0,45	0,09	0,39	0,23	
				Schale	a	Adretta a a		Afra a b		Gala ab b		Granola c b		Lolita a b		Marabel ab a		Nicola abc b		Renate abc b	
						0,70	0,08	0,47	0,02	0,61	0,08	0,24	0,05	0,80	0,27	0,57	0,07	0,51	0,07	0,33	0,15
2006	Vorernte	B	Mark	a	Adretta bcd c		Afra cde b		Gala a a		Granola e a		Lolita ab a		Marabel bcd b		Nicola cde a		Renate de b		
					0,56	0,03	0,55	0,03	0,82	0,04	0,38	0,03	0,68	0,15	0,67	0,03	0,56	0,02	0,49	0,04	
				Schale	a	Adretta bcd c		Afra cde b		Gala a a		Granola e a		Lolita ab a		Marabel bcd b		Nicola cde a		Renate de b	
						0,85	0,01	0,55	0,08	1,05	0,28	0,46	0,01	0,96	0,06	0,67	0,02	0,65	0,23	0,48	0,12
	Ernte	A	Mark	a	Adretta a bc		Afra a a		Gala a a		Granola b a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola ab a		Renate a a		
					0,83	0,17	0,74	0,05	0,84	0,27	0,48	0,02	0,88	0,17	0,78	0,09	0,79	0,16	0,74	0,08	
				Schale	a	Adretta a bc		Afra a a		Gala a a		Granola b a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola ab a		Renate a a	
						0,91	0,04	0,88	0,08	0,83	0,29	0,52	0,05	0,91	0,02	0,94	0,06	0,55	0,03	0,87	0,09
	5 Monate Lagerung	A	Mark	a	Adretta a a		Afra c a		Gala ab a		Granola d a		Lolita abc a		Marabel abc a		Nicola cd a		Renate bc a		
					1,09	0,17	0,99	0,16	1,05	0,08	0,53	0,08	0,78	0,17	1,00	0,09	0,74	0,12	0,81	0,16	
				Schale	a	Adretta a a		Afra c a		Gala ab a		Granola d a		Lolita abc a		Marabel abc a		Nicola cd a		Renate bc a	
						1,26	0,25	0,72	0,11	1,17	0,10	0,51	0,09	1,10	0,03	0,86	0,03	0,70	0,10	0,92	0,12
8 Monate Lagerung	A	Mark	a	Adretta a ab		Afra c ab		Gala ab a		Granola d a		Lolita abc a		Marabel bc ab		Nicola cd a		Renate abc a			
				0,95	0,11	0,82	0,13	0,92	0,07	0,36	0,05	0,78	0,09	0,93	0,17	0,72	0,12	0,63	0,06		
			Schale	a	Adretta a ab		Afra c ab		Gala ab a		Granola d a		Lolita abc a		Marabel bc ab		Nicola cd a		Renate abc a		
					1,16	0,12	0,67	0,05	1,03	0,13	0,59	0,15	1,05	0,15	0,68	0,05	0,68	0,18	1,03	0,11	

Tab. A72: Polyphenolkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mmol kg⁻¹ TM) im Schalen- und Markgewebe nach der Ernte 2005 und 2006 und teilweise nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x
			Adretta a a		Afra c b		Gala bc a		Granola ab b		Lolita b a		Marabel ab a		Nicola a a		Renate ab a	
	Ernte	Mark b	1,83	0,01	1,13	0,01	1,53	0,01	1,60	0,02	1,50	0,01	1,67	0,02	1,90	0,01	1,67	0,01
		Schale a	5,27	0,08	3,07	0,02	4,00	0,04	4,83	0,06	4,03	0,06	4,20	0,05	5,30	0,03	4,87	0,08
			Adretta ab a		Afra b a		Gala ab a		Granola a ab		Lolita ab a		Marabel ab a		Nicola a a		Renate a a	
2005 A	5 Monate Lagerung	Mark b	1,60	0,02	1,30	0,02	1,80	0,03	1,90	0,01	2,20	0,01	1,80	0,03	5,30	0,05	2,60	0,05
		Schale a	4,70	0,08	3,90	0,04	4,10	0,10	5,60	0,04	3,90	0,06	3,90	0,05	2,00	0,01	5,00	0,10
			Adretta bc a		Afra d ab		Gala cd a		Granola a a		Lolita cd a		Marabel cd a		Nicola ab a		Renate bc a	
	8 Monate Lagerung	Mark b	1,53	0,01	1,27	0,03	2,17	0,01	1,63	0,02	1,33	0,02	2,43	0,08	2,37	0,04	2,10	0,02
		Schale a	5,20	0,07	3,47	0,02	3,53	0,01	6,97	0,05	4,20	0,08	3,40	0,07	5,50	0,05	4,33	0,04
			Adretta bc		Afra d		Gala cd		Granola a		Lolita b		Marabel d		Nicola b		Renate b	
2006 A	Ernte	Mark b	1,10	0,01	0,77	0,01	1,43	0,01	1,60	0,00	1,70	0,02	0,83	0,01	1,60	0,01	1,67	0,01
		Schale a	5,60	0,01	4,40	0,03	3,97	0,05	8,40	0,10	6,07	0,06	4,13	0,02	6,37	0,01	5,33	0,05

Tab. A73: Konzentration an L-Ascorbinsäure [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2005 B	Ernte	A	Adretta d a		Afra ab a		Gala cd a		Granola ab a		Lolita e c		Marabel bc a		Nicola bc a		Renate a a			
			< 1,055	ab			91,50	1,36					94,74	2,07						
			1,056-1,065	c	68,81	2,24	87,20	3,71	79,33	1,25	78,71	1,15	54,31	1,21	86,32	1,10	89,93	1,88	95,90	1,09
			1,066-1,075	b	74,27	0,49	104,73	7,09	81,63	1,43	95,04	11,60	53,58	2,23	88,18	6,83	86,36	2,69	105,67	1,35
			1,076-1,085	b	83,39	2,98	103,64	1,11	73,50	1,55	108,32	2,03	61,47	2,09			88,44	1,00	102,19	1,15
			1,086-1,095	b	86,95	6,28	96,24	14,69					62,17	2,12						
	> 1,095	a			120,49	6,26														
	5 Monate Lagerung	B	Adretta c b		Afra a c		Gala d c		Granola a b		Lolita a b		Marabel dc c		Nicola ab b		Renate bc c			
			< 1,055	c			49,18	2,65					57,59	1,62	63,48	1,53				
			1,056-1,065	c	56,82	2,67	70,53	2,66	51,64	2,56	63,64	2,91	73,74	1,12	60,00	2,99	67,29	0,95	64,57	3,88
			1,066-1,075	c	59,08	2,54	71,09	1,93	55,37	1,68	71,19	2,11	71,73	2,47	55,71	1,07	67,74	2,36	64,32	1,10
			1,076-1,085	b	61,14	1,76	73,64	1,21	61,83	2,01	76,18	2,22	76,83	2,10	55,36	1,91	76,42	0,69	71,34	2,36
			1,086-1,095	ab	73,06	1,14	81,93	1,51					76,69	0,93			74,88	1,20		
	> 1,095	a			85,20	1,48														
	8 Monate Lagerung	C	Adretta d b		Afra ab b		Gala cd b		Granola bc b		Lolita a a		Marabel c b		Nicola c b		Renate ab b			
			< 1,055	cd			63,39	2,93					68,15	0,85	69,83	1,58				
			1,056-1,065	d	43,80	2,63	73,50	2,93	66,19	2,40	64,19	1,89	79,68	3,30	70,97	1,67	64,88	0,93	78,25	1,59
			1,066-1,075	c	63,46	1,48	69,72	2,61	65,34	1,42	72,87	3,07	84,99	1,89	73,49	7,81	69,77	0,83	80,76	0,72
1,076-1,085			bc	73,49	1,47	82,48	0,69	67,16	1,19	80,51	1,67	83,96	4,67	67,27	2,03	72,81	1,53	85,28	2,58	
1,086-1,095			b	76,18	3,14	85,46	1,82					85,91	1,28			75,93	1,75	79,78	2,20	
> 1,095	a	76,35	0,38	96,57	0,38															

Tab. A74: Konzentration an L-Ascorbinsäure [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	Adretta		Afra		Gala		Granola		Lolita		Marabel		Nicola		Renate			
			\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2006 A	Vorernte	B	Adretta d bc		Afra c b		Gala b b		Granola cd a		Lolita cd b		Marabel a b		Nicola b b		Renate cd b			
			< 1,055	b			109,03	0,70	90,48	1,06	99,20	1,33	117,48	1,26	100,98	0,40	91,31	0,57		
			1,056-1,065	b	77,13	1,21	92,63	2,03	111,69	1,93	90,32	1,61	92,49	1,47	127,84	1,47	106,41	1,07	95,38	1,62
			1,066-1,075	a	92,43	2,70	103,73	1,73	116,20	1,80	97,03	0,65	83,58	0,76	131,68	1,84	125,48	1,41	98,14	1,03
			1,076-1,085	a	93,74	1,37	99,26	2,00												
			1,086-1,095																	
	Ernte	A	Adretta d a		Afra d a		Gala abc a		Granola d a		Lolita bc a		Marabel a a		Nicola ab a		Renate c a			
			< 1,055	cd			133,64	2,13			137,26	1,04								
			1,056-1,065	d	106,56	2,46			124,44	25,66	89,21	2,97	126,16	1,17	140,83	1,11	129,51	3,76	106,09	2,53
			1,066-1,075	bc	108,68	3,05	107,23	2,64	139,63	1,78	99,18	4,63	128,04	2,56	140,91	1,53	160,71	2,70	133,67	5,30
			1,076-1,085	abc	110,01	0,63	111,90	2,94	154,17	1,11	105,56	1,06	132,89	1,81	155,97	0,18	139,36	24,46	129,41	1,82
			1,086-1,095	a	113,12	1,65	120,72	0,54											152,42	27,07
	5 Monate Lagerung	C	Adretta bc c		Afra bcd c		Gala b c		Granola bc b		Lolita cd c		Marabel d c		Nicola a c		Renate bcd c			
			< 1,055	bc			84,97	3,37												
			1,056-1,065	c	60,17	3,04			80,32	1,77	85,54	2,74	79,47	0,73	74,32	4,10	94,08	2,47	73,45	3,29
			1,066-1,075	b	94,09	1,45	70,48	2,91	89,33	1,38	86,38	1,31	75,53	0,75	71,93	1,70	97,68	1,06	78,75	2,33
			1,076-1,085	b	90,48	1,75	84,05	2,67	89,10	1,25	85,70	2,07	83,91	1,28	71,25	1,99	99,87	6,18	85,91	1,10
			1,086-1,095	ab	97,64	1,28	95,16	1,87					82,16	1,47			103,46	1,61	84,40	0,98
	8 Monate Lagerung	C	Adretta ab c		Afra a c		Gala bc b		Granola d b		Lolita cd b		Marabel e c		Nicola d d		Renate d c			
			< 1,055	c			83,26	0,43												
1,056-1,065			bc			86,81	0,40	81,10	1,14	86,57	4,63	70,46	2,19	83,67	2,54	80,37	0,28			
1,066-1,075			b	93,02	2,88	100,94	1,64	92,59	3,10	81,49	1,01	84,80	1,42	78,02	1,85	82,84	2,45	78,72	2,53	
1,076-1,085			bc	90,16	1,87	99,82	2,33			79,42	1,28	83,47	3,95	77,39	3,42	83,19	0,98	81,99	0,36	
1,086-1,095			a	104,49	2,30	98,19	0,55							79,38	3,16			83,81	2,11	
> 1,095	a	105,38	2,98	104,12	3,48															

Tab. A75: Konzentration an L-Ascorbinsäure [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2007 A	Vorernte	B	Adretta d a		Afra d a		Gala b a		Granola e b		Lolita cd a		Marabel a a		Nicola bc b		Renate cd b			
			< 1,055 c				124,58	3,60	84,51	3,16	99,16	10,07	128,79	3,56	114,35	0,62	109,81	0,93		
			1,06-1,065 b	120,63	1,51	110,37	2,11	131,77	1,99	88,92	0,96	118,14	18,04	141,93	2,71	120,62	5,94	113,13	3,71	
			1,066-1,075 ab	114,22	5,55	119,68	8,78	126,60	0,93	99,53	1,97	114,33	2,99	153,70	13,46	132,41	6,08	131,41	1,55	
			1,076-1,085 a	122,45	1,03	124,76	4,60					134,04	1,10			131,70	5,30	129,49	2,04	
			1,086-1,095 ab	122,62	1,81	120,86	2,39													
			> 1,095																	
			Ernte	A	Adretta c a		Afra c a		Gala b a		Granola bc a		Lolita c a		Marabel b b		Nicola a a		Renate a a	
					< 1,055 b				123,42	17,76			100,25	10,50	132,82	13,73				
					1,056-1,065 c	101,44	2,47	104,15	2,63	115,83	2,46	110,16	4,83	106,27	2,77	112,33	8,25	135,33	4,00	133,34
	1,066-1,075 b	107,95			1,11	111,96	2,44	125,09	12,08	117,78	12,66	111,90	4,38	135,55	0,79	145,19	5,64	144,03	15,60	
	1,076-1,085 ab	120,09			1,48	121,65	2,34	132,99	3,80	130,45	3,26	122,19	13,98	125,14	2,11	137,99	1,87	159,93	6,19	
	1,086-1,095 a	123,89			6,48	120,27	8,89									167,77	3,59			
	> 1,095 a	132,03	3,83																	
	5 Monate Lagerung	C	Adretta a b		Afra ab b		Gala bc b		Granola bc c		Lolita c b		Marabel d c		Nicola c c		Renate cd c			
			< 1,055 abc				88,87	2,27												
			1,056-1,065 c				85,48	2,24	82,86	3,07	79,95	4,50	76,89	5,32	79,58	2,08	75,38	3,52		
			1,066-1,075 bc	98,74	2,60	86,14	2,03	81,83	4,28	90,02	1,83	81,92	2,60	76,45	1,39	86,72	4,74	93,73	1,14	
			1,076-1,085 ab	94,10	3,57	95,47	2,58	94,96	2,41	97,17	3,56	87,19	2,29	81,24	2,93	89,73	4,26	85,64	1,21	
			1,086-1,095 ab	105,26	1,18	103,50	5,95			85,98	4,23	86,28	0,93			84,07	2,93	89,44	3,00	
> 1,095 a			100,37	1,33	103,82	3,73														
8 Monate Lagerung			D	Adretta bc c		Afra bc c		Gala ab b		Granola cd d		Lolita a c		Marabel bcd c		Nicola d d		Renate cd d		
				< 1,055 c				70,06	5,13	61,38	2,93									
				1,056-1,065 b	75,41	3,83	81,14	7,08	80,54	3,70	75,08	10,09	88,39	2,96	75,71	4,21	68,38	4,32	76,08	5,70
	1,066-1,075 ab	75,46		6,90	81,93	6,24	94,02	3,81	73,84	9,54	90,25	9,70	81,83	1,76	70,23	3,83	79,38	6,82		
	1,076-1,085 ab	85,31		7,18	84,09	2,92	85,67	11,53	83,46	4,73	90,77	6,59	73,30	2,50	73,82	4,65	77,53	8,43		
	1,086-1,095 a	90,05		2,84	93,30	3,63			71,95	2,35	107,08	8,77			73,09	2,30	72,38	2,01		
> 1,095 ab	85,12	4,46	83,87	0,42																

Tab. A76: Konzentration an L-Ascorbinsäure [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mg kg⁻¹ FM) nach teilweiser Vorernte und Ernte in 2005, 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung von Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden aber teilweise bei 4°C und 8°C gelagert worden sind

Jahr	Stadium	°C	Adretta		Afra		Gala		Granola		Lolita		Marabel		Nicola		Renate			
			\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2005 B	Ernte	A	4	74,47 g a	0,96	73,93 h a	8,99	78,79 f a	1,70	96,35 b a	5,12	80,02 e a	2,88	85,3 d a	4,75	100,52 a a	1,76	90,36 c a	0,73	
	5 Monate Lagerung	B	4	58,94 f b	1,02	81,86 a a	2,49	55,41 h c	2,67	75,35 b c	0,37	73,74 c a	0,72	57,24 g c	2,41	70,83 d c	1,81	63,25 e c	1,00	
	8 Monate Lagerung	B	4	41,28 g c	2,97	80,76 a a	2,88	66,29 e b	3,11	80,15 a b	1,40	79,187 b a	6,38	62,28 f b	1,31	73,07 c b	1,30	71,11 d b	1,94	
2006 A	Vorernte	B	4	88,17 h d	3,12	92,21 f b	1,22	103,83 b b	4,31	99,33 d a	1,97	89,42 g b	2,54	124,27 a b	3,26	102,04 c b	2,84	97,08 e b	3,40	
	Ernte	A	4	117,71 ab a	2,23	108,32 ab a	1,76	145,81 ab a	8,93	97,66 b b	1,63	125,46 ab a	2,00	153,62 ab a	1,24	164,21 a a	1,95	141,72 ab a	1,53	
	5 Monate Lagerung	C	4	95,15 a c	4,58	78,19 f d	1,98	94,78 b c	2,36	89,06 c c	2,54	83,50 e d	3,20	75,48 g d	2,01	87,81 d c	4,36	78,02 f d	1,53	
	8 Monate Lagerung	C	4	96,80 a b	1,50	91,03 b c	3,55	86,35 c d	2,02	76,50 g d	0,87	84,68 d c	0,77	82,65 e c	1,34	82,22 c d	1,50	80,53 f c	1,35	
2007 A	Vorernte	A	4	121,34 f a	1,54	118,03 g b	1,08	135,41 b b	3,47	105,19 h b	6,30	133,58 c a	4,63	138,16 a b	1,14	131,04 d b	5,54	123,78 e b	8,86	
	Ernte	A	4	104,28 g ab	0,78	133,85 d a	1,35	143,79 c a	3,71	122,43 e a	9,07	101,04 f b	11,37	151,89 b a	7,67	158,04 a a	9,99	151,17 b a	3,00	
	5 Monate Lagerung	B	4	b	99,72 b ab	2,61	102,08 a c	7,46	84,22 e c	2,64	86,83 d c	3,69	81,52 f d	2,62	78,40 g d	5,06	90,99 c c	2,25	77,26 h c	1,51
			8	a	99,82 a	3,44					99,85 a	1,28					101,48 a	2,19	99,71 a	2,40
	8 Monate Lagerung	B	4	b	89,21 a b	8,10	79,57 a d	5,61	68,82 a d	12,08	77,13 a d	4,01	89,48 a c	4,49	87,92 a c	1,69	66,85 a d	2,35	76,39 a d	7,95
			8	a	79,17 a	3,18	91,09 a	14,62	88,41 a	7,98			106,22 a	11,31						

Tab. A77: Chlorogensäurekonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x
			Adretta ab a		Afra cde a		Gala e a		Granola abc a		Lolita abcd a		Marabel de a		Nicola a a		Renate bcde a	
		< 1,055 a					2,61	0,11					3,64	0,42				
		1,056 - 1,065 a	5,93	0,35	4,02	0,28	2,67	0,35	5,99	0,39			3,27	0,18	5,61	0,14	4,06	0,26
	Ernte	1,066 - 1,075 a	4,60	0,57	3,70	0,23	2,39	0,12	4,26	0,23	4,17	0,06	3,18	0,12	5,91	0,28	3,87	0,51
		1,076 - 1,085 a	4,35	0,38	3,05	0,44	2,41	0,19	3,49	0,82	4,39	0,25			5,75	0,11	3,14	0,25
		1,086 - 1,095 a	4,48	0,21	3,14	0,26					3,81	0,35						
		> 1,095 a			2,45	0,11												
			Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a b		Renate a a	
		< 1,055 a					3,73	0,39					3,50	0,35	2,21	0,84		
		1,056 - 1,065 a	4,92	0,17	3,53	0,57	3,75	0,95	2,68	0,49	4,20	0,45	2,68	0,28	2,17	0,35	4,73	0,50
2005 A	5 Monate Lagerung	1,066 - 1,075 a	4,29	0,32	3,02	0,40	3,72	0,76	5,11	1,41	3,85	0,08	3,20	0,31	2,37	0,32	3,83	0,43
		1,076 - 1,085 a	4,08	0,41	3,41	0,27	2,91	0,23	2,65	1,09	3,94	0,15	2,48	0,09	3,30	2,17	3,41	0,13
		1,086 - 1,095 a	4,64	0,42	2,55	0,32					3,75	0,24			4,95	0,66	3,59	0,19
		> 1,095 a			2,28	0,26												
			Adretta ab a		Afra d a		Gala d a		Granola bc a		Lolita cd a		Marabel d a		Nicola a a		Renate bcd a	
		< 1,055 a					3,85	0,70					3,66	1,24				
		1,056 - 1,065 a	5,20	0,22	3,35	1,14	3,27	0,23	5,71	0,29	4,20	0,25	3,05	0,29	6,49	1,38	3,93	0,59
	8 Monate Lagerung	1,066 - 1,075 a	5,14	0,40	3,14	0,52	2,88	0,37	3,88	0,16	3,86	0,16	2,74	0,21	5,20	0,54	3,71	0,09
		1,076 - 1,085 a	4,71	0,58	2,90	0,22	2,86	0,21	3,53	0,50	3,51	0,37	2,84	0,59	5,28	0,64	4,14	0,21
		1,086 - 1,095 a	4,33	0,53	2,90	0,44					3,61	0,21						
		> 1,095 a			2,98	0,75												

Tab. A78: Chlorogensäurekonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x					
2006 B	Vorernte	A	Adretta ab a		Afra cde a		Gala e a		Granola a a		Lolita abcd a		Marabel d a		Nicola abc a		Renate bcd a						
			< 1,055	a			4,20	0,06	9,00	0,13	7,90	0,26	5,52	0,19	7,49	0,80	8,27	1,66					
			1,056 - 1,065	b	6,69	0,05	4,80	0,10	3,68	0,10	8,75	0,37	5,63	0,26	4,19	0,14	6,69	0,22	5,20	0,32			
			1,066 - 1,075	b	7,06	0,54	3,56	0,25	3,09	0,05	7,41	0,11	5,53	0,01	3,58	0,03	6,73	0,10	4,19	0,16			
			1,076 - 1,085	b	5,83	0,50	4,53	0,42															
			1,086 - 1,095																				
				Adretta ab b		Afra bcd b		Gala d b		Granola a b		Lolita abc b		Marabel d b		Nicola a b		Renate cd b					
				< 1,055	a			1,00	0,24					1,57	0,17								
				1,056 - 1,065	a	3,37	0,67			1,19	0,14	3,62	0,36	2,18	0,18	1,29	0,20	3,49	0,27	1,96	0,28		
				1,066 - 1,075	a	2,32	0,19	1,66	0,31	0,90	0,18	3,25	0,13	2,92	0,98	1,33	0,19	3,21	0,46	1,74	0,09		
				1,076 - 1,085	a	2,10	0,34	1,61	0,16			3,22	0,08	2,51	0,29	1,34	0,15	2,61	0,09	1,36	0,15		
				1,086 - 1,095	a	2,35	0,32	1,81	0,13														
				> 1,095	a	2,58	0,46																
		Ernte	B	Adretta b bc		Afra cd b		Gala e b		Granola a b		Lolita b bc		Marabel de b		Nicola a b		Renate c b					
						< 1,055	a			1,11	0,19												
						1,056 - 1,065	a			0,85	0,04	2,78	0,45	1,98	0,36	1,13	0,04	3,05	0,22	1,85	0,07		
						1,066 - 1,075	a	2,25	0,25	1,27	0,27	0,85	0,18	2,83	0,19	1,91	0,37	0,97	0,12	2,97	0,32	1,47	0,17
						1,076 - 1,085	a	2,05	0,17	1,25	0,10	0,77	0,06	2,29	0,08	2,04	0,31	0,96	0,06	2,77	0,17	1,29	0,08
						1,086 - 1,095	a	1,95	0,16	1,04	0,12											1,30	0,11
		5 Monate Lagerung	B	Adretta b c		Afra cd b		Gala d b		Granola a b		Lolita bc c		Marabel d b		Nicola a b		Renate b b					
						< 1,055	a			0,95	0,04												
						1,056 - 1,065	a			0,75	0,07	2,54	0,06	1,52	0,24	0,91	0,02	2,71	0,14	2,10	0,35		
					1,066 - 1,075	a	1,79	0,24	1,15	0,10	0,66	0,05	2,42	0,32	1,52	0,16	0,93	0,10	2,63	0,40	2,00	0,54	
					1,076 - 1,085	a	1,56	0,11	0,93	0,05			2,25	0,02	1,69	0,13	0,89	0,09	2,51	0,09	1,61	0,26	
					1,086 - 1,095	a	1,47	0,15	0,87	0,11					0,92	0,06					1,15	0,06	
			> 1,095	a	1,66	0,15	1,34	0,15															

Tab. A79: Chlorogensäurekonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2007 A	Vorernte	B	Adretta b b		Afra cd b		Gala d b		Granola ab c		Lolita c b		Marabel d b		Nicola b b		Renate c bc			
			< 1,055	a			2,47	0,06	8,20	1,15	4,89	0,39	2,83	0,17	6,51	0,39	4,87	0,38		
			1,056 - 1,065	b	5,40	0,64	2,83	0,73	2,13	0,20	6,18	0,59	4,13	0,66	3,23	0,20	5,28	0,99	4,43	1,02
			1,066 - 1,075	b	4,42	0,17	2,56	0,56	1,64	0,08	6,37	0,90	3,50	0,28	2,32	0,47	5,13	0,19	3,18	0,56
			1,076 - 1,085	b	5,23	0,52	2,50	0,30					3,45	0,78			4,52	0,74	3,00	0,23
			1,086 - 1,095	b			2,08	0,20												
					> 1,095	a														
	Ernte	B	Adretta b ab		Afra d b		Gala d a		Granola a b		Lolita bc ab		Marabel d ab		Nicola a ab		Renate cd c			
			< 1,055	a			3,15	0,46			4,44	0,25	3,25	0,50			3,75	0,15		
			1,056 - 1,065	a	6,16	1,02			2,98	0,35	8,22	1,57	5,09	0,83	2,93	0,62	6,49	0,26	3,30	0,31
			1,066 - 1,075	a	4,56	0,95	2,34	0,40	2,89	0,16	6,49	0,36	4,45	0,42	3,04	0,18	6,58	0,59	3,32	0,08
			1,076 - 1,085	a	4,98	1,13	2,76	0,73	3,00	0,42	5,69	0,24			2,70	0,55	6,92	0,23		
			1,086 - 1,095	a	4,82	1,02	2,51	0,57												
					> 1,095	a														
	5 Monate Lagerung	B	Adretta ab b		Afra bc ab		Gala c ab		Granola ab c		Lolita ab a		Marabel bc a		Nicola a ab		Renate b ab			
			< 1,055	a			3,64	0,72												
			1,056 - 1,065	a			2,83	0,91	6,57	2,07	5,28	1,00	3,82	0,13	5,51	1,88	6,23	1,80		
			1,066 - 1,075	a	5,09	0,81	3,19	1,89	1,93	0,33	4,29	0,43	4,93	0,52	4,09	0,46	7,88	0,22	4,29	1,21
			1,076 - 1,085	a	4,65	0,42	3,03	0,09	2,12	0,41	4,06	0,77	4,48	0,24	3,35	0,98	7,93	0,51	3,81	1,17
			1,086 - 1,095	a	4,16	0,24	3,25	0,40			4,65	0,39	4,40	1,19			5,60	0,31	3,02	0,19
				> 1,095	a	3,81	0,64	2,54	0,11											
8 Monate Lagerung	A	Adretta bc a		Afra de a		Gala e a		Granola a a		Lolita de ab		Marabel e ab		Nicola ab a		Renate cd a				
		< 1,055	a			3,82	0,49	11,39	1,06											
		1,056 - 1,065	a	8,62	0,52			3,12	0,05	9,86	1,83	5,09	0,35	3,52	0,23	8,46	0,31	7,43	0,69	
		1,066 - 1,075	ab	6,48	0,78	3,33	0,04	3,15	0,55	8,74	0,33	3,87	0,43	3,85	0,27	7,57	0,64	5,46	1,01	
		1,076 - 1,085	b	4,96	0,73	4,13	1,28	2,86	0,26	8,08	0,25	3,79	0,37	2,96	0,32	7,16	0,59	4,06	0,40	
		1,086 - 1,095	b	6,76	0,69	3,02	0,33					3,70	0,33			7,18	0,64	4,39	0,39	
				> 1,095	b	5,48	0,60	3,15	0,35											

Tab. A80: Chlorogensäurekonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) nach teilweiser Vorernte und Ernte in 2005, 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung von Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden, aber teilweise bei 4°C und 8°C gelagert worden sind

Sorten		Adretta		Afra		Gala		Granola		Lolita		Marabel		Nicola		Renate		
Jahr	Stadium	°C	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2005 B	Ernte AB	4	4,43 ab a	0,57	3,34 ab a	0,21	2,34 b b	0,17	5,11 a a	1,12	4,07 ab a	0,49	3,07 ab a	0,21	5,11 a a	1,12	3,57 ab a	0,18
	5 Monate Lagerung B	4	3,73 b b	0,29	2,80 f b	0,42	3,40 e a	0,04	4,45 a a	0,48	3,58 c a	0,22	2,85 f a	0,19	2,51 g b	0,25	3,65 d a	0,50
	8 Monate Lagerung A	4	3,45 c c	0,06	2,42 e c	0,16	3,32 d a	0,09	5,40 a a	0,41	4,18 a a	0,45	3,48 c a	0,38	5,45 a a	1,10	4,19 b a	0,66
2006 C	Vorernte A	4	6,47 b a	0,12	2,58 e a	0,14	4,30 d a	0,02	7,90 a a	0,17	6,21 b a	0,06	5,09 c a	0,18	7,87 a a	0,10	6,17 b a	0,15
	Ernte B	4	3,32 a a	0,31	1,5 de b	0,19	1,05 e b	0,08	3,31 a b	0,38	2,60 c b	0,52	1,43 e b	0,42	3,01 b b	0,14	1,85 d b	0,22
	5 Monate Lagerung B	4	1,81 b c	0,20	1,15 d b	0,16	1,05 d b	0,02	2,48 a c	0,18	1,87 b c	0,31	1,04 d bc	0,09	2,54 a b	0,17	1,37 c b	0,30
	8 Monate Lagerung B	4	1,77 ab c	0,32	1,07 ab b	0,03	0,70 b b	0,02	2,89 a bc	0,68	2,38 ab bc	0,09	0,94 ab c	0,03	2,83 a b	0,27	1,63 ab b	
2007 A	Vorernte B	4	5,78 b a	0,48	2,54 e a	0,49	1,87 f b	0,27	6,48 a a	1,21	3,04 d b	0,08	2,96 e ab	0,18	4,70 c b	0,84	3,34 d a	0,27
	Ernte AB	4	4,84 c a	0,88	3,64 d a	0,48	2,81 e a	0,42	5,73 b ab	0,24	4,36 c ab	0,21	3,66 d a	0,18	6,48 a a	0,90	3,28 d a	0,25
	5 Monate Lagerung B	4 b	5,55 a a	0,40	3,22 ab a	0,07	1,77 ab b	0,08	4,53 ab b	0,61	4,35 ab ab	0,09	1,33 b b	0,31	4,27 ab b	1,30	4,65 ab a	
		8 a	7,38	0,10					5,79	0,56					5,49	0,50	6,60	0,17
	8 Monate Lagerung A	4 a	6,94 b a	1,38	4,01 c a	1,02	2,76 d b	0,09	7,85 a a	0,87	4,64 c a	0,10	3,16 cd a	0,53	7,53 a a	0,42	4,51 c a	0,42
8 b		6,38	0,16	4,02	0,06	2,48	0,38			3,88	0,04							

Tab. A81: Chlorogensäurekonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) im Schalen- und Markgewebe nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
			Adretta <i>ab a</i>		Afra <i>b a</i>		Gala <i>c a</i>		Granola <i>a a</i>		Lolita <i>b a</i>		Marabel <i>abc a</i>		Nicola <i>a a</i>		Renate <i>abc a</i>			
	Ernte	A	Mark	b	1,81	0,10	1,91	0,04	1,87	0,03	1,29	0,03	2,39	0,15	1,57	0,03	1,29	0,03	1,99	0,04
			Schale	a	16,74	1,82	10,85	1,17	9,66	0,44	20,15	4,27	10,36	1,06	13,23	0,53	20,15	4,27	14,47	3,18
					Adretta <i>ab a</i>		Afra <i>c a</i>		Gala <i>c b</i>		Granola <i>a a</i>		Lolita <i>c a</i>		Marabel <i>c b</i>		Nicola <i>ab a</i>		Renate <i>bc a</i>	
2005	5 Monate Lagerung	A	Mark	b	1,09	0,20	0,68	0,18	1,75	0,13	1,05	0,20	1,68	0,06	0,94	0,18	2,34	0,21	1,40	0,25
			Schale	a	18,12	3,43	10,26	1,49	7,75	0,95	20,52	3,11	9,47	0,77	10,13	1,04	16,93	2,42	12,37	3,06
					Adretta <i>b a</i>		Afra <i>c a</i>		Gala <i>c b</i>		Granola <i>a a</i>		Lolita <i>bc a</i>		Marabel <i>bc b</i>		Nicola <i>a a</i>		Renate <i>bc a</i>	
	8 Monate Lagerung	A	Mark	b	0,79	0,30	0,71	0,28	1,89	0,32	0,91	0,26	1,48	0,09	1,40	0,98	2,57	0,66	2,12	0,39
			Schale	a	16,56	2,60	10,07	1,89	7,78	0,43	25,37	3,77	12,25	2,79	10,47	1,53	21,35	2,21	13,17	1,09

Tab. A82: Chlorogensäurekonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) im Schalen- und Markgewebe nach der Vorernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

			Adretta	Afra	Gala	Granola	Lolita	Marabel	Nicola	Renate								
Vorernte	A	Mark	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Schale	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			Adretta ab a	Afra b a	Gala d b	Granola a a	Lolita bc b	Marabel cd b	Nicola a a	Renate cd c								
Ernte	A	Mark b	0,21	0,06	0,30	0,04	0,38	0,19	0,49	0,27	1,44	0,42	0,28	0,01	1,17	0,26	0,45	0,03
		Schale a	17,52	2,09	13,62	0,14	3,59	0,35	21,56	5,11	8,90	0,48	7,00	0,80	20,00	0,51	6,62	0,88
			Adretta bc b	Afra c c	Gala d b	Granola a a	Lolita c b	Marabel cd c	Nicola a b	Renate b a								
5 Monate Lagerung	A	Mark b	0,24	0,11	0,22	0,11	0,49	0,17	0,23	0,04	0,45	0,11	0,16	0,03	1,07	0,08	0,59	0,07
		Schale a	11,19	0,71	8,53	0,25	3,98	0,10	20,41	3,38	8,46	0,57	5,81	0,25	18,41	0,48	12,70	1,79
			Adretta b a	Afra d b	Gala e a	Granola a a	Lolita c a	Marabel d a	Nicola b c	Renate d b								
8 Monate Lagerung	A	Mark b	0,53	0,05	0,26	0,05	0,47	0,12	0,55	0,09	0,28	0,01	0,31	0,06	1,03	0,08	0,69	0,07
		Schale a	16,79	0,90	10,05	0,85	6,11	0,16	22,08	1,45	14,05	1,41	9,09	0,37	17,14	0,61	10,23	0,31

Tab. A83: Chlorogensäurekonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (g kg⁻¹ FM) im Schalen- und Markgewebe nach der Vorernte und Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

2007 A	Vorernte	A	Mark	b	Adretta b a		Afra c b		Gala d c		Granola a a		Lolita a a		Marabel c ab		Nicola b b		Renate bc a		
			Schale	a	0,92	0,27	0,20	0,06	1,28	0,34	0,96	0,26	1,60	0,27	0,56	0,06	1,63	0,34	0,95	0,14	
	Ernte	AB	Mark	b	Adretta c b		Afra de b		Gala f ab		Granola a c		Lolita cd b		Marabel e ab		Nicola b b		Renate cd a		
			Schale	a	25,54	1,17	16,31	1,34	7,90	0,55	73,89	2,42	73,04	6,76	17,13	0,14	23,96	1,59	19,85	0,91	
	5 Monate Lagerung	B	Mark	b	Adretta ab c		Afra ab b		Gala b bc		Granola ab d		Lolita ab b		Marabel ab b		Nicola b c		Renate a a		
			Schale	a	0,88	0,14	0,85	0,12	1,65	0,45	1,14	0,21	2,99	0,62	0,51	0,13	3,37	0,30	1,56	0,26	
	8 Monate Lagerung	AB	Mark	b	Adretta b a		Afra cd a		Gala f a		Granola a b		Lolita de b		Marabel e a		Nicola a a		Renate bc a		
			Schale	a	19,90	1,24	15,97	1,50	10,81	0,06	29,96	0,58	15,87	0,64	14,59	1,26	24,10	2,51	17,68	0,67	
				Mark	b	Adretta ab c		Afra ab b		Gala b bc		Granola ab d		Lolita ab b		Marabel ab b		Nicola b c		Renate a a	
				Schale	a	1,07	0,09	0,64	0,29	1,18	0,38	0,94	0,10	1,75	0,14	0,98	0,42	1,94	0,34	5,39	5,99
				Mark	b	Adretta b a		Afra cd a		Gala f a		Granola a b		Lolita de b		Marabel e a		Nicola a a		Renate bc a	
				Schale	a	12,64	0,60	12,88	0,51	9,73	0,98	13,59	1,02	12,06	1,14	14,07	1,96	11,21	1,02	14,45	1,38
			Mark	b	Adretta b a		Afra cd a		Gala f a		Granola a b		Lolita de b		Marabel e a		Nicola a a		Renate bc a		
			Schale	a	1,84	0,55	1,21	0,15	2,03	0,19	1,59	0,14	2,00	0,42	1,10	0,04	3,81	0,40	2,25	0,46	
			Schale	a	26,36	1,05	21,75	3,18	12,22	0,80	38,22	0,34	18,28	1,36	17,73	0,87	33,16	1,06	22,77	0,69	

Tab. A84: Der Einfluss der Konzentration einzelner ausgewählter organischer Säuren sowie deren Summe (Σ) auf den Schwarzfleckigkeitsindex von gradierten Knollen der untersuchten Sorten nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung dargestellt mit der Pearson Korrelation, als Korrelationskoeffizient, wobei der Wert $P < 0,05$ signifikante (*) und $P < 0,01$ hochsignifikante (**) Wechselwirkungen anzeigt, die Konzentration organischer Säuren unterhalb der technischen Nachweisgrenze ist als n. n. bezeichnet

Stadium		organische Säuren							Σ	Pearson Korrelation
		Chlorogensäure	L-Ascorbinsäure	Weinsäure	Äpfelsäure	Zitronensäure	Bersteinsäure	Fumarsäure		
Ernte 2005	Schwarzfleckigkeitsindex	-0,029	0,359	-0,297	-0,319	-0,135	0,013	0,069	-0,040	Korrelationskoeffizient
		0,825	0,005*	0,063	0,045	0,407	0,939	0,707	0,762	P - Wert
		60	60	40	40	40	40	32	60	Anzahl der Untersuchungen
5 Monate Lagerung	Schwarzfleckigkeitsindex	0,239	0,152	0,084	0,229	0,539	0,108	0,072	0,130	Korrelationskoeffizient
		0,073	0,258	0,617	0,167	0,000**	0,520	0,696	0,333	P - Wert
		57	57	38	38	38	38	32	57	Anzahl der Untersuchungen
8 Monate Lagerung	Schwarzfleckigkeitsindex	0,363	0,233	0,142	-0,332	0,692	-0,365	n. n.	0,167	Korrelationskoeffizient
		0,003**	0,066	0,387	0,039*	0,000**	0,022*	n. n.	0,190	P - Wert
		63	63	39	39	39	39	0	63	Anzahl der Untersuchungen

Tab. A85: Der Einfluss der Konzentration einzelner ausgewählter organischer Säuren sowie deren Summe (Σ) auf den Schwarzfleckigkeitsindex von gradierten Knollen der untersuchten Sorten nach der Vorernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung dargestellt mit der Pearson Korrelation, als Korrelationskoeffizient, wobei der Wert $P < 0,05$ signifikante (*) und $P < 0,01$ hochsignifikante (**) Wechselwirkungen anzeigt, nicht gemessene organische Säuren sind mit n. b. gekennzeichnet

Stadium		organische Säuren							Σ	Pearson Korrelation
		Chlorogen- säure	L-Ascorbin- säure	Wein- säure	Äpfel- säure	Zitronen- säure	Berstein- säure	Fumar- säure		
Vorernte 2006	Schwarzfleckigkeits- index	0,296	-0,344	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,292	Korrelationskoeffizient
		0,035*	0,014*	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	0,040*	P - Wert
		51	50	0	0	0	0	0	50	Anzahl der Untersuchungen
Ernte 2006	Schwarzfleckigkeits- index	0,206	-0,376	-0,372	-0,267	0,490	-0,480	-0,031	0,035	Korrelationskoeffizient
		0,123	0,004**	0,021*	0,105	0,001**	0,024*	0,917	0,798	P - Wert
		57	57	38	38	38	22	14	57	Anzahl der Untersuchungen
5 Monate Lagerung	Schwarzfleckigkeits- index	0,516	0,317	-0,363	-0,072	0,449	-0,336	-0,308	0,028	Korrelationskoeffizient
		0,000**	0,019*	0,030*	0,679	0,006**	0,109	0,246	0,840	P - Wert
		54	54	36	36	36	24	16	54	Anzahl der Untersuchungen
8 Monate Lagerung	Schwarzfleckigkeits- index	0,244	0,643	0,002	-0,459	0,366	-0,222	0,117	-0,087	Korrelationskoeffizient
		0,044*	0,000**	0,987	0,002**	0,015*	0,276	0,578	0,478	P - Wert
		69	69	44	44	44	26	25	69	Anzahl der Untersuchungen

Tab. A86: Der Einfluss der Konzentration einzelner ausgewählter organischer Säuren sowie deren Summe (Σ) auf den Schwarzfleckigkeitsindex von ungradierten Knollen der untersuchten Sorten nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung dargestellt mit der Pearson Korrelation, als Korrelationskoeffizient, wobei der Wert $P < 0,05$ signifikante (*) und $P < 0,01$ hochsignifikante (**) Wechselwirkungen anzeigt

Stadium		organische Säuren						Σ	Pearson Korrelation	
		Chlorogen- säure	L-Ascorbin- säure	Wein- säure	Äpfel- säure	Zitronen- säure	Berstein- säure			Fumar- säure
Ernte 2005	Schwarzfleckigkeits- index	0,233	-0,318	-0,028	0,380	0,167	0,510	0,806	0,115	Korrelationskoeffizient
		0,273	0,130	0,918	0,146	0,536	0,043*	0,000**	0,593	P - Wert
		24	24	16	16	16	16	16	24	Anzahl der Untersuchungen
5 Monate Lagerung	Schwarzfleckigkeits- index	0,328	0,458	0,825	0,788	0,350	-0,170	0,215	0,230	Korrelationskoeffizient
		0,118	0,025*	0,000**	0,000**	0,201	0,544	0,441	0,279	P - Wert
		24	24	15	15	15	15	15	24	Anzahl der Untersuchungen
8 Monate Lagerung	Schwarzfleckigkeits- index	0,061	-0,212	0,758	-0,059	0,772	-0,353	-0,603	0,206	Korrelationskoeffizient
		0,776	0,321	0,002**	0,835	0,001**	0,197	0,017*	0,334	P - Wert
		24	24	14	15	15	15	15	24	Anzahl der Untersuchungen

Tab. A87: Der Einfluss der Konzentration einzelner ausgewählter organischer Säuren sowie deren Summe (Σ) auf den Schwarzfleckigkeitsindex von ungradierten Knollen der untersuchten Sorten nach der Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung dargestellt mit der Pearson Korrelation, als Korrelationskoeffizient, wobei der Wert $P < 0,05$ signifikante (*) und $P < 0,01$ hochsignifikante (**) Wechselwirkungen anzeigt, die Konzentration organischer Säuren unterhalb der technischen Nachweisgrenze ist als n. n. bezeichnet

Stadium		organische Säuren						Σ	Pearson Korrelation	
		Chlorogen- säure	L-Ascorbin- säure	Wein- säure	Äpfel- säure	Zitronen- säure	Berstein- säure			Fumar- säure
Ernte 2006	Schwarzfleckigkeits- index	0,378	-0,629	-0,216	-0,598	0,442	0,928	-0,123	0,041	Korrelationskoeffizient
		0,069	0,001**	0,405	0,014*	0,087	0,008**	0,817	0,850	P - Wert
		24	24	17	16	16	6	6	24	Anzahl der Untersuchungen
5 Monate Lagerung	Schwarzfleckigkeits- index	0,369	0,344	-0,182	-0,315	0,089	-0,406	n. n.	-0,082	Korrelationskoeffizient
		0,076	0,100	0,485	0,252	0,752	0,425	n. n.	0,705	P - Wert
		24	24	17	15	15	6	0	24	Anzahl der Untersuchungen
8 Monate Lagerung	Schwarzfleckigkeits- index	0,172	0,804	0,333	-0,441	0,436	-0,181	0,394	0,058	Korrelationskoeffizient
		0,433	0,000**	0,191	0,088	0,091	0,574	0,259	0,792	P - Wert
		23	23	17	16	16	12	10	23	Anzahl der Untersuchungen

Tab. A88: Der Einfluss der Konzentration einzelner ausgewählter freier Aminosäuren auf den Schwarzfleckigkeitsindex von gradierten Knollen der untersuchten Sorten nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung dargestellt mit der Pearson Korrelation, als Korrelationskoeffizient, wobei der Wert $P < 0,05$ signifikante (*) und $P < 0,01$ hochsignifikante (**) Wechselwirkungen anzeigt, die Konzentration freier Aminosäuren unterhalb der technischen Nachweisgrenze ist als n. n. bezeichnet

Stadium		Aminosäuren																		Pearson Korrelation
		ASP	GLU	ASN	SER	GLN	HIS	ARG	GLY	THR	ALA	TYR	MET	VAL	PHE	ILE	Leu	LYS	PRO	
Ernte 2005	Schwarzfleckig- keitsindex	0,499	-0,315	-0,040	-0,185	-0,305	n.n.	0,194	-0,210	-0,489	-0,532	0,146	-0,296	-0,321	0,130	-0,084	0,148	0,127	0,001	Korrelationskoeffizient
		0,001**	0,048	0,806	0,253	0,056	n.n.	0,230	0,192	0,001**	0,000**	0,369	0,064	0,044	0,426	0,606	0,363	0,433	0,997	P - Wert
		40	40	40	40	40	0	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
5 Monate Lagerung	Schwarzfleckig- keitsindex	0,387	0,369	0,411	0,151	0,269	n.n.	0,403	-0,073	-0,335	-0,445	0,044	0,032	-0,077	0,204	0,043	0,122	0,197	-0,041	Korrelationskoeffizient
		0,017*	0,023*	0,010*	0,365	0,107	n.n.	0,012*	0,677	0,040*	0,005**	0,794	0,850	0,646	0,220	0,798	0,467	0,237	0,809	P - Wert
		38	38	38	38	37	0	38	35	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
8 Monate Lagerung	Schwarzfleckig- keitsindex	0,484	0,322	-0,195	0,226	-0,136	0,395	0,391	-0,038	0,157	-0,171	0,075	-0,067	-0,262	0,015	-0,141	-0,027	-0,008	-0,264	Korrelationskoeffizient
		0,000**	0,010*	0,127	0,075	0,286	0,001**	0,002**	0,767	0,218	0,179	0,557	0,601	0,038*	0,906	0,271	0,831	0,950	0,037*	P - Wert
		63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63

Tab. A89: Der Einfluss der Konzentration einzelner ausgewählter freier Aminosäuren auf den Schwarzfleckigkeitsindex von ungradierten Knollen der untersuchten Sorten nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung dargestellt mit der Pearson Korrelation, als Korrelationskoeffizient, wobei der Wert P<0,05 signifikante (*) und P<0,01 hochsignifikante (**) Wechselwirkungen anzeigt, die Konzentration freier Aminosäuren unterhalb der technischen Nachweisgrenze ist als n. n. bezeichnet

Stadium		Aminosäuren																		Pearson Korrelation
		ASP	GLU	ASN	SER	GLN	HIS	ARG	GLY	THR	ALA	TYR	MET	VAL	PHE	ILE	LEU	LYS	PRO	
Ernte 2005	Schwarzfleckigkeitsindex	0,468	-0,324	-0,035	0,007	-0,434	n.n.	0,543	0,169	-0,307	-0,444	0,407	-0,254	-0,162	0,264	0,152	0,190	0,277	0,348	Korrelationskoeffizient
		0,068	0,220	0,896	0,978	0,093	n.n.	0,030*	0,532	0,248	0,085	0,118	0,343	0,548	0,323	0,573	0,480	0,299	0,187	P - Wert
		16	16	16	16	16	0	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
5 Monate Lagerung	Schwarzfleckigkeitsindex	0,168	0,028	0,503	0,081	0,661	n.n.	0,589	-0,012	-0,219	-0,487	0,041	-0,122	-0,206	0,035	0,068	0,186	0,195	-0,581	Korrelationskoeffizient
		0,533	0,917	0,067	0,765	0,010*	n.n.	0,016*	0,969	0,414	0,056	0,885	0,651	0,443	0,896	0,802	0,490	0,469	0,018*	P - Wert
		16	16	14	16	14	0	16	14	16	16	15	16	16	16	16	16	16	16	16
8 Monate Lagerung	Schwarzfleckigkeitsindex	0,634	0,605	0,611	0,598	0,238	0,678	0,687	-0,149	0,547	-0,327	0,040	0,588	0,237	0,457	0,328	0,279	-0,002	-0,430	Korrelationskoeffizient
		0,001**	0,002**	0,002**	0,002**	0,263	0,000**	0,000**	0,487	0,006**	0,119	0,854	0,003**	0,265	0,025*	0,118	0,187	0,992	0,041	P - Wert
		24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	23

Tab. A90: Borkkonzentration [Einzelwerte] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte		Sorten								
				Adretta bc ab	Afra a a	Gala a a	Granola ab a	Lolita ab a	Marabel c a	Nicola bc a	Renate ab a	
2005 B	Ernte	A	< 1,055	b							0,79	
			1,056-1,065	ab			1,09		0,90	0,79	1,07	1,00
			1,066-1,075	b	0,79	0,91	1,28	1,04	1,21	0,92	0,91	1,04
			1,076-1,085	a	1,04	1,35		1,07				1,05
			1,086-1,095	ab		1,05						
			> 1,095									
	5 Monate Lagerung	B			Adretta a a	Afra a a	Gala ab b	Granola ab ab	Lolita ab ab	Marabel b a	Nicola b a	Renate ab ab
			< 1,055	b							0,68	
			1,056-1,065	b			0,89		0,87	0,85	0,90	0,87
			1,066-1,075	ab	0,87	0,99	1,00	0,91	1,06	0,86	0,86	0,89
			1,076-1,085	a	1,24	1,03		1,09				1,08
			1,086-1,095	a		1,18						
	8 Monate Lagerung	C			Adretta a b	Afra a b	Gala a b	Granola a b	Lolita a b	Marabel a a	Nicola a a	Renate a b
			< 1,055	c			0,73					
			1,056-1,065	bc			0,90			0,82	0,75	0,80
			1,066-1,075	bc	0,82	0,88	0,99	0,87	0,79	0,72	0,93	0,85
			1,076-1,085	ab	0,91	0,93		0,93	0,78		0,88	0,88
			1,086-1,095	a	1,01	0,88			0,95			
		> 1,095										

Tab. A91: Borkkonzentration [Einzelwerte] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	Sorten																			
			Adretta	Afra	Gala	Granola	Lolita	Marabel	Nicola	Renate												
2006	Vorernte	B	< 1,055	a																		
			1,056-1,065	b			0,86		0,95	0,88	0,63											
			1,066-1,075	ab	0,83	0,58	0,86	0,73	0,77	0,85	0,77	0,77	0,77									0,77
			1,076-1,085	a		0,88			0,71	0,87												0,84
			1,086-1,095			0,92																
			> 1,095																			
	Ernte	A	< 1,055	a																		
			1,056-1,065	a			0,93															
			1,066-1,075	a		0,92		0,93	0,86	0,96	1,06	0,77										
			1,076-1,085	a	1,13	0,95		0,94	0,89	1,02	1,23	0,92										
			1,086-1,095	a	0,95	1,03					0,85	0,91										
			> 1,095																			
	5 Monate Lagerung	A	< 1,055																			
			1,056-1,065	a			0,98	0,89	0,95	0,86	0,74	0,91										
			1,066-1,075	a		0,89	1,09	0,80	0,82	0,80	0,85	0,96										
			1,076-1,085	a	1,15	0,99					0,79	1,48										
			1,086-1,095																			
			> 1,095																			
8 Monate Lagerung	B	< 1,055																				
		1,056-1,065	a			0,85	0,93	0,67	0,62	0,84	0,91											
		1,066-1,075	a			0,87	0,84	0,75	0,79	0,82	0,84											
		1,076-1,085	a	0,99	0,95		1,02		1,00	0,92	0,84											
		1,086-1,095	a	0,97	0,95																	
		> 1,095	a	1,01	0,94																	

Tab. A92: Borkkonzentration [Einzelwerte] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	Sorten									
2007 A	Vorernte	C		Adretta ab b	Afra ab b	Gala bc b	Granola c b	Lolita ab cb	Marabel ab a	Nicola c b	Renate a b	
			< 1,055	b			0,61	0,56		0,81	0,45	
			1,056-1,065	ab	0,85		0,69	0,59	0,82	0,88	0,60	0,92
			1,066-1,075	a	0,87	0,86			0,84			0,99
			1,076-1,085	ab	0,72	0,85						
	1,086-1,095											
	> 1,095											
	Ernte	B		Adretta a ab	Afra abc ab	Gala abc ab	Granola ab ab	Lolita b cb	Marabel c b	Nicola abc ab	Renate a b	
			< 1,055	b			0,92		0,62			
			1,056-1,065	ab	0,92		1,01	1,15	0,71	0,73	0,66	1,08
			1,066-1,075	ab	1,09	1,04		0,86	0,84	0,64	0,87	1,12
			1,076-1,085	a	1,53	0,94		0,97			1,12	1,05
	1,086-1,095											
	> 1,095											
	5 Monate Lagerung	B		Adretta ab a	Afra a a	Gala a a	Granola ab a	Lolita ab a	Marabel b ab	Nicola ab a	Renate ab a	
			< 1,055									
1,056-1,065			a			1,21	1,11					
1,066-1,075			a		1,13		1,27	0,91	0,71	1,03	1,03	
1,076-1,085			a	1,03	1,20		1,03	1,21		0,93	1,13	
1,086-1,095	a	1,12				1,00						
> 1,095												
8 Monate Lagerung	A		Adretta a a	Afra ab a	Gala ab a	Granola ab a	Lolita ab a	Marabel b ab	Nicola a a	Renate a a		
		< 1,055										
		1,056-1,065	b			0,90	0,98		0,75	1,62	1,13	
		1,066-1,075	b		0,96	1,13	0,93	0,96	0,66	0,99	1,23	
		1,076-1,085	a	1,86	1,36	1,35	2,00	1,01		1,05	1,63	
1,086-1,095	ab	1,02										
> 1,095												

Tab. A93: Borkkonzentration [Einzelwerte] (mg kg⁻¹ FM) nach teilweiser Vorernte und Ernte in 2005, 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung von Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden, aber teilweise bei 4°C und 8°C gelagert worden sind

Jahr	Stadium		°C	Sorten									
				Adretta	Afra	Gala	Granola	Lolita	Marabel	Nicola	Renate		
2005	B	Ernte	A	4	0,82 a a	0,86 a a	0,95 a a	0,93 a a	0,91 a a	0,72 a a	0,86 a a	0,78 a a	
		5 Monate Lagerung	A	4	0,79 a a	0,82 a a	0,84 a a	0,85 a a	0,80 a a	0,69 a a	0,82 a a	0,86 a a	
		8 Monate Lagerung	A	4	0,80 a a	0,84 a a	0,84 a a	0,96 a a	0,81 a a	0,80 a a	0,80 a a	0,83 a a	
2006	B	Vorernte	A	4	0,79 a a	0,79 a a	0,93 a a	0,74 a a	0,91 a a	0,78 a a	0,79 a a	0,81 a a	
		Ernte	A	4	0,76 a a	1,08 a a	0,83 a a	0,77 a a	0,82 a a	0,91 a a	0,78 a a	0,92 a a	
		5 Monate Lagerung	A	4	0,89 a a	0,89 a a	0,87 a a	0,74 a a	0,78 a a	0,85 a a	0,81 a a	0,74 a a	
		8 Monate Lagerung	A	4	1,00 a a	0,94 a a	0,73 a a	0,93 a a	0,75 a a	0,96 a a	0,91 a a	0,97 a a	
2007	A	Vorernte	B	4	0,85 a a	0,68 a a	0,68 a a	0,61 a a	0,92 a a	0,87 a a	0,70 a a	0,86 a a	
		Ernte	AB	4	0,88 a a	0,91 a a	0,90 a a	0,76 a a	0,85 a a	1,07 a a	0,76 a a	0,91 a a	
		5 Monate Lagerung	A	4	a	1,23 a a	1,32 a a	1,05 a a	1,07 a a	0,82 a a	0,86 a a	1,17 a a	1,05 a a
				8	a	1,25 a a			1,21 a a			1,23 a a	1,43 a a
		8 Monate Lagerung	AB	4	a	1,38 a a	0,99 a a	1,08 a a	1,17 a a	0,92 a a	0,75 a a	0,81 a a	0,93 a a
				8	a	1,27 a a	0,97 a a	1,20 a a		2,25 a a			

Tab. A94: Eisenkonzentration [Einzelwerte] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	Sorten								
			Adretta <i>a a</i>	Afra <i>a a</i>	Gala <i>a a</i>	Granola <i>a a</i>	Lolita <i>a a</i>	Marabel <i>a a</i>	Nicola <i>a b</i>	Renate <i>a a</i>	
2005 B	Ernte	A	< 1,055	a						8,45	
		1,056-1,065	a			8,32			8,66	9,15	9,78
		1,066-1,075	a	9,29	9,42	7,58	9,21	9,21	8,37	8,67	9,58
		1,076-1,085	a	11,08	12,62		9,35	7,96			10,92
		1,086-1,095	a		10,88						
		> 1,095									
	5 Monate Lagerung	A	< 1,055	ab						7,95	
		1,056-1,065	a			7,97		8,01	9,29	21,94	9,44
		1,066-1,075	ab	8,76	8,65	7,76	9,47	7,94	8,67	7,59	7,48
		1,076-1,085	a	9,23	8,56		8,76				12,51
		1,086-1,095	b		7,63						
		> 1,095									
	8 Monate Lagerung	B	< 1,055	a			8,02				
		1,056-1,065	a			6,50			9,10	9,18	7,02
		1,066-1,075	a	9,26	9,83	7,97	8,54	8,15	6,66	7,62	8,80
		1,076-1,085	a	9,32	7,33		7,55	9,78		8,63	8,78
		1,086-1,095	a	9,48	7,11			7,52			
		> 1,095									

Tab. A95: Eisenkonzentration [Einzelwerte] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	Sorten								
2006 A	Vorernte		Adretta a a	Afra ab a	Gala ab a	Granola b b	Lolita ab a	Marabel ab a	Nicola ab a	Renate ab a	
		< 1,055	a		9,69		12,65	9,45	9,11		
		1,056-1,065	a		12,13	9,22	8,26	9,72	10,70	10,39	9,67
		1,066-1,075	a	12,19	9,05			9,17	10,33		9,51
		1,076-1,085	a		10,14						
		1,086-1,095	a								
			> 1,095								
	Ernte			Adretta a a	Afra ab ab	Gala b b	Granola b b	Lolita ab a	Marabel a a	Nicola b b	Renate ab a
		< 1,055	a			8,17					
		1,056-1,065	a			8,20	8,29	9,51	12,31	7,89	11,52
		1,066-1,075	a	13,41	9,28		7,45	8,02	10,53	6,91	8,84
		1,076-1,085	a	9,74	9,23					8,49	7,72
		1,086-1,095	a		8,87						
			> 1,095								
	5 Monate Lagerung			Adretta a a	Afra ab b	Gala b ab	Granola ab ab	Lolita ab a	Marabel ab a	Nicola b ab	Renate a a
		< 1,055									
		1,056-1,065	a			8,41	8,56	10,02	10,75	9,00	8,81
		1,066-1,075	a	14,23		8,40	9,07	9,06	8,77	8,20	12,43
		1,076-1,085	a		7,81					7,57	14,64
		1,086-1,095	a		9,16						
		> 1,095									
8 Monate Lagerung			Adretta a a	Afra a ab	Gala ab ab	Granola ab a	Lolita b a	Marabel ab b	Nicola ab a	Renate a a	
	< 1,055										
	1,056-1,065	a			6,77	10,18	6,37	6,26	10,92	12,34	
	1,066-1,075	a			10,64	9,39	18,07	6,59	8,03	9,74	
	1,076-1,085	a	11,74	9,88		12,59		8,18	9,13	9,72	
	1,086-1,095	a	14,24	8,65							
		> 1,095	a	10,49	8,81						

Tab. A96: Eisenkonzentration [Einzelwerte] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	Sorten								
			Adretta abc b	Afra b b	Gala abc b	Granola c c	Lolita abc ab	Marabel ab a	Nicola c b	Renate a b	
2007 A	Vorernte	< 1,055 a			7,72	5,88	8,39	9,13	3,83		
		1,056-1,065 a	7,10		6,61	6,38	6,67	9,65	4,52	7,70	
		1,066-1,075 a	7,67	9,39						10,20	
		1,076-1,085 a	6,76	6,66							
		1,086-1,095 a									
		> 1,095									
	Ernte			Adretta a a	Afra a ab	Gala ab ab	Granola ab bc	Lolita b b	Marabel b b	Nicola ab ab	Renate a a
		< 1,055 b				7,85		6,27	6,99	7,03	11,57
		1,056-1,065 b	8,23		9,75	9,56		7,00	9,63	12,67	
		1,066-1,075 ab	10,71	14,59		9,21	6,31	4,81	9,95	14,65	
		1,076-1,085 a	14,77	10,26		7,03					
		1,086-1,095									
		> 1,095									
	5 Monate Lagerung	A		Adretta a a	Afra ab a	Gala b ab	Granola ab a	Lolita b a	Marabel ab a	Nicola b a	Renate ab ab
			< 1,055								
			1,056-1,065 a			9,66	14,13				
1,066-1,075 a				15,41		15,41	9,29	9,93	9,94	11,43	
1,076-1,085 a			17,71	13,22		10,42	13,04		9,89	12,67	
1,086-1,095 a		15,06				7,93					
		> 1,095									
B				Adretta ab a	Afra abc ab	Gala abc a	Granola abc ab	Lolita c ab	Marabel b a	Nicola abc a	Renate a a
		< 1,055									
		1,056-1,065 a			9,41	10,54		9,74	11,40	15,72	
	1,066-1,075 a		15,08	12,73	9,12	8,84	8,65	8,25	16,94		
	1,076-1,085 a	11,38	8,75	9,87	9,82	7,26		10,16	11,00		
1,086-1,095 a	11,67										
	> 1,095										

Tab. A97: Eisenkonzentration [Einzelwerte] (mg kg⁻¹ FM) nach teilweiser Vorernte und Ernte in 2005, 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung von Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden, aber teilweise bei 4°C und 8°C gelagert worden sind

Jahr	Stadium	°C	Sorten								
			Adretta	Afra	Gala	Granola	Lolita	Marabel	Nicola	Renate	
2005 A	Ernte A	4	10,97 a a	11,35 a a	8,18 a a	14,63 a a	12,41 a a	8,45 a a	10,12 a a	9,09 a a	
	5 Monate Lagerung A	4	9,09 a a	10,71 a a	8,76 a a	9,53 a a	9,28 a a	7,91 a a	10,11 a a	9,15 a a	
	8 Monate Lagerung A	4	9,05 a a	8,25 a a	6,72 a a	10,24 a a	10,16 a a	9,35 a a	26,46 a a	8,12 a a	
2006 A	Vorernte A	4	15,26 a a	7,58 a a	12,25 a a	8,37 a a	10,67 a a	9,58 a a	11,50 a a	10,59 a a	
	Ernte A	4	11,15 a a	10,76 a a	8,61 a a	9,11 a a	8,06 a a	13,52 a a	9,96 a a	15,06 a a	
	5 Monate Lagerung A	4	11,10 a a	8,06 a a	7,35 a a	7,96 a a	7,46 a a	8,67 a a	9,85 a a	9,32 a a	
	8 Monate Lagerung A	4	12,54 a a	8,96 a a	7,23 a a	10,30 a a	7,95 a a	9,64 a a	10,13 a a	11,62 a a	
2007 A	Vorernte B	4	6,57 a b	8,02 a b	6,16 a b	4,87 a b	7,86 a ab	7,05 a b	5,20 a b	6,63 a b	
	Ernte AB	4	6,87 a ab	12,11 a ab	10,08 a ab	7,97 a ab	7,55 a b	11,20 a ab	7,15 a ab	8,90 a ab	
	5 Monate Lagerung A	4 a	16,36 a a	17,73 a a	11,84 a a	13,84 a a	8,35 a ab	12,31 a a	19,32 a a	11,87 a a	
		8 a	18,07 a			15,61 a			14,26 a	16,29 a	
	8 Monate Lagerung AB	4 a	12,06 a ab	12,58 a ab	11,37 a ab	10,15 a ab	11,42 a a	10,47 a ab	10,06 a ab	10,83 a ab	
		8 a	12,04 a	14,20 a	10,73 a		9,51 a				

Tab. A98: Selenkonzentration [Einzelwerte] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	Sorten									
			Adretta bc a	Afra a a	Gala bc a	Granola bc a	Lolita bc b	Marabel ab a	Nicola bc a	Renate c a		
2005 A	Ernte	A	< 1,055	a						0,30		
		1,056-1,065	a			0,33			0,27	0,31	0,26	
		1,066-1,075	a	0,27	0,33	0,27	0,29	0,28	0,54	0,32	0,26	
		1,076-1,085	a	0,28	0,68		0,27	0,27			0,30	
		1,086-1,095	a		0,31							
		> 1,095										
	5 Monate Lagerung	A	< 1,055	a	Adretta a a	Afra a a	Gala a a	Granola a a	Lolita a b	Marabel a ab	Nicola a a	Renate a a
		1,056-1,065	a			0,31				0,30	0,33	0,39
		1,066-1,075	a	0,27	0,32	0,28	0,27	0,26	0,33	0,34	0,23	
		1,076-1,085	a	0,26	0,37		0,30	0,29			0,25	
		1,086-1,095	a		0,28							
		> 1,095										
	8 Monate Lagerung	A	< 1,055	a	Adretta ab a	Afra ab a	Gala ab a	Granola ab a	Lolita a a	Marabel b b	Nicola ab a	Renate ab a
		1,056-1,065	a			0,34				0,29	0,40	0,19
		1,066-1,075	a	0,29	0,33	0,26	0,25	0,29	0,22	0,31	0,21	
1,076-1,085		a	0,28	0,32			0,58		0,39	0,54		
1,086-1,095		a	0,29	0,30			0,30					
> 1,095												

Tab. A99: Selenkonzentration [Einzelwerte] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	Sorten								
2006 A	Vorernte		Adretta ab a	Afra a a	Gala ab a	Granola ab ab	Lolita ab a	Marabel ab a	Nicola b ab	Renate ab a	
		< 1,055	b			0,33		0,31	0,26	0,25	
		1,056-1,065	ab		0,47	0,31	0,33	0,20	0,34	0,28	0,32
		1,066-1,075	a	0,34	0,34			0,69	0,31		0,28
		1,076-1,085	a		0,42						
		1,086-1,095									
			> 1,095								
	Ernte			Adretta abc a	Afra ab b	Gala bc ab	Granola a a	Lolita abc a	Marabel abc a	Nicola c b	Renate abc a
		< 1,055	b			0,24					
		1,056-1,065	b			0,27	0,32	0,20	0,34	0,25	0,25
		1,066-1,075	ab		0,34		1,23	0,28	0,27	0,23	0,27
		1,076-1,085	a	0,36	0,32					0,27	0,49
		1,086-1,095	ab	0,26	0,33						
			> 1,095								
	5 Monate Lagerung			Adretta a a	Afra a ab	Gala b b	Granola ab b	Lolita ab a	Marabel ab a	Nicola ab ab	Renate a a
		< 1,055									
		1,056-1,065	b			0,23	0,27	0,22	0,28	0,26	0,26
		1,066-1,075	b			0,19	0,24	0,24	0,20	0,25	0,30
1,076-1,085		a	0,31	0,29					0,29	0,48	
1,086-1,095		a		0,44							
		> 1,095									
8 Monate Lagerung			Adretta ab a	Afra a ab	Gala ab a	Granola a a	Lolita b a	Marabel ab a	Nicola ab a	Renate ab a	
	< 1,055										
	1,056-1,065	b			0,26	0,32	0,21	0,19	0,34	0,49	
	1,066-1,075	ab			1,00	0,46	0,26	0,31	0,27	0,29	
	1,076-1,085	a	0,41	0,37		0,51		0,35	0,29	0,35	
	1,086-1,095	ab	0,37	0,32							
		> 1,095	ab	0,25	0,38						

Tab. A100: Selenkonzentration [Einzelwerte] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	Sorten								
2007 B	Vorernte		Adretta ab a	Afra a ab	Gala ab a	Granola b b	Lolita ab a	Marabel a a	Nicola ab b	Renate a a	
		< 1,055	a		0,25	0,18		0,50	0,17		
		1,056-1,065	a	0,25		0,20	0,17	0,25	0,31	0,27	0,25
		1,066-1,075	a	0,34	0,33			0,21			0,36
		1,076-1,085	a	0,19	0,34						
	1,086-1,095										
	> 1,095										
	Ernte			Adretta a a	Afra a a	Gala ab a	Granola ab a	Lolita b ab	Marabel b b	Nicola ab a	Renate a a
		< 1,055	b			0,23			0,19		
		1,056-1,065	b	0,27		0,29	0,26	0,21	0,18	0,26	0,30
		1,066-1,075	b	0,30	0,54		0,24	0,20	0,22	0,28	0,34
		1,076-1,085	a	0,35	0,35		0,34			0,31	0,38
1,086-1,095											
> 1,095											
5 Monate Lagerung			Adretta ab a	Afra ab b	Gala b a	Granola ab a	Lolita ab a	Marabel ab ab	Nicola b b	Renate a a	
	< 1,055										
	1,056-1,065	a			0,20	0,30					
	1,066-1,075	a		0,28		0,31	0,24	0,22	0,21	0,40	
	1,076-1,085	a	0,22	0,34		0,29	0,32		0,21	0,28	
1,086-1,095	a	0,27				0,17					
> 1,095											
8 Monate Lagerung			Adretta a a	Afra a ab	Gala ab a	Granola ab a	Lolita b b	Marabel ab ab	Nicola ab ab	Renate a a	
	< 1,055										
	1,056-1,065	a			0,21	0,42		0,22	0,28	0,25	
	1,066-1,075	a		0,35	0,32	0,19	0,15	0,20	0,19	0,36	
	1,076-1,085	a	0,26	0,29	0,19	0,19	0,18		0,22	0,22	
1,086-1,095	a	0,33									
> 1,095											

Tab. A101: Selenkonzentration [Einzelwerte] (mg kg⁻¹ FM) nach teilweiser Vorernte und Ernte in 2005, 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung von Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden, aber teilweise bei 4°C und 8°C gelagert worden sind

Jahr	Stadium		°C	Sorten								
				Adretta a	Afra a	Gala a	Granola a	Lolita a	Marabel a	Nicola a	Renate a	
2005 A	Ernte	A	4	0,35	0,43	0,68	0,46	0,54	0,30	0,44	0,26	
	5 Monate Lagerung	A	4	1,19	0,46	0,40	0,39	0,35	0,37	0,39	0,33	
	8 Monate Lagerung	A	4	0,31	0,34	0,40	0,38	0,39	0,42	0,42	0,25	
2006 AB	Vorernte	A	4	0,39	0,25	0,56	0,29	0,30	0,31	0,35	0,29	
	Ernte	A	4	0,36	0,32	0,31	0,25	0,20	0,49	0,34	0,57	
	5 Monate Lagerung	A	4	0,28	0,45	0,30	0,45	0,19	0,22	0,32	0,29	
	8 Monate Lagerung	A	4	0,62	0,36	0,26	0,31	0,21	0,35	0,35	0,38	
2007 B	Vorernte	A	4	0,25	0,65	0,18	0,15	0,24	0,24	0,19	0,29	
	Ernte	A	4	0,31	0,28	0,26	0,26	0,27	0,43	0,35	0,28	
	5 Monate Lagerung	A	4	a	0,24	0,55	0,32	0,32	0,19	0,25	0,45	0,26
			8	a	0,34			0,38			0,38	0,44
	8 Monate Lagerung	A	4	a	0,38	0,27	0,31	0,28	0,42	0,18	0,24	0,29
			8	a	0,29	0,29	0,25		0,24			

Tab. A102: Kalziumkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2005	Ernte	B			Adretta a b	Afra ab a	Gala d b	Granola abc b	Lolita cd b	Marabel d b	Nicola cd b	Renate bc b								
			< 1,055	b			73,57	8,48			62,44	2,62	72,06	5,86						
			1,056-1,065	b	93,31	6,56	82,49	5,78	65,12	1,43	79,09	8,64	69,16	12,50	71,01	4,42	73,63	9,19		
			1,066-1,075	b	91,32	11,77	82,81	6,48	60,25	0,94	88,59	2,36	72,99	7,97	61,43	3,49	72,03	10,23	81,00	11,78
			1,076-1,085	ab	88,83	4,48	108,28	11,61	56,72	3,91	80,36	8,04	73,82	9,09					87,71	1,06
			1,086-1,095	a	110,08	3,05	102,18	5,72					76,35	6,97						
	> 1,095	ab			94,28	20,80														
	5 Monate Lagerung	C			Adretta a c	Afra ab b	Gala bc b	Granola ab c	Lolita a b	Marabel ab b	Nicola c c	Renate a b								
			< 1,055	a			54,92	10,97			68,96	9,11	48,98	6,82						
			1,056-1,065	a	83,87	16,00	60,20	5,64	53,87	4,05	74,20	5,98	68,73	3,40	59,30	5,36	52,00	1,79	69,94	13,82
			1,066-1,075	a	73,54	8,49	59,24	6,53	49,37	7,76	71,97	6,59	96,99	3,33	73,25	19,75	53,58	5,18	70,05	0,98
			1,076-1,085	a	77,41	8,25	79,59	10,54	76,88	10,82	65,06	4,50	63,11	9,63	73,97	12,77	57,62	1,63	78,50	2,55
			1,086-1,095	a	71,36	7,77	67,98	1,12					66,11	8,00			53,89	2,97	86,54	16,75
	> 1,095	a			65,05	1,40														
	8 Monate Lagerung	A			Adretta a a	Afra d a	Gala d a	Granola ab a	Lolita abc a	Marabel cd a	Nicola bcd a	Renate abc a								
			< 1,055	b			87,52	7,14			93,63	13,14								
			1,056-1,065	ab	111,94	3,84	91,43	6,23	84,90	4,55	109,71	10,42	111,98	6,06	101,18	6,39	94,21	5,35	98,50	3,65
			1,066-1,075	ab	118,84	5,21	87,45	6,16	99,71	7,21	119,20	2,05	108,40	12,37	97,97	6,97	102,22	2,07	116,84	5,18
1,076-1,085			a	129,84	11,13	104,57	6,52	100,16	5,77	118,95	3,19	115,91	1,79	110,54	8,21	108,33	5,89	120,37	16,41	
1,086-1,095			ab	123,05	8,41	103,40	7,84					113,39	10,85							
> 1,095	ab			94,71	12,00															

Tab. A103: Kalziumkonzentration [Einzelwerte] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	Sorten							
2006 A	Vorernte	A	Adretta a a	Afra a a	Gala b a	Granola ab a	Lolita a a	Marabel ab bc	Nicola ab a	Renate ab ab
			< 1,055 b		115,39		207,85	135,21	133,65	141,29
			1,056-1,065 a	980,74	145,07	148,73	203,52	160,07	169,03	146,92
			1,066-1,075 a	209,39	163,23		167,74	142,20		
			1,076-1,085 a		219,50					
			1,086-1,095							
			> 1,095							
	Ernte	B	Adretta a a	Afra ab a	Gala cd ab	Granola abc a	Lolita abc ab	Marabel abcd ab	Nicola bcd a	Renate d b
			< 1,055 b		111,73			144,99		
			1,056-1,065 b		142,94	171,96	156,46	167,15	131,43	128,81
			1,066-1,075 ab	158,28		157,49	175,72		162,63	107,41
			1,076-1,085 ab	215,84	175,60				152,93	130,33
			1,086-1,095 a	196,06	191,04					
			> 1,095							
	5 Monate Lagerung	B	Adretta a a	Afra ab a	Gala b a	Granola ab a	Lolita ab a	Marabel ab a	Nicola b a	Renate ab a
			< 1,055 a			143,94				
			1,056-1,065 a		138,80	211,84	160,70	172,98	116,55	157,12
			1,066-1,075 a		150,39		209,09	170,69	150,66	165,06
			1,076-1,085 a	328,67	139,30				145,12	159,68
			1,086-1,095 a	198,61	176,86					
		> 1,095								
8 Monate Lagerung	B	Adretta a a	Afra ab a	Gala d b	Granola abc a	Lolita cd b	Marabel bcd c	Nicola abcd a	Renate bcd b	
		< 1,055								
		1,056-1,065 c		104,26	152,43	112,27	133,31	154,02	141,98	
		1,066-1,075 c		110,14	158,71	131,17	138,11	109,65	150,09	
		1,076-1,085 bc	186,05	149,42	150,07		137,45	153,01	126,20	
		1,086-1,095 ab	225,50	152,80						
		> 1,095 a	422,13	397,71						

Tab. A104: Kalziumkonzentration [Einzelwert] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	Sorten								
2007 B	Vorernte	A	Adretta a a	Afra b a	Gala b a	Granola a a	Lolita ab a	Marabel b a	Nicola b a	Renate ab ab	
			< 1,055 a		94,46	103,09		97,66	85,71		
			1,056-1,065 a	121,17		76,23	115,22		78,76	88,81	82,99
			1,066-1,075 a	128,35	102,49		121,78	92,68			117,38
			1,076-1,085 a	117,08	82,90						
			> 1,095								
	Ernte	B	Adretta a b	Afra abc a	Gala abc a	Granola abc ab	Lolita bc b	Marabel c ab	Nicola abc ab	Renate ab ab	
			< 1,055 b					80,72			
			1,056-1,065 b		101,32	112,94		74,14	80,93	100,51	
			1,066-1,075 b	124,96		81,15	110,94	78,20	74,64	88,46	104,82
			1,076-1,085 b	96,49	11,79		61,03	81,39		96,26	85,88
			> 1,095	134,84	125,40						
	5 Monate Lagerung B		Adretta a b	Afra abc a	Gala bc a	Granola bc b	Lolita abc ab	Marabel bc b	Nicola c a	Renate ab b	
			< 1,055								
			1,056-1,065 b		70,49	99,13				73,06	93,78
			1,066-1,075 b	118,71		83,64	64,71	77,56	73,34	72,53	82,11
			1,076-1,085 ab	117,59	75,13		83,48	87,89	78,37		87,73
			> 1,095	101,55			81,46				
	8 Monate Lagerung B		Adretta ab b	Afra abc a	Gala c a	Granola abc b	Lolita c ab	Marabel bc ab	Nicola abc a	Renate a a	
			< 1,055								
1,056-1,065 a				63,86	83,86			83,61	91,29	110,68	
1,066-1,075 a					86,25	76,60	90,05	77,98	70,79	120,11	
1,076-1,085 a			102,89	106,44	77,86	92,16	43,66		100,14	91,77	
		> 1,095	104,80	82,50							

Tab. A105: Kalziumkonzentration [Einzelwert] (mg kg⁻¹ FM) nach fünf und acht Monaten Lagerung von Sorten geerntet 2007, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden, aber teilweise bei 4°C und 8°C gelagert worden sind

Jahr	Stadium	°C	Sorten							
			Adretta	Afra	Gala	Granola	Lolita	Marabel	Nicola	Renate
	Vorernte	4	/	/	/	/	/	/	/	/
	Ernte	4	/	/	/	/	/	/	/	/
2007	5 Monate Lagerung A	4 a	116,90 ab a	126,26 a a	66,78 b a	87,12 ab a	68,59 ab a	102,92 ab a	106,01 ab a	92,56 ab a
		8 a	117,80			84,70			103,74	82,08
	8 Monate Lagerung B	4 a	98,86 ab b	109,47 a a	93,20 ab a	82,36 ab a	70,25 b a	80,86 ab b	94,52 ab a	98,04 ab a
		8 a	98,40	97,72	72,90		78,49			

Tab. A106: Kalziumkonzentration [Einzelwerte] (mg kg⁻¹ FM) im Schalen- und Markgewebe teilweise nach der Vorernte und Ernte 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	°C	Sorten									
			Adretta	Afra	Gala	Granola	Lolita	Marabel	Nicola	Renate		
2006 A	Vorernte	Mark	/	/	/	/	/	/	/	/		
		Schale	/	/	/	/	/	/	/	/		
	Ernte	Mark	/	/	/	/	/	/	/	/		
		Schale	/	/	/	/	/	/	/	/		
	5 Monate Lagerung A	Mark	b	Adretta a 137,98	Afra a 141,05	Gala a 123,86	Granola a 152,45	Lolita a 137,43	Marabel a 143,22	Nicola a 108,82	Renate a 144,98	
		Schale	a	267,78	197,03	338,44	269,62	281,22	317,74	221,40	258,21	
		8 Monate Lagerung B	Mark	b	Adretta a 165,95	Afra a 124,82	Gala a 73,44	Granola a	Lolita a 95,39	Marabel a 128,83	Nicola a 117,20	Renate a 120,59
			Schale	a	191,61	305,19	209,48		155,66	266,48	218,69	252,98
	2007 B	Vorernte	Mark	b	Adretta a 122,28	Afra a 82,56	Gala a 71,79	Granola a 69,06	Lolita a 86,13	Marabel a 80,10	Nicola a 106,26	Renate a 101,21
			Schale	a	219,39	197,22	150,10	157,27	200,70	177,60	153,77	212,16
Ernte		Mark	b	Adretta a 89,34	Afra a 100,21	Gala a 121,15	Granola a 72,02	Lolita a 85,02	Marabel a 64,26	Nicola a 63,19	Renate a 86,21	
		Schale	a	185,49	167,35	156,84	100,35	130,71	115,28	180,46	227,22	
5 Monate Lagerung AB		Mark	b	Adretta a 233,29	Afra a 76,03	Gala a 77,22	Granola a 66,39	Lolita a 66,90	Marabel a 73,20	Nicola a 89,25	Renate a 89,68	
		Schale	a	77,10	176,00	163,92	183,23	124,47	158,17	161,82	218,97	
		8 Monate Lagerung B	Mark	b	Adretta a 86,11	Afra a 80,42	Gala a 52,21	Granola a 79,22	Lolita a 62,23	Marabel a 55,96	Nicola a 21,94	Renate a 69,41
			Schale	a	187,43	153,06	158,47	173,27	139,23	136,64	131,86	176,65

Tab. A107: Magnesiumkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x			
2005 C	Ernte		Adretta a a		Afra a a		Gala ab a		Granola b a		Lolita a a		Marabel b a		Nicola ab a		Renate ab a				
		< 1,055	c			100,42	17,53						109,28	2,59	108,14	16,95					
		1,056-1,065	bc	127,28	7,65	102,98	3,06	122,44	5,99	97,93	6,03			104,47	5,77	124,90	0,73	109,97	3,11		
		1,066-1,075	b	117,58	32,45	118,66	8,48	128,85	4,62	116,29	4,58	122,94	2,52	110,77	17,59	121,85	15,19	122,01	4,59		
		1,076-1,085	ab	118,09	11,42	141,05	8,47	134,81	3,57	102,95	9,80	130,53	3,27					118,19	7,43		
		1,086-1,095	a	145,80	4,72	130,18	5,71					128,25	3,14								
	> 1,095	ab			131,53	26,95															
	5 Monate Lagerung	B		Adretta a b		Afra b b		Gala b b		Granola b b		Lolita b b		Marabel b b		Nicola b b		Renate b b			
			< 1,055	a			55,68	9,79						54,29	1,45	61,02	0,11				
			1,056-1,065	a	80,63	8,18	60,27	6,71	69,19	2,50	68,49	4,10	62,13	3,50	62,29	7,55	55,58	4,02	57,75	6,92	
			1,066-1,075	a	81,15	1,90	63,59	4,32	66,92	8,66	67,25	5,19	61,93	7,18	62,19	1,33	60,27	5,14	64,66	2,70	
			1,076-1,085	a	89,58	6,29	75,51	5,29	80,44	4,55	61,95	3,24	61,95	6,47	70,19	9,38	68,46	3,11	71,04	2,58	
			1,086-1,095	a	94,47	2,20	81,13	4,97					68,21	5,13			62,07	8,83	60,69	7,39	
	> 1,095	a			67,43	1,39															
	8 Monate Lagerung	B		Adretta ab b		Afra ab b		Gala a b		Granola ab b		Lolita b b		Marabel ab b		Nicola ab b		Renate ab b			
			< 1,055	a			67,34	8,14						57,83	3,83						
			1,056-1,065	a	85,04	6,73	65,91	3,49	71,98	5,26	61,78	1,52	54,20	12,86	68,11	5,34	68,08	1,50	65,59	5,03	
			1,066-1,075	a	89,12	4,81	73,65	6,71	78,53	1,34	76,01	8,57	72,76	2,35	65,87	0,25	74,25	8,77	80,19	11,84	
1,076-1,085			a	80,98	14,15	79,71	0,57	88,96	9,92	65,84	6,60	82,03	4,94	76,88	2,34	76,64	4,61	71,78	3,56		
1,086-1,095			b	46,97	0,43	73,59	3,02					38,11	8,35								
> 1,095	a			82,07	11,45																

Tab. A108: Magnesiumkonzentration [Einzelwerte] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	Sorten									
2006 A	Vorernte	C		Adretta ab b	Afra a bc	Gala b a	Granola b b	Lolita ab ab	Marabel ab ab	Nicola b b	Renate ab ab	
			< 1,055	b			209,97		272,79	237,10	219,86	250,74
			1,056-1,065	ab		321,03	245,03	225,34	288,92	288,66	237,72	246,84
			1,066-1,075	ab	278,99	300,36			198,61	256,77		
			1,076-1,085	a		326,54						
			1,086-1,095									
			> 1,095									
	Ernte	B		Adretta a ab	Afra ab c	Gala abc a	Granola bc ab	Lolita abc ab	Marabel c b	Nicola abc ab	Renate c b	
			< 1,055	c			238,97		228,98			
			1,056-1,065	b			294,02	262,58	259,70	275,85	262,45	231,99
			1,066-1,075	bc		297,38	256,99	278,24		282,24	235,56	
			1,076-1,085	ab	397,73	301,67				288,59	239,00	
			1,086-1,095	a	336,10	314,75						
			> 1,095									
	5 Monate Lagerung	A		Adretta a a	Afra ab ab	Gala c a	Granola c b	Lolita bc a	Marabel abc a	Nicola abc a	Renate abc a	
			< 1,055	a			237,13					
			1,056-1,065	a			192,41	231,99	231,05	279,79	250,36	276,35
			1,066-1,075	a			285,39		305,91	310,54	299,54	315,63
1,076-1,085			a	517,84	330,99					330,87	312,26	
1,086-1,095			a	337,69	330,20							
		> 1,095										
8 Monate Lagerung	AB		Adretta a ab	Afra a a	Gala bc a	Granola ab a	Lolita c b	Marabel bc b	Nicola ab a	Renate abc ab		
		< 1,055	c									
		1,056-1,065	c			231,44	293,99	223,38	251,67	313,94	325,90	
		1,066-1,075	bc			230,00	288,55	191,42	258,66	280,29	279,76	
		1,076-1,085	ab	332,63	323,56		319,75		251,47	296,20	246,39	
		1,086-1,095	a	402,70	359,17							
		> 1,095	412,21	432,20								

Tab. A109: Magnesiumkonzentration [Einzelwerte] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vorernte und Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	Sorten							
2007 B	Vorernte		Adretta a a	Afra ab a	Gala b c	Granola bc a	Lolita c a	Marabel bc a	Nicola bc b	Renate ab a
		< 1,055 a			203,18	194,04		224,12	207,28	
		1,056-1,065 a	262,27		210,19	193,28		191,41	197,72	248,19
		1,066-1,075 a	274,87	243,04		228,52	190,18			238,02
		1,076-1,085 a	258,40	269,60						
		1,086-1,095 > 1,095								
	Ernte		Adretta a a	Afra ab a	Gala ab a	Granola bc a	Lolita abc a	Marabel c a	Nicola bc ab	Renate bc b
		< 1,055 a						202,58		
		1,056-1,065 a			211,20	197,07		196,99	216,29	199,94
		1,066-1,075 a	263,52		245,24	196,95	214,65	191,39	204,06	223,97
		1,076-1,085 a	248,77	220,02		229,50	214,17		209,35	208,80
		1,086-1,095 a > 1,095	296,18	278,91						
	5 Monate Lagerung		Adretta a b	Afra a a	Gala ab a	Granola b b	Lolita a a	Marabel ab a	Nicola a ab	Renate a a
		< 1,055								
		1,056-1,065 a			212,80	175,71			221,16	226,78
		1,066-1,075 a			229,05	178,57	185,70	189,48	200,85	235,80
		1,076-1,085 a	249,30	235,08		167,99	256,17	249,15		247,20
		1,086-1,095 a > 1,095	224,77	234,37			231,29			
8 Monate Lagerung		Adretta ab b	Afra a a	Gala ab a	Granola c b	Lolita ab a	Marabel bc a	Nicola a a	Renate ab ab	
	< 1,055 a									
	1,056-1,065 a			192,43	191,29		215,41	218,76	257,06	
	1,066-1,075 a			256,08	177,38	224,26	187,27	215,64	222,90	
	1,076-1,085 a	230,03	272,93	244,84	168,54	234,30		240,16	218,89	
	1,086-1,095 a > 1,095	241,05	237,15							

Tab. A110: Magnesiumkonzentration [Einzelwert] (mg kg⁻¹ FM) nach fünf und acht Monaten Lagerung von Sorten geerntet 2007, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden, aber teilweise bei 4°C und 8°C gelagert worden sind

Jahr	Stadium	°C	Sorten							
			Adretta	Afra	Gala	Granola	Lolita	Marabel	Nicola	Renate
	Vorernte	4	/	/	/	/	/	/	/	/
	Ernte	4	/	/	/	/	/	/	/	/
2007	5 Monate Lagerung A	4 b	262,85 ab a	280,74 a a	219,37 ab b	173,34 b b	213,60 ab a	223,14 ab a	267,94 ab a	199,29 ab b
		8 a	258,50			243,50			239,22	260,83
	8 Monate Lagerung B	4 b	255,29 a b	207,96 ab b	240,46 ab a	176,53 b a	187,32 ab b	193,49 ab b	189,91 ab b	220,89 ab a
		8 a	256,29	207,96 ab	240,83		230,62			

Tab. A111: Magnesiumkonzentration [Einzelwerte] (mg kg⁻¹ FM) im Schalen- und Markgewebe teilweise nach der Vorernte und Ernte 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	°C	Sorten								
			Adretta	Afra	Gala	Granola	Lolita	Marabel	Nicola	Renate	
2006 A	Vorernte	Mark	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Schale	/	/	/	/	/	/	/	/	
	Ernte	Mark	/	/	/	/	/	/	/	/	
		Schale	/	/	/	/	/	/	/	/	
	5 Monate Lagerung A	Mark b	Adretta ab b 309,31	Afra ab a 295,22	Gala ab a 258,49	Granola b 262,27	Lolita ab a 279,76	Marabel a a 285,66	Nicola ab a 256,01	Renate ab a 280,24	
		Schale a	281,74	289,55	451,00	272,33	275,13	331,27	291,17	328,98	
	8 Monate Lagerung A	Mark a	Adretta a a 371,59	Afra a a 489,44	Gala ab a 251,56	Granola /	Lolita b a 235,69	Marabel ab a 341,42	Nicola ab a 289,28	Renate a a 305,55	
		Schale a	355,81	275,91	301,38	/	228,14	267,91	284,06	379,30	
	2007 B	Vorernte	Mark a	Adretta a a 284,00	Afra a a 253,74	Gala a ab 242,12	Granola b a 174,75	Lolita a a 244,40	Marabel a a 221,85	Nicola a a 242,53	Renate a a 243,89
			Schale a	258,84	279,94	277,00	174,51	238,79	225,86	225,77	281,55
		Ernte	Mark a	Adretta abc a 228,72	Afra ab a 234,78	Gala a a 285,97	Granola c a 213,35	Lolita bc b 205,66	Marabel bc a 200,97	Nicola abc ab 309,26	Renate a a 310,92
			Schale b	247,98	271,66	236,92	178,02	190,69	195,91	161,30	204,33
5 Monate Lagerung BC		Mark b	Adretta a a 285,62	Afra ab a 224,88	Gala ab b 192,46	Granola b a 189,66	Lolita ab ab 231,52	Marabel ab a 207,00	Nicola b ab 192,74	Renate ab a 198,49	
		Schale a	249,27	243,54	247,13	231,16	196,95	240,63	226,51	248,94	
8 Monate Lagerung C		Mark b	Adretta ab a 237,48	Afra ab a 242,47	Gala ab ab 196,84	Granola c a 143,26	Lolita abc b 170,67	Marabel abc a 190,52	Nicola bc b 172,83	Renate a a 206,73	
		Schale a	229,65	227,19	266,06	196,99	218,40	233,44	200,96	275,20	

Tab. A112: Kaliumkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x				
2005 B	Ernte	C			Adretta ab b	Afra a a	Gala ab b	Granola bc b	Lolita c b	Marabel abc a	Nicola ab a	Renate bc b								
			< 1,055	a			4083,09	412,68			4591,42	474,45	3310,01	584,15						
			1,056-1,065	a	4006,51	494,98	3810,64	315,51	3901,00	197,10	3209,97	525,02			3260,30	562,50	4349,12	833,53	3215,12	382,48
			1,066-1,075	a	4177,40	566,47	4396,07	635,13	4406,94	1044,58	3770,80	426,47	3410,89	390,92	3757,25	74,93	3976,52	46,04	3917,81	328,68
			1,076-1,085	a	3610,85	499,25	4412,59	555,37	3173,75	20,57	3734,62	103,21	2774,61	496,38					3926,10	89,45
			1,086-1,095	a	4478,10	104,21	4301,25	512,49					3574,07	245,35						
	> 1,095				4360,52	908,30														
	5 Monate Lagerung	B			Adretta ab a	Afra abc a	Gala a a	Granola cd a	Lolita d a	Marabel cd a	Nicola d a	Renate bcd a								
			< 1,055	a			4770,94	556,56			3975,05	49,73	3986,56	169,02						
			1,056-1,065	a	5004,79	699,53	4364,80	229,33	5366,62	72,67	4143,57	92,48	3955,80	334,03	4118,09	42,69	3856,53	105,57	4229,09	287,06
			1,066-1,075	a	4684,94	260,98	4661,18	121,87	5033,30	684,13	4378,82	257,88	3969,52	88,35	4177,74	156,21	4050,13	83,61	4215,38	45,87
			1,076-1,085	a	5136,94	394,47	4636,00	54,71	4649,86	153,88	4162,39	161,95	3639,01	489,93	4289,92	93,16	4110,77	175,98	4649,00	59,13
			1,086-1,095	a	4808,07	162,92	4741,06	48,75					3830,26	157,86			3911,22	252,79	4429,19	242,81
	> 1,095				4553,16	291,51														
	8 Monate Lagerung	A			Adretta a a	Afra ab a	Gala bc b	Granola bc a	Lolita bc a	Marabel c a	Nicola a a	Renate bc ab								
			< 1,055	b			3706,04	174,36			3587,18	311,50								
			1,056-1,065	ab	4240,39	123,66	4196,70	89,86	3985,44	205,39	3944,63	207,61	3775,41	92,96	3894,15	126,37	4009,66	87,80	3794,95	86,89
			1,066-1,075	ab	4697,01	199,57	4632,23	130,88	4429,59	144,17	4022,67	205,70	3829,76	146,89	3747,91	119,69	4061,37	118,94	4176,43	55,23
1,076-1,085			a	5131,97	733,69	4530,39	242,78	4390,85	258,40	4179,61	71,85	3947,69	177,67	4131,33	174,78	4598,31	677,39	4287,70	331,08	
1,086-1,095			a	4724,21	207,45	4344,38	220,66					4369,92	969,56							
> 1,095	ab			4341,11	587,48															

Tab. A113: Kaliumkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vor-
ernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2006 A	Vorernte	AB	Adretta a ab		Afra a a		Gala a b		Granola a b		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a b			
			< 1,055	b			3814,30	492,86			5382,14	535,25	3993,54	269,81	3690,70	780,64	3801,98	670,32		
			1,056-1,065	ab			3896,96	820,61	4165,45	240,90	3563,32	848,67	5166,51	390,19	5389,58	832,55	4792,69	95,45	3927,68	436,97
			1,066-1,075	ab	4234,22	927,20	4804,97	113,98					3872,51	197,90	4655,80	139,69				
			1,076-1,085	a			5337,48	162,21												
			1,086-1,095																	
			> 1,095																	
	Ernte	B	Adretta ab b		Afra a a		Gala ab b		Granola ab b		Lolita ab a		Marabel ab a		Nicola ab a		Renate b b			
			< 1,055	a			4011,33	195,28			4058,84	197,59	4139,11	252,42	4364,86	120,17	3842,98	145,84		
			1,056-1,065	a	4392,70	137,57			4406,86	82,09	4305,15	303,04	4033,37	97,50	4139,11	252,42	4364,86	120,17	3842,98	145,84
			1,066-1,075	a	4272,86	73,45	4852,27	49,90	4415,60	32,53	4359,60	118,85	4152,65	198,12	4004,65	557,14	4457,99	182,74	3624,76	109,01
			1,076-1,085	a	4780,90	103,31	4490,89	242,79			4536,91	291,86	4105,71	70,07	4267,43	465,65	4898,02	374,21	3818,57	215,41
			1,086-1,095	a	4594,66	134,97	5370,72	840,34												
			> 1,095	a	4695,50	96,23														
	5 Monate Lagerung	A	Adretta a ab		Afra ab a		Gala ab a		Granola b ab		Lolita b a		Marabel b a		Nicola ab a		Renate ab a			
			< 1,055	a			4488,64		4266,99	321,01	4171,49									
			1,056-1,065	b			4479,17	260,25	4937,60	121,00	4178,76	75,32	3960,79	371,18	4384,19	177,26	5097,95	1529,33	4436,69	38,77
			1,066-1,075	b	4768,74	432,22	4831,66	354,58	4614,98	107,59	4311,56	381,75	4133,90	157,78	4322,35	321,76	4704,74	558,93	4811,82	89,79
			1,076-1,085	a	6944,21	2500,28	5334,31	646,63	4969,69	218,73	4693,52	104,47	4455,33	222,86	4380,26	162,43	4800,75	214,22	5054,35	681,80
			1,086-1,095	ab	4494,72	42,14	4874,49	32,42											4969,25	88,38
		> 1,095	ab	4903,94	237,42															
8 Monate Lagerung	A	Adretta a a		Afra a a		Gala a ab		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a				
		< 1,055	a			4179,42	303,46													
		1,056-1,065	a			4579,80	135,96	4772,05	615,41	3765,23	487,54	4087,37	260,85	4823,86	434,12	4486,97	213,69			
		1,066-1,075	a	5011,92	102,40	4363,54	237,07	5092,52	317,11	4660,47	132,47	5468,07	2676,64	5021,82	922,74	4627,68	643,78	4430,36	287,55	
		1,076-1,085	a	5001,62	236,41	4894,79	101,71			4903,48	77,69	4464,25	220,35	4439,45	504,80	4893,92	161,06	4699,07	123,75	
		1,086-1,095	a	5411,41	120,79	5070,72	158,15							4406,90	113,33			5024,62	8,47	
		> 1,095	a	5009,16	85,24	4743,55	255,30													

Tab. A114: Kaliumkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Vor-
ernte und Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2007 B	Vorernte	A	Adretta a a		Afra ab a		Gala bc a		Granola bc a		Lolita c b		Marabel bc ab		Nicola bc a		Renate bc b			
			< 1,055	c			3702,48	107,91	4667,75	1154,55	3912,03	214,55	4130,40	127,98			3818,57	221,80		
			1,056-1,065	b	5083,36	130,18	4771,65	122,03	4495,13	606,21	3943,55	213,62	3880,02	53,30	3674,79	223,20	3659,33	422,18	4032,44	297,47
			1,066-1,075	b	3695,02	2436,62	4915,32	139,77	4075,35	294,05	3906,14	84,32	3891,63	277,39	4332,71	171,63	4412,00	237,59	4421,82	1031,65
			1,076-1,085	ab	5839,08	148,03	5275,29	275,77					3863,87	88,67			3947,47	41,01	4157,20	26,03
			1,086-1,095	a	7239,54	228,00	5066,28	219,27									4365,63	386,14		
				> 1,095																
	Ernte	B	Adretta ab b		Afra abc b		Gala a a		Granola cd b		Lolita cd c		Marabel bcd b		Nicola d b		Renate cd b			
			< 1,055	ab			4237,21	278,19					3708,13	436,24						
			1,056-1,065	b			4140,66	85,84	3626,18		3511,30	185,62	3272,32	330,59	3230,54			3221,02		
			1,066-1,075	b	3759,95				4291,12	296,23	3502,64		3179,51	272,17	3658,78	226,80	3173,33		3694,03	
			1,076-1,085	b	3665,83		3480,67		4390,64	298,73	3251,24		3469,39	149,59	3676,33	76,67	3244,60		3370,58	
			1,086-1,095	a	4675,10		4310,61													
				> 1,095																
	5 Monate Lagerung	A	Adretta bcd b		Afra ab b		Gala bcd a		Granola d ab		Lolita a a		Marabel bcd a		Nicola cd a		Renate bc ab			
			< 1,055	a			3992,81	191,22												
			1,056-1,065	a			4119,17	103,78	3804,35	113,86	5721,79	81,20	3783,17	186,06	4181,31	144,12	4084,32	76,97		
			1,066-1,075	a	4113,42	256,65	4485,18	170,04	4182,43	215,63	3966,96	183,76	4052,11	17,43	3925,52	85,84	3726,47	323,00	4322,45	61,16
			1,076-1,085	a	4302,79	62,18	4269,67	372,53	4179,59	30,83	3553,54	477,19	5101,84	407,69	4933,95	219,79	3853,26	227,18	4147,75	353,77
			1,086-1,095	a	4197,01	40,27	4184,97	95,46			3929,07	156,40	4222,12	289,39			4046,50	233,18	4733,86	287,98
			> 1,095	a	4351,62	224,54	4658,65	161,81												
8 Monate Lagerung	A	Adretta ab ab		Afra ab ab		Gala abc a		Granola cd a		Lolita d ab		Marabel bcd a		Nicola bcd a		Renate a a				
		< 1,055	a			4364,51	63,40	3910,95	253,11											
		1,056-1,065	a	4571,07	269,19			4144,89	103,77	3979,31	49,98	3687,47	73,06	3913,67	530,42	4254,01	119,87	5202,64	375,76	
		1,066-1,075	a	4485,04	698,95	4271,56	278,39	4670,49	268,40	4089,99	91,89	3950,55	229,58	4066,75	110,20	4213,64	43,36	4393,36	268,60	
		1,076-1,085	a	4449,65	208,30	4613,64	567,65	4440,42	336,97	4046,81	203,92	4080,62	128,93	4560,07	213,62	4370,92	137,31	4561,83	107,90	
		1,086-1,095	a	4190,29	106,22	4654,60	69,21					4033,14	210,41			4274,51	263,72	4587,13	127,18	
			> 1,095	a	4863,62	410,33	4805,17	71,83						4210,71						

Tab. A115: Kaliumkonzentration [Einzelwerte] (mg kg⁻¹ FM) nach fünf und acht Monaten Lagerung von Sorten geerntet 2007, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden, aber teilweise bei 4°C und 8°C gelagert worden sind

Jahr	Stadium	°C	Sorten							
			Adretta	Afra	Gala	Granola	Lolita	Marabel	Nicola	Renate
	Vorernte	4	/	/	/	/	/	/	/	/
	Ernte	4	/	/	/	/	/	/	/	/
2007	5 Monate Lagerung A	4 b	3616,54 ab b	3935,04 ab a	3565,23 ab b	2905,75 ab b	3326,79 ab a	3664,58 ab a	3966,59 a a	2856,78 b b
		8 a	3723,64			3642,18			3789,23	3831,16
	8 Monate Lagerung B	4 a	3655,22 ab a	3087,65 ab b	3714,88 a a	3217,61 ab a	2579,84 b b	3468,14 ab b	2909,09 ab b	3210,78 ab a
		8 a	3547,64	3607,46	3794,90		3058,71			

Tab. A116: Kaliumkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standartabweichung (σ_x)] (mg kg⁻¹ FM) im Schalen- und Markgewebe teilweise nach der Vorernte und Ernte 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	
2006 A	Vorernte	Mark	Adretta		Afra		Gala		Granola		Lolita		Marabel		Nicola		Renate		
			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
		Schale	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			Adretta		Afra		Gala		Granola		Lolita		Marabel		Nicola		Renate		
	Ernte	Mark	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	5 Monate Lagerung A	Mark b	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
			40080,63	3874,25	35326,93		42720,47	390,44	39603,12	1395,07	40365,21	2783,83	37712,81	112,24	38174,35	1148,76	43720,06	1213,92	
		Schale a	59433,17	1339,29	56974,07	2140,54	62191,44	822,35	54927,01	754,78	52761,52	1481,63	60886,34	2418,68	66046,75	1758,95	59929,34	883,71	
			Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
	8 Monate Lagerung A	Mark b	44963,96	989,68	43524,10		40950,89	2458,51	39959,55	2514,42	36019,27	878,14	51523,44	9165,75	40328,99	2001,28	38574,57	231,75	
			61980,26	1882,81	64197,65	721,51	64785,81	5624,96	49948,51	955,99	56578,83	3231,20	49821,98	9127,02	70717,77	1855,93	54628,45	2331,97	
2007 B	Vorernte	Mark b	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
			37464,60	23876,95	47627,10	4750,68	39114,74	2729,06	42630,97	3941,87	34784,40	7023,14	39600,38	2080,29	37361,50	2875,89	41649,61	2655,17	
		Schale a	56583,97	1775,65	56118,33	1594,45	49798,79	250,39	54171,43	549,08	43532,95	1257,91	55866,11	2951,49	53859,05	1734,45	49467,09	1978,52	
			Adretta b b		Afra b b		Gala a a		Granola b b		Lolita a a		Marabel a a		Nicola b b		Renate b b		
	Ernte	Mark b	3426,07		3575,87		38992,13	3623,34	3536,75		32191,00	1325,46	37634,24	1351,13	2560,99		3335,05		
			4221,87		5093,74		44343,44	2718,48	3475,35		39674,14	2616,75	45784,07	1913,91	5462,52		5270,04		
	5 Monate Lagerung A	Mark b	Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
			35113,81	2859,40	40882,64	776,63	35271,94	1552,07	41202,04	3776,95	37160,19	2958,35	41237,04	981,47	33960,82	1588,95	37064,53	1415,40	
		Schale a	60404,16	8257,66	57848,07	3082,47	59322,54	2583,97	51977,86	4545,45	31333,95	3282,78	61590,04	3362,57	58115,99	3164,38	54540,40	955,67	
			Adretta a a		Afra a a		Gala a a		Granola a a		Lolita a a		Marabel a a		Nicola a a		Renate a a		
	8 Monate Lagerung A	Mark b	42301,95	2660,67	58825,70	23620,92	37548,03	944,84	37671,43	2750,49	31979,51	2708,72	36852,26	2170,54	33444,51	3118,66	40503,91	2003,05	
			56538,89	1808,60	37611,34	16492,63	56912,44	1723,85	52730,80	859,55	54474,54	2855,97	56979,04	2868,05	60691,41	2972,56	62091,06	3982,68	

Tab. A117: Phosphorkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2005 B	Ernte	A	Adretta bcd a			Afra a a		Gala d a		Granola cd a		Lolita cd a		Marabel d a		Nicola bc a		Renate b a		
			< 1,055	a			337,74	8,62					354,39	18,59	453,72	26,99				
			1,056-1,065	a	559,12	97,76	619,96	15,47	294,47	12,58	339,84	73,09			306,82	36,79	454,15	45,98	512,82	12,53
			1,066-1,075	a	446,05	63,86	596,37	11,05	266,08	16,01	349,66	50,90	426,21	37,77	260,14	10,62	363,44	103,14	473,72	89,40
			1,076-1,085	a	249,32	57,12	617,17	17,08	291,04	16,22	271,80	55,00	267,22	15,45					321,65	32,18
			1,086-1,095	a	261,07	10,23	524,15	52,12					294,32	36,67						
	> 1,095	a			478,31	117,63														
	5 Monate Lagerung	B	Adretta cd b			Afra a b		Gala cd a		Granola d b		Lolita d b		Marabel d b		Nicola bc b		Renate ab ab		
			< 1,055	a			314,73	46,33					257,36	13,89	306,17	38,61				
			1,056-1,065	a	331,05	196,19	532,09	34,65	299,40	26,78	208,35	17,81	288,79	22,02	212,83	6,36	358,59	53,16	444,09	66,86
			1,066-1,075	a	337,29	52,68	499,95	38,31	220,52	44,19	204,24	19,19	263,48	32,09	183,17	45,09	372,17	51,91	353,33	47,95
			1,076-1,085	a	295,69	71,80	497,67	29,96	261,44	13,55	174,58	14,48	190,23	42,32	144,32	41,32	320,47	37,75	380,16	23,31
			1,086-1,095	a	205,14	30,25	371,56	13,32					168,90	33,52			314,93	22,81	358,38	19,77
	> 1,095	a			318,28	29,99														
	8 Monate Lagerung	B	Adretta a a			Afra a a		Gala bcd a		Granola bcd ab		Lolita cd b		Marabel d b		Nicola abc b		Renate ab b		
			< 1,055	a					359,41	33,54				234,15	69,96					
			1,056-1,065	a	379,89	10,37	465,02	30,70	264,57	4,24	273,35	44,51	312,51	14,58	240,03	20,13	388,11	31,39	351,48	19,83
			1,066-1,075	a	445,71	44,52	533,00	36,38	249,58	33,48	247,52	18,70	263,79	21,89	166,09	9,69	316,43	29,36	379,29	31,59
1,076-1,085			a	354,04	7,12	455,72	23,05	193,70	12,56	239,03	25,01	200,62	43,03	183,55	17,97	319,75	4,75	313,10	46,65	
1,086-1,095			a	298,06	27,28	349,79	18,37					202,20	33,42							
> 1,095	a			355,35	51,45															

Tab. A118: Phosphorkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
			Adretta ab c		Afra ab b		Gala ab a		Granola a b		Lolita ab a		Marabel b a		Nicola ab ab	Renate ab b		
		< 1,055 a				383,96	33,02					368,71	79,60					
		1,056-1,065 a	345,28	53,75			409,10	28,22	457,45	35,27	376,22	37,19	306,57	46,81	417,76	31,66	414,88	37,84
	Ernte	1,066-1,075 a	384,29	11,06	347,15	17,60	384,23	11,62	469,47	7,56	315,56	34,59	288,31	18,11	420,88	12,98	380,46	41,84
		1,076-1,085 a	346,03	24,00	329,34	20,67			419,00	40,92	333,34	23,15	341,71	41,28	437,16	15,67	363,23	38,77
		1,086-1,095 a	343,16	30,24	389,81	58,19												
		> 1,095 a	346,44	7,89														
			Adretta abc b		Afra ab a		Gala abc a		Granola a a		Lolita c a		Marabel bc a		Nicola ab a	Renate a a		
		< 1,055 a				432,86	8,88					394,49	7,10					
		1,056-1,065 a				524,87	88,72	547,22	89,65	427,46	92,20	378,17	28,77	466,40	60,64	509,60	32,70	
2006 A	5 Monate Lagerung	1,066-1,075 a	492,82	97,08	442,42	43,00	435,51	47,83	539,56	69,69	284,50	39,33	349,40	47,15	497,93	37,22	553,68	102,20
		1,076-1,085 a	535,11	142,74	470,64	16,09	443,85	40,08	569,94	109,04	353,64	24,80			480,10	21,99	478,27	57,38
		1,086-1,095 a	373,91	9,88	477,00	29,68											488,61	49,29
		> 1,095 a	451,46	73,41	501,92	75,34												
			Adretta a a		Afra ab a		Gala c a		Granola bc b		Lolita c a		Marabel c a		Nicola c b	Renate c b		
		< 1,055 c				303,95	40,81											
		1,056-1,065 c				313,09	44,65	389,65	197,50	408,80	45,29	411,03	42,39	349,23	26,71	263,04	38,17	
	8 Monate Lagerung	1,066-1,075 bc	580,09	74,56	288,76	17,66	541,36	74,07	353,07	38,96	366,50	24,94	301,58	9,24	309,50	54,44	335,81	32,82
		1,076-1,085 bc	544,02	75,59	607,44	58,02			535,90	50,49	395,85	54,19	340,69	53,37	399,53	48,76	282,95	23,36
		1,086-1,095 a	739,80	188,67	631,02	36,95						490,07	40,37				428,33	25,96
		> 1,095 ab	458,70	68,02	540,22	67,93												

Tab. A119: Phosphorkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mg kg⁻¹ FM) bei Sorten und Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) nach der Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2007 B	Vorernte	B	Adretta bc ab		Afra a a		Gala b a		Granola ab a		Lolita c b		Marabel bc a		Nicola bc ab		Renate bc b			
			< 1,055	ab			381,47	56,07	324,31	15,40	210,04	86,59	355,34	67,43	391,57	10,09	365,14	39,39		
			1,056-1,065	ab	343,60	21,79	478,20	18,89	365,34	13,81	380,66	34,33	112,35	97,72	281,59	48,80	300,71	47,19	251,79	25,03
			1,066-1,075	ab	315,46	49,94	449,48	18,95	326,24	9,38	374,12	12,03	206,06	115,99	303,54	31,22	348,77	139,59	299,28	99,41
			1,076-1,085	b	290,25	33,49	415,49	17,00					147,05	8,61			169,48	12,72	247,25	59,42
					422,45	8,73														
					> 1,095															
	Ernte	B	Adretta c b		Afra bc b		Gala a a		Granola bc b		Lolita bc ab		Marabel a a		Nicola bc b		Renate ab ab			
			< 1,055	a									361,03	40,78						
			1,056-1,065	b	157,78	21,24			358,82	17,54	268,71	40,78	182,07	16,04	283,83	33,55	254,54	51,15	334,54	33,20
			1,066-1,075	ab	174,27	9,56	191,17	11,48	380,72	12,80	269,28	46,05	269,66	13,12	404,33	93,55	246,17	48,64	267,89	31,66
			1,076-1,085	ab	171,39	41,62	252,71	22,98	367,06	30,13	249,52	55,22	299,14	25,12	355,24	43,37	237,88	26,35		
					232,15	153,02	282,86	17,53												
					> 1,095															
	5 Monate Lagerung	A	Adretta ab a		Afra a a		Gala bc a		Granola abc a		Lolita c a		Marabel bc a		Nicola abc a		Renate ab a			
			< 1,055	ab			306,51	16,66							405,11	2,91				
			1,056-1,065	b			330,90	19,31	270,04	18,76	319,67	17,53	207,01	180,57	349,94	34,69	393,34	101,19		
			1,066-1,075	ab	364,83	64,07	419,24	25,85	365,58	2,49	431,22	43,90	252,59	29,45	339,24	51,53	337,90	10,73	370,49	24,32
			1,076-1,085	a	394,32	93,87	429,34	37,47	409,92	57,59	359,85	51,56	320,89	20,26	374,69	22,04	370,31	26,64	367,19	2,57
					422,07	38,58	386,68	29,70		69,80							401,63	23,47		
				> 1,095	a	363,89	20,50	525,11	127,83											
8 Monate Lagerung	A	Adretta b a		Afra a a		Gala bc a		Granola ab a		Lolita c a		Marabel b a		Nicola ab a		Renate bc ab				
		< 1,055	a			367,82	60,98	376,49	26,12											
		1,056-1,065	a	385,08	23,64			286,54	28,82	417,78	37,82	243,45	38,14	344,78	57,58	451,55	60,40	333,61	109,86	
		1,066-1,075	a	349,36	71,53	499,51	42,78	399,17	48,51	340,73	21,76	269,85	33,88	328,98	24,23	464,55	131,28	331,75	44,13	
		1,076-1,085	a	363,34	18,79	455,97	8,45	323,80	11,39	425,71	52,88	264,99	27,58	417,18	21,26	375,79	5,56	374,25	31,79	
				341,44	18,84	451,74	85,58			314,90	52,03			382,36	31,22	355,72	36,85			
				> 1,095	a	383,03	40,06	438,13	62,71											

Tab. A120: Phosphorkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mg kg⁻¹ FM) nach der Vorernte und Ernte und nach fünf und acht Monaten Lagerung von Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden aber teilweise bei 4°C und 8°C gelagert worden sind

Jahr	Stadium	°C	Adretta		Afra		Gala		Granola		Lolita		Marabel		Nicola		Renate			
			\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2007	Vorernte	A	4	323,47 a a	27,89	377,85 a a	21,29	417,00 a a	79,28	400,13 a a	60,62	253,59 a a	72,03	305,31 a a	47,11	389,15 a a	21,29	296,13 a a	97,19	
	Ernte	B	4	286,17 a a	63,79	177,02 a a	34,02	260,55 a a	22,50	274,14 a a	57,28	294,48 a a	13,71	321,52 a a	36,32	229,22 a a	30,24	239,21 a a	96,43	
	5 Monate Lagerung	A	4	a	337,59 a a	8,78	488,98 a a	62,00	407,95 a a	40,56	342,24 a a	95,00	304,25 a a	26,13	374,57 a a	15,49	369,47 a a	92,01	340,27 a a	34,46
			8	a	353,34	8,69					304,97	40,99						407,86	69,32	423,34
	8 Monate Lagerung	A	4	a	333,81 a a	54,33	478,42 a a	71,85	356,73 a a	4,11	443,38 a a	32,84	328,60 a a	70,09	347,22 a a	23,34	267,82 a a	27,15	347,81 a a	65,74
			8	a	374,81	22,68	355,02	161,88	358,39	13,51			318,59	80,13						

Tab. A121: Phosphorkonzentration [Mittelwert (\bar{x}) und Standardabweichung (σ_x)] (mg kg⁻¹ FM) im Schalen- und Markgewebe teilweise nach der Vorernte und Ernte 2006 und 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung der Sorten, deren Knollen nicht nach spezifischen Dichten getrennt wurden

Jahr	Stadium	Gewebe	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x	\bar{x}	σ_x		
2006 A	Vorernte	Mark	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
		Schale	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
	Ernte	B	Mark a	377,07	42,91	323,32	38,63	349,79	47,48	530,83	39,39	313,14	39,02	307,09	39,24	437,85	110,20	487,52	45,08	
			Schale b	476,39	58,21	248,77	8,16	274,18	2,20	340,56	16,48	258,40	11,82	307,59	17,80	474,43	34,28	414,08	8,69	
	5 Monate Lagerung	A	Mark a	520,26	213,50	427,08	39,15	501,86	46,54	516,44	17,07	409,86	22,30	318,30	64,79	399,43	39,82	551,12	67,97	
			Schale b	333,14	21,40	336,47	19,76	396,44	66,33	347,49	16,68	352,58	12,09	369,12	19,41	445,71	107,64	453,55	62,57	
	8 Monate Lagerung	B	Mark a	432,14	15,03	439,06	55,89	363,91	74,31	450,05	21,94	261,69	56,47	411,92	131,57	381,51	40,77	375,19	39,83	
			Schale b	338,53	24,29	330,44	6,95	301,17	22,41	285,19	11,32	306,74	27,78	305,93	47,43	438,43	24,09	356,91	24,21	
	2007 B	Vorernte	B	Mark a	409,80	87,85	453,57	21,58	373,74	30,63	322,37	10,39	197,51	27,42	343,03	38,44	356,20	54,29	333,23	50,77
				Schale b	276,63	56,06	364,48	21,20	296,45	4,07	290,56	28,47	133,01	15,50	337,98	2,52	344,25	13,51	272,12	40,42
		Ernte	C	Mark a	163,86	10,41	404,89	81,39	294,38	41,05	256,52	13,79	269,99	15,36	343,19	15,16	225,44	25,09	176,28	36,89
				Schale b	142,70	16,35	152,27	1,74	245,32	2,75	186,89	27,32	184,84	53,01	387,00	69,70	211,25	20,05	268,51	10,24
5 Monate Lagerung		AB	Mark a	343,67	4,44	460,00	14,94	361,02	21,59	399,03	36,39	308,34	3,76	381,27	9,76	389,88	9,42	362,87	31,21	
			Schale b	293,76	33,75	328,91	18,26	251,33	8,44	389,41	18,98	302,89	24,58	335,74	57,84	281,65	14,69	319,47	21,19	
8 Monate Lagerung		A	Mark a	364,59	13,90	474,18	51,66	337,01	43,96	447,26	17,12	270,47	23,72	363,07	47,99	274,01	128,72	424,60	70,37	
			Schale a	363,37	61,96	340,43	86,93	287,45	14,84	291,32	87,40	228,17	110,65	413,86	23,78	381,83	43,37	405,11	52,59	

Tab. A122: Wetterdaten während der Vegetationsperioden in 2005, 2006 und 2007 im Vergleich zu deren zehnjährigen Mittel von 1994 bis 2004 [Anzahl der Stunden Sonnenschein (SStd.) in einer Kalenderwoche (KW), Summe der Stunden Sonnenschein eines Monats (Σ SStd) im Kreis Soltau, durchschnittliche Temperatur in einer Kalenderwoche ($^{\circ}\text{C}$); durchschnittliche Temperatur eines Monats ($\overline{C_{\mathcal{X}}}$), Niederschlagessumme (Σ mm) inklusive Beregung (*kursiv*) eines Monats in Dethlingen] und ausgewählte phänologische Entwicklungsstadien der Knollen, gekennzeichnet durch eine zweistellige BBCH-Codierung (Meier 2001) in denen u.a die Krautabtötung (BBCH 48) und Ernte der Knollen (BBCH 99) als Vorernte (VE) und Ernte (HE) erfolgte

Vegetationsperiode		2005						2006						2007						1994 – 2004 $\overline{\mathcal{X}}$		
KW	Monat	BBCH	SStd.	Σ SStd.	$^{\circ}\text{C}$	$\overline{C_{\mathcal{X}}}$	Σ mm	BBCH	SStd.	Σ SStd.	$^{\circ}\text{C}$	$\overline{C_{\mathcal{X}}}$	Σ mm	BBCH	SStd.	Σ SStd.	$^{\circ}\text{C}$	$\overline{C_{\mathcal{X}}}$	Σ mm	Σ SStd.	$\overline{C_{\mathcal{X}}}$	Σ mm
13	März												77,0	0	76,6	76,6	9,7	9,7	92,5	108,9	4,4	65,8
14	April	0	31,2		7,6		51,0		25,9		4,8				37,1		7,8					
15	April		40,5		11,9				15,7		6,4				51,7		13,3					
16	April	9	58,4		7,3			0	19,5		9,7			9	56,4		9,1		7,5			
17	April		37,4	167,5	12,5	9,8	36,5	9	39,6	100,7	10,3	7,8	84,0	10	74,4	296,1	15,7	11,5	22,5	159,3	8,5	51,3
18	Mai		31,8		10,7			10	76,1		15,8				90,5		13,7					
19	Mai		33,8		8,9				76,7		15,2				22,6		12,3					
20	Mai	40	39,9		12,1			40	28,8		13,6			40	50,9		13,1		104,5			
21	Mai		57,9	163,4	19,0	12,7	108,0		24,3	205,9	11,4	14,0	91,0		49,3	213,3	18,7	14,5		199,6	13,0	58,5
22	Juni		25,6		13,1				27,2		10,3				32,0		14,9					
23	Juni	41	44,6		11,5			41	79,1		15,8			41	61,4		21,8					
24	Juni		74,2		17,2				61,7		19,2				50,2		19,7					
25	Juni		76,5	220,9	19,7	15,4			49,7	217,7	19,3	16,1			34,0	177,7	17,8	18,6	55,0	196,1	15,6	66,3
26	Juli		44,8		17,9		53,0		65,6		18,1		47,0		24,5		15,1		30,0			
27	Juli		38,7		17,8		90,0		74,9		23,0		60,0	48 (VE)	31,9		15,4					
28	Juli		74,1		20,1				84,1		20,1				37,6		17,6					
29	Juli		22,6		16,4			48 (VE)	89,9		24,1				65,6		20,3		115,5			
30	Juli		34,3	214,5	18,8	18,2	103,0		57,6	372,1	24,2	21,9	19,0		25,6	185,2	16,3	16,9		210,2	17,9	82,7
31	August		26,4		14,3		30,0	48 (HE)	38,4		17,7		90,0	48 (HE)	55,4		15,9					
32	August	48 (HE)	8,2		14,4				38,4		16,6				39,8		19,3					
33	August		36,3		18,5				29,7		16,9				44,2		17,2					
34	August		31,2	102,1	15,5	15,7			21,1	127,6	15,9	16,8			30,2	169,5	17,8	17,6	68,5	198,4	18,2	63,9
35	September		65,8		18,4		73,0		31,5		16,2		117,0	99 (VE)	18,6		13,4					
36	September	99 (HE)	63,3		19,7				40,9		15,8				38,2		13,9					
37	September		47,6		16,6			99 (VE)	78,4		19,1			99 (HE)	34,2		13,1					
38	September		66,0		13,3				56,4		16,4				32,5	123,4	13,3	13,4	31,5	151,0	13,5	75,6
39	September		22,9	265,6	11,0	15,8	19,0	99 (HE)	31,2	238,4	16,0	16,7	15,0									
Σ SStd				1134,0						1262,4						1241,7				1223,5		
$\overline{C_{\mathcal{X}}}$						14,6						15,5						14,6			13,0	
Σ mm							563,5						600,0							527,5		464,1

Tab. A123: Anteil Knollen (g kg⁻¹ FM) verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) innerhalb einer Sorte nach der Ernte 2005 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	Sorte							
2005 A	Ernte		Adretta <i>a</i>	Afra <i>a</i>	Gala <i>a</i>	Granola <i>a</i>	Lolita <i>a</i>	Marabel <i>a</i>	Nicola <i>a</i>	Renate <i>a</i>
		< 1,055			58,82 <i>b</i>			127,90 <i>b</i>		
		1,056-1,065	45,80 <i>b</i>	71,42 <i>b</i>	551,47 <i>a</i>	47,47 <i>bc</i>	15,74 <i>b</i>	436,04 <i>a</i>	374,80 <i>ab</i>	142,85 <i>b</i>
		1,066-1,075	357,85 <i>ab</i>	285,71 <i>a</i>	367,64 <i>a</i>	569,64 <i>a</i>	410,10 <i>ab</i>	436,04 <i>a</i>	416,44 <i>a</i>	714,28 <i>a</i>
		1,076-1,085	536,78 <i>a</i>	285,71 <i>a</i>	22,06 <i>b</i>	379,76 <i>ab</i>	546,80 <i>a</i>		208,22 <i>b</i>	142,85 <i>b</i>
		1,086-1,095	59,54 <i>b</i>	285,71 <i>a</i>		1,22 <i>c</i>	27,34 <i>b</i>		0,53 <i>c</i>	
	> 1,095		71,42 <i>b</i>							
	5 Monate Lagerung		Adretta <i>a</i>	Afra <i>a</i>	Gala <i>a</i>	Granola <i>a</i>	Lolita <i>a</i>	Marabel <i>a</i>	Nicola <i>a</i>	Renate <i>a</i>
		< 1,055			81,32 <i>b</i>			69,87 <i>c</i>	22,67 <i>b</i>	
		1,056-1,065	55,49 <i>b</i>	49,73 <i>b</i>	339,26 <i>a</i>	97,13 <i>bc</i>	23,72 <i>bc</i>	405,87 <i>ab</i>	208,89 <i>ab</i>	256,22 <i>ab</i>
		1,066-1,075	324,36 <i>ab</i>	217,28 <i>ab</i>	534,95 <i>a</i>	527,04 <i>a</i>	122,82 <i>b</i>	441,96 <i>a</i>	521,36 <i>a</i>	479,83 <i>a</i>
		1,076-1,085	527,29 <i>a</i>	335,55 <i>a</i>	44,458 <i>b</i>	371,30 <i>ab</i>	575,72 <i>a</i>	82,28 <i>bc</i>	223,16 <i>ab</i>	242,65 <i>ab</i>
		1,086-1,095	88,75 <i>b</i>	365,58 <i>a</i>		4,52 <i>c</i>	275,87 <i>b</i>		23,90 <i>b</i>	21,29 <i>b</i>
	> 1,095	4,08 <i>b</i>	31,84 <i>b</i>			1,85 <i>c</i>				
	8 Monate Lagerung		Adretta <i>a</i>	Afra <i>a</i>	Gala <i>a</i>	Granola <i>a</i>	Lolita <i>a</i>	Marabel <i>a</i>	Nicola <i>a</i>	Renate <i>a</i>
		< 1,055			118,56 <i>b</i>			66,62 <i>bc</i>	14,26 <i>b</i>	
		1,056-1,065	49,10 <i>b</i>	78,27 <i>b</i>	498,13 <i>a</i>	121,21 <i>bc</i>	31,57 <i>bc</i>	302,58 <i>ab</i>	148,53 <i>ab</i>	364,68 <i>ab</i>
		1,066-1,075	222,64 <i>ab</i>	178,74 <i>ab</i>	365,17 <i>a</i>	435,66 <i>ab</i>	212,24 <i>b</i>	571,93 <i>a</i>	541,78 <i>a</i>	421,61 <i>a</i>
1,076-1,085		596,74 <i>a</i>	456,36 <i>a</i>	18,12 <i>b</i>	440,49 <i>a</i>	629,26 <i>a</i>	57,96 <i>bc</i>	286,02 <i>b</i>	201,68 <i>ab</i>	
1,086-1,095		121,53 <i>b</i>	250,36 <i>ab</i>		2,618 <i>c</i>	124,59 <i>b</i>	0,89 <i>c</i>	9,39 <i>b</i>	12,02 <i>b</i>	
> 1,095	9,96 <i>b</i>	36,25 <i>b</i>			2,31 <i>c</i>					

Tab. A124: Anteil Knollen (g kg⁻¹ FM) verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) innerhalb einer Sorte nach der Vorernte und Ernte 2006 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	Sorte									
			Adretta <i>a</i>	Afra <i>a</i>	Gala <i>a</i>	Granola <i>a</i>	Lolita <i>a</i>	Marabel <i>a</i>	Nicola <i>a</i>	Renate <i>a</i>		
2006 A	Vorernte	< 1,055			429,24 ab	85,88 b	154,78 ab	152,67 b	228,49 ab	89,31 b		
		1,056-1,065	91,92 b	313,67 ab	529,13 a	758,86 a	737,42 a	693,17 a	679,70 a	590,87 a		
		1,066-1,075	727,25 a	548,85 a	41,61 b	155,25 ab	107,78 b	154,15 ab	91,79 b	319,80 ab		
		1,076-1,085	180,82 ab	137,47 b								
		1,086-1,095										
		> 1,095										
	Ernte	< 1,055			94,06 ab			41,706 b				
		1,056-1,065	29,32 ab		411,44 ab	465,64 ab	383,53 ab	244,94 ab	332,73 ab	218,49 ab		
		1,066-1,075	88,05 ab	143,79 ab	481,50 a	502,20 a	578,30 a	648,25 a	501,71 a	630,07 a		
		1,076-1,085	546,95 a	451,15 a	12,97 b	32,14 b	38,16 b	65,09 ab	165,54 b	144,76 ab		
		1,086-1,095	319,29 ab	402,18 ab						6,67 b		
		> 1,095	16,36 b	2,86 b								
	5 Monate Lagerung	< 1,055			53,53 ab							
		1,056-1,065	10,56 c		372,67 ab	330,20 ab	70,01 ab	115,79 ab	129,63 ab	132,14 ab		
		1,066-1,075	69,22 bc	91,09 ab	550,97 a	588,33 a	597,85 a	612,51 a	545,21 a	509,40 a		
		1,076-1,085	339,60 ab	394,92 ab	22,81 b	81,46 b	319,08 ab	270,49 ab	313,42 ab	335,21 ab		
		1,086-1,095	538,44 a	493,62 a			13,03 b	1,19 b	11,73 b	23,24 b		
		> 1,095	42,16 bc	20,34 b								
	8 Monate Lagerung	< 1,055			40,31 ab							
		1,056-1,065			333,40 ab	336,36 ab	160,35 ab	146,68 ab	189,59 ab	145,53 ab		
		1,066-1,075	64,14 b	50,56 b	623,58 a	479,43 a	545,73 a	515,89 a	561,85 a	369,04 ab		
		1,076-1,085	223,47 ab	348,12 ab	2,69 b	179,25 ab	285,46 ab	317,96 ab	245,35 ab	416,38 a		
		1,086-1,095	579,32 a	438,34 a		4,94 b	8,44 b	19,45 b	3,20 b	63,36 ab		
		> 1,095	133,05 ab	162,96 ab						5,66 b		


Tab. A125: Anteil Knollen (g kg⁻¹ FM) verschiedener spezifischer Dichten (kg L⁻¹) innerhalb einer Sorte nach der Vorernte und Ernte 2007 und nach fünf und acht Monaten Lagerung

Jahr	Stadium	spezifische Dichte	Sorte								
			Adretta <i>a</i>	Afra <i>a</i>	Gala <i>a</i>	Granola <i>a</i>	Lolita <i>a</i>	Marabel <i>a</i>	Nicola <i>a</i>	Renate <i>a</i>	
2007 A	Vorernte	< 1,055			181,38 ab	348,87 ab	35,32 b	224,42 ab	61,89 b	49,65 b	
		1,056-1,065		41,38 ab	722,59 a	615,12 a	377,81 ab	668,70 a	408,46 a	338,22 ab	
		1,066-1,075	658,28 a	402,55 ab	94,51 bc	36,00 b	529,23 a	106,87 b	470,61 a	574,05 a	
		1,076-1,085	337,23 ab	519,36 a	1,50 c		57,63 b		59,02 b	38,06 b	
		1,086-1,095	4,48 b	36,69 b							
		> 1,095									
	Ernte	< 1,055			86,84 bc						
		1,056-1,065	67,80 b	8,71 c	482,62 a	366,31 ab	92,16 bc	262,06 ab	170,74 ab	262,06 ab	
		1,066-1,075	336,88 ab	23,31 bc	405,98 ab	441,85 a	502,38 a	579,25 a	514,20 a	579,25 a	
		1,076-1,085	485,30 a	442,86 a	24,54 c	190,58 ab	398,06 a	158,68 b	309,10 ab	158,68 b	
		1,086-1,095	110,01 ab	520,62 a		1,24 b	7,39 c		5,94 b		
		> 1,095		4,47 c							
	5 Monate Lagerung	< 1,055			47,28 b						
		1,056-1,065			269,65 ab	193,81 ab	21,46 b	462,72 a	77,13 b	110,77 ab	
		1,066-1,075	144,47 ab	25,41 b	546,89 a	392,24 ab	202,62 ab	456,98 a	373,49 ab	401,20 a	
		1,076-1,085	469,66 a	225,71 ab	136,16 ab	400,35 a	644,54 a	78,51 ab	466,63 a	463,32 a	
		1,086-1,095	385,85 ab	672,74 a		13,58 b	130,83 ab	1,77 b	82,74 b	24,69 b	
		> 1,095	27,85 b	76,12 ab			0,52 c				
	8 Monate Lagerung	< 1,055			38,85 b	45,23 ab					
		1,056-1,065	13,056 b	59,27 ab	439,15 a	177,84 ab	44,51 b	371,39 a	136,86 ab	169,52 ab	
		1,066-1,075	143,24 ab	47,95 b	379,04 ab	564,01 a	498,74 a	277,73 a	498,73 a	562,26 a	
		1,076-1,085	501,78 a	382,13 ab	142,94 ab	211,40 ab	430,26 a	349,70 a	333,38 ab	249,26 ab	
		1,086-1,095	306,86 ab	435,83 a		1,49 b	26,472 b	1,16 b	31,01 b	18,94 b	
		> 1,095	35,04 ab	74,78 b							

Nachfolgend sind dargestellt:

- Einladung und Programm für das Statusseminar „Schwarzfleckigkeit bei Kartoffeln – Einblicke in aktuelle Arbeiten der Forschung & landwirtschaftlichen Praxis“, 2008 in Göttingen
- 1. Poster: „Antioxidative Kapazität in Kartoffelknollen“, (Tagung der Deutschen Gesellschaft für Qualitätsforschung, DGQ, 2007 in Kiel)
- 2. Poster: „Ferric Reducing-Antioxidant Power of Potato Tubers (*Solanum Tuberosum*) of Various Cultivars Differing in their Blackspot Susceptibility (Tagung der Europäischen Gemeinschaft für Kartoffelforschung, EAPR, 2008 in Brasov/Rumänien)
- 3. Poster: „Die Konzentration ausgewählter Nährstoffe in Kartoffelknollen mit unterschiedlicher Neigung zu Schwarzfleckigkeit (Tagung der Deutschen Gesellschaft für Pflanzenernährung, DGP, 2009 in Osnabrück)

Abb. Einladung




Department für Nutzpflanzenwissenschaften
Abt. Qualität pflanzlicher Erzeugnisse



Einladung
zum Status-Seminar
**„Schwarzfleckigkeit bei Kartoffeln
- Einblicke in aktuelle Arbeiten der Forschung &
landwirtschaftlichen Praxis.“**

Dienstag, den 12. Februar 2008
10.00 – 14.00 Uhr
Hörsaal L01
Von-Siebold-SträÙe 8

Veranstalter:
Department für Nutzpflanzenwissenschaften
Abt. Qualität pflanzlicher Erzeugnisse
Georg-August Universität Göttingen
Carl-Sprengel-Weg 1
37075 Göttingen



Die Veranstaltung erfolgt mit Unterstützung des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMVEL) über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE, Projekt-Nr. 03FHS62) und der Gemehnschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung (GFP, Projekt-Nr. K 69/05 HS).



Department für Nutzpflanzenwissenschaften
Abt. Qualität pflanzlicher Erzeugnisse



**Wir bitten um Bestätigung Ihrer Teilnahme bis zum 20. Dezember 2007 an folgende
email-Adresse: awulkow@gwdg.de**



Programm

10.00	Uhr	Prof. Dr. Elke Pavezik, Göttingen Einführung in die Problematik und Vorstellung gegenwärtiger Forschungsarbeiten	
10.30	Uhr	Msc. agr. Anja Wilkova, Göttingen Schwarzfleckigkeit bei Kartoffeln im Zeitraum 2005 - 2007 und mögliche physiologische Ursachen	
11.15	Uhr	Dr. Norbert L. Haase, Detmold Anmerkung zur Aussagekraft einer Schwarzflecksbonitur vor dem Hintergrund schwankender Trockenmasskonzentrationen	
11.45 - 12.30	Uhr	Pause	
12.30	Uhr	Dr. Rolf Peters, Hannover/Detmold Möglichkeiten zur Reduzierung der Schwarzfleckigkeit in der Praxis	
13.00	Uhr	Bsc. agr. Barbara Nottdorf, Göttingen Möglichkeit der Integration des Schwarzflecksindex als zusätzliches Boniturnstrument in Abpackbetrieben	
13.30	Uhr	Zusammenfassende Diskussion und Meinungsaustausch	



Antioxidative Kapazität in Kartoffelknollen

A Wulkow, A J Keutgen, E Pawelzik
Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Qualität Pflanzlicher Erzeugnisse, Carl-Sprengel-Weg 1, 37075 Göttingen
Email: awulkow@gwdg.de

Ziel

Bestimmung der antioxidativen Kapazität in Kartoffelsorten mit unterschiedlicher Neigung zur Schwarzfleckigkeit

Problemstellung

Schwarzfleckigkeit bei Kartoffeln ist ein schwerwiegender innerer Qualitätsmangel und entsteht durch mechanische Belastung. Infolgedessen kommt es zur Beschädigung von Zellwänden und Zellmembranen. Der damit verbundene Zutritt von molekularem Sauerstoff führt u.a. zum Eindringen freier Radikale in die betroffenen Zellorganellen und zur Oxidation von Fe (II) zu Fe (III). Pflanzliche Zellen enthalten eine Fülle von antioxidativ wirkenden Substanzen, die in der Lage sind, freie Radikale zu detoxifizieren. In Kartoffelknollen sind dies vor allem Ascorbinsäure, α -Tocopherol und Enzyme, wie Superoxiddismutasen und Peroxidasen.

Material & Methoden

Pflanzenmaterial: Kartoffeln der Sorten: Afra, Adretta, Granola, Renate, Gala, Nicola, Marabel, Lolita

Anbau: April-September 2005, humoser Sand (hS)

Analytik: 1. Gradierung der Knollen in spezifische Dichten zwischen $<1,055$ und $>1,095$ kg L⁻¹

2. Die FRAP- Methode basiert auf der Reduktion von Eisen- Tripyridyltriazin (Fe (III)-TPTZ) zum eisenhaltigen Tripyridyltriazin (Fe (II)- TZPZ) und beschreibt die Eisenreduktionsmöglichkeit des Plasmas bei 595 nm

Ergebnisse

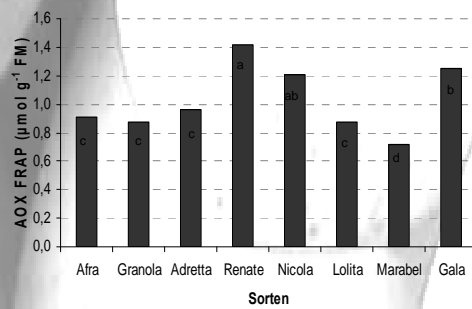


Abb. 1: Gehalte antioxidativ wirkender Substanzen in Abhängigkeit von der Sorte

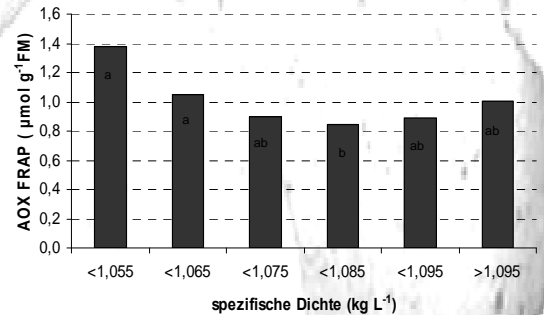
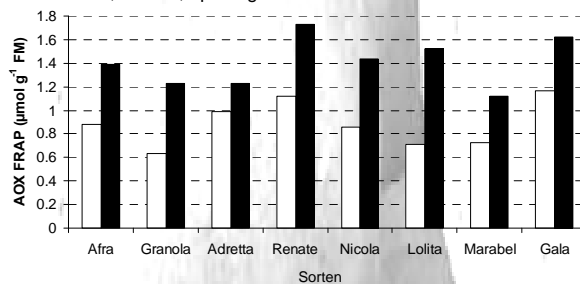


Abb. 2: Einfluss der spezifischen Dichte auf den Gehalt antioxidativ wirkender Substanzen (µmol g⁻¹ FM) in den Knollen

Die antioxidative Kapazität (AOX FRAP) zwischen den einzelnen Sorten ist signifikant verschieden und liegt zwischen 0,7 und 1,4 µmol g⁻¹ FM.

Knollen mit einer geringen spezifischen Dichte ($<1,065$ kg L⁻¹) weisen eine signifikant höhere antioxidative Kapazität auf (1,2 µmol g⁻¹ FM), als Knollen der Dichte-Klasse $<1,085$ kg L⁻¹ (0,84 µmol g⁻¹ FM).

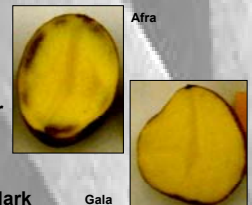


Die Konzentration antioxidativer Substanzen ist in der Schale etwa 50% höher, als im Mark der Knollen.

Abb. 3: Gehalte antioxidativ wirkender Substanzen in Knollenmark und Schale bei verschiedenen Sorten

Schlussfolgerung

Die untersuchten Sorten setzen sich ungleichmäßig aus Knollen verschiedener spezifischer Dichten zusammen. Die Neigung zur Schwarzfleckigkeit sowie AOX FRAP ist zwischen den Sorten und den Knollendichten verschieden. Schwarzfleckigkeit tritt jenseits des Gefäßbündelringes auf. Hier ist die Konzentration der AOX FRAP signifikant höher, als im Mark der Knollen.



Danksagung

Das Projekt wurde finanziell gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förder Nr. 03HS052 sowie durch die „Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung“ (GFP).

* Die Neigung zur Schwarzfleckigkeit wurde nach der Bonitur des Qualitätsmangels festgelegt.



FERRIC REDUCING - ANTIOXIDANT POWER OF POTATO TUBERS (*SOLANUM TUBEROSUM*) OF VARIOUS CULTIVARS DIFFERING IN THEIR BLACKSPOT SUSCEPTIBILITY

Wulkow A¹, Pawelzik E, Keutgen AJ and Ernst H

Section Quality of Plant Products, Department of Crop Sciences, Georg-August University Göttingen, Carl- Sprengel -Weg 1, 37075 Germany, ¹ email: awulkow@gwdg.de

Introduction

Blackspot is an inherent vice, which impair the tuber quality. The discoloration of potato flesh develops as a result of mechanical impact on the tubers through enzymatic reactions, where oxygen is involved. The damaged tissue survives as cell union or it may be destructed. A linked influx of molecular oxygen enables the formation of activated oxygen species which may reduce Fe (III). The aim of the present study is to determine the ferric reducing-antioxidant power of tubers of eight potato varieties differing in their blackspot susceptibility.

Material & Methods

- plant material:**
1. tubers of different varieties: Afra, Adretta, Granola, Renate, Gala, Nicola, Marabel, Lolita
 2. tuber size 40 – 50 mm
 3. tubers divided in classes of specific gravity from <1.055 kg L⁻¹ to >1.095 kg L⁻¹ in 0.01 increments

cultivation: April - September 2005 & 2006, humus & sandy soil (hS)

storage: cold storage (4°C, 95 % RH) for five (5) & eight (8) months

analyses: the ferric reducing- antioxidant power (FRAP) based on the reduction of the ferric tripyridyltriazin (Fe (III)- TPTZ) complex to the ferrous tripyridyltriazin (Fe (II)- TZPZ) measured at 595 nm

Results & Discussion

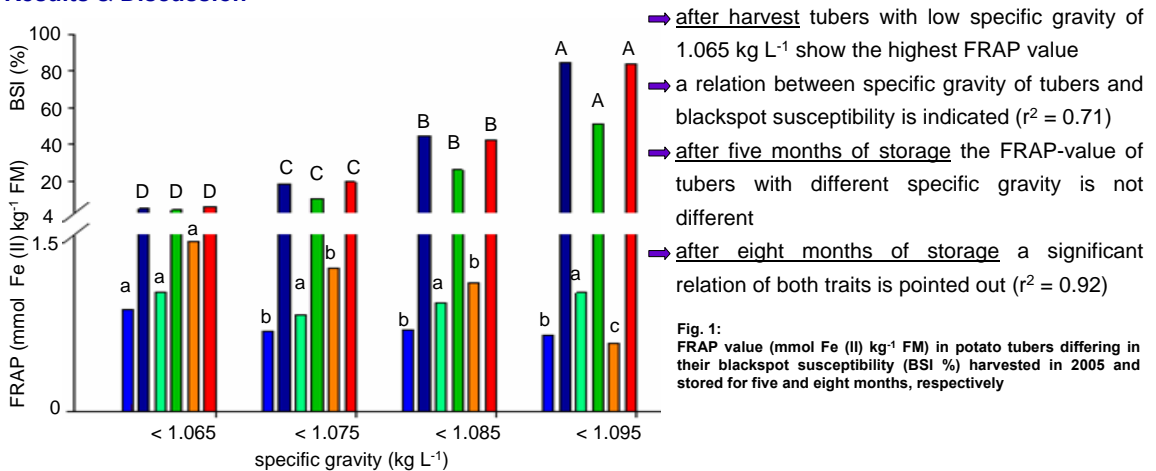


Fig. 1: FRAP value (mmol Fe (II) kg⁻¹ FM) in potato tubers differing in their blackspot susceptibility (BSI %) harvested in 2005 and stored for five and eight months, respectively

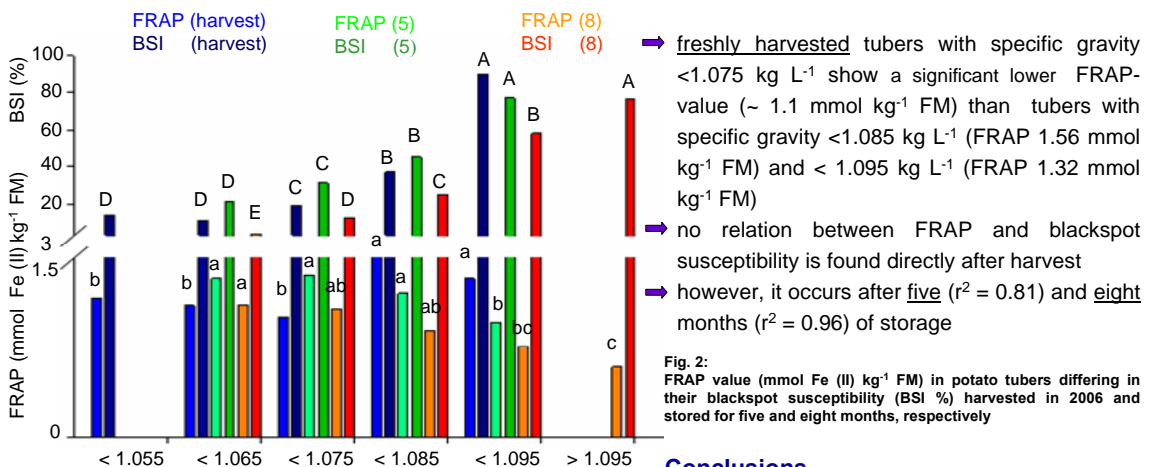


Fig. 2: FRAP value (mmol Fe (II) kg⁻¹ FM) in potato tubers differing in their blackspot susceptibility (BSI %) harvested in 2006 and stored for five and eight months, respectively

a, b, c - different letters indicate significant differences of FRAP values ($p < 0.001$) regardless the storage time, A, B, C - different letters indicate significant differences of BSI ($p < 0.001$) regardless the storage time

Conclusions

During a longterm storage the oxygen content of cells could increase, whereby FRAP is limited. This might enhance the enzymatic blackening of tubers with different specific gravity.



Acknowledgement

The project was financially supported by the Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection (BMELV) through the Federal Agency of Agriculture and Food (BLE), grant No. 03HS052, and co-financed by German plant breeders within the „Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung“ (GFP). The authors also express their thanks to E. Krüger for her assistance in analytical work.

Die Konzentration ausgewählter Nährstoffe in Kartoffelknollen mit unterschiedlicher Neigung zu Schwarzfleckigkeit

A. Wulkow, E. Pawelzik

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abt. Qualität pflanzlicher Erzeugnisse, Carl-Sprengel-Weg 1, 37075 Göttingen, e-mail an: awulkow@gwdg.de

Ziel

Die Ermittlung des Ernährungszustandes von Kartoffelknollen mit unterschiedlicher Neigung zu Schwarzfleckigkeit

Problemstellung

Schwarzfleckigkeit bei Kartoffeln ist ein innerer Qualitätsmangel, der durch mechanische Belastung der Knollen entsteht und als weiß bis grau oder schwarz gefärbter Gewebeabschnitt in der Rindenschicht der Knollen sichtbar wird. Die Neigung zu Schwarzfleckigkeit wird u.a. durch den Erntezeitpunkt der Knollen sowie deren Ernährungszustand beeinflusst. Eine Vielzahl von Untersuchungen weist auf den qualitativen Einfluss von Kalium (K) hin. Allerdings lassen auch die Wirkungen von Phosphor (P), Magnesium (Mg), Kalzium (Ca), Eisen (Fe), Bor (B) und Selen (Se) im Zellstoffwechsel der Knollen einen Einfluss auf die Schwarzfleckigkeit vermuten.

Material & Methoden

Pflanzenmaterial:

1. Untersuchung acht verschiedener, überregional bedeutender Speisekartoffelsorten
2. Knollengröße- Quadratmaß: 40 – 50 mm
3. Einteilung der Knollen nach spezifischen Dichten von $<1.055 \text{ kg L}^{-1}$ bis $>1.095 \text{ kg L}^{-1}$

Anbau:

Der Anbau erfolgte von April bis September 2006 & 2007 auf Sandboden.

Wetter:

Die Wetterverhältnisse in 2006 und 2007 entsprachen dem zehnjährigen Mittel (Sonnenscheindauer: 1215 h, $\bar{\text{Temp.}}$: 15°C , Regen: 539 mm inklusive Beregnung).

Ernte:

150 Tage nach dem Legen (Vorernte) und 161 bzw. 168 Tage nach dem Legen (Ernte)

Analyse:

Gefriergetrocknetes Kartoffelmehl wurde nach einem Nassaufschluss mit 65% HNO_3 spektrophotometrisch (P), mittels induktiv-gekoppeltem Plasmamassenspektrometer (Se, B, Fe, Ca, Mg) und mittels Atomabsorption (K) analysiert.

Ergebnisse

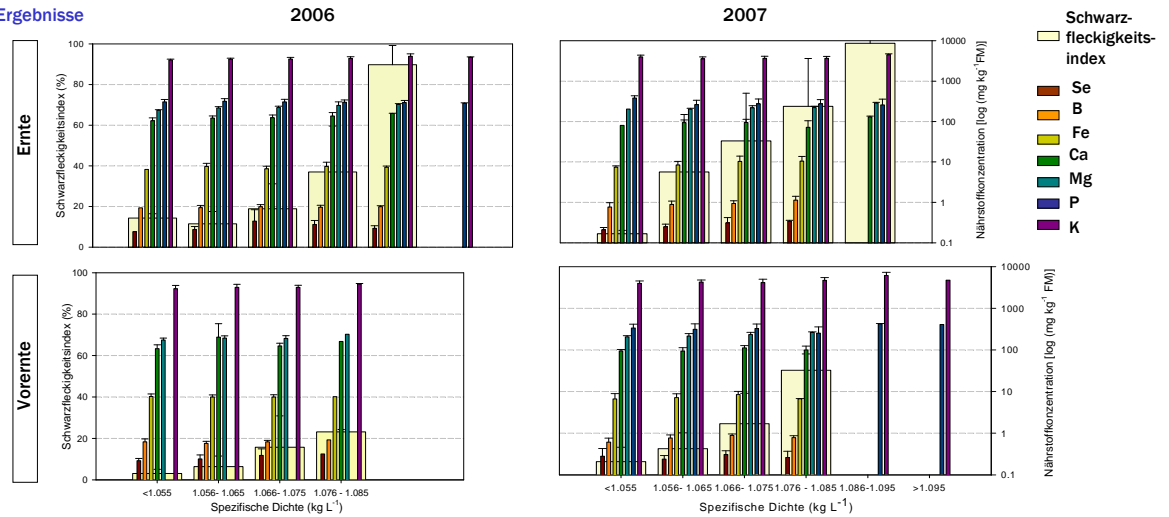


Abbildung 1: Schwarzfleckigkeitsindex (%) und Nährstoffkonzentration [$\log (\text{mg kg}^{-1}\text{FM})$] von Knollen verschiedener spezifischer Dichten (kg L^{-1}) nach der Vorernte und Ernte in 2006 sowie nach der Vorernte und Ernte in 2007

Ernährungszustand

Tabelle 1: Konzentrationen (%) ausgewählter Nährstoffe in Kartoffelknollen mit unterschiedlicher Neigung zu Schwarzfleckigkeit im Vergleich zu Referenzwerten von Kartoffelknollen^{1,2}, unabhängig von Sorte, Anbaujahr und Lagerung

Nährstoff	Frischmasse (%)		Trockenmasse (%)	
	Analyse	Referenz ¹	Analyse	Referenz ²
Se	0,01	n.v.	0,01	0,01
B	0,02	0,01	0,02	0,03
Fe	0,19	0,14	0,19	0,33
Ca	2,05	0,77	2,03	3,18
Mg	2,94	3,98	2,95	4,82
P	7,27	6,40	7,19	8,95
K	87,52	88,69	87,61	82,68

¹ Putz 1998, Lærke 2001, Davies 1998, Dilworth et al. 2007, Sikora und Cieslik 1999, ² Rogoziniczka et al. 2005, Workmann und Holm 1984, Sulaimann 2005, Locascio et al. 1992, Nitsch 2005, Bamberg et al. 1998, Bartz et al. 1992, Simmons and Kelling 1987, Bergmann 1993, Mayland et al. 1989, Hahn et al. 1981, Seppänen et al. 2003, Turakainen et al. 2004, Turakainen et al. 2006, n.v. nicht verfügbar

Schlussfolgerung

- Der Erntezeitpunkt der Knollen und deren spezifische Dichte bestimmen die Neigung zu Schwarzfleckigkeit.
- Die Konzentrationen von K, P, Mg, Ca, Fe, B und Se in den Knollen korrelieren nicht mit der Schwarzfleckigkeit (Abb. 1).
- Im Zeitraum zwischen der Vorernte und Haupternte verändern sich die Nährstoffkonzentrationen geringfügig signifikant.
- Die zusätzliche Beregnung und eine ertragsangepasste Nährstoffversorgung verhindern Mineralstoffmangel auf Sandböden.
- Eine ertragsangepasste Nährstoffversorgung hat keinen Einfluss auf die Neigung zu Schwarzfleckigkeit.



Danksagung

Das Projekt wurde finanziell gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMEL) durch die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förder Nr. 03HS052 sowie durch die „Gemeinschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung“ (GFP), Förder Nr. K 69/05HS.

Nachfolgend sind Manuskripte, die bei verschiedenen Fachzeitschriften zur Veröffentlichung eingereicht wurden, dargestellt. Die Manuskripte gewährleisten einen Überblick über Faktoren, welche Schwarzfleckigkeit bei Kartoffeln beeinflussen.

- Manuskript 1: Nutrient concentrations in potato (*Solanum tuberosum*) in comparison with their susceptibility towards blackspot
- Manuskript 2: Water relations in potato (*Solanum tuberosum*) tubers in comparison with their susceptibility towards blackspot
- Manuskript 3: Blackspot bruise formation in potato (*Solanum tuberosum*) tubers in relation to the components determining tuber specific gravity
- Manuskript 4: Qualitätsmangel Schwarzfleckigkeit - Einfluss antioxidativer Substanzen auf die Schwarzfleckigkeitsneigung von Kartoffeln
- Manuskript 5: Blackspot susceptibility in comparison with the antioxidant activity of potato (*Solanum tuberosum*) tubers

Nutrient concentrations in potato (*Solanum tuberosum*) tubers in comparison with their different susceptibility towards blackspot

Wulkow A¹, Pawelzik E^{1*}

¹Quality of Plant Products Section, Department of Crop Sciences, University of Goettingen

Abstract

The blackspot index (BSI) was determined in potato tubers harvested at different stages of haulm maturity and after storing tubers for several months. Pre-harvested tubers had a lower BSI compared to tubers harvested two weeks later (main harvest) whereas the BSI of stored tubers varied from year to year. The BSI increased when cultivar specific gravity was relative high. However, the concentrations of K, P, Mg, Ca, Fe, B and Se were not related to the BSI of tubers. Irrigation to attain optimum soil moisture conditions during periods of vegetation enhanced nutrient sufficiency and reduced the potential damage inflicted on tubers. Nutrient uptake was nearly complete when the majority of tuber growth ends approximately 150 days after planting. Although extreme nutrient deficiency was not observed nutrient concentrations of tubers particularly depended on nutritional interactions influenced the BSI also.

Keywords: specific gravity, maturity, storage, fertilization, potassium, phosphorus, magnesium, calcium, iron, boron, selenium

Introduction

Potato tuber are rich in parenchymatous tissue including water as a predominant component and shows a lack of specialized thickened tissue (Peterson et al. 1985). This characteristic determine tubers susceptibility towards various forms of external and internal damage that occur after impact caused during commercial production, harvest and/or post-harvest handling (Thornton and Timm 1990). In contrast to external damage, internal damage is not visible before cutting or peeling the tuber. The symptoms of internal damage may or may not include visible tissue fracture. If there is no visible fracture, damage sometimes includes the development of floury-white regions in clear contrast to the cream background of undamaged tissue finally resulting in the formation of grey and black coloured pigment melanin. This symptom is usually referred to as internal bruising particularly termed blackspot (McGarry et al. 1996). A major factor on the intensity of blackspot is the speed, distance and type of impact as well as the genetic and environmental diversity. In general tubers of a given cultivar or among cultivars subjected to a known impact do not express the same degree of blackspot. This suggested that there is at least one component influencing blackspot susceptibility among tubers (Thornton and Timm 1990). Dry matter has a major influence on blackspot susceptibility, whereas dry matter primary depends on to the starch concentration of tubers (Wulkow et al. in preparation) and, therefore, it is highly variable. Even the alternation of the water concentration influences blackspot susceptibility

(Thornton and Timm 1990). Also tuber maturity is a key factor because increasing maturity modifies the blackspot susceptibility (Corsini et al. 1999) as well as nutrient concentrations (Putz 1998). Besides C, H and O, potato plants require normally 14 essential nutrients namely N, P, K, Ca, Mg, S, Cl, Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, Ni (White et al. 2007) that should be supplied from the soil solution and fertilizers (Westermann 2005). Plant nutrition including fertilizer management affects tuber quality (Putz 1998) and therefore tuber susceptibility towards blackspot (White et al. 2007). A large number of studies nominate K as one element influencing blackspot susceptibility of potato tubers (Workman and Holm 1984; Thornton and Timm 1990; McNabney et al. 1999; Lampe 2007). But there is some evidence that also other nutrients might influence blackspot susceptibility due to their function in plant cells. In this study seven nutrients were selected particularly from the pool of 14 essential nutrients to investigate their influence on blackspot susceptibility of potato tubers originated from different cultivars at different stages of haulm maturity. There is some evidence that blackspot susceptibility may be related to the cell membrane integrity (Dejmek and Miyawaki 2002; Scanlon et al. 1996), which is particularly affected by its concentration of P (Bergmann 1993; Bucher and Kossmann 2007), B (Mondi and Munshi 1993) and Ca (Sowokinos 2007; Tzeng et al. 1986; Davies 1998). In-season Ca fertilization to the tuber and stolon increases the Ca concentration in tubers but also reduces pathological and internal physiological disorders (Simmons and Kelling 1987) like internal brown spot (Tzeng et al. 1986; Bartz et al. 1992), brown centre (Davies 1998; Sowokinos 2007) and Hollow Heart (Sowokinos 2007). Also an inverse relationship between the Ca concentration of tubers and susceptibility of bacterial soft rot (Tzeng et al. 1986) and blackspot was investigated (Lærke 2001). In conclusion, malnutrition related to P, B and/or Ca deficiency might affect intracellular robustness and further decompartmentalization may enhance the biochemical potential to synthesise melanin (Dean et al. 1993). Melanin formation is initiated by an enzyme-catalysed oxidation presupposing the presence of molecular oxygen (Edgell et al. 1998) or of superoxide radicals (Storey 2007). Nevertheless, both may act as reactive oxygen species (ROS) in plant cells (Blokhina et al. 2003) and their concentration may be limited by antioxidants (Lærke et al. 2002). On the one hand potato tissue contains several enzymes scavenging ROS [several types of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase POX] (Yahraus 1995; Blokhina et al. 2003; Leo et al. 2008) whose activities are enhanced by Se (Seppänen et al. 2003; Turakainen et al. 2006). Although Se is an essential nutrient for animals, bacteria and algae (Terry et al. 2000) but not for plants (McNeal and Balistrieri 1989) its concentration will be discussed subsequently. On the other hand ascorbic acid is one of the most common antioxidants in potato tubers among others (McNabney et al. 1999; Pelegrini et al. 2003; Nzaramba et al. 2007). The concentration of organic acids especially ascorbic acid, dehydroascorbic acid and citric acid is high at an optimal supply of both elements K and Mg (Rogozińska et al. 2005). Also the concentration of malic acid is enhanced by an optimal supply of Fe (Bergmann 1993). The total concentration of organic acids might depress the blackspot susceptibility of potato

tubers to some extent (Heinecke 2007). During blackspot formation malnutrition related to Se, K, Mg and/or Fe deficiency may promote further spontaneous oxidation and polymerisation of substrates catalysed by the enzyme PPO generating dopaquinone. Free tyrosine, cysteine, chlorogenic acid and caffeic acid are PPO specific substrates present in potato tubers (Dean et al. 1993; Kirk et al. 2006). The amount of these substrates might be restricted or decreased at an optimal supply of K (McNabney et al. 1999), B (Mondy and Munsch 1993), Se (Munshi et al. 1990) and Fe (Bergmann 1993). Despite the fact that a well balanced Fe concentration might mitigate blackspot susceptibility Fe also forms a complex with phenolic substances like chlorogenic acid esters during the cooking process of potato tubers causing after cooking darkening (Muneta and Kaisaki 1983; Griffiths and Bain 1997). Nevertheless, malnutrition associated with K, B, Se and/or Fe deficiency might increase substrate concentrations and, therefore, stimulate the continuing non-enzymatic polymerization reaction with nucleophilic amino acid residues of proteins and form the black nitrogen containing pigment melanin (Dean et al. 1993; Kirk et al. 2006). Depending on the compounds intermediates with varying colours occur (Dean et al. 1993; Kirk et al. 2006). With the present study we paid attention to the above described relationships between nutrient concentrations and blackspot susceptibility of potato tubers and investigated the effect of fertilizer on tuber quality when nutrients applied in amounts close to the requirement for producing optimal yield.

Material and methods

Material. Eight cultivars of table potatoes (Adretta, Afra, Gala, Granola, Lolita, Marabel, Nicola and Renate) were grown on sandy soils near Dethlingen, Germany, during two vegetation periods in 2006 and 2007. Conventional farming methods were practiced, including proper irrigation, adequate fertilization (urea and ammonium nitrate solution, diammonium phosphate as well as fertilizer combinations of KCL + Mg and K_2SO_4 + Mg were applied) and an integrated pest management. To evaluate cultivar specific differences tubers of similar size from 40 to 50 mm and corresponding specific gravities were considered. Analyses were performed in tubers harvested two weeks before usual harvest time (pre-harvest) and in tubers reaped during ideal time of harvest as well as in tubers stored for five and eight months, respectively, at 4°C and 95 % relative humidity. Furthermore, the samples were divided into two parts. Tubers from the first part were used to determine their blackspot index (BSI). Those of the second part were sliced, shock-frozen in liquid nitrogen, lyophilized (Epsilon 2-40, Christ) and ground to 50 mm using a micro hammer mill (Culatti AG, Switzerland) to analyse the concentrations of Se, B, Fe, Ca, Mg, P and K, respectively.

Analyses. Blackspot index (BSI) of whole potato tubers of different specific gravities was determined according to the method proposed by the “Bundessortenamt” (BSA, Federal Plant Variety Office, Germany). The tubers were cooled down to 4 to 5°C and mechanically treated for 50 s in a vegetable washing machine with a rotating drum (Flott 18 K, Flottwerk

H. J. Dames GmbH & Co. KG, Rotenburg a. d. F., Germany) with three replications. Each replication consisted of an amount of tubers (Σ_{tuber}) adequate to a volume of 6 L. Afterwards, treated tubers were stored at room temperature for 48 hours. For BSI determination they were cut into halves length-wise and a half tuber was evaluated visually using a scale with four scores of discolouration: No discolouration indicated the lack of any melanin development and therefore no blackspot susceptibility (Σ_1). Discolouration of up to one quarter of length and less than 5 mm in depth denoted slight blackspot susceptibility (Σ_2). Medium blackspot susceptibility corresponded to a discolouration of up to one quarter of length and more than 5 mm in depth or one half of the length and a maximum of 5 mm in depth (Σ_3). Serious blackspot susceptibility was indicated by any discolouration stronger than that described before (Σ_4). The blackspot susceptibility, expressed as the percentage of discoloured tubers was calculated as:

$$BSI (\%) = (0.3\Sigma_2 + 0.5\Sigma_3 + \Sigma_4) / \Sigma_{tuber} * 100 \quad (1)$$

BSI: blackspot index (%)

Σ : amount of analysed tubers

To determine the concentration of nutrients the ground samples were dissolved in 65 % HNO_3 (Roth, Germany) (Kuennen et al. 1982) during a thermic decomposition at 175°C for 12 hours, which was realized in pressurized Teflon vessels (Aysola et al. 1987). Dissolved samples with a final concentration of 40 % HNO_3 were the basis for the following analyses. The measurement of P followed the official method of §35 LMBG L 06.00/9 (Wilhelm et al. 1993) using an UV-Vis spectral system (HP 8453, Germany) where the extinctions of samples were measured at 436 nm and the P concentration was determined according to KH_2PO_4 -calibration solutions with P concentrations between 0 to 14 mg L^{-1} . The concentrations of Se, B, Fe, Ca and Mg were detected with an inductively coupled plasma mass spectrometer (ICP MS) using established methods of the Geo-scientific Research Centre of the Faculty of Geoscience and Geography at the Georg-August-University of Göttingen. Therefore, multiple calibration solutions for Se, B and Fe and for Ca and Mg were prepared. Characteristic isotopes of the minerals were chosen to avoid possible interferences with other isobaric masses and to obtain the highest peak to background ratio (Makishima et al. 1997; Müller et al. 2003). The concentration of K was measured using an atomic absorption spectrometer (Unicam Solaar M Series) applying appropriate dilutions (Westermann et al. 1994; McNabney et al. 1999).

Much of evidence showed nutrient concentrations of tubers as a function of dry matter (e.g. Locascio et al. 1992; Bergmann 1993; Bamberg et al. 1998; Putz 1998; Seppänen et al. 2003; Turakainen et al. 2004, 2006; Nitsch 2005; Rogozińska et al. 2005; Sulaiman 2005; Dilworth et al. 2007). In this study, nutrient concentrations are presented in tuber fresh weight because dry matter itself has a strong relationship towards blackspot susceptibility

of potato tubers (Wulkow et al. in preparation) and might overrule nutritional interactions towards blackspot susceptibility.

Statistics. The obtained data were analysed with Sigma Stat statistical program (STAT32). Preliminary all data sets were tested for normal distribution and variance homogeneity ($p=0.05$). Following analyses of variance were calculated for cultivar and specific gravity. Calculated means were compared by Tukey-test ($p \leq 0.05$). Correlation and multiple regression procedures between normally distributed quality parameters were performed using Pearson correlation coefficients. This technique does not determine significant differences between specific gravities within one cultivar but rather gives an overall indication of relative importance of both the genetic factor and tuber mass. Graphics were prepared with Sigma Plot 2001 (SPSS Inc. SigmaPlot for Windows).

Results

Weather conditions during both years of investigation 2006 and 2007 were not significantly different and did not depart from the average weather conditions metered for this typical potato-growing region. In both years the sunshine duration amounted approximately 1252 hours associated with a mean temperature of 15°C and a water supply of 564 mm particularly mediated through irrigation. Depending on the soil conditions the time of planting and harvesting differed slightly. In 2006 the vegetation period comprised 161 days contrary to 2007 where the period of vegetation was 168 days long. In both years 2006 and 2007 tubers were partially harvested two weeks before the main harvest (in the following named as pre-harvest) with the aim of investigate tubers at different stages of maturity.

Relationship between specific gravity, nutrient concentration and BSI. The relationship between tuber specific gravity, as determinant of tuber dry matter concentration (Haase 2003/2004) and BSI as well as the relationship between nutrient concentrations and BSI are illustrated in Figure 1. Moreover, absolute concentrations of nutrients in potato tubers did not always reflect imbalanced nutrient conditions, therefore the ratios between macro and micro nutrients were calculated according to Bergmann (1993) (Tab. 1).

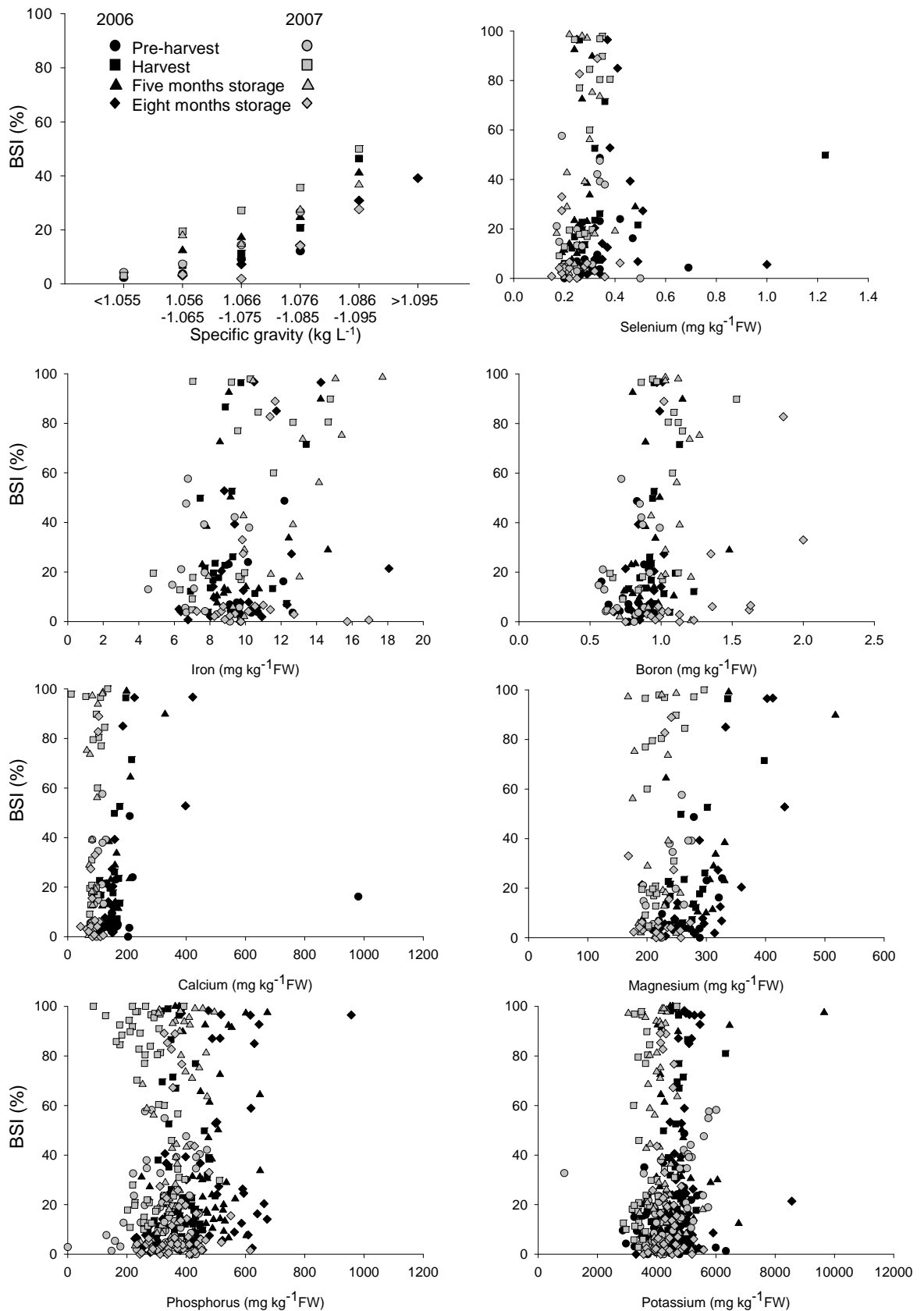


Figure 1 Relationship between tuber specific gravity (kg L^{-1}) and BSI (%) as well as tuber nutrient concentrations (mg kg^{-1} FW) and BSI (%) determined in 2006 and 2007 after the pre-harvest, harvest and five and eight months of storage

Table 1 The ratio of macro:micro nutrients of tubers harvested at different stages of haulm maturity in 2006 and 2007 and stored for five and eight months, respectively

Period/ Parameter	K/B	Ca/B	P/B	P/Fe
Pre-harvested 2006	5563.48 ± 828.89	261.35 ± 214.15	n.a.	n.a.
Pre-harvested 2007	6274.85 ± 1171.20	145.03 ± 30.63	484.19 ± 116.73	51.71 ± 17.06
Harvested 2006	4629.11 ± 499.69	161.64 ± 23.77	392.34 ± 73.67	42.52 ± 9.85
Harvested 2007	4304.26 ± 970.89	99.65 ± 18.94	332.12 ± 113.44	34.46 ± 11.79
Harvested 2006 and stored for five months	5042.26 ± 1082.88	180.24 ± 47.15	511.57 ± 95.64	51.52 ± 12.57
Harvested 2007 and stored for five months	3827.71 ± 360.83	81.87 ± 19.69	323.78 ± 39.92	27.93 ± 6.19
Harvested 2006 and stored for eight months	5658.66 ± 701.93	221.26 ± 25.86	557.24 ± 112.08	51.02 ± 10.56
Harvested 2007 and stored for five months	4094.26 ± 947.63	85.56 ± 18.9	348.81 ± 103.19	35.15 ± 9.98

^{n.a.} not analysed

Results show that tubers pre-harvested in 2006 generated specific gravities between <1.055 and 1.085 kg L⁻¹ accompanied with an increasing BSI from 5 to 25 %, which was not significantly different. The nutrient concentrations were not related to BSI.

With increasing maturity of tubers specific gravity and BSI increased significantly. The specific gravity of harvested tubers ranged from <1.055 to >1.095 kg L⁻¹ and a significant increase in BSI was observed in tubers with specific gravities >1.075 kg L⁻¹. Also the concentrations of Mg and B increased during maturity. Contrary, the concentration of Ca declined significantly and the concentrations of K, P, Fe and Se did not change compared to premature tubers. There was a significant relationship between the concentrations of Ca ($r=0.68$, $p<0.05$) and Mg ($r=0.67$, $p<0.05$) (Fig. 1) as well as between the Ca/B ratio ($r=0.51$, $p<0.05$) (Tab. 1) and BSI.

A storage period of five months induced a significantly enhanced BSI in all tubers. Again, there was a significant relationship between concentrations of Ca ($r=0.72$, $p<0.05$) and Mg ($r=0.61$, $p<0.05$) (Fig. 1) as well as between the Ca/B ratio ($r=0.52$, $p<0.05$) (Tab. 1) and BSI.

The positive relationship between specific gravity and BSI was also found after long-term storage of eight months but the overall BSI decreased to the level of harvested tubers. A significant relationship between the concentrations of Se ($r=0.53$, $p<0.05$), Ca ($r=0.73$, $p<0.05$), Mg ($r=0.70$, $p<0.05$), P ($r=0.52$, $p<0.05$) (Fig. 1) as well as between the nutrient ratios P/B ($r=0.54$, $p<0.05$), Ca/B ($r=0.66$, $p<0.05$) (Tab. 1) and BSI was detected.

Generally BSI of tubers harvested in 2006 was significantly lower compared to BSI of potato tubers harvested in 2007 (Fig. 1).

Tubers pre-harvested in 2007 again produced specific gravities between <1.055 to 1.085 kg L^{-1} and a BSI from 7 % to 50 %, which was significantly different within specific gravity ranges. The nutrient concentrations were similar to tubers pre-harvest 2006. A significant relationship occurred between the concentrations of Ca ($r=0.51$, $p<0.05$) and Mg ($r=0.70$, $p<0.05$) and BSI (Fig. 1).

Once more, specific gravity and BSI increased significantly with increasing maturity of tubers. Also the concentrations of Fe and B increased with tuber maturity. Contrary to that the concentrations of K and Ca declined while the concentrations of P, Mg and Se stay constant. This time nutrient concentrations of Ca ($r=0.57$, $p<0.05$), Fe ($r=0.68$, $p<0.05$), B ($r=0.59$, $p<0.05$) and Se ($r=0.55$, $p<0.05$) (Fig. 1) as well as the nutrient ratios of K/B ($r=-0.60$, $p<0.05$), P/Fe ($r=-0.55$, $p<0.05$) and P/B ($r=-0.56$, $p<0.05$) (Tab. 1) were related to the BSI.

Compared to the previous year during prolonged time of storage the BSI decreased significantly, whereas the positive relationship between specific gravity and BSI still existed. Again there was a significant relationship between the concentrations of Ca ($r=-0.56$, $p<0.05$), Fe ($r=-0.70$, $p<0.05$) (Fig. 1) and some nutrient ratios K/B ($r=-0.57$, $p<0.05$) and P/Fe ($r=-0.61$, $p<0.05$) (Tab. 1) and BSI after five months of storage but not after eight months of storage.

The nutritional status of the tubers. The above evaluated concentrations of single nutrients and nutrient ratios with respect to the BSI of tubers showed no regular relationship. The obtained nutrient concentrations of investigated tubers were compared with data from the literature using as a guiding principle for an adequate supply (Tab. 2). The absolute concentrations revealed no differences between analysed and referred nutrient concentrations, excepted for Se and Ca. However, due to the fact that Se is no essential nutrient for potato tubers (Bergmann 1993) information were rare about the function of Se in potato tubers and no data about the concentration of Se in tuber fresh weight were found. Contrary, Ca is a well studied nutrient and tubers of the presented investigation seemed to suffer from a higher Ca concentration compared to Ca concentration cited from other references. To ensure this observation the relative concentration of the nutrients were calculated from the sum of means of absolute data. Results indicated again a relative high Ca concentration compared to other nutrients (Tab. 3).

Table 2 Concentration of selected nutrients (mg kg⁻¹ FW) in potato tubers differing in their blackspot susceptibility irrespective of cultivar, vegetation period and time of storage in comparison to published data of these nutrients (mg kg⁻¹ FW) in potato tubers irrespective of cultivar, vegetation period and time of storage

Nutrient	Present study				Literature data				
	Minimum	Maximum	Mean	σ_x	Minimum	Maximum	Mean	σ_x	Reference
Se	0.17	0.68	0.30	0.17					
B	0.45	1.86	0.94	0.20	0.2	1.1	0.65	0.64	1
Fe	3.83	21.94	9.58	2.49	3	22	7.48	7.2	1, 4, 5
Ca	11.79	980.74	101.55	60.11	18	65	41.40	18.66	1, 3, 4
Mg	102.98	517.84	145.29	89.60	124	278	213.2	57.59	1, 3, 4
P	111.91	672.99	359.38	109.76	200	479	343.00	139.63	1, 2
K	2626.02	6326.07	4327.86	643.45	3300	5973	4753.25	1266.59	1, 3, 2

σ_x standard deviation, ¹Davies 1998, ²Dilworth et al. 2007, ³Lærke 2001, ⁴Putz 1998, ⁵Sikora 1999

Table 3 Relative concentration (%) of selected nutrients in potato tubers differing in their blackspot susceptibility irrespective of cultivar, vegetation period and time of storage in comparison to the published data of relative concentration (%) of these nutrients in potato tubers irrespective of cultivar, vegetation period and time of storage (sum of means of absolute data=100 %)

Nutrient	Fresh weight (%)	
	Present study	Literature data calculated ¹
Se	0.01	n.a.
B	0.02	0.01
Fe	0.19	0.14
Ca	2.05	0.77
Mg	2.94	3.98
P	7.27	6.40
K	87.52	88.69

¹the absolute nutrient concentrations published by Putz 1998, Lærke 2001, Davies 1998, Dilworth et al. 2007 and Sikora 1999 were used for calculation; ^{n.a.} not available

To study the influence of this high Ca concentration on other tuber nutrients the ratio between macro (K, Ca and P) and micro (B, Fe) nutrients was calculated according evaluations of Bergmann (1993). There were some ratios of macro:micro nutrient concentrations available, whereby the ratio 240:1 indicated an optimal supply, the ratio 1200:1 revealed micro nutrient deficiency and the ratio 7:1 micronutrient toxicity (Bergmann 1993). Applying these observations to the given results, an unbalanced K/B ratio was indicated; irrespective of the high Ca concentration (Tab. 1).

Discussion

Harvest date in comparison with BSI. Besides specific gravity also the length of the vegetation period influenced tubers blackspot susceptibility of tubers. Also Corsini (1999) and Thornton and Timm (1990) described that after a typically warm vegetative period specific gravity as well as the maturity of tubers harvested at different stages of haulm maturity were closely related to BSI. The time of interruption of the natural process of haulm senescence must have important consequences for tuber properties at harvest and may provide a possibility of adjusting the tuber response to impact as also previously described by McGarry et al. (1996). Tubers were pre-harvested from relative immature haulms around 150 days after planting which corresponds to approximately 90 days after emergence. Kolbe and Stephan-Beckmann (1997) stated that at this stage of tuber development until harvest nutrient concentrations (P, K, Ca, Mg) and nitrogenous compounds differ only slightly depending on growing conditions, which was also observed in this present study. Despite the fact that nutrients as well as nitrogenous compounds are known to influence blackspot susceptibility the presented results revealed no consistent relationship between nutrient concentration and BSI of tubers. The concentrations of the organic acids namely ascorbic, malic and citric acid are obviously higher in tubers harvested from premature haulms compared to tubers harvested two weeks later as described by Kolbe and Stephan-Beckmann (1997). This relative higher concentrations might decrease the pH-value and inhibit enzymatic reactions (Pawelzik and Delgado 1999) leading to lesser blackspot development.

Nutrient concentrations in comparison with BSI. During both years of investigation potatoes grew with an adequate supply of all essential nutrients because no nutrient deficiency symptoms were detectable, while tuber quality parameters like starch concentration, dry matter concentration and BSI were significantly different, which might be particularly influenced by some nutrients. Only for K we observed a significant increase in the concentration with increasing specific gravity of pre-harvested tubers in both years of investigation. During these periods of tuber growth the function of K referred to starch synthesis and dry matter accumulation for normal tuber development and yield response (Westermann et al. 1994b). Within both tested periods of vegetation and storage there was no a single nutrient whose concentration was continuously related to specific gravity and/or BSI. Presented findings are comparable to results from Oswald et al. (1958), Dwelle et al. (1977) and Corsini et al. (1999), who reported no effect of K on BSI presuming an adequate K supply. This might particularly depend on type of fertilizer because KCl was able to reduce BSI primarily through the component Cl, which reduced the dry matter of tubers grown in dry sandy soils (van Loon and van den Berg 2003/2004), while K₂SO₄ (Maier et al. 1986) and KNO₃ (Kumar et al. 2007) had no effect on BSI. Also P, Mg, Ca, Fe, B and Se concentrations did not influence BSI permanently. In the case of P, Mg, Ca, Fe and B presented findings agreed with studies from Scudder et al. (1950). Adequate fertilization and irrigation ensured sufficient amounts of nutrients around roots and tubers and nutrient

uptake directly through tuber periderm and into internal tuber tissue (Ca) (Habib and Donnelly 2002; Sowokinos 2007) or by mass flow (Ca, Mg, K, Se) and diffusion (K, P, Fe, B) (Bergmann 1993; Brown et al. 2002; Westermann 2005) resulting in required nutrient concentrations for tubers, with the exception of Ca. The Ca concentration was three times higher in the tubers compared to sufficient level. However, Ca toxicity is relatively unknown (Bergmann 1993) and Ca might be stored as inactive compound in the vacuoles of tubers, while its mobilisation depends on its requirement for physiological processes in tubers (Wulkow et al. 2007). During the whole period of investigation tubers might suffer from an unbalanced K/B ratio because of a relative low B concentration compared to relative high concentration of K. Despite the fact that B deficiency increase blackspot susceptibility (Mondi and Munshi 1993) other deficiency symptoms (rough periderm, necrotic tissue) of tubers were not detectable and the concentration of B was sufficient when comparing with other references.

Moreover, following nutrient interactions of K/B, P/B, Ca/B and P/Fe particularly affected BSI of tubers grown on sandy soil. In this process nutrient interactions might occurred in various forms like nutrient displacement in the metabolism during enzymatic reactions which influenced deficiency or surplus symptoms and consequently influencing the quality of potato tubers.

Conclusion

After typical warm vegetation periods in both years of investigation the time of harvesting and the specific gravity of tubers showed a strong relationship to BSI. However, there were no relation between the absolute concentrations of K, P, Mg, Ca, Fe, B and Se in potato tubers and their BSI. Nutrient concentrations ranged next to their optimum, with the exception of Ca. That might be particularly based on the fact that proper irrigation enhanced nutrient sufficiency again indicating that the additional application of water accompanied with a use of appropriate fertilization minimize nutrient deficiency on sandy soils. The use of fertilizer should be practiced in adequate rates to get maximum yield. There is not evidence that excessive fertilization will reduce BSI significantly. Moreover, harvesting tubers from haulms that were relatively immature at time of haulm kill might be important for crop management considering minimizing BSI. Nevertheless, this leads to a higher sugar accumulation during storage and decreasing processing quality of tubers if the higher sucrose pool is not managed properly during the post haulm kill and early storage period as mentioned by Corsini et al. (1999).

References

- Aysola P, Anderson P, Langford C H (1987) Wet ashing in biological samples in a microwave oven under pressure using poly (tetrafluoroethylene) vessels. *Anal Chem* 59:1582-1583

- Bamberg J B, Palta J P, Peterson L A, Martin M, Krueger A R (1998) Fine screening potato (*Solanum*) species germplasm for tuber calcium. *Am J Potato Res* 75:181-186
- Bartz J A, Locascio S J, Weingartner D P (1992) Calcium and potassium fertilization of potatoes grown in North Florida. II: Effect on Bacterial Soft Rot potential in the tuber, *American Potato Journal* 69:39-50
- Bergmann W (1993) *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen*. Verlag Gustav Fischer Jena
- Blokhina O, Virolainen E, v Fagerstedt K (2003) Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Ann Bot* 91:179–194
- Brown P H, Bellaloui N, Sah R N, Bassil E, Hu H (2002) Uptake and transport of boron. In: Goldbach H E, Rerkasem B, Wimmer M A, Brown P H, Thellier M, Bell R W (ed) *Boron in plant and animal nutrition*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, pp 103-119.
- Bucher M, Kossmann J (2007) Molecular physiology of the mineral nutrition of the potato. In: Vreugdenhill D (ed) *Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives*. Elsevier, Amsterdam, pp 441-470
- Corsini D, Stark J, Thornton M (1999) Factors contributing to the blackspot bruise potential of Idaho Potato fields. *Am J Potato Res* 76:221-226
- Davies H V (1998) Physiological mechanisms associated with the development of internal necrotic disorders of potato. *Am J Potato Res* 75:37-44
- Dean B B, Jackowiack N, Nagle M, Pavek J, Corsini D (1993) Blackspot pigment development of resistant and susceptible *Solanum tuberosum* L. genotypes at harvest and during storage measured by three methods of evaluation. *American Potato Journal* 70:201-217
- Dejmek P, Miyawaki O (2002) Relationship between the electrical and rheological properties of potato tuber tissue after various forms of processing. *Biosci Biotechnol Biochem* 66:1218-1223
- Dilworth L L, Omoruyi F O, Asemota H N (2007) In vitro availability of some essential minerals in commonly eaten processed and unprocessed Caribbean tuber crops. *Bio-Metals* 20:37-42
- Dwelle R B, Stallknecht G, McDole R E, Pavek J J (1977) Effects of soil potash treatment and storage temperature on blackspot bruise development in tubers of four *Solanum tuberosum* cultivars. *American Potato Journal* 54:137-146
- Edgell T, Brierley E R, Cobb A H (1998) An ultrastructural study of bruising in stored potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. *Ann Appl Biol* 132:143-150

- Griffiths D W, Bain H (1997) Photo-induced changes in the concentrations of individual chlorogenic acid isomers in potato (*Solanum tuberosum*) tubers and their complexation with ferric ions. *Potato Research* 40:307–315
- Haase N U (2003/2004) Estimation of dry matter and starch concentration in potatoes by determination of under-water weight and near infrared spectroscopy. *Potato Research* 46:117-127.
- Habib A, Donnelly D J (2002) Calcium translocation and accumulation into potato tubers. *Potato Res* 45:17-24
- Heinecke A (2007) Beitrag zur Ermittlung der biochemischen Ursachen der Schwarzfleckigkeit bei Kartoffeln. Ph. D. thesis Georg-August-University Goettingen, Germany. Available via <http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2007/heinecke/> accessed 31 Jan 2009
- Kirk W W, da Rocha A B, Hollosy S I, Hammerschmidt R, Wharton P S (2006) Effect of soil salinity on internal browning of potato tuber tissue in two soil types. *Am J Potato Res* 83:223–232
- Kolbe H, Stephan-Beckmann S (1997) Development, growth and chemical composition of the potato crop (*Solanum tuberosum* L.). I. Leaf and stem. *Potato Research* 40:111–129
- Kuennen R W, Wolnik K A, Fricke F L (1982) Pressure Dissolution and real sample matrix calibration for multi element analysis of raw agricultural crops by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. *Analytical Chemistry* 54:2146-2150
- Kumar P, Pandey S K, Singh B P, Singh S V, Dinesh K (2007) Influence of source and time of potassium application on potato growth, yield, economics and crisp quality. *Potato Research* 50:1–13
- Lærke P E (2001) Blackspot bruise in potato tubers. Ph. D. thesis, The Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark, ISBN 87-88976-50-5
- Lærke P E, Christiansen J, Veierskov B (2002) Colour of blackspot bruises in potato tubers during growth and storage compared to their discolouration potential. *Postharvest Biology and Technology* 26:99–111
- Lampe D (2007) Kali-Düngung im Kartoffelbau- nach unten fehlgesteuert. *Kartoffelbau* 58:324–327
- Leo L, Leone A, Longo C, Lombardi D A, Raimo F, Zacheo G (2008) Antioxidant compounds and antioxidant activity in “Early Potatoes”. *J Agric Food Chem* 56:4154–4163
- Locascio S J, Bartz J A, Weingartner D P (1992) Calcium and potassium fertilization of potatoes grown in North Florida. I. Effects on potato yield and tissue Ca and K concentrations, *American Potato Journal* 69:95-104

- Maier M A, Dahlenburg A P, Fresham A B (1986) Potassium nutrition of irrigated potatoes in South Australia. 3. Effect on specific gravity, size and internal bruising of tubers. *Austr J Exp Agr* 26:737-744
- Makishima A, Nakamura E, Nakano T (1997) Determination of boron in silicate samples by direct aspiration of sample HF solutions into ICPMS. *Anal Chem* 69:3754-3759
- McGarry A, Hole C C, Drew R L K, Parsons N (1996) Internal damage in potato tubers: A critical review. *Postharvest Biology and Technology* 8:239-258
- McNabney M, Dean B B, Bajema R W, Hyde G M (1999) The effect of potassium deficiency on chemical, biochemical and physical factors commonly associated with blackspot development in potato tubers. *Am J Potato Res* 75:53-60
- McNeal J M, Balistrieri L S (1989) Geochemistry and Occurrence of selenium: An overview. In: Jacobs L W (ed) *Selenium in Agriculture and the environment*. SSSA pp 1-13
- Mondy N I, Munshi C B (1993) Effect of Boron on enzymatic discoloration and phenolics and ascorbic acid contents of potatoes. *J Agric Food Chem* 41:554-556
- Müller A, Wiedenbeck M, van den Kerkhof A, Kronz A, Simon K (2003) Trace elements in quartz- a combined electron microprobe, secondary ion mass spectrometry, laser-ablation ICP-MS, and cathodoluminescence study. *Eur J Mineral* 15:747-763
- Muneta P, Kaisaki F (1983) Ascorbic acid-ferrous iron (Fe^{++}) complexes and after cooking darkening of potatoes. *American Potato Journal* 62:531-536
- Munshi C B, Combs G F, Mondy N I (1990) Effect of selenium treatment on the nitrogenous constituents of the potato. *J Agric Food Chem* 38:2000-2002
- Nitsch A (2005) Aufnahmeverlauf von Makro- und Mikronährstoffen in Kartoffelknollen. Conference of the Society of Plant Breeding e.V. (GPZ) from 16th to 17th November 2005 Goettingen, Germany
- Nzaramba M N, Bamberg J B, Miller J C Jr (2007) Effect of propagule type and growing environment on antioxidant activity and total phenolics content in potato germplasm. *Am J Potato Res* 84:323-330
- Oswald J W, Lorenz O A, Bowman T, Snyder M, Hall H (1958) Potato fertilization and internal blackspot in Santa Maria Valley. Fertilization studies show potash deficiency to be closely linked with the incidence of internal disorder of potatoes. *Calif Agric* 12:8-10
- Pawelzik E, Delgado E (1999) Wirkung von Trockenstress auf die Verfärbungsneigung von Kartoffelknollen. *Kartoffelbau* 9/10:358-360
- Pellegrini N, Serafini M, Colombi B, del Rio D, Salvatore S, Bianchi M, Brighenti F (2003) Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *J Nutr* 133:2812-2819

- Peterson R L, Barker W G, Howarth M J (1985) Development and structure of tubers. In: Li P H (ed) *Potato Physiology*, Academic Press, Orlando, FL, pp124-152
- Putz B (1998) *Kartoffeln: Züchtung, Anbau, Verwertung*. Verlag Behr's, Hamburg
- Rogozińska I, Wszelaczyńska E, Wichrowska D (2005) Effect of bioelements (Mg, N, K) and herbicides on vitamin C content in potato tubers. Part I: Vitamin C content in potato tubers immediately after harvest. *Elementology* 10:999-1008
- Scanlon M G, Pang C H, Biliaderis C G (1996) The effect of osmotic adjustment on the mechanical properties of potato parenchyma. *Food Res Int* 29:481-488
- Scudder W T, Jacob W C, Thompson H C (1950) Varietal susceptibility and the effect of potash on the incidence of blackspot in potatoes. *Proc. Am. Soc.Hortic. Sci.* 56:343-348
- Seppänen M, Turakainen M, Hartikainen H (2003) Selenium effects on oxidative stress in potato. *Plant Sci* 165:311–319
- Simmons K E, Kelling K A (1987) Potato responses to calcium application on several soil types. *American Potato Journal* 64:119-136
- Sowokinos J R (2007) Internal physiological disorders and nutritional and compositional factors that affect market quality. Advances and perspectives, In: Vreugdenhill D (ed) *Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives*. Elsevier, Amsterdam, pp 501-523
- Storey M (2007) The harvested crop. In: Vreugdenhill D (ed) *Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives*. Elsevier, Amsterdam, pp 441-470
- Sulaiman M I (2005) Effect of calcium fertilization on the Quality of potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) cv. Saturna. PhD. Thesis, Georg-August-University Goettingen, Germany ISBN 3-86537-598-7
- Terry N, Zayed A M, Souza M P, Tarun A S (2000) Selenium in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology and Pant Molecular Biology.* 51:401-432
- Thornton R E, Timm H (1990) Influence of fertilizer and irrigation management on tuber bruising. *American Potato Journal* 67:45–54
- Turakainen M, Hartikainen H, Ekholm P, Seppänen M (2006) Distribution of selenium in different biochemical fractions and raw darkening degree of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers supplemented with selenate. *J Agric Food Chem* 54:8617–8622
- Tzeng K C, Kelmann A, Simmons, Kelling K A (1986) Relationship of calcium nutrition to internal Brown Spot of potato tubers and sub-apical necrosis of sprouts. *American Potato Journal* 63:87-97
- van Loon C D, van den Berg W (2003/2004) The effect of chloride fertilization on blackspot susceptibility and other quality characteristics and on yield of potato. *Potato Research* 46:147–154

- Westermann D T (2005) Nutritional requirements of potatoes. *Am J Potato Res* 82:301-307
- Westermann D T, James D W, Tindall T A, Hurst R L (1994b) Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: sugars and starch. *Am Potato J* 71:433–453
- Westermann D T, Tindall T A, James D W, Hurst R L (1994a) Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: yield and specific gravity. *Am Potato J* 71:417–431
- White P J, Wheatley R E, Hammond J P, Zhang K (2007) Minerals, soils and roots. In: Vreugdenhill D (ed) *Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives*. Elsevier, Amsterdam, pp 739-752
- Wilhelm E, Tegge G, Vitte V (1983) vergleichende Untersuchungen über Standardmethoden zur Phosphorbestimmung. *Starch- Stärke* 8:282-287
- Workman M, Holm D G (1984) Potato clone variation in Blackspot and soft rot susceptibility, redox potential, ascorbic acid, dry matter and potassium. *American Potato Journal* 61:723-733
- Wulkow A, Pawelzik E, Peters R, Haase N U (2009) Blackspot bruise formation in potato (*Solanum tuberosum*) tubers in relation to the components determining tuber specific gravity (in preparation)
- Wulkow A, Sulaiman M I, Pawelzik E (2007) Calciumdüngung zu Kartoffeln. Einfluss der Calciumfraktionen in der Kartoffelknolle. *Kartoffelbau* 58:78-83
- Yahraus T, Chandra S, Legendre L, Low P S (1995) Evidence for mechanically induced oxidative burst. *Plant Physiol* 109:1259–1266

Water relations in potato (*Solanum tuberosum*) tubers in comparison to their blackspot susceptibility

Antje Wulkow¹, Werner B. Herppich², Elke Pawelzik^{1*}

¹Quality of Plant Products Section, Department of Crop Sciences, University of Goettingen, ²Department of Horticultural Engineering, Leibniz Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim

Abstract

Tubers harvested 2006 and 2007 and stored for five and eight months at low temperatures of 4°C avoided water losses and therefore losses of pressure potential due to cold accumulation which is known as a common practice of vegetative organs of carrots and radish. The performed mechanism of cold accumulation belonged to osmotic adjustment. Thereby blackspot susceptibility of tubers increased with increasing specific gravity, irrespective of whether cells were fully turgid or flaccid.

Keywords: water status, mechanical stress, cold storage

Introduction

Potato tubers are exposed to different environmental conditions during growth, harvest, handling and storage which predetermine their physiological status. These combinations of circumstances may affect the water status of the tuber as well as its variations due to metabolic changes and, as a consequence, can directly influence processing operations and product quality (Günel and Karadogan, 1998; Heuer and Nadler, 1998; Kolbe and Stephan-Beckmann, 1997; Pawelzik and Delgado, 1999; Rasool et al., 2007). In potato tubers blackspot is a major quality problem worldwide, caused by mechanical impact (Alvarez and Canet, 2002; Lærke, 2001). This blue-black discolouration of cortical parenchyma (Lulai, 2007) occurs without recognizable cell dissociation (Storey, 2007) contrary to other types of bruise like crushing, shatter and cracking leading to visible cell deformation (Baritelle and Hyde, 2003). However, intracellular membrane modification might be necessary to synthesize the dark polyphenolic pigment melanin from phenols stored in the vacuole catalysed by the amyloplast-located (Lærke et al., 2002) enzyme Polyphenol oxidase (PPO, EC 1.10.3.1, EC 1.14.18.1) (Schmitz et al., 2008). It is highly probable that tuber water status affects blackspot susceptibility (Bajema et al., 1998a; Baritelle and Hyde, 2001; Corsini et al., 1999; Lærke, 2001; Olsen et al., 2003/4; Pawelzik and Delgado, 1999) where water loss change membrane integrity allowing enzymatic browning as obtained in rambutan fruits (*Nephelium lappaceum*) (Landrigan et al., 1996). Moreover blackspot development is interrelated with many other parameters concerning potato tubers impact susceptibility (e.g. tuber mass, tuber shape, physiological tuber age) (Storey, 2007).

In the past, many studies investigated single features of tissue water status and their interactions with tuber mechanical properties like pressure potential and impact susceptibility

of potato tubers (Alvarez et al., 2000a; Bajema et al., 1998a; Lærke, 2001), elasticity and specific gravity of potato parenchyma (Scanlon et al., 1998) and cold storage and impact susceptibility of potato tubers (Bajema et al., 1998a, b). However, tissue water status of the tuber is related to both its water concentration (e.g. water mass or water volume) and the chemical potential of the water within cells (Galindo et al., 2004b; von Willert et al., 1995). The latter is commonly described by the actual tissue water potential, which, itself is determined by the respective osmotic (osmotic potential) and pressure component (pressure potential or turgor) (Galindo et al., 2004b). Detailed information about the chemical potential of water and impact susceptibility was given for carrot roots (Herppich et al., 1999) and for radish tubers (Landahl et al., 2004) and particularly for potato tubers (Lærke, 2001).

The present investigation evaluates the chemical potential of water in potato tubers to provide detailed measurements of changes in water status through time and to relate these changes, if any, to blackspot susceptibility of potato tubers. This study is aimed to get a more exact knowledge about blackspot development and may facilitate to develop optimal techniques of handling and storage which help to obtain and to maintain the highest possible product quality for the consumer.

Materials and methods

Material. Eight cultivars of table potatoes (Adretta, Afra, Gala, Granola, Lolita, Marabel, Nicola and Renate) were grown near Dethlingen (Germany) by conventional farming methods during two vegetation periods (2006 and 2007). To guarantee comparable results only tubers with a similar size of 40 to 50 mm were chosen for the experiments. Analyses were performed directly after harvest and after five and eight months, respectively, of storage at 4°C and 95 % relative humidity. Prior to investigation tubers were sorted into six classes of specific gravity from <1.055 to >1.095 kg L⁻¹, with 0.01 increments, by immersing them into NaCl-solutions of different concentrations. Then, the tubers of each class were split into two batches. Tubers of the first batch were used to determine their blackspot index (BSI), those of the second batch were used to determine water concentration, water potential, osmolality, osmotic potential, modulus of elasticity and pressure potential in the stem end and the bud end of tubers, respectively.

Analyses. Blackspot index (BSI) of whole potato tubers of different specific gravities was determined according to the method propose by the “Bundessortenamt” (BSA, Federal Plant Variety Office, Germany). The tubers were cooled down to 4 to 5°C and mechanical treated for 50 s in a vegetable washing machine with rotating drum (Flott 18 K, Flottwerk H.J. Dames GmbH & Co. KG, Rotenburg a. d. F., Germany) with three replications. Each replication consisted of an amount of tubers (Σ_{tuber}) adequate to a volume of 6 L. Subsequently, treated tubers were stored at room temperature for 48 hours. For BSI determination tubers were cut into halves length-wise and one half was evaluated visually using a scale with four scores of discolouration. The score “No discolouration” indicated the lack

of any blackspot development and therefore no blackspot susceptibility (Σ_1). Discolouration of up to one quarter of length and less than 5 mm in depth denoted slight blackspot susceptibility (Σ_2). Medium blackspot susceptibility corresponded to a discolouration of up to one quarter of length and more than 5 mm in depth or one half of the length and a maximum of 5 mm in depth (Σ_3). Serious blackspot susceptibility was indicated by any discolouration stronger than that described before (Σ_4). The blackspot susceptibility (BSI), expressed as the percentage of discoloured tubers, was calculated as $(0.3\Sigma_2+0.5\Sigma_3+\Sigma_4)/\Sigma_{\text{tuber}} * 100$.

Water relation parameters of tubers of the second batch were determined on tissue discs (6 mm diameter and 2 mm thick) from stem end and bud end of the tuber. With a cork borer tissue cylinders were axially cut from the middle of the tubers. The analysed samples consisted of both cortex and parenchyma tissue, which is important because blackspot occurs in the vascular bundles and parenchyma tissue under the cortex.

Water potential of the tissue discs was determined psychrometrically (von Willert et al., 1995) using 10 C-52 dew point hygrometer chambers connected to a HR-33T micro voltmeter via a PS-10 switchbox (all Wescor Inc., Logan, USA). The samples were inserted into the deep sample holders of the C-52 chambers and equilibrated for 60 min in the closed chambers. Subsequently, the discs were removed from the chambers, their fresh mass (FM) obtained (electronic balance BP 210 S, Satorius AG, Goettingen, Germany), and the discs were allowed to transpire freely for 30 min. Afterwards, the water potential and fresh mass were measured again.

Finally, samples were filled into pre-weighted 1,5 ml micro test tubes (Eppendorf AG, Hamburg, Germany), frozen, thawed, centrifuged for 3 min (14000g, MiniSpin® plus, Eppendorf AG, Hamburg, Germany) and the supernatant analysed for its molal osmotic concentration (c_{osm} ; mmol kg⁻¹) with a vapour pressure osmometer (VAPRO 5520, Wescor Inc., Logan, USA). The osmotic potential (Ψ_{π}) was calculated from the osmotic concentration using the van't Hoff's relation ($\Psi_{\pi} = c_{\text{osm}} * \rho_{\text{solution}} * R * T$; c.f. von Willert et al., 1995). From the difference of water potential and osmotic potential, pressure potential (Ψ_p) was obtained. Finally tissue dry mass (DM, g kg⁻¹ FM) was obtained after oven-drying at 85°C (24 hours) and the fresh mass based water concentration of the discs was calculated from fresh and dry mass ((FM-DM)/FM*1000). From changes in pressure potential and fresh mass during the two subsequent measurements multiplied by the initial fresh mass (FM_i) the volumetric modulus of elasticity (ϵ , c.f. von Willert et al., 1995) of the tissue samples was calculated according to Landahl et al. (2004) as $\epsilon = (\Delta\Psi_p)/\Delta\text{FM} * \text{FM}_i$.

Statistics. The obtained data were analysed with Sigma Stat statistical program (STAT32). All data sets were tested for normal distribution and variance homogeneity (p=0.05). Following analyses of variance were calculated for cultivar and specific gravity. Calculated means were compared by Tukey's test (p<0.05). Correlation and multiple regression proce-

dures between normally distributed quality parameters were performed using Pearson correlation coefficients.

Results

As the stem end of potato tubers is physiologically and histologically older than the bud end (Bajema et al., 1998b) and might display some differences in both physiological properties and blackspot susceptibility (Lærke, 2001) water relation and tissue elasticity were analysed separately for both tuber parts. However, no significant differences in water potential, osmolality, osmotic potential, pressure potential and the modulus of elasticity between both parts could be revealed. Hence, data of stem and bud ends of tubers were pooled. Also, the water potentials did not differ significantly between cultivars. Therefore, presented data reflect the mean water potentials of both stem end and bud end tissue of a selection of tubers differing in their specific gravity regardless of the respective cultivar (Tab. 1, 2).

Tubers harvested in 2006 showed specific gravities in the range of 1.055 and 1.095 kg L⁻¹ (Tab. 1). Their absolute water concentration was negatively correlated with specific gravity ($r = -0.86$, $p < 0.01$), and blackspot occurrence ($r = -0.59$, $p < 0.01$) (Fig. 1A). However, blackspot significantly increased with increasing specific gravity ($r = 0.79$, $p < 0.01$). Neither water potential nor osmolality or osmotic potential, pressure potential and modulus of elasticity varied significantly between tubers with differing specific gravity (Tab. 1).

After five months of storage, the variation of specific gravity increased now ranging between <1.055 and >1.095 kg L⁻¹ (Tab. 1). A five months storage period did not influence the tuber water concentration, although the correlation between absolute water concentration and specific gravity ($r = 0.79$, $p < 0.01$), water concentration and blackspot ($r = 0.50$, $p < 0.05$) (Fig. 1B) and blackspot and specific gravity ($r = 0.52$, $p < 0.05$) was still high. During storage pressure potential and the modulus of elasticity remained constant, while water potential and osmotic potential decreased significantly (Tab. 1). In contrast, a significant increase in osmolality and blackspot occurred (Tab. 1).

During further storage up to eight months the tuber water concentration and water potential did not change further. Again, the correlation between water concentration and specific gravity ($r = 0.88$, $p < 0.01$), water concentration and blackspot ($r = 0.62$, $p < 0.01$) (Fig. 1C) and blackspot and specific gravity ($r = 0.57$, $p < 0.01$) was obvious. Compared to initial storage osmolality, modulus of elasticity and pressure potential significantly increased, while the osmotic potential and blackspot occurrence significantly decreased (Tab. 1).

In contrast to 2006, in 2007 specific gravities of harvested tubers ranged between <1.055 and >1.095 kg L⁻¹ (Tab. 2). In addition the water concentration was negatively correlated with specific gravity ($r = -0.89$, $p < 0.01$), and blackspot ($r = -0.56$, $p < 0.01$) (Fig. 1D). Again, blackspot occurrence significantly increased with increasing specific gravity ($r = 0.58$, $p < 0.01$). Water potential, osmolality and osmotic potential were not significant dif-

ferent in tubers differing in their specific gravity. However, the modulus of elasticity and pressure potential was significantly lower in tubers with a specific gravity above 1.095 kg L⁻¹ (Tab. 2). Specific gravity and water concentration of tubers were more or less constant during a storage of five months (Tab. 2). Again water concentration and specific gravity ($r= 0.92$, $p < 0.01$) and blackspot and specific gravity ($r= 0.52$, $p < 0.05$) were highly correlated but not water concentration and blackspot (Fig. 1E). Water potential, osmotic potential, modulus of elasticity and blackspot occurrence significantly decreased, while the pressure potential and osmolality significantly increased during initial storage (Tab. 2).

During a prolonged storage period up to eight months tubers specific gravity, water concentration, osmotic potential and modulus of elasticity of tubers stayed constant, while a correlation between absolute water concentration and specific gravity ($r= 0.66$, $p < 0.01$) and blackspot and specific gravity ($r= 0.56$, $p < 0.01$) was still given. Contrary to 2006, no relationship between absolute water concentration and blackspot was detectable (Fig. 1F) in 2007. During long-term storage the osmolality significantly increased, while pressure potential and blackspot occurrence significantly decreased (Tab. 2).

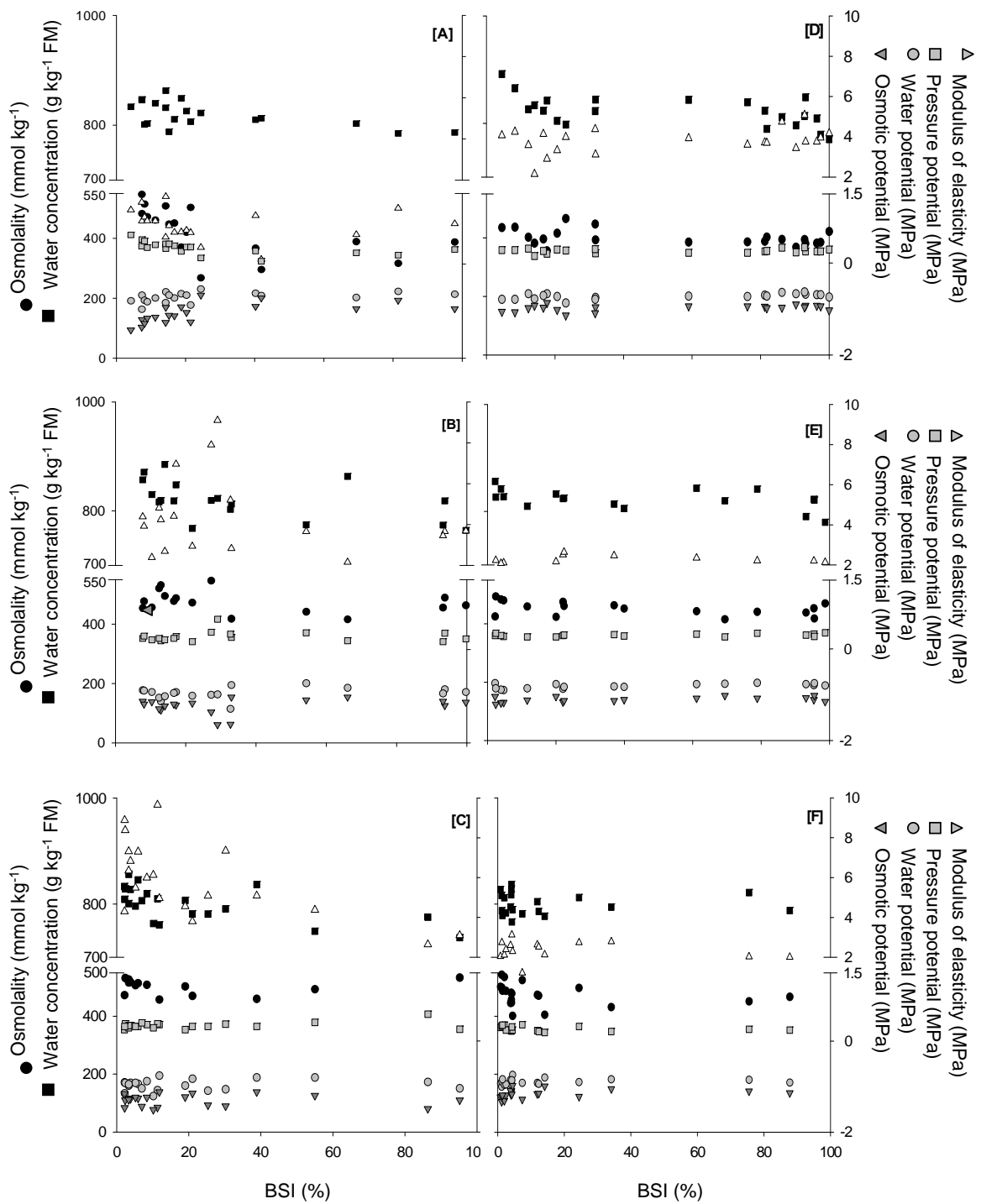


Figure 1 BSI (%) of potato tubers of different specific gravities in comparison to their water concentration (g kg^{-1} FM), osmolality (mmol kg^{-1}), osmotic potential (MPa), water potential (MPa), pressure potential (MPa) and modulus of elasticity (MPa) after harvest (A) 2006, following five (B) and (C) eight months of storage, respectively, and after harvest (D) 2007, following five (E) and eight (F) months of storage, respectively, statistical evaluations are shown in Table 1 and 2

Table 1 Water concentration (g kg⁻¹ FM), water potential (MPa), osmolality (mmol kg⁻¹), osmotic potential (MPa), modulus of elasticity (MPa), pressure potential (MPa) and BSI (%) of tubers differing in their specific gravity (kg L⁻¹) harvested 2006 and stored for five and eight months

Period	Parameter	Specific gravity												
		<1.055		1.056 – 1.065		1.066 – 1.075		1.076 – 1.085		1.086 – 1.095		>1.095		
Harvest	Water concentration	A		847.20 ± 39.5	a	816.13 ± 36.9	ab	802.43 ± 56.9	b	785.82 ± 32.6	b			
	Water potential	A		-0.73 ± 0.1	a	-0.69 ± 0.1	a	-0.73 ± 0.1	a	-0.61 ± 0.1	a			
	Osmolality	C		471.08 ± 22.6	a	422.27 ± 24.0	a	409.24 ± 24.1	a	352.35 ± 7.7	a			
	Osmotic potential	A		-1.15 ± 0.1	a	-1.03 ± 0.1	a	-1.00 ± 0.1	a	-0.86 ± 0.0	a			
	Modulus of elasticity	B		3.08 ± 1.5	a	2.62 ± 1.1	a	2.21 ± 0.9	a	2.98 ± 1.0	a			
	Pressure potential	AB		0.43 ± 0.1	a	0.34 ± 0.1	a	0.27 ± 0.1	a	0.25 ± 0.1	a			
	BSI	B		10.50 ± 2.8	c	18.58 ± 4.0	c	37.00 ± 4.5	b	89.68 ± 3.1	a			
Five months stored	Water concentration	A	892.12 ± 26.5	a	852.44 ± 22.7	a	829.03 ± 34.4	a	804.19 ± 39.0	a	790.22 ± 36.2	b	761.71 ± 17.2	c
	Water potential	B	-0.88 ± 0.0	a	-0.90 ± 0.0	ab	-0.91 ± 0.1	ab	-0.99 ± 0.1	b	-0.97 ± 0.1	b	-0.87 ± 0.1	a
	Osmolality	B	427.35 ± 3.2	ab	467.61 ± 7.6	b	503.42 ± 13.8	ab	511.26 ± 7.9	ab	564.51 ± 26.8	a	469.50 ± 4.8	b
	Osmotic potential	B	-1.04 ± 0.0	ab	-1.14 ± 0.0	a	-1.23 ± 0.0	a	-1.25 ± 0.0	ab	-1.38 ± 0.1	b	-1.15 ± 0.0	ab
	Modulus of elasticity	B	3.30 ± 0.1	a	4.11 ± 1.5	a	4.58 ± 1.9	a	3.73 ± 1.7	a	5.70 ± 3.1	a	3.23 ± 1.2	a
	Pressure potential	B	0.16 ± 0.0	a	0.24 ± 0.0	a	0.32 ± 0.1	a	0.26 ± 0.1	a	0.41 ± 0.1	a	0.28 ± 0.1	a
	BSI	A		21.45 ± 3.3	c	31.14 ± 3.3	b	45.20 ± 4.1	b	77.00 ± 5.2	a			
Eight months stored	Water concentration	A	865.29 ± 28.2	a	833.02 ± 31.6	a	807.59 ± 29.5	ab	787.99 ± 23.6	bc	761.59 ± 41.0	c	766.40 ± 24.1	bc
	Water potential	B	-1.07 ± 0.1	ab	-0.92 ± 0.1	a	-0.91 ± 0.1	a	-1.01 ± 0.1	ab	-1.11 ± 0.2	b	-1.04 ± 0.1	ab
	Osmolality	A	530.10 ± 44.6	a	529.50 ± 39.8	a	530.51 ± 34.6	a	571.50 ± 72.1	a	586.57 ± 57.1	a	589.65 ± 53.4	a
	Osmotic potential	C	-1.30 ± 0.1	a	-1.29 ± 0.1	a	-1.30 ± 0.1	a	-1.40 ± 0.2	a	-1.43 ± 0.2	a	-1.44 ± 0.1	a
	Modulus of elasticity	A	4.45 ± 4.0	a	5.98 ± 2.9	a	6.41 ± 3.8	a	6.43 ± 1.9	a	5.54 ± 2.4	a	6.18 ± 4.9	a
	Pressure potential	A	0.23 ± 0.1	a	0.38 ± 0.1	a	0.39 ± 0.1	a	0.39 ± 0.1	a	0.32 ± 0.1	a	0.40 ± 0.2	a
	BSI	B		4.33 ± 1.7	c	14.67 ± 2.0	b	27.88 ± 3.0	b	42.12 ± 3.1	b	55.00 ± 3.4	a	

^{A,B,C} different upper case letters indicate significant differences between test periods within single parameters by Tukey's test ($p \leq 0.05$), irrespective of specific gravity

^{a,b,c} different lower case letters indicate significant differences of tubers by Tukey's test ($p \leq 0.05$) within single parameters and tests periods

Table 2 Water concentration (g kg⁻¹ FM), water potential (MPa), osmolality (mmol kg⁻¹), osmotic potential (MPa), modulus of elasticity (MPa), pressure potential (MPa) and BSI (%) of tubers differing in their specific gravity (kg L⁻¹) harvested 2007 and stored for five and eight months

Period	Parameter		Specific gravity																	
			<1.055			1.056 – 1.065			1.066 – 1.075			1.076 – 1.085			1.086 – 1.095			>1.095		
Harvest	Water concentration	A	876.77	± 28.2	a	838.48	± 32.2	ab	827.36	± 60.6	ab	803.27	± 36.2	b	774.77	± 25.9	b	757.13	± 38.4	b
	Water potential	A	-0.72	± 0.1	a	-0.72	± 0.1	a	-0.71	± 0.0	a	-0.73	± 0.0	a	-0.72	± 0.0	a	-0.74	± 0.0	a
	Osmolarity	C	394.65	± 26.7	a	391.63	± 13.8	a	398.78	± 13.9	a	404.21	± 16.8	a	403.05	± 8.8	a	390.30	± 11.1	a
	Osmotic potential	A	-0.96	± 0.1	a	-0.96	± 0.0	a	-0.97	± 0.0	a	-0.99	± 0.0	a	-0.99	± 0.0	a	-0.95	± 0.0	a
	Modulus of elasticity	A	3.79	± 0.9	a	3.83	± 0.7	a	3.95	± 0.6	a	3.67	± 0.6	a	4.07	± 0.7	a	2.99	± 0.6	b
	Pressure potential	B	0.25	± 0.1	ab	0.24	± 0.0	ab	0.27	± 0.0	a	0.26	± 0.0	ab	0.27	± 0.0	a	0.21	± 0.0	b
	BSI	A	4.50	± 1.6	c	35.03	± 3.9	c	50.43	± 4.0	b	67.53	± 3.8	ab	98.77	± 1.2	a			
Five months stored	Water concentration	A	863.10	± 14.8	a	846.59	± 27.1	ab	831.15	± 26.0	ab	817.08	± 21.9	b	785.42	± 17.6	c	765.25	± 18.5	c
	Water potential	B	-0.80	± 0.0	a	-0.81	± 0.0	a	-0.81	± 0.0	a	-0.82	± 0.1	a	-0.83	± 0.0	a	-0.81	± 0.0	a
	Osmolarity	B	450.00	± 7.1	a	451.85	± 17.5	a	456.08	± 18.8	a	450.75	± 19.5	a	461.80	± 12.2	a	453.60	± 16.5	a
	Osmotic potential	B	-1.10	± 0.0	a	-1.10	± 0.0	a	-1.11	± 0.1	a	-1.10	± 0.1	a	-1.13	± 0.0	a	-1.11	± 0.0	a
	Modulus of elasticity	B	2.08	± 0.3	a	2.20	± 0.4	a	2.40	± 0.5	a	2.04	± 0.4	a	2.11	± 0.3	a	1.98	± 0.4	a
	Pressure potential	A	0.30	± 0.0	a	0.29	± 0.04	a	0.30	± 0.0	a	0.29	± 0.0	a	0.30	± 0.0	a	0.30	± 0.0	a
	BSI	B				31.67	± 4.11	d	25.33	± 4.1	c	50.19	± 4.6	b	95.93	± 0.6	a			
Eight months stored	Water concentration	A	827.96	± 28.2	a	816.78	± 25.8	ab	800.90	± 27.8	ab	793.26	± 24.5	ab	774.33	± 20.9	ab	746.83	± 21.7	b
	Water potential	C	-0.91	± 0.1	a	-0.91	± 0.1	a	-0.91	± 0.1	a	-0.88	± 0.0	a	-0.88	± 0.1	a	-0.95	± 0.1	a
	Osmolarity	A	481.05	± 31.9	a	478.39	± 27.3	a	477.39	± 27.3	a	472.89	± 12.4	a	437.95	± 38.6	a	463.28	± 9.8	a
	Osmotic potential	B	-1.18	± 0.1	a	-1.17	± 0.1	a	-1.17	± 0.0	a	-1.16	± 0.0	a	-1.07	± 0.1	a	-1.13	± 0.0	a
	Modulus of elasticity	B	1.74	± 0.2	a	2.23	± 0.6	a	2.14	± 0.5	a	2.43	± 0.6	a	2.16	± 0.3	a	1.68	± 0.6	a
	Pressure potential	B	0.26	± 0.0	a	0.26	± 0.1	a	0.26	0.05	a	0.28	0.06	a	0.19	0.08	a	0.18	0.07	a
	BSI	C				4.40	± 2.46	c	2.49	1.37	c	23.21	5.06	b	50.39	4.32	a			

^{A,B,C} different upper case letters indicate significant differences between test periods within single parameters by Tukey's test ($p \leq 0.05$), irrespective of specific gravity

^{a,b,c} different lower case letters indicate significant differences of tubers by Tukey's test ($p \leq 0.05$) within single parameters and tests periods

Discussion

No significant tuber position-dependent differences in water potential, osmolality, osmotic potential, pressure potential or in the modulus of elasticity could be detected in the present study. In contrast, Bajema et al. (1998b) reported lower tissue elasticity and consequently a higher impact susceptibility for stem ends compared to bud ends of ‘Russet Burbank’ and ‘Atlantic’ tubers. Due to the fact that larger cells, thicker cell walls and interrupted starch packing of cells of the stem end enhanced their susceptibility to blackspot (Lærke, 2001), while affecting tissue water status (von Willert et al., 1995). Olsen et al. (2003/4) measured a relative lower turgor at stem end compared to the bud end of tubers of ‘Shepody’. This relationship was not observed in the present study.

Blackspot susceptibility and water status of tubers after harvest. In both years 2006 and 2007 tubers with a specific gravity lower than 1.095 kg L^{-1} showed significantly higher water potential after harvest, than after short-term or long-term storage. According to Suttle (2007) this result indicated that freshly harvested tubers were well hydrated despite, soil water was not longer available, while transpiration water losses of tubers were generally high a rapid decline of respiration might take place delaying metabolic processes (Galindo et al., 2004a; Suttle, 2007), whereby water was preserved. The concentration of stored macromolecules (starch and proteins) remained constant or decreased only slightly thus providing a sufficient resource of nutrients and carbohydrates for sprout development. This promptly declined metabolism in analysed tubers maintained their vitality.

The vitality of tubers is influenced by their pressure potential since its loss will inhibit sprouting (Galindo et al., 2004a). The pressure potentials found in harvested tubers ranged between 0.25 and 0.45 MPa and are thus very similar to those reported for potatoes of ‘Maries Piper’ (0.36 MPa; Alvarez et al., 2000a), ‘Katahdin’ (0.36 MPa; Bruswitz et al., 1989), ‘Russet Burbank’ and ‘Shepody’ (0.26 MPa; Laza et al., 2001), and ‘Dali’ and ‘Oleva’ (0.43 MPa and 0.44 MPa, respectively; Lærke, 2001). This indicates only a minor difference between our measured pressure potentials and those reported in literature. Storey (2007) proposed that pressure potential may vary between different potato cultivars differing in their specific gravity. Tuber pressure potential was highly affected by the state of plant development or senescence, defoliation and the activity of water uptake by the root system (Storey 2007). However, analysed tubers (Fig. 1) were grown at similar conditions in the same field and planted and harvested at once displaying similar pressure potentials. Furthermore the modulus of elasticity of well-watered and turgid, freshly harvested tubers did not differ significantly (Tab. 1, 2). This corresponds to results given by Alvarez and Canet (2002) who found a generally reduced variability of tissue elasticity (Young’s modulus) measurements at high pressure potentials.

Nevertheless, a decreasing pressure potential may further increase blackspot susceptibility as reported by Lærke (2001). Tubers harvested in 2007 revealed significantly lower pressure potentials and higher blackspot susceptibility compared to tubers harvested in 2006,

despite the fact that temperatures during harvest and tuber water concentration were similar in 2006 and 2007. Presented results correspond to findings of Herppich et al. (2004) indicating that, at a given temperature, carrots show a lower toughness at a lower pressure potential.

When water uptake was restricted and increasing specific gravity indicated a higher dry matter concentration due to a higher amount of starch granules accompanied with a lower water concentration of tissues the tuber tissues became more elastic due to the lower pressure potential and the decreased elastic modulus. The susceptibility to blackspot might increase because of a reduced cell wall tension and/or a higher concentration of starch granules as it was discussed by Bajema et al. (1998a) and Scanlon et al. (1998).

Blackspot susceptibility and water status of stored tubers. Processing industry demands a permanent supply of potato tubers throughout the year. Therefore potato storage is essential in which tubers may undergo pronounced physiological changes (Laza et al., 2001; Scanlon et al., 1996). Despite the fact that these physiological changes of potato tubers have been widely studied (Alvarez and Canet, 2002; Baritelle and Hyde, 2001; Lærke, 2001; Scanlon et al., 1996) information are still incomplete in which way low temperatures might influence storage physiology.

In both years, tubers obviously accumulated osmotically active solutes which significantly decreased the water potential without decreasing pressure potential during the entire storage period. Within this process of osmotic adjustment (Galindo et al., 2004a) tissue sap osmolality increased in average by more than 100 mmol kg⁻¹ due to the hydrolysis of starch to sucrose (Espen et al., 1999). This resulted in a decline in osmotic potential of 0.2 MPa and more. Osmotic adjustment may be a direct response to cold temperatures helping to reduce the freezing temperature of the tissue sap, thus, increasing tuber frost resistance. As a result of this process tubers may also stabilize or even increase their pressure potential despite a decreasing water potential (Galindo et al., 2004b). Remained pressure potentials during the entire storage indicated a steady membrane integrity, which was also not influenced by osmotic adjustment during storage corresponding to findings from Olsen et al. (2003/4). The absolute water concentration did not change during storage, while a decreasing water concentration would have indicated enhanced respiration usually accompanied with sprouting or senescence (Suttle, 2007), which was not observed in the present study. The tubers obviously maintained their vitality during storage as also described by Galindo et al. (2004b) and Heuer and Nadler (1998).

Blackspot susceptibility and tuber water status-synopsis. Observed variation in blackspot susceptibility at similar pressure potentials might be attributed to non-aqueous constituents of tissue. Both parameters are often reported to be positively correlated within potato tubers (Baritelle and Hyde, 2003; Peters et al., 2005; Wrigth et al., 2005). Throughout the whole shelf time of eight months blackspot significantly increased with the specific gravity. Specific gravity is generally assumed to be a cultivar characteristic (Laboski and

Kelling, 2007; Neumann, 1995) and reflects the dry matter concentration of potato tubers (Haase 2003/4). A higher dry matter concentration may result from a higher amount of cell wall components, cytoplasmic components or in case of potato tubers from a large size or a high number of starch granules. This reportedly increases the susceptibility to mechanical deformation of membranes as a direct effect of impact (Lærke, 2001; Olsen, 2003/4; Storey, 2007), regardless of tissue turgidity.

According to Scanlon et al. (1998) and Bajema et al. (1998a) it may be assumed that a fully turgid vacuole presses protoplasm and starch granules against the cell walls more than in flaccid cells. Compared to flaccid cells this may increase the shock wave speed after impact. The cell walls could compensate the acceleration of shock wave due to the chemical interactions between the various cell wall components or transferred the impact energy into the parenchyma.

Contrary, in relaxed cells the vacuoles did not perform such a strong pressure and so starch granules and protoplasm were not constricted. If the parenchyma was impacted, the starch granules were highly variable to the parenchyma and extended the cell membrane (Galindo et al., 2004b; Alvarez et al., 2000b) or dissipated the impact energy due to friction (Scanlon et al., 1998). Therefore, in flaccid cells the specific gravity of cells influences impact susceptibility. These findings are in agreement with results of Scanlon et al. (1998), who observed a positive relationship between specific gravity and loss modulus, a component of the modulus of elasticity.

A directly negative correlation between water concentration and blackspot was found in tubers with specific gravities above 1.095 kg L^{-1} during the entire period of investigation. The decreasing water concentration reduced stress threshold and enhanced impact susceptibility of potato tubers. Similar results were reported for potato tubers (Alvarez et al., 2000a), carrot roots (Herppich et al., 2004) and apples (Alvarez et al., 2000b).

Conclusion

From the present results we conclude that blackspot susceptibility of potato tissue is primarily associated with the starch concentration of cells and furthermore with the impact susceptibility of the cell membrane of the cortical parenchyma. Presented data showed that increasing impact thresholds and therefore lower blackspot susceptibilities were supported by turgid cells achieved through a balanced water concentration of tubers during growth and storage periods irrespective of cultivars.

References

- Alvarez, M.D., Canet, W., 2002. Effect of osmotic adjustment on the rheology of potato tissue. The use of discriminant analysis for interpretation. *Eur. Food Res. Technol.* 214, 83-90.
- Alvarez, M.D., Saunders, D.E.J., Vincent, J.F.V., 2000a. Effects of turgor pressure on the cutting energy of stored potato tissue. *Eur. Food Res. Technol.* 210, 331-339.

- Alvarez, M.D., Saunders, D.E.J., Vincent, J.F.V., 2000b. Fracture properties of stored fresh and osmotically manipulated apple tissue. *Eur. Food Res. Technol.* 211, 284-290.
- Bajema, R.W., Hyde, G.M., Baritelle, A.L., 1998a. Turgor and temperature effects on dynamic failure properties of potato tuber tissue. *T. ASAE.* 41, 741-746.
- Bajema, R.W., Hyde, G.M., Baritelle, A.L., 1998b. Temperature and strain effects on the dynamic failure properties of potato tuber tissue. *T. ASAE.* 41, 733-740.
- Baritelle, A., Hyde, G.H., 2003. Specific gravity and cultivar effects on potato tuber impact sensitivity. *Postharvest Biol. Technol.* 29, 279-286.
- Baritelle, A.L., Hyde, G.H., 2001. Commodity conditions to reduce impact bruising. *Postharvest Biol. Technol.* 21, 331-339.
- Brusewitz, G.H., Pitt, R.E., Gao, Q., 1989. Effects of storage with time and static preloading on the rheology of potato tissue. *J. Texture Stud.* 20, 267-284.
- Corsini, D., Stark, J., Thornton, M., 1999. Factors contributing to the blackspot bruise potential of Idaho Potato fields. *Amer. J. of Potato Res.* 76, 221-226.
- Espen, L., Morgutti, S., Abruzzese, A., Negrini, N., Rivetta, A., Quattrini, M.M., Cocucci, M., Cocucci, S.M., 1999. Changes in the potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber at the onset of dormancy and during storage at 23 °C and 3 °C. I. Biochemical and physiological parameters. *Potato Research* 42, 189-201.
- Galindo, F.G., Herppich, W.B., Gekas, V., Sjöholm, I., 2004b. Factors affecting quality and postharvest properties of vegetables: Integration of water relations and metabolism. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 44, 139-154.
- Galindo, F.G., Vaughan, D., Herppich, W.B., Smallwood, M., Sommarin, M., Gekas, V., Sjöholm, I., 2004a. Influence of cold accumulation on the mechanical strength of carrot (*Daucus carota* L.) tissue. *Europ. J. Hort. Sci.* 69, 1-6.
- Günel, E., Karadogan, T., 1998. Effect of irrigation applied at growth stages and length of irrigation on quality characters of potato tubers. *Potato Research.* 41, 9-19.
- Haase, N.U., 2003/4. Estimation of dry matter and starch concentration in potatoes by determination of under-water weight and near infrared spectroscopy. *Potato Research.* 46, 117-127.
- Herppich, W.B., Herold, B., Geyer, M., Gomez, F., 2004. Effects of temperature and water relations on carrots and radish tuber texture. *J. Appl. Bot.* 78, 11-17.
- Herppich, W.B., Mempel, H., Geyer, M., 1999. Effects of postharvest mechanical and climatic stress on carrot tissue water relations. *Postharvest Biol. Technol.* 16, 43-49.
- Heuer, B., Nadler, A., 1998. Physiological response of potato plants to soil salinity and water deficit. *Plant Sci.* 137, 43-51.

- Kolbe, H., Stephan-Beckmann, S., 1997. Development, growth and chemical composition of the potato crop (*Solanum tuberosum* L.). II. Tuber and whole plant. *Potato Research*. 40, 135-153.
- Laboski, C.A.M., Kelling, K.A., 2007. Influence of fertilizer management and soil fertility on tuber specific gravity: a review. *Amer. J. of Potato Res.* 84, 3-290.
- Lærke, P.E., 2001. Blackspot bruise in potato tubers. Ph. D. thesis, Department of Plant Biology, The Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark.
- Lærke, P.E., Christiansen, J., Veierskov, B., 2002. Colour of blackspot bruises in potato tubers during growth and storage compared to their discolouration potential. *Postharvest Biol. Technol.* 26, 99-111.
- Landahl, S., Herppich, W.B., Herold, B., Geyer, M., 2004. A comprehensive evaluation of the interaction between produce elasticity and water status. *Europ. J. Hort. Sci.* 69 (6), 1-6.
- Landrigan, M., Morris, S.C., Eamus, D., McGlasson, W.B., 1996. Postharvest water relationships and tissue browning of rambutan fruit. *Sci. Hortic.* 66, 201-208.
- Laza, M., Scanlon, M.G., Mazza, G., 2001. The effect of tuber pre-heating temperature and storage time on the mechanical properties of potatoes. *Food Res. Int.* 34, 659-667.
- Lulai, E.C., 2007. Skin-set, wound healing, and related defects. In: Vreugdenhil, D. (Ed), *Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives*. 1. Elsevier, Amsterdam, pp. 471-496.
- Neumann, P.M., 1995. The roll of the cell wall adjustment in plant resistance to water deficits. *Crop Sci.* 35, 1258-1266.
- Olsen, N., Thornton, R.E., Baritelle, A., Hyde, G. 2003/4. The influence of storage conditions on physical and physiological characteristics of Shepody potatoes. *Potato Res.* 46, 95-103.
- Pawelzik, E., Delgado, E., 1999. Wirkung von Trockenstress auf die Verfärbungsneigung von Kartoffelknollen. *Kartoffelbau* 50, 358-360.
- Peters, R., Haase, N.U., Pawelzik, E., 2005. Black spot susceptibility of potato tubers in relation to specific gravity. Abstracts of the 16th Triennial Conference of the EAPR. Bilbao 17.-22. July 2005, pp. 916-918.
- Rasool, A.-Z., Mojtaba, F., Davood, H.-P., 2007. Sequential path analysis of yield components in potato. *Potato Res.* 49, 273-279.
- Scanlon, M.G., Day, A.J., Povey, M.J.W., 1998. Shear stiffness and density in potato parenchyma. *Int. J. Food Sci. Tech.* 33, 461-464.
- Scanlon, M.G., Pang, C.H., Biliaderis, C.G., 1996. The effect of osmotic adjustment on the mechanical properties of potato parenchyma. *Food Res. Int.* 29, 481-488.

- Schmitz, G.E., Sullivan, M.L., Hatfield, R.D., 2008. Three polyphenol oxidases from red clover (*Trifolium pratense*) differ in enzymatic activities and activation properties. *J. Agric. Food Chem.* 56, 272-280.
- Storey, M., 2007. The harvested crop. In: Vreugdenhil D. (Ed), *Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives.* 1. Elsevier, Amsterdam, pp. 441-466.
- Suttle, J.C., 2007. Dormancy and Sprouting. In: Vreugdenhil D. (Ed), *Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives.* 1. Elsevier, Amsterdam, pp. 287-305.
- von Willert, D.J., Matyssek, R., Herppich, W.B., 1995. *Experimentelle Pflanzenökologie. Grundlagen und Anwendungen.* Thieme-Verlag, Stuttgart.
- Wright, P.J., Triggs, C.M., Anderson, J.A.D., 2005. Effects of specific gravity and cultivar on susceptibility of potato (*Solanum tuberosum*) tubers to blackspot bruising and bacterial soft rot. *New Zeal. J. Crop Hort. Sci.* 33, 353-361.

Blackspot bruise formation in potato (*Solanum tuberosum*) tubers in relation to the components determining tuber specific gravity

Antje Wulkow¹, Elke Pawelzik¹, Rolf Peters², Norbert U. Haase³

¹Quality of Plant Products Section, Department of Crop Sciences, University of Goettingen, Germany; ²VSD-Research Station Dethlingen, Germany; ³Max-Rubner-Institute, Detmold, Germany

Abstract

Table potato (*Solanum tuberosum*) tubers with a range of specific gravities from <1.055 to >1.095 kg L⁻¹ from a three years field experiment were investigated. Genetic and environmental factors had little influence on the development of tubers with different specific gravities. To a greater extend the accumulation of dry matter and water during different phases of tuberization determined the specific gravities of mature tubers of one cultivar or plant. Mechanical impacts on harvested and stored potato tubers initiated blackspot bruise formation. Inconsistent results occurred in many reports if intracellular membrane rupture is necessary to form blackspot bruise or not. The presented results showed that blackspot bruise formation might occur without membrane rupture because cell necrosis or cell deaths were not detected. Thus presented findings compared to literature outcomes showed that mechanical impact on potato tubers led to open mechanosensitive channels of intracellular membranes, and therefore to blackspot bruise formation without intracellular membrane rupture.

Keywords: dry matter, starch content, pectin

Introduction

Table potatoes are consumed worldwide, while their acceptance as food differs due to regional habits. Additionally, convenience food becomes more accepted rather than non-processed tubers (Haase 2008). This trend is noticed all over the world, especially in Europe and North America where 20 to 50 % of the daily potato consumption consist of processed tubers. The quality of these products depends on the available raw potato tubers and therefore on growing conditions as well as harvesting, handling and storage operations (Keijbets 2008). These procedures enhance the possibility to damage potato tubers mechanically resulting in blackspot bruise, which is known to reduce tuber quality and therefore, its utilization. Since many years the reduction of blackspot bruise susceptibility of potato tubers is a topic of interest of scientific research. Tuber impact susceptibility include bruise threshold and bruise resistance. Bruise threshold is the impact at which blackspot occurs and bruise resistance is defined as the ratio of bruising energy to the resulting bruise volume (van Eck 2007). Blackspot describes a dark discolouration of the cortical parenchyma. After impact phenols, primarily monophenols like tyrosine and/or diphenols like chlorogenic acid undergo a series of oxidative reactions initiated by the copper containing

enzyme polyphenoloxidase (PPO) to form melanin. The pigment is responsible for the dark discolouration found in bruised tissue. In non-bruised tissue PPO and its substrates are separated by intracellular compartmentation. PPO is largely associated with the plastids and the substrates are located in the vacuole. Impact on tissue causes a coincidence of PPO and its substrates, leading to blackspot bruise formation in the presence of oxygen (Edgell et al. 1998). This bruise threshold depends on the stage of crop growth and the biochemical potential of the tuber to produce superoxide radicals (Story 2007). Bruise resistance refers to the mechanical properties of the tissue, which are influenced by tuber specific gravity (Baritelle and Hyde 2003; Scanlon et al. 1996). Specific gravity is generally assumed to be a cultivar characteristic (Laboski and Kelling 2007) and reflects the dry matter concentration of potato tubers (Haase 2003/2004). The term dry matter refers to all substances of the potato tuber, except water (Putz 1998) and includes approximately 80 % starch, 10 % cytoplasmatic components and 10 % cell wall material (Lærke 2001). Many studies mentioned the starch concentration as the predominant factor, which influences the blackspot susceptibility (e.g. Baritelle and Hyde 2003; Lærke 2001; Scanlon et al. 1996). However, information are still rare if this relation also exists among different cultivars, environmental factors and storage conditions. Also the cell wall cohesion and the firmness of the cell wall might affect any impact on the mechanical properties of the tissue and internal structural changes (Alvarez et al. 2000; Story 2007). The cell wall cohesion and the firmness of the cell wall depend on its structure (Taylor et al. 2007) and its pectin concentration (Keijbets and Pilnik 1974). Pectin is a component of the middle lamella of the primary cell wall (Braun 1989) belonging to the group of polygalacturonic acids and varying in its structure of side chains. The side chains consist of arabinose and galactose and a complex ramified network of mono saccharides (Kohorn 2000). Depending on the complexity and the degree of esterification of the side chains the physiological properties of pectin are modified (Guillotin 2005). Non-esterified carboxyl groups of adjacent side chains are linked by multivalent ions like Ca^{2+} and Mg^{2+} , which might predefine cell wall firmness (Braun 1989). The cell wall structure (Taylor et al. 2007) and its pectin concentration (Braun 1989; Moledina et al. 1981; van Eck 2007) determine the texture and quality of processed tubers. However, from our knowledge, no results are available if the pectin concentration of potato tubers influences their blackspot susceptibility.

The aim of this study was to investigate the components which are attributed to tubers specific gravity and their influence on blackspot bruise susceptibility of table potato cultivars, respectively.

Material and methods

Material. Eight cultivars of table potatoes as Adretta, Afra, Gala, Granola, Lolita, Marabel, Nicola and Renate were grown near Dethlingen, Germany with conventional farming methods during three vegetation periods in 2005, 2006 and 2007. From harvested plants tubers with a similar size of 40 to 50 mm were selected to get comparable results. Analyses

were performed in tubers after harvest and in tubers stored for five and eight months, respectively, at 4°C and 95 % relative humidity. Moreover, the tubers were divided into six groups of specific gravity ranking from <1.055 to >1.095 kg L⁻¹, with 0.01 increments. The separation was performed directly before testing (Wright et al. 2005). For this purpose tubers were plunged in different vessels with demineralised water and adequate NaCl- concentrations, respectively. Furthermore, the samples were divided into two parts. Tubers from the first part were used to determine their blackspot index (BSI). Tubers from the second part were used for analysis. Samples were sliced and used fresh or were shock-frozen in liquid nitrogen and stored at -30 °C until testing or freeze-drying (Epsilon 2-40, Christ).

Analyses. Blackspot index (BSI) of whole potato tubers of different specific gravities was determined according to the method of the German “Bundessortenamt” (BSA) (Federal Plant Variety Office). The tubers were cooled down to 4 to 5°C and mechanically treated for 50 s in a vegetable washing machine with a rotating drum (Flottwerk H.J. Dames GmbH & Co. KG, Rotenburg a. d. F., Germany) with three replications. Each replication consisted of an amount of tubers (Σ_{tuber}) adequate to a volume of 6 L. Afterwards, treated tubers were stored at room temperature for 48 hours. For BSI determination they were cut into halves length-wise and a half tuber was evaluated visually using a scale with four scores of discolouration: No discolouration indicated no blackspot development and therefore no blackspot bruise susceptibility (Σ_1). Discolouration till quarter of length and less than 5 mm in-depth showed slight blackspot bruise susceptibility (Σ_2). Medium blackspot bruise susceptibility corresponded to a discolouration till quarter of length and above 5 mm in-depth or a half of the length and maximal 5 mm in-depth (Σ_3). Serious blackspot bruise susceptibility was indicated by a stronger discolouration (Σ_4). The blackspot bruise susceptibility, expressed as the percentage of discoloured tubers was calculated from following equation (1):

$$BSI (\%) = (0.3\Sigma_2 + 0.5\Sigma_3 + \Sigma_4) / \Sigma_{tuber} * 100 \quad (1)$$

BSI: blackspot index (%)

Σ : amount of analysed tubers

The dry matter concentration of potato tubers was analysed according to Naumann and Bassler (1976). Starch analyses referred to the ICC- Standard method no. 123/ 1 (2006).

The pectin concentrations of potato tubers were analysed in potato tuber periderm, non-periderm as well as in whole tubers differing in their specific gravity. Samples were prepared from fresh shock-frozen tissues. First of all the extraction of the ethanol insoluble cell wall material has taken place with 60 g sliced tissue (tissue_{fresh}), which was mixed with denatured ethanol using an ultra-turrax (Janke & Kunkel, IKA lab technics, Germany) (Keijbets and Pilnik 1974). Two grams of the degreased ethanol insoluble cell wall material (tissue_{degreased}) were cleaned up from starch using cold demineralised water and a nylon

sieve with a porosity of >100 μm ($\text{tissue}_{\text{starch-free}}$) and dried in a compartment dryer (MMM-Group, type Ecocell, Germany) at 40°C for 12 hours ($\text{tissue}_{\text{starch-free dry}}$). Results expressed the cell wall material solids larger than 100 μm calculated from following equation (2):

$$\text{dry cell wall material (g kg}^{-1}\text{ FM)} = \left(\frac{\text{tissue}_{\text{deg reased}} * \text{tissue}_{\text{starch-free-dry}} * 100}{\text{tissue}_{\text{starch-free}} * \text{tissue}_{\text{fresh}}} \right) * 1000 \quad (2)$$

The pectin concentration of the cell wall material and its degree of esterification were analysed using the Cu^{2+} ion exchange method. Thereby filtrates of total pectin (filtrate A) and filtrates of the esterified pectin (filtrate B) were performed as described in detail in some evidences (Pardede 2004; Braun 1989; Langerer et al. 1978; Bauerle et al. 1977; Tibensky et al. 1963) from 0.1 g dry cell wall material. Later we used a solution of 0.5 % $\text{C}_{14}\text{H}_{22}\text{N}_4\text{O}_2$ to change the Cu^{2+} ions of the pectin filtrates against H^+ ions. Depending on the amount of Cu^{2+} the $\text{C}_{14}\text{H}_{22}\text{N}_4\text{O}_2$ solution became blue coloured, whereby its absorbance was measured at 560 nm with an UV-Vis spectral system (HP 8453, Germany). $\text{CuSO}_4 * 5\text{H}_2\text{O}$ standard solutions with a Cu^{2+} concentration from 0.5 to 5 mg L^{-1} were used to quantify the Cu^{2+} concentration of the filtrates. Results reflecting the concentration and the degree of esterification of pectin in potato tuber tissue were calculated with following equations (3) and (4):

$$\text{pectin (g kg}^{-1}\text{ FM)} = \left[\left(\frac{190 B - 14 A}{317.5 * 1000 * W} \right) * 1000 * 5 \right] * \left(\frac{\text{dry cell wall material (g kg}^{-1}\text{ FM)}}{1000} \right) \quad (3)$$

$$\text{esterification (\%)} = [(B - A) * 100] / B \quad (4)$$

A = total pectin concentration of filtrate A

B = esterified pectin of filtrate B

W = amount of the analysed dry cell wall material

The non-pectin components presented in the fresh matter of potato tuber tissue were calculated as the difference between the dry cell wall material (2) and the pectin concentration (3).

The concentration of other (cytoplasmatic) components in the fresh matter of potato tuber tissue is figured as the differences between the dry matter concentration and the summarized concentration of the starch and the dry cell wall material.

Statistics. The obtained data were analysed with Sigma Stat statistical program (STAT32). All data sets were tested for normal distribution and variance homogeneity ($p= 0.05$). Following analyses of variance were calculated for cultivar and specific gravity. Calculated means were compared by Tukey-test ($p \leq 0.05$). Correlation and multiple regression procedures between normally distributed quality parameters were performed using Pearson correlation coefficients.

Results

Distribution of tubers with different specific gravities within each cultivar. During the vegetation period of potato crops the specific gravity of tubers might differ due to maturing time of cultivars, physiological tuber age and environmental and pathogenic impact. Also tuber skin structures, gas concentration in the periderm and storage conditions might affect tuber specific gravity (Laboski and Kelling 2007). With respect to these facts potato tubers of the studied cultivars were separated according to their specific gravities after harvest and storage periods (Fig. 1 [A, I-III]; Fig. 2 [A, IV-VI]; Fig. 3 [A, VII-IX]).

Cultivars harvested 2005 generated tubers with specific gravities from <1.055 to >1.095 kg L⁻¹ (Fig. 1). The amount of tubers differing in their specific gravities was normal distributed within each cultivar, excepted tubers of cv. Marabel. After harvest (Fig. 1 [A, I]) tubers with a specific gravity of 1.056-1.065 kg L⁻¹ were performed in cvs. of Gala and Marabel mostly. Tubers with a specific gravity of 1.066-1.075 kg L⁻¹ dominated in all cvs., excepted cv. Lolita, because in cv. Lolita and also in cvs. Afra and Adretta tubers with a specific gravity of 1.076-1.085 kg L⁻¹ were generated. Also tubers with a specific gravity of 1.086-1.095 kg L⁻¹ were produced in the cv. Afra. After storage periods of five (Fig. 1 [A, II]) and eight months (Fig. 1 [A, III]) we observed no significant changes in the distribution of tubers differing in their specific gravity within each cultivar. In all cultivars tubers with a specific gravity of 1.066-1.075 kg L⁻¹ were prevalent.

Cultivars harvested 2006 again originated tubers with specific gravities from <1.055 to >1.095 kg L⁻¹ (Fig. 2). The amount of tubers differing in their specific gravities was normal distributed within each cultivar. Just yet a high amount of tubers with a specific gravity <1.055 kg L⁻¹ significantly occurred in the cv. Gala (Fig. 2 [A, IV]). Contrary to 2005 all cultivars generated many tubers with a specific gravity of 1.056-1.065 kg L⁻¹, excepted cv. Afra. However, in all cultivars tubers with a specific gravity of 1.066-1.075 kg L⁻¹ dominated. A significant high amount of tubers with a specific gravity of 1.076-1.085 kg L⁻¹ was observed in cvs. Adretta, Afra, Marabel and Renate. Also a high amount of tubers with a specific gravity of 1.086-1.095 kg L⁻¹ was generated in cvs. Adretta and Afra. After a storage period of five months (Fig. 2 [A, V]) the amount of tubers with a specific gravity of 1.076-1.085 kg L⁻¹ increased in cv. Lolita also. The same observation was made for the cv. Granola after eight months (Fig. 2 [A, VI]) of storage.

Cultivars harvested 2007 once more originated tubers with specific gravities from <1.055 to >1.095 kg L⁻¹ (Fig. 3). The amount of tubers differing in their specific gravities was normal distributed within each cultivar. The highest amount of tubers with a specific gravity of 1.056-1.065 kg L⁻¹ was performed from all cultivars, excepted cvs. Adretta, Afra, and Lolita (Fig. 3 [A, VII]). Nevertheless, in all cultivars the amount of tubers with a specific gravity of 1.066-1.075 kg L⁻¹ was prevalent. Many tubers with a specific gravity of 1.076-1.085 kg L⁻¹ were also performed in cvs. Adretta, Afra, Lolita and Nicola. Previous cvs. generated a significant high amount of tubers with specific gravities of 1.086-1.095 kg

L⁻¹ also. After storage periods of five (Fig. 3 [A, VIII]) and eight months (Fig. 3 [A, IX]) in all cultivars the amount of tubers with a specific gravity of 1.076-1.085 kg L⁻¹ dominated.

Blackspot index and tuber components attributed to specific gravity. Results of BSI, tuber dry matter concentration and the concentrations of its determined components are shown in Figure 1 [B, I-III], Figure 2 [B, IV-VI], Figure 3 [B, VII-IX]. For BSI and tuber dry matter concentration only standard deviations are mentioned, because the concentrations of dry matter attributed components were not significantly different between tubers differing in their specific gravity, except the starch concentration. The obtained amount of tubers with specific gravities <1.055 kg L⁻¹ and >1.095 kg L⁻¹ was sometimes less than a required volume of 6 L, therefore BSI tests were not performed and hence no data shown in the figures. The concentrations of dry matter attributed components were not determined after harvest in 2006 (Fig. 2 [B, IV]) and after harvest in 2007 (Fig. 2 [B, VII]) because of a lack of sufficient amount of tuber samples.

In general, tubers with different specific gravities had significantly different dry matter concentrations. However, the tuber dry matter concentration was not significantly different between cultivars, vegetation and storage period. For example, tubers with specific gravities <1.055 kg L⁻¹ consisted of 14 to 15 % dry matter, which is significant different from tubers with a specific gravity of 1.056-1.065 kg L⁻¹ comprised 15 to 17 % dry matter. Significant higher dry matter concentrations of 19 % were determined in tubers with specific gravities of 1.066-1.075 kg L⁻¹ and dry matter concentrations of 20 to 21 % in tubers with a specific gravity of 1.076-1.085 kg L⁻¹, respectively. Also significant higher dry matter contents of 23 to 24 % were analysed in tubers with specific gravities of 1.086-1.095 kg L⁻¹, as well as >24 % in tubers with a specific gravity of >1.095 kg L⁻¹.

The dry matter concentration of tubers was significantly correlated to their BSI ($P < 0.01$, $R^2 = 0.36$) during the entire period of investigation.

Clearly, starch was the main component of the dry matter ($P < 0.01$, $R^2 = 0.74$) and increased with increasing specific gravity ($P < 0.01$, $R^2 > 0.38$). In a specific gravity range the starch concentration was the same irrespective of cultivar, year and storage period, excepted in 2005 after eight months of storage. In particular, less than 10 % starch was concentrated in tubers with specific gravities <1.055 kg L⁻¹, about 11 % starch contained tubers with a specific gravity of 1.056-1.065 kg L⁻¹, 13 % starch was accumulated in tubers with specific gravities of 1.066-1.075 kg L⁻¹ and 14 % starch was determined in tubers with a specific gravity of 1.076-1.085 kg L⁻¹. A significant higher starch concentration of 16 % was found in tubers with a specific gravity of 1.086-1.095 kg L⁻¹, as well as 18 % in tubers with a specific gravity of >1.095 kg L⁻¹. The starch concentrations of tubers was significantly correlated to their BSI ($P < 0.01$, $R^2 = 0.37$) during the term of validity.

The concentration of dry cell wall material was particularly different between tubers of different specific gravities and represented about 0.3 to 16 % of the dry matter concentration. However, no relation between the concentration of dry cell wall material and BSI was

measurable ($P>0.05$). Pectin is one component of dry cell wall material and its concentrations ranged between 0.04 and 0.6 % and remains invisible low in most presented figures. Also its concentration was very low compared to the calculated residual cell wall compounds, referred as non-pectin concentration. Neither the pectin concentration nor the non-pectin concentration reflected tubers blackspot susceptibility ($P>0.05$). Depending on the period of investigation the degree of esterification of pectin differed slightly between tubers differing in their blackspot susceptibility. Approximately 20 % to 60 % of the pectin chains were esterified. Nevertheless, the degree of esterification of the pectin was not correlated to the BSI of tubers.

The other components refer to the cytoplasmatic compounds of potato tuber tissue and were calculated as the differences between the dry matter concentration and the summarized concentration of the starch and the dry cell wall material. The concentration of the cytoplasmatic components ranged between 2 % and 7 % depending on tubers specific gravity. However, a significant increasing concentration of the cytoplasmatic components with increasing specific gravity was not observed and the calculated concentration of the cytoplasmatic components were not related to tubers BSI ($P>0.05$).

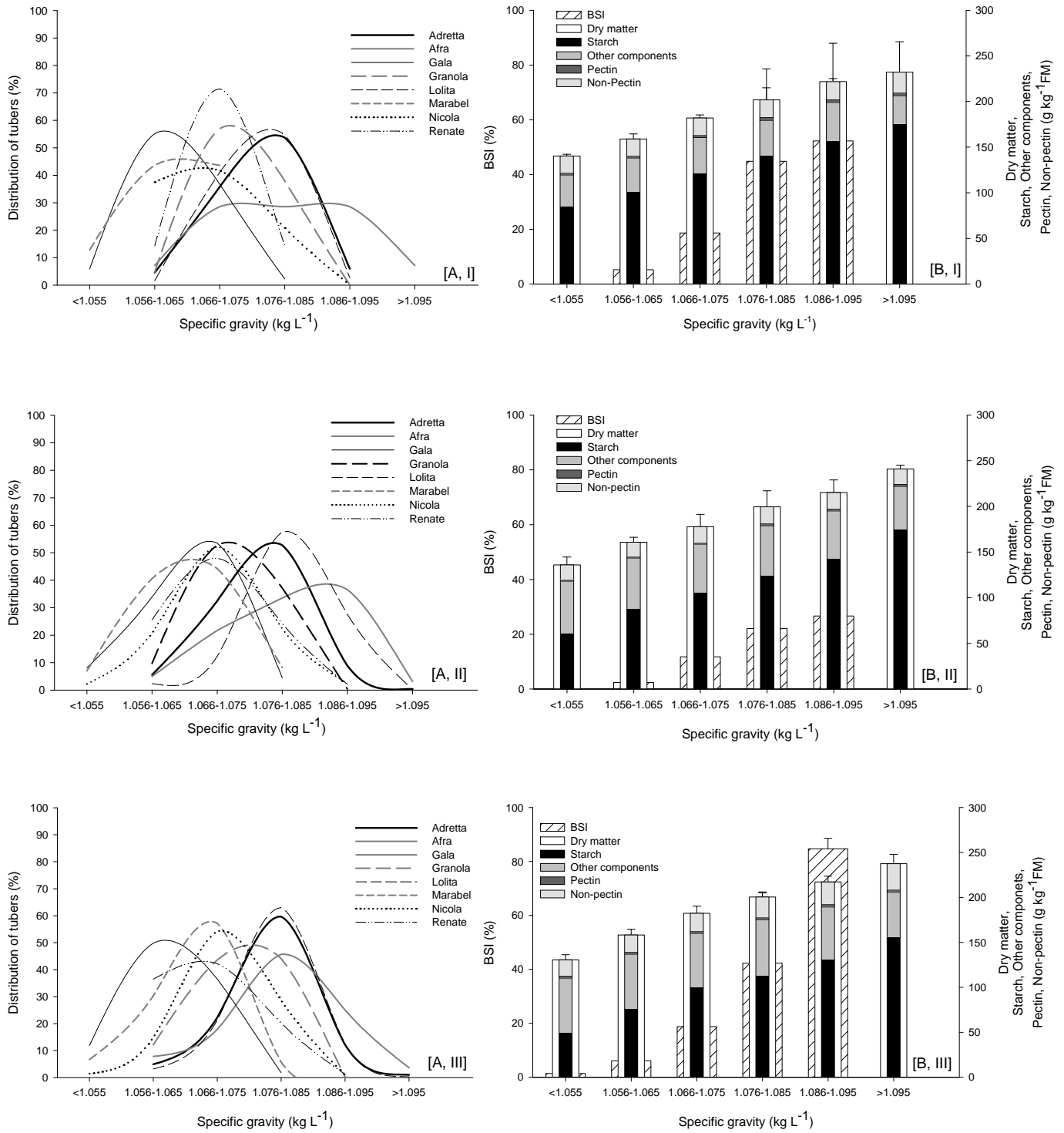


Figure 1 Distribution of tubers (%) differing in their specific gravity within a cultivar (A), blackspot index (BSI, %) and tuber components attributed to specific gravity (B) of potato tubers harvested 2005 (I) and stored for five (II) and eight (III) months, respectively

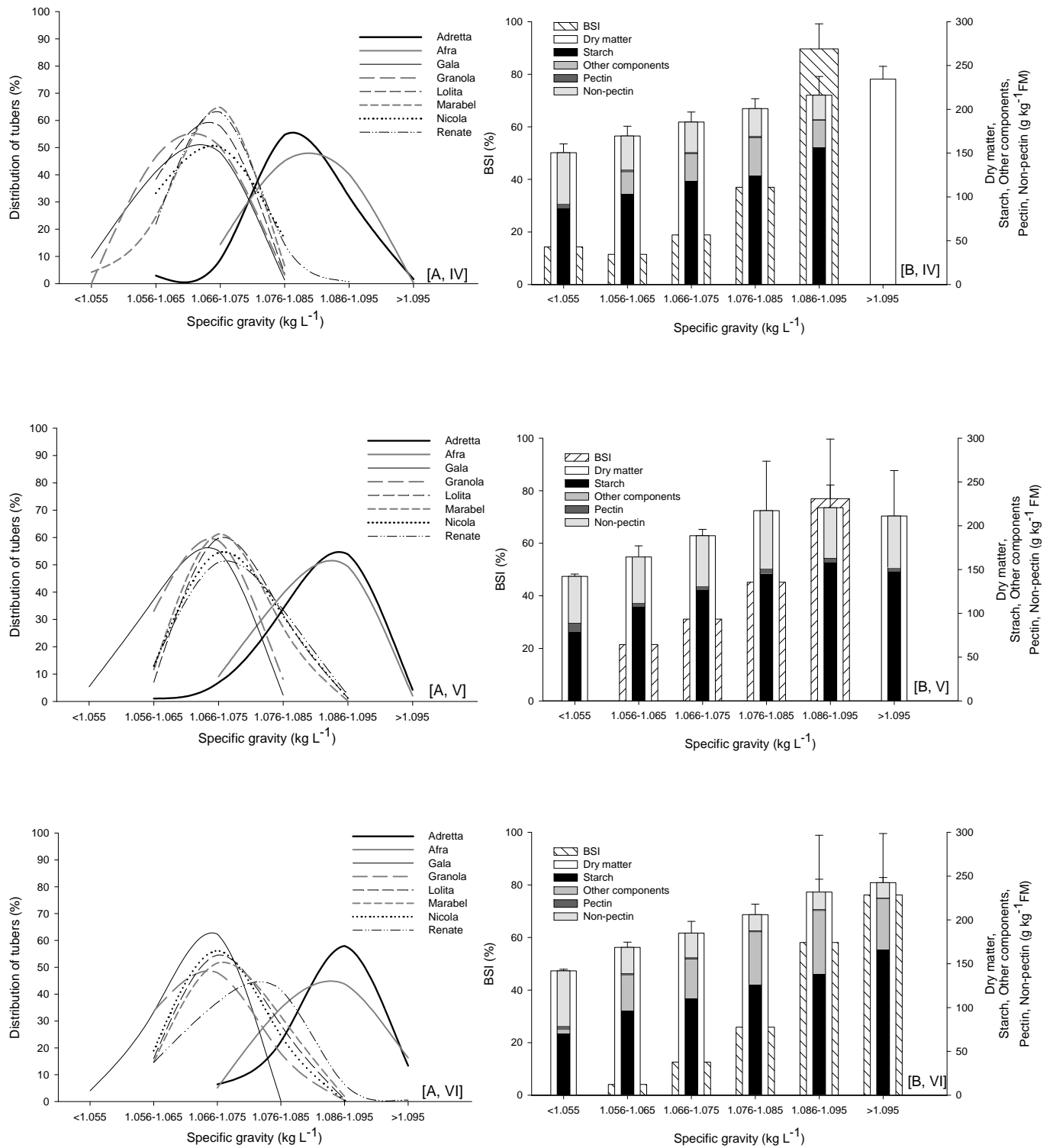


Figure 2 Distribution of tubers (%) differing in their specific gravity within a cultivar (A), blackspot index (BSI, %) and tuber components attributed to specific gravity (B) of potato tubers harvested 2006 (IV) and stored for five (V) and eight (VI) months, respectively

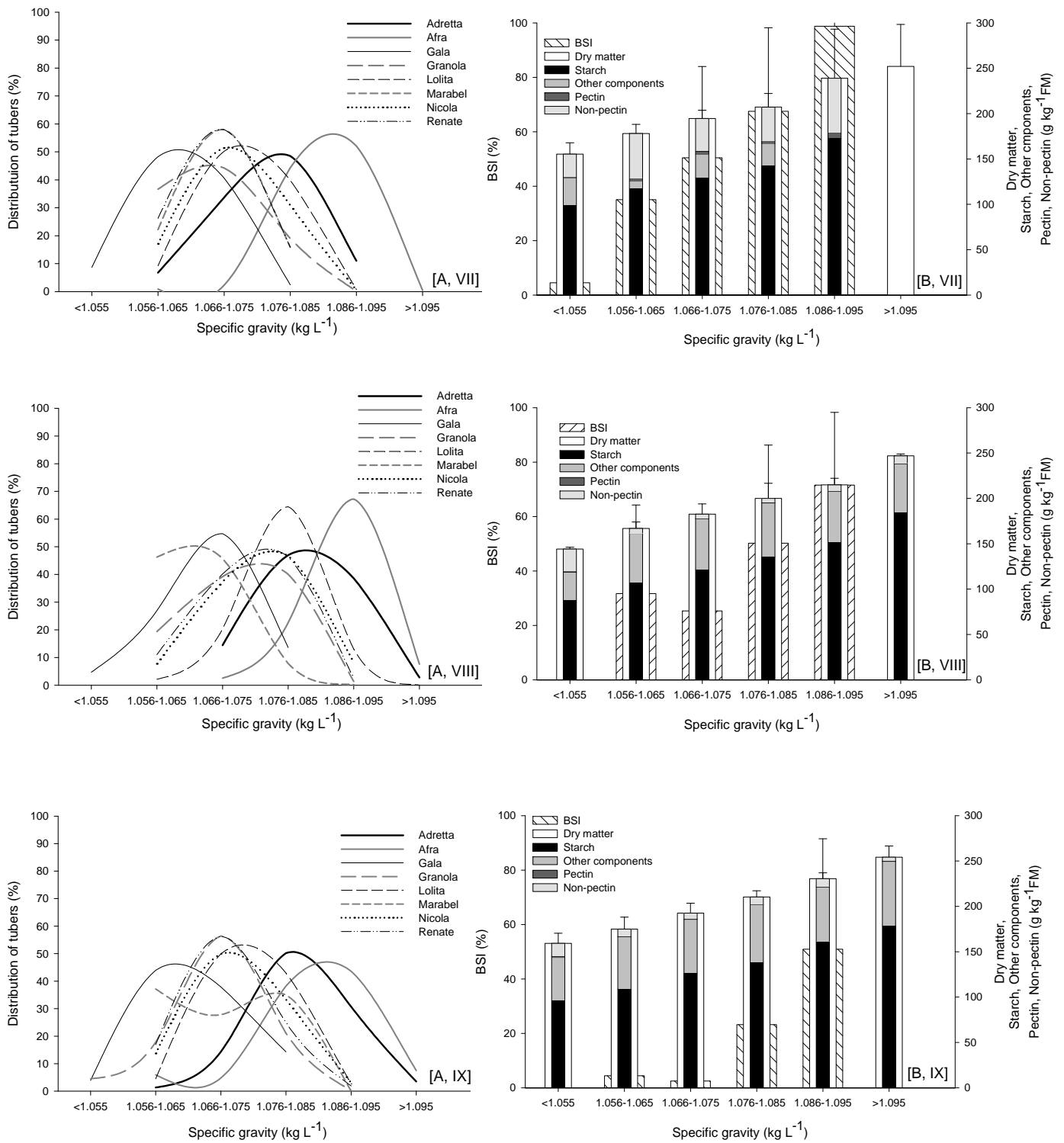


Figure 2 Distribution of tubers (%) differing in their specific gravity within a cultivar (A), blackspot index (BSI, %) and tuber components attributed to specific gravity (B) of potato tubers harvested 2007 (VII) and stored for five (VIII) and eight (IX) months, respectively

Discussion

Distribution of tubers with different specific gravities within each cultivar. In general, the specific gravity of potato tubers is assumed to be special attributed to cultivars (Laboski and Kelling 2007). However, presented investigations indicated that the specific gravity of tubers ranged between <1.055 and >1.095 kg L⁻¹ independent of given cultivars. This is due to the fact that growing and storage conditions might overrule some conditions of cultivar dependent specific gravity formations as mentioned by Laboski and Kelling (2007). Tubers harvested from the same field differed in their specific gravity up to 0.008 to 0.010 units only. Investigated cultivars where grown in single hills in the same field and performed an individual set of specific gravities, whereby the sets of specific gravities of cultivars differed form each other about 0.010 units. The observed range of specific gravities about 0.039 units within a single cultivar and hill is quite possible and followed the hierarchy of tubers to accumulate dry matter and water as observed by Bussieres (1993), Kolbe and Stephan-Beckmann (1997) and Struik et al. (1991). This sink-strength hierarchy is greatly affected by competitory relationships between plants and plant individual distributed stems and are partially open to influence as described by Struik et al. (1990) in detail.

Blackspot index and tuber components attributed to specific gravity. The BSI of tubers of various specific gravities was not correlated with the concentrations of dry cell wall material, pectin or non-pectin components (celluloses, hemicelluloses). Both parameters affect cell wall thickness and cell wall firmness in potato tubers (Bush et al. 2001). Therefore present results indicated that neither cell wall thickness nor cell wall firmness was attributed to tuber blackspot bruise susceptibility. Other types of bruise like crushing, shatter and cracking lead to visible cell wall rupture (Baritelle and Hyde 2003) but blackspot bruise is invisible until the tuber is peeled because the tuber skin is not damaged or broken after impact (Wright et al. 2005). Nevertheless, blackspot bruise formation depends on a linkage between PPO and substrates normally stored in different cell compartments divided by cell membranes. Therefore, the consistence of the cell membranes characterise blackspot susceptibility of the tuber. Many reports assumed a decompartmentation of PPO and substrates, while the cell membranes were ruptured during impact (Story 2007; van Eck 2007; van Loon and van den Berg 2003/2004). In the present investigations structural damages, which lead to necrosis or cell death were not observed. Moreover, tubers were vital and turgid after harvest as well as after five and eight months of storage (Wulkow et al. in preparation) independent of their blackspot bruise susceptibility. Presented findings indicated an intact cell metabolism of potato tubers after impact and blackspot bruise formation. According to the presented results some authors studied the appearance of cell membrane using different microscope techniques and they detected no cell membrane rupture after impact (Barkhausen 1978; Edgell et al. 1998; Reeve 1968). We assume that the impact leading to blackspot bruise is a kind of mechanical stress, which might be focused on mechanosensitive channels as described by Larcher (1994) and Yahraus (1995) in de-

tail. Mechanosensitive channels physically connect the extracellular matrix with the cytoskeleton (Wang et al. 1993). Signal transformation and signal transduction occurs only when the cytoskeleton is connected to the cell surface (Chen and Ingber 1999). These conditions are present in turgid cells. Pressure increase within a given unit raise channel opening of about 10 %, whereas maximal possible elastic changes of cell membranes increase the channel opening only about with 2% (Garrill et al. 1996). Therefore, the cultivar specific arrangement of the cytoskeletal components and local distortions in the lipid bilayer might influence channel opening. The number and the arrangement of the mechanosensitive channels in the membrane may determine quantitative response of the cell to qualitative signals (Garrill et al. 1996). The activity of mechanosensitive channels is also regulated by the mass of amyloplast and the protoplast, which exert a mechanical impact on the cell membrane (Garrill et al. 1996). Normally, thus gravitusceptores regulates growth and cell wall properties (Garrill et al. 1996; Soga et al. 2004) but the mass of amyloplast and therefore the mass of starch might also influence mechanosensitive channel opening in tuber cells if the tubers are exposed to mechanical impact.

Conclusion

Given cultivars displayed a range of tubers differing in their starch concentration. Variations of the starch concentration within one cultivar, as shown in the distribution of tubers in different specific gravity ranges, might have more effect on blackspot bruising than variations in the starch concentration between cultivars, which corresponded e.g. to results of the cv. Gala compared to the cv. Renate very well. Blackspot bruise occurred if the related enzymatic reaction was able to proceed, which was possible when individual cell membranes of cell organelles were open and released components. Membrane opening might be realised by mechanosensitive channels. Channel opening (Ghazi et al. 1998) as well as blackspot formation passed, if impact exceeded individual stress thresholds (Baritelle and Hyde 2003). Independent of the availability of chemical components, which determine bruise colour, the resistance of the mechanosensitive channels to opening, depended on the cell mass determined particularly by the amount of starch molecules. Starch in the amyloplast loaded the cell weight and activated mechanosensitive channels and sensing might occur outside the plasma membrane as also described by Sack (1997). Tubers with higher starch concentration are less resistant to blackspot bruise. Therefore the aim of a potato crop management should be among others the generation of uniform tubers with similar starch concentrations within each cultivar or plant.

References

- Alvarez, M.D., D.E.J. Saunders, and J.F.V. Vincent. 2000. Fracture properties of stored fresh and osmotically manipulated apple tissue. *European Food Research and Technology* 211: 284-290.
- Baritelle, A., and G.H. Hyde. 2003. Effect of the specific gravity and cultivar on the impact sensitivity of potatoes. *Postharvest Biology and Technology* 29: 279-286.

- Barkhausen, R. 1978. Ultrastructural changes in wounded plant storage tissue. In *Biochemistry of Wounded Plant Tissues*. ed, G. Kagel, 1-42. Berlin: Walter de Gruyter.
- Bäuerle, G., G. Otterbach, K. Gierschner, and G. Baumann. 1977. Bestimmung des Polyuronidgehaltes und des Veresterungsgrades des Pektinanteiles in Handelspektinpräparaten, Apfelsäften und Apfelmaceraten. *Deutsche Lebensmittel Rundschau* 73: 281–286.
- Braun, I. 1989. Einfluss von physiologischer Ausreife und Lagerung auf einige qualitätsbestimmende Inhaltsstoffe verschiedener Kartoffelsorten unter besonderer Berücksichtigung der Zellwandsubstanzen und ihre Bedeutung für die Verarbeitung zu Kartoffeltrockenprodukten. Diss. Göttingen.
- Bush, M.S., M. Marry, I.M. Huxham, M.C. Jarvis, and M.C. Mc Cann. 2001. Developmental regulation of Pectic epidopses during potato tuberization. *Planta* 213:869-880.
- Bussieres, P. 1993. Potential dry matter and water rates in the Tomato fruit in relationship to fruit size. *Annals of Botany* 72: 63–72.
- Chen, C.S., and D.E. Ingber. 1999. Tensegrity and mechanoregulation: from skeleton to cytoskeleton. *Osteoarthritis and Cartilage* 7: 81–94.
- Edgell, T., E.R. Brierley, and A.H. Cobb. 1998. An ultrastructural study of bruising in stored potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. *Annals of applied Biology* 132: 143–150.
- Garrill, A., G.P. Findlay, and S.D. Tyerman. 1996. Mechanosensitive ion channels. In *Membranes: Specialized Functions in Plants*, ed. M. Smallwood, J.P. Knox, D.J. Bowles, 247-260. Guildford: Biddles Ltd.
- Ghazi, A., C. Berrier, B. Ajouz, and M. Besnard. 1998. Mechanosensitive ion channels and their mode of activation. *Biochemistry* 80: 357–362.
- Guillot, S.E. 2005. Studies on the intra- and intermolecular distributions of substituents in commercial pectins. Ph.D.thesis, Wageningen, Netherlands.
- Haase, N.U. 2003/2004. Estimation of dry matter and starch concentration in potatoes by determination of under-water weight and near infrared spectroscopy. *Potato Research* 46: 117-127.
- Haase, N.U. 2008. Healthy aspects of potatoes as part of the human diet. *Potato Research* 51: 239-258.
- ICC Standards 2006. ICC-Standard No. 123/1. Standard methods of the International Association for Cereal Science and Technology, Vienna.
- Keijbets, M. 2008. Potato processing for the consumer: developments and further challenges. *Potato Research* 51: 271-281.

- Keijbets, M.J.H., and W. Pilnik. 1974. Some problems in the analysis of pectin in potato tuber tissue. *Potato Research* 17: 169-177.
- Kohorn, B.D. 2000. Plasma membrane-cell wall contacts. *Plant Physiology* 124: 31–38.
- Kolbe, H., and S. Stephan-Beckmann. 1997. Development, growth and chemical composition of the potato crop (*Solanum tuberosum* L.). II. Tuber and whole plant. *Potato Research* 40: 135–153.
- Laboski, C.A.M., and K.A. Kelling. 2007. Influence of fertilizer management and soil fertility on tuber specific gravity: a review. *American Journal of Potato Research* 84: 283–290.
- Lærke, P.E. 2001. Blackspot bruise in potato tubers. Denmark: The Royal Veterinary and Agricultural University.
- Längere, J., G. Otterbach, G. Baumann, and K. Gierschner. 1978. Probleme bei der Anwendung der Cuprizonmethode zur Bestimmung des Poly-Uronidgehaltes und des Veresterungsgrades in Handelspektin. III. *Mitteilung. Deutsche Lebensmittel Rundschau* 74: 259–262.
- Larcher, W. 1994. Pflanzen unter Stress. Ökophysiologie der Pflanzen. Stuttgart: Eugen Ulmer GmbH & Co.
- Moledina, K.H., M. Haydar, B. Ooraikul, and D. Hadziyev. 1981. Pectin changes in pre cooking step of dehydrated mashed potato production. *Journal of Science of Food and Agriculture* 32: 1091–1102.
- Naumann, K., and R. Bassler. 1976. Handbuch der Landwirtschaftlichen Versuchs- und Untersuchungsmethodik. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Melsungen: J. Neumann-Neudamm Verlag.
- Pardede, E. 2004. A study on effect of calcium-magnesium-phosphorus fertilizer on potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) and on physiochemical properties of potato flour during storage. Göttingen: Cuvillier Press.
- Putz, B. 1998. Kartoffeln: Züchtung, Anbau, Verwertung. Hamburg: Behr's.
- Reeve, R.M. 1968. Preliminary histological observation on internal blackspot in potatoes. *American Potato Journal* 45: 157–167.
- Sack, F.D. 1997. Plastids and gravitropic sensing. *Planta* 203: 63–68.
- Scanlon, M.G., C.H. Pang, and C.G. Biliaderis. 1996. The effect of osmotic adjustment on the mechanical properties of potato parenchyma. *Food Research International* 29: 481–488.
- Soga, K., K. Wakabayashi, S. Kamisaka, and T. Hoson. 2004. Graviperception in growth inhibition of plant shoots under hypergravity conditions produced by centrifugation

- is independent of that in gravitropism and may involve mechanoreceptors. *Planta* 218: 1054–1061.
- Storey, M. 2007. The harvested crop. In: Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives, ed. D. Vreugdenhil, 441-470. Amsterdam: Elsevier.
- Struik, P.C., D. Vreugdenhil, A.J. Haverkort, C.B. Bus, and R. Dankert. 1991. Possible mechanisms of size and hierarchy among tubers on one stem of a potato (*Solanum tuberosum* L.) plant. *Potato Research* 34: 187–203.
- Taylor, M.A., G.J. McDougall, and D. Stewart. 2007. Potato flavour and texture. In: Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives, ed. D. Vreugdenhil, 525-532. Amsterdam: Elsevier.
- Tibensky, V., J. Rosik, and V. Zitko. 1963. Zur Bestimmung des Veresterungsgrades von Pektin. *Nahrung* 7: 312–325.
- van Eck, H.J. 2007. Genetics of morphological and tuber traits. In: Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives, ed. D. Vreugdenhil, 91-115. Amsterdam: Elsevier.
- van Loon, C.D., and W. van den Berg. 2003/2004. The effect of chloride fertilization on blackspot susceptibility and other quality characteristics and on yield of potato. *Potato Research* 46: 147–154.
- Wang, N., J.P. Butler, and D.E. Ingber. 1993. Mechanotransduction across the cell surface and through the cytoskeleton. *Science* 260: 1124–1127.
- Wright, P.J., C.M. Triggs, and J.A.D. Anderson. 2005. Effects of specific gravity and cultivar on susceptibility of potato (*Solanum tuberosum*) tubers to blackspot bruising and bacterial soft rot. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 33: 353–361.
- Wulkow, A., W.B. Herppich, and E. Pawelzik. 2009. Water relations in potato (*Solanum tuberosum*) tubers in comparison to their blackspot susceptibility (in preparation).
- Yahraus, T., S. Chandra, L. Legendre, and P.S. Low. 1995. Evidence for mechanically induced oxidative burst. *Plant Physiology* 109: 1259-1266.

Qualitätsmangel Schwarzfleckigkeit - Einfluss antioxidativer Substanzen auf die Schwarzfleckigkeitsneigung von Kartoffeln

Ernst H., Wulkow A., Pawelzik E. 2008: Qualitätsmangel Schwarzfleckigkeit. Einfluss antioxidativer Substanzen auf die Schwarzfleckigkeitsneigung von Kartoffeln. Kartoffelbau 59, 408-412.

Kartoffelknollen bilden infolge mechanischer Belastungen reaktive Sauerstoffspezies, die in der Zelle in hohen Konzentrationen Protein- und Lipidschäden verursachen und die Zellmembranen schädigen können. Antioxidantien sind in der Lage, diese reaktiven Sauerstoffspezies zu binden, die Knolle vor Zellschädigungen zu schützen und so möglicherweise zur Minderung der Schwarzfleckigkeit beizutragen. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurden Kartoffelknollen aus einem typischen Anbauggebiet in Niedersachsen auf den Gehalt an antioxidativen Verbindungen sowie die Aktivität antioxidativer Enzyme untersucht. Dabei war zu klären, ob ein Zusammenhang zur Schwarzfleckigkeit, die als Folge mechanischer Belastungen der Knollen auftreten kann, gegeben ist.

Reaktive Sauerstoffspezies werden in der Zelle als Nebenprodukte des aeroben Stoffwechsels gebildet (Davies 2000; Vranová et al. 2002). Sowohl tierische als auch pflanzliche Organismen verfügen über ein antioxidatives Schutzsystem, welches die gebildeten freien Radikale auf ein unschädliches Niveau reduzieren kann (Wojtaszek 1997). Bei einem gestörten Gleichgewicht zwischen antioxidativen Substanzen und reaktiven Sauerstoffspezies herrscht oxidativer Stress, der die Zellen und ihre Organellen schädigen kann (Davies 2000; Shigeoka et al. 2002).

Erklärungsbox

Reaktive Sauerstoffspezies

... sind reaktionsfreudige Sauerstoffverbindungen, die an verschiedenen Zellorten - vornehmlich in den Mitochondrien und im Zellplasma - durch Reduktion des O₂-Moleküls entstehen. Aufgrund ihrer Radikalform kommt es zu Oxidationsprozessen an Lipiden und Proteinen, die zu einer Membranschädigung führen können.

Die Kartoffelknolle ist aufgrund ihrer Beschaffenheit, Größe und ihres Gewichtes besonders anfällig für mechanischen Stress, dem sie während der Ernte und der anschließenden Lagerung, Umlagerung oder Verarbeitung zwangsläufig ausgesetzt ist. Sie reagiert darauf u.a. mit der Produktion reaktiver Sauerstoffspezies (Yahraus et al. 1995; Laerke et al. 2000) und bildet Melaninpigmente, die 1 bis 2 mm unterhalb der Schale - vor allem in den Knollenrandzonen und im Bereich des Gefäßbündelrings - auftreten und erst bei der Verarbeitung als nicht klar abgegrenzte blaugraue bis schwarze Verfärbungen sichtbar werden (Kolbe und Haase 1997; Schuhmann 1999) (Abb. 1).



Abb. 1 Erscheinungsbild der Schwarzfleckigkeit in Kartoffelknollen (Wulkow 2007)

Biochemische Ursachen der Schwarzfleckigkeit

Grundsätzlich entsteht die Schwarzfleckigkeit nach mechanischen Belastungen der Knolle. Die Kartoffel reagiert auf mechanischen Stress zum einen mit einer schnellen Synthese reaktiver Sauerstoffspezies, insbesondere des Superoxid-anionradikals. Da die Superoxid-anionradikalbildung direkt mit der Neigung zur Schwarzfleckigkeit korreliert, wäre es denkbar, dass der Tonoplast der Zelle nicht einzig durch die mechanische Einwirkung, sondern auch durch freie Radikale im Zellplasma beschädigt wird (Johnson et al. 2003). Infolge des durch oxidativen Stress begünstigten Verlustes an Zellintegrität könnten die als Substrate der enzymatischen Bräunungsreaktion fungierenden phenolischen Verbindungen in das Zellplasma gelangen und so die Pigmentsynthese ausgelöst werden. Phenolische Substrate oxidieren unter Anwesenheit der Polyphenoloxidase zu Dopaquinon, in Folgereaktionen bildet sich schließlich das dunkle Pigment Melanin (Abb. 2).

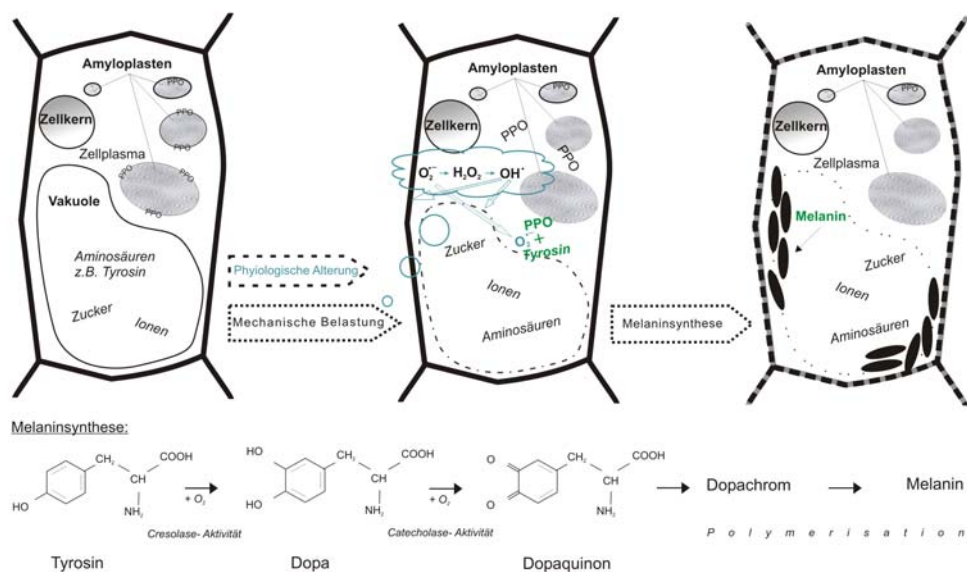


Abb. 2 Enzymatische Bräunungsreaktion in Kartoffelknollen (Ernst 2008), Abkürzungen: Dopa: Dihydroxyphenylalanin; PPO: Polyphenoloxidase

Laerke et al. (2002) vermuten, dass die Kartoffel mit physiologischen Reaktionen auf mechanische Belastungen reagiert, die zur eigenen intrazellulären Störung beitragen. Möglicherweise leitet die Knolle damit aktiv die Melaninsynthese ein, um das belastete Knollengewebe zum Schutz vor Pathogenen mit dem unlöslichen Melanin zu „versiegeln“ (Johnson et al. 2003). In einer Studie an tierischen Zellen wurde nachgewiesen, dass die Polyphenoloxidase das Superoxidanionradikal dem molekularen Sauerstoff als Co-Substrat bei der Melaninsynthese vorzieht (Valverde et al. 1996; zitiert nach: Johnson et al. 2003).

Das antioxidative Abwehrsystem

Als erste Radikalform wird das Superoxidanionradikal zeitnah zur mechanischen Belastung gebildet (Yahraus et al. 1995). Für die Entgiftung des Cytosols ist das antioxidative Schutzsystem der Kartoffel verantwortlich. Es reduziert reaktive Sauerstoffverbindungen zu unschädlichen Verbindungen. Die enzymatische Abwehr (Abb. 3) beschleunigt die Entgiftung der Zellen (Scandalios 1993). Zu den wichtigsten antioxidativen Enzymen der Kartoffeln zählen die Superoxiddismutase, Katalase und Ascorbatperoxidase (Rojas-Beltran et al. 2000).

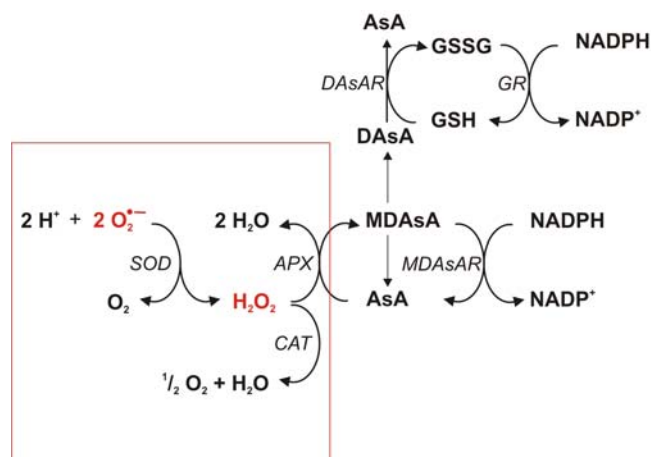


Abb. 3 Das antioxidative Abwehrsystem der Pflanze (Halliwell-Asada Zyklus) (Shigeoka et al. 2002), Abkürzungen: SOD: Superoxiddismutase; APX: Ascorbatperoxidase; CAT: Katalase; AsA: Ascorbat; MDAsA: Monodehydroascorbat; MDAsAR: Monodehydroascorbatreduktase; DAsA: Dehydroascorbat; DAsAR: Dehydroascorbatreduktase; GR: Glutathionreduktase

Die Superoxiddismutase katalysiert die Entgiftung des Superoxidanionradikals, wobei Wasserstoffperoxid entsteht. Dieses muss dann unter Anwesenheit von Katalase oder Ascorbatperoxidase abgebaut werden. Wasserstoffperoxid ist im Verhältnis zu dem Superoxidanionradikal nicht so reaktiv, da es elektrisch neutral ist. Dennoch kann es mit reduzierten Metallionen, insbesondere reduziertem Eisen, über die Fenton- katalysierte Haber-Weiß Reaktion das hoch reaktive, membranschädigende Hydroxylradikal bilden (Wojtaszek 1997) oder die Cu/Zn-Superoxiddismutase irreversibel inaktivieren (Scandalios 1993; Shigeoka et al. 2002). Die Ascorbatperoxidase spielt insbesondere in Verbindung mit dem Halliwell-Asada Zyklus eine bedeutende Rolle für die Wasserstoffperoxid- Entgiftung der

Zelle. Sie ist auf Ascorbat als spezifischen Elektronendonator angewiesen. Da der Ascorbatgehalt mit zunehmendem Knollenalter über die Lagerungszeit abnimmt, ist das System zu Beginn der Lagerung besonders aktiv (Dipierro und De Leonardis 1997). Wasserlösliches Ascorbat und Glutathion sowie membrangebundenes α -Tocopherol und verschiedene Phenole zählen zu den nicht-enzymatischen Antioxidantien der Kartoffelknolle.

Sobald eine Abwehrreaktion der Zelle gegenüber reaktiven Sauerstoffverbindungen einsetzt, wird die Gen-Expression der für die antioxidative Reaktion benötigten Enzyme aktiviert (Greene 2002). Pflanzen, die eine erhöhte Expression aufweisen, sind toleranter gegenüber Stress (Greene 2002). Kartoffeln mit höheren Gehalten an Antioxidantien weisen weniger Membranschäden infolge der Lipidperoxidation auf, als solche mit geringeren Gehalten (Spychalla und Desborough 1990).

Versuchsdurchführung

An Kartoffelproben der Sorten Adretta, Afra, Gala, Granola, Lolita, Marabel, Nicola, und Renate aus dem Jahr 2005 (Tab. 1) erfolgten Untersuchungen der antioxidativen Kapazität (AOX) sowie der Aktivität von Superoxiddismutase (SOD), Ascorbatperoxidase (APX) und Polyphenoloxidase (PPO). Es wurden Auswirkungen fünf- und achtmonatiger Lagerung auf die antioxidative Kapazität sowie die Aktivität der Enzyme in Knollen verschiedener spezifischer Dichten ($<1,055 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$ bis $>1,095 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$) festgestellt. Darüber hinaus wurden die Gehalte im Mark und in der Schale der Knollen ermittelt.

Tab. 1 Charakterisierung der untersuchten Kartoffelsorten (BSA 2005)

Eigenschaft	Sorte							
	Adretta	Afra	Gala	Granola	Lolita	Marabel	Nicola	Renate
Reifegruppe	mittelfrüh	mittelfrüh	früh	mittelfrüh	mittelfrüh	früh	mittelfrüh	früh
Beschädigungsempfindlichkeit	(-) ±	±	(-)	(-)	(-)	±	(-)	±
Schwarzfleckigkeitsneigung	k.A.	±	-	±	-	-	(-)	(-) ±
Stärkegehalt	±	± (+)	(-)	(-) ±	(-) ±	(-)	(-) ±	(-) ±
Kochtyp	mehlig	mehlig	vorw. fest	vorw. fest	vorw. fest	vorw. fest	fest	fest

- sehr niedrig bzw. gering; (-) niedrig bzw. gering; (-) ± niedrig bzw. gering bis mittel; ± mittel; ± (+) mittel bis hoch bzw. stark

Einfluss der Sorte, spezifischen Dichte und Lagerungszeit auf die Schwarzfleckigkeitsneigung

Die Schwarzfleckigkeitsneigung der Kartoffeln wurde anhand des BSA-Schwarzfleckigkeits-Index ausgedrückt und variierte sortenbedingt (Tab. 2). Am wenigsten anfällig waren Kartoffeln der Sorten Marabel und Gala. Die Sorten Adretta, Afra und Granola besa-

Ben eine mittlere bis hohe Schwarzfleckigkeitsneigung, die ebenso wie bei der Sorte Gala mit steigender spezifischer Dichte der Knollen zunahm. Die Verfärbungsneigung von Kartoffeln der Sorten Lolita, Marabel, Nicola und Renate wurde dagegen praktisch nicht durch die spezifische Dichte beeinflusst (Abb. 4). Mit Ausnahme von Kartoffeln der Sorten Marabel und Gala war die Schwarzfleckigkeitsneigung bei allen Sorten nach achtmonatiger Lagerungszeit größer als nach fünfmonatiger. Knollen der Sorten Adretta, Afra, Granola und Renate wiesen nach der Ernte eine höhere Schwarzfleckigkeitsneigung auf als nach fünfmonatiger Lagerungszeit.

Tab. 2 Qualitative Bewertung der antioxidativen Kapazität und Enzymaktivitäten sowie des Schwarzfleckigkeitsindex in den Kartoffelsorten unabhängig von der Lagerungszeit und der spezifischen Dichte (Abkürzungen siehe Abb. 3 und 8)

Sorte	AOX	SOD	APX	PPO	BSA- SI
Adretta	—	—	±	±	+
Afra	—	—	±	+	+
Gala	±	±	—	±	—
Granola	±	—	—	+	+
Lolita	±	±	+	—	±
Marabel	±	—	—	—	—
Nicola	+	+	+	+	±
Renate	+	+	+	±	±

Beziehung zu BSA- SI

$r = -0,187^*$

$r = 0,207^{**}$

Aktivität bzw. Index: + hoch ; ± mittel; — niedrig

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

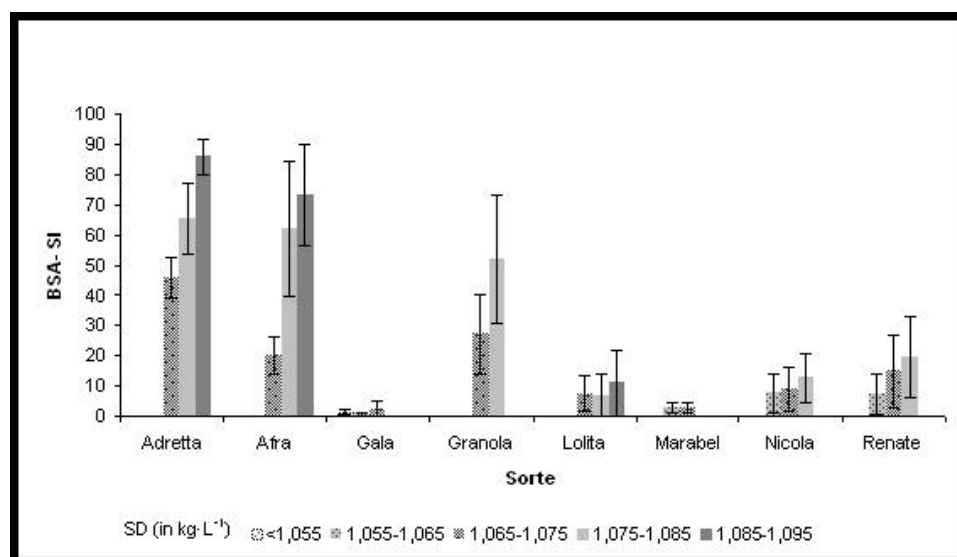


Abb. 4 BSA- Schwarzfleckigkeitsindex (BSA-SI) der Kartoffelsorten in Abhängigkeit von der spezifischen Dichte der Knollen ohne Berücksichtigung der Lagerungszeit

Einfluss der Sorte und Lagerungszeit auf die Enzymaktivität

Die untersuchten Enzymaktivitäten und die antioxidative Kapazität variierten unter den Sorten (Tab. 2) und es bestand, von Ausnahmefällen abgesehen, kein Zusammenhang zur spezifische Dichte der Knollen. Aufgrund der Abwehrfunktion der untersuchten Enzyme, waren deren Aktivitäten sowie die antioxidative Kapazität in der Schale erwartungsgemäß höher als im Mark der Knollen (Abb. 5 bis 8). Die Konzentration an reaktiven Sauerstoffspezies in den Zellen stieg mit zunehmender Lagerungszeit, sodass sich folglich auch die antioxidative Kapazität sowie die Superoxiddismutase- und Ascorbatperoxidase- Aktivitäten während der Lagerungszeit erhöhten. Die vom Ascorbatgehalt abhängige Ascorbatperoxidase- Aktivität stieg nach fünfmonatiger Lagerungszeit an und sank aufgrund abnehmender Ascorbatkonzentrationen mit zunehmendem Knollenalter nach achtmonatiger Lagerungszeit wieder ab. Auch die Polyphenoloxidase- Aktivität ging infolge mehrmonatiger Lagerungszeit zurück (Tab. 3).

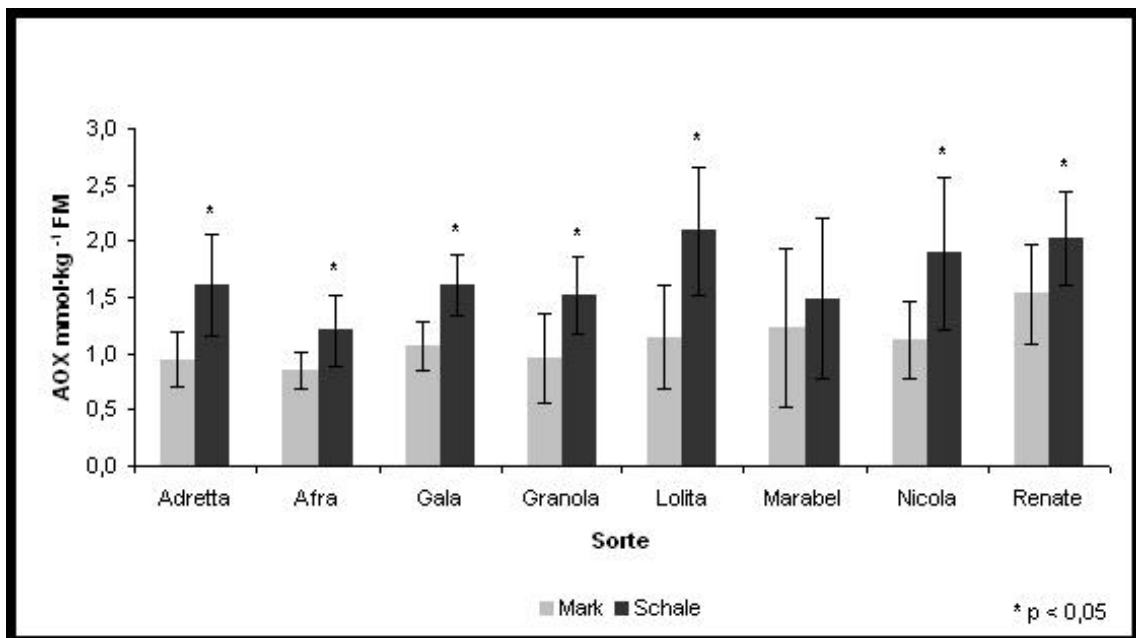


Abb. 5 Antioxidative Kapazität (AOX) der Kartoffelsorten in Mark und Schale der Knollen unabhängig von der Lagerungszeit

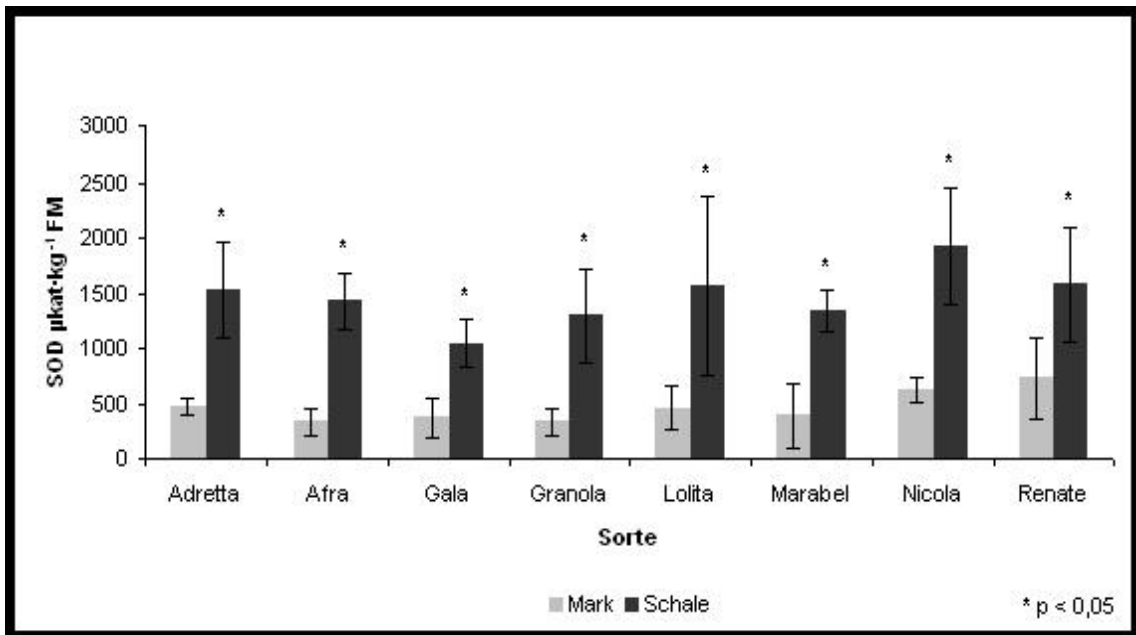


Abb. 6 Superoxiddismutase (SOD)-Aktivität der Kartoffelsorten in Mark und Schale der Knollen unabhängig von der Lagerungszeit

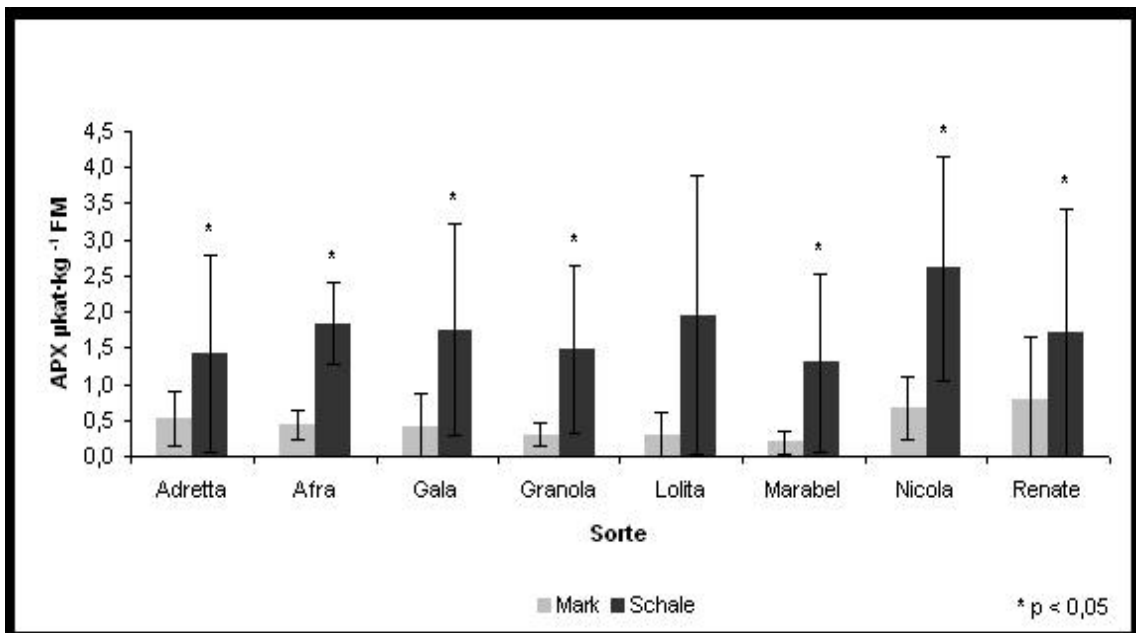


Abb. 7 Ascorbatperoxidase (APX)- Aktivität der Kartoffelsorten in Mark und Schale der Knollen unabhängig von der Lagerungszeit

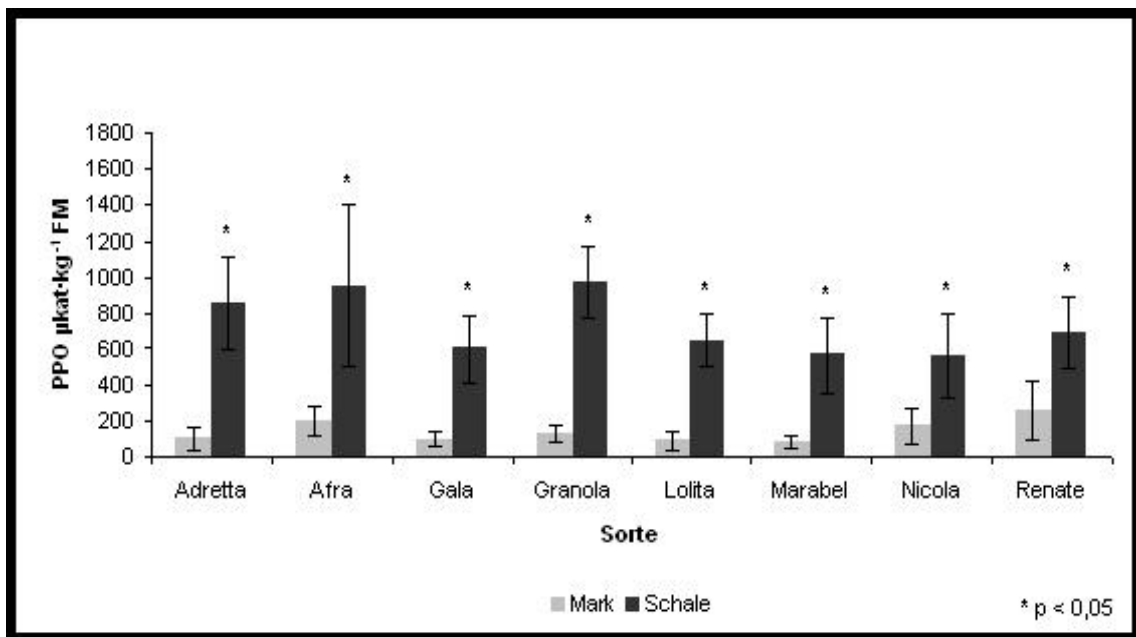


Abb. 8 Polyphenoloxidase (PPO)- Aktivität der Kartoffelsorten in Mark und Schale der Knollen unabhängig von der Lagerungszeit

Tab. 3 Einfluss der Lagerungszeit auf die untersuchten parameter unabhängig von der Sorte und der spezifischen Dichte der Knollen

Parameter	Zeitpunkt der Ernte		5 Monate Lagerung		8 Monate Lagerung	
	MW	±StAbw	MW	±StAbw	MW	±StAbw
AOX (mmol·kg ⁻¹ FM)	0,95 ^c	0,34	1,19 ^b	0,34	1,59 ^a	0,48
SOD (µkat·kg ⁻¹ FM)	401,07 ^b	276,75	838,91 ^a	286,42	798,25 ^a	190,56
APX (µkat·kg ⁻¹ FM)	0,50 ^c	0,50	1,21 ^a	0,77	0,66 ^b	0,49
PPO (µkat·kg ⁻¹ FM)	326,38 ^a	138,48	235,09 ^b	117,31	194,35 ^c	86,18
BSA- SI	27,56 ^{ab}	30,36	14,59 ^b	17,31	28,14 ^a	27,70

unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede des jeweiligen Parameters zwischen den Terminen

Einfluss von antioxidativer Kapazität und Enzymaktivitäten auf die Schwarzfleckigkeitsneigung

Bei der Untersuchung der Zusammenhänge zwischen antioxidativer Kapazität bzw. Enzymaktivitäten und BSA- Schwarzfleckigkeits- Index konnten insgesamt nur schwache Beziehungen ermittelt werden. Dennoch besaßen die zur Schwarzfleckigkeit neigenden Sorten tendenziell höhere Polyphenoloxidase- Aktivitäten und niedrigere Gehalte an Antioxidantien. Weniger zur Schwarzfleckigkeit neigende Knollen hatten hingegen hohe Gehalte an Antioxidantien und eine eher niedrige Polyphenoloxidase- Aktivität (Tab. 2). In

Knollen der Sorten Granola, Nicola und Renate konnte eine unterschiedlich starke, jedoch signifikante negative Korrelation zwischen Superoxiddismutase- Aktivität und BSA-Schwarzfleckigkeits- Index aufgezeigt werden (Tab. 4). Weiterhin konnte bei fast allen Sorten eine positive Beziehung zwischen Superoxiddismutase- und Ascorbatperoxidase-Aktivität nachgewiesen werden ($r = 0,53$ bis $0,88$; $p < 0,01$), die in der Komplexität des antioxidativen Abwehrsystems begründet ist (Abb. 3).

Tab 4 Korrelationen zwischen dem BSA- Schwarzfleckigkeitsindex und der untersuchten antioxidativen Kapazität bzw. den Enzymaktivitäten im Sortenvergleich (Abkürzungen siehe Abb. 3 und 8)

	Adretta	Afra	Gala	Granola	Lolita	Marabel	Nicola	Renate
AOX			$r = 0,50^*$	$r = 0,79^{**}$	$r = 0,59^{**}$			
SOD				$r = -0,51^*$			$r = -0,45^*$	$r = -0,81^{**}$
APX			$r = -0,44^*$				$r = -0,38^*$	$r = -0,58^{**}$
PPO							$r = -0,73^{**}$	

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; kursiv: nur sehr schwach signifikant

Schlussfolgerungen

Prinzipiell scheint das antioxidative Abwehrsystem der Kartoffel die Melaninbildung insbesondere in Knollen festkochender Sorten zu erschweren bzw. zu verzögern. Die Superoxiddismutase- Aktivität hat dabei vermutlich eine besondere Funktion, weil sie das Superoxidanionradikal abbaut und der Polyphenoloxidase dadurch möglicherweise ein Co- Substrat entzieht.

Aufgrund uneinheitlicher Beziehungen zwischen der Polyphenoloxidase- Aktivität und der Schwarzfleckigkeitsneigung der einzelnen Sorten konnte darauf geschlossen werden, dass die Höhe der Aktivität nicht ausschlaggebend für die Bräunungsreaktion war.

Die zur Schwarzfleckigkeit neigenden Sorten Adretta, Afra und Granola wiesen tendenziell höhere Polyphenoloxidase- Aktivitäten und niedrigere Gehalte an Antioxidantien auf. Hingegen besaßen die weniger zur Schwarzfleckigkeit neigenden Knollen der festkochenden Sorten Renate und Nicola hohe Gehalte an Antioxidantien und eine eher niedrige Polyphenoloxidase- Aktivität. Bei Kartoffeln dieser Sorten waren die Zusammenhänge zwischen den antioxidativen Enzymen und der Schwarzfleckigkeit signifikant.

Die Untersuchung machte deutlich, dass die enzymatische Bräunungsreaktion der Kartoffel ein Gesamtergebnis vieler Einflussfaktoren ist. Es konnte kein eindeutiges Schlüsselenzym definiert werden, welches in engem Zusammenhang zur Schwarzfleckigkeitsneigung einer Kartoffel steht.

Danksagung

Die Untersuchungen wurden im Rahmen eines Projektes durchgeführt, das von Seiten des BMVEL durch die BLE gefördert und durch die GFP kofinanziert wird.

Literaturverzeichnis

- BUNDESSORTENAMT (2005): Beschreibende Sortenliste 2005. Kartoffeln. Landbuchverlag, Hannover.
- DAVIES, K.J.A. (2000): Critical Review. Oxidative Stress, Antioxidant Defenses, and Damage Removal, Repair, and Replacement Systems. *International Union Biochemistry and Molecular Biology Life* 50: 279 - 289.
- DIPIERRO, S., DE LEONARDIS, S. (1997): The Ascorbate System and Lipid Peroxidation in Stored Potato (*Solanum tuberosum L.*) Tubers. *Journal of Experimental Botany* 48: 779 - 783.
- GRENE, R. (2002): Oxidative Stress and Acclimation Mechanisms in Plants. *The Arabidopsis Book* 49: 1 - 20.
- JOHNSON, S.M., DOHERTY, S.J., CROY, R.D.D. (2003): Biphasic Superoxide Generation in Potato Tubers. A Self- Amplifying Response to Stress. *Plant Physiology* 131: 1440 - 1449.
- KOLBE H., HAASE, N.U. (1997): Einflussfaktoren auf die Inhaltstoffe der Kartoffel. *Kartoffelbau* 48: 234 – 240.
- LAERKE, P.E., BRIERLEY, E.R., COBB, A. (2000): Impact- induced blackspots and membrane deterioration in potato (*Solanum tuberosum L.*) tubers. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80: 1332 - 1338.
- LAERKE, P.E., CHRISTIANSEN, J., VEIERSKOV, B. (2002): Colour of blackspot bruises in potato tubers during growth and storage compared to their discolouration potential. *Postharvest Biology and Technology* 26: 99 - 111.
- PARTINGTON, J.C., SMITH, C., BOLWELL, P. (1998): Changes in the location of polyphenol oxidase in potato (*Solanum tuberosum L*) tuber during cell death in response to impact injury: comparison with wound tissue. *Planta* 207: 449 - 460.
- ROJAS-BELTRAN, J.A., DEJAEGHERE, F., ABD ALLA KOTB, M., DU JARDIN, P. (2000): Expression and Activity of Antioxidant Enzymes during Potato Tuber Dormancy. *Potato Research* 43: 383 - 393.
- SCANDALIOS, J.G. (1993): Oxygen Stress and Superoxide Dismutase. *Plant Physiology* 101: 7 - 12.
- SCHUHMAN, P. (1999): Die Erzeugung von Kartoffeln zur industriellen Verarbeitung. Agrimedia GmbH, Bergen/Dumme.

- SHIGEOKA, S., ISHIKAWA, T., TAMOI, M., MIYAGAWA, Y., TAKEDA, T., YABUTA, Y., YOSHIMURA, K. (2002): Regulation and Function of Ascorbate Peroxidase Isoenzymes. *Journal of Experimental Botany* 53: 1305 - 1319.
- SPYCHALLA, J.P., DESBOROUGH, S.L. (1990): Superoxide Dismutase, Catalase, and α -Tocopherol Content of Stored Potato Tubers. *Plant Physiology* 94: 1214 - 1218.
- STEVENS, L.H., DAVELAAR, E., KOLB, R.M., PENNINGS, E.J.M., SMIT, N.P.M. (1998): Tyrosine and Cysteine are Substrates for Blackspot Synthesis in Potato. *Phytochemistry* 49: 703 - 707.
- VALVERDE, P. et al. (1996): Activation of Tyrosinase Reduces the Cytotoxic Effects of the Superoxide Anion in B16 Mouse Melanoma Cells. *Pigment Cell Research* 9: 77 - 84; zitiert nach: JOHNSON, S.M. et al. (2003).
- VRANOVÁ, E., INZÉ D., VAN BREUSEGEM, F. (2002): Signal transduction during oxidative stress. *Journal of Experimental Botany* 53: 1227 - 1236.
- WOJTASZEK, P. (1997): Review Article. Oxidative Burst: An early Plant Response to Pathogen Infection. *Biochemistry Journal* 322: 681 - 692.
- YAHRAUS, T., CHANDRA, S., LEGENDRE, L., LOW, P.S. (1995): Evidence for a Mechanically Induced Oxidative Burst. *Plant Physiology* 109: 1259 - 1266.

Blackspot susceptibility in comparison with the antioxidant activity of potato (*Solanum tuberosum*) tubers

Antje Wulkow¹, Anna J. Keutgen², Ivan Goshev³, Boryana Mihaylova³, Elke Pawelzik¹

¹Quality of Plant Products Section, Department of Crop Sciences, University of Goettingen, Germany; ²Department of Storage and Processing of Plant Products, University of Technology and Life Sciences, Bydgoszcz, Poland; ³Institute of Organic Chemistry and Center of Phytochemistry, Sofia, Bulgaria

Abstract

Mechanical impact enhanced melanogenesis, which caused blackspot occurrence in potato tubers resulting in quality losses of fresh and processed products. Performed impact tests revealed the same blackspot susceptibility of cultivars after harvest in 2005 and after harvest in 2006. During a storage period of five months blackspot significantly decreased in tubers harvested in 2005 and contrary increased in tubers harvested in 2006. Long-term storage of eight months changed the blackspot susceptibility of tubers similar to freshly harvested tubers. Blackspot was significantly correlated with tuber specific gravity. Melanogenesis as a consequence of soluble oxidised substances was determined as discolouration potential. The obtained results pointed out that a cultivar specific periodical determination of its discolouration potential became essential to mirror their blackspot susceptibility. Present findings indicated that melanogenesis takes place as a part of antioxidant network or it is even a result. Some antioxidant systems were detected, which may avoid melanogenesis, respectively. The performed FRAP and H-ORAC- tests showed a slightly but significant correlation to mechanical stressed tubers.

Keywords: *Solanum tuberosum*, specific gravity, dormancy, melanogenesis, FRAP, H-ORAC

Introduction

After harvest potato tubers are exposed to mechanical impact. Insensitive handling operations as well as storage conditions and time influence the susceptibility of tubers to mechanical impact (1, 2). The level of initiation of mechanical stress is determined by genotypes and environmental conditions (3-5). Impact potentially increases the production of reactive oxygen species (ROS) (6, 7). The term describes free radicals (superoxide radical, O_2^- , peroxy radical, ROO^- and hydroxyl radical, HO^-), as well as molecules like hydrogen peroxide (H_2O_2), singlet oxygen (1O_2) and ozone (O_3) (6). The function of the plant generated ROS is associated with the disease resistance mechanisms of cells (7) as well as the lipid peroxidation of polyunsaturated fatty acids (PUFAs) of cell membranes (9). Increasing generation of ROS under stress conditions induces both sub cellular damage and protective response (7). To protect cells against stress conditions the ROS level is controlled by an antioxidant system. In the cell, antioxidant compounds are closely linked with a powerful antioxidant activity. The effect based on their redox properties and is a result of

various possible mechanisms like singlet-oxygen-quenching capacity, transition-metal-chelating activity and free-radical scavenging action (8). Potato tissue contains several enzymes scavenging ROS [several types of superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase (POD)] and a network of low molecular metabolites like phenolic compounds and vitamins (6, 8, 9). Also the pigment melanin possesses antioxidative properties. According to Hung et al. (10) numerous studies refer to the participation of melanin in free-radical reactions. At the stage of initiating chain reactions the function of the pigment might be tapping transitional metals or inactivating O_2^- . Well, it is also known that the process of melanogenesis requires O_2^- (11) or even molecular oxygen (O_2) to oxidise phenolic substances to dopaquinone catalysed by the enzyme polyphenoloxidase (PPO) and finally polymerise to melanin (2, 12). In potato tubers dark melanin pigments develop under the intact skin after impact resulting in blackspot formation (2). This internal discoloration is a major quality problem for fresh and processing market worldwide.

To quantify the effect of harvesting and handling operations or of culture practice on melanogenesis different methods are described, e.g. pendulum, falling bolt and shaking procedures, which provide information about tissue firmness (3, 12, 13). In the present study a mechanical load test was used. This test is similar to commercial situations but the control of the mechanical force is limited compared to other methods. Moreover, this method is time consuming because there is a time slot of 48 hours between mechanical treatment and visual evaluation. More rapid are methods which use photometric grading (1, 3, 13, 14). In general, these tests require homogenized material and the obtained results allow the quantification of the final optical density of the studied sample solutions or the rate of colour change over time. Via homogenization method the determination of the discoloration potential (DP) of potato tubers was practiced in the past (3, 13, 14) and in the present study. With respect to the measurement of antioxidative compounds potentially responsible to prevent melanogenesis it is possible to measure all components individually, but as far as known antioxidants work additively and synergistically (15). Therefore single substance tests may not reflect the antioxidant functionality. Several analyses were developed to determine the combined antioxidant activity (16-19).

The objectives of this study were to test and compare several methods for the determination of blackspot susceptibility and to study the contribution of antioxidants (excepted melanin) in the blackspot susceptibility in potato tubers.

Materials and methods

Material. Eight cultivars of table potatoes (Adretta, Afra, Gala, Granola, Lolita, Marabel, Nicola and Renate) were grown near Dethlingen, Germany with conventional farming methods during two vegetation periods in 2005 and 2006. From harvested plants tubers with a similar size of 40 to 50 mm were selected to get comparable results. Analyses were performed in tubers directly after harvest and after five and eight months of storage at 4°C and 95 % relative humidity, respectively. Tubers were divided into six groups of specific

gravity from <1.055 to >1.095 kg L⁻¹, with 0.01 increments, whilst immersing them in vessels with demineralised water and different NaCl-concentrations. Subsequently samples were divided into two parts. Tubers from the first part were used to determine their blackspot index (BSI). Tubers from the second part were used for analysis. Also, non-fractionated tubers were peeled (1-2 mm thickness) using a hand peeler to obtain periderm and non-periderm tissue. Samples were sliced and used fresh or were shock-frozen in liquid nitrogen and stored at -30 °C until testing or freeze-drying (Epsilon 2-40, Christ).

Analyses. Blackspot index (BSI) of whole potato tubers was determined according to the method of the German “Bundessortenamt” (BSA) (Federal Plant Variety Office). The tubers were cooled down to 4 to 5°C and mechanically treated for 50 s in a vegetable washing machine with a rotating drum (Flott 18 K, Flottwerk H. J. Dames GmbH & Co. KG, Rotenburg a. d. F., Germany) with three replications. Each replication consisted of an amount of tubers (Σ_{tuber}) adequate to a volume of 6 L. Afterwards, treated tubers were stored at room temperature for 48 hours. For BSI determination they were cut into halves length-wise and a half tuber was evaluated visually using a scale with four scores of discolouration: No discolouration indicated no melanin development and therefore no blackspot susceptibility (Σ_1). Discolouration till quarter of length and less than 5 mm in-depth showed slight blackspot susceptibility (Σ_2). Medium blackspot susceptibility corresponded to a discolouration till quarter of length and above 5 mm in-depth or a half of the length and maximal 5 mm in-depth (Σ_3). Serious blackspot susceptibility was indicated by a stronger discolouration (Σ_4). The blackspot susceptibility, expressed as the percentage of discoloured tubers was calculated from following equation:

$$BSI (\%) = (0.3\Sigma_2 + 0.5\Sigma_3 + \Sigma_4) / \Sigma_{tuber} * 100 \quad (1)$$

The discolouration potential (DP) of tubers was determined in fresh material using a homogenization method (14). Tubers differing in their specific gravity were analysed. According to Lærke et al. (1), Dean et al. (3) and Delgado et al. (13) stem end and bud end of tubers were mixed using an ultra-turrax (Janke & Kunkel, IKA lab technics, Germany). Absorbance was measured at 475 nm with an UV-Vis spectral system (HP 8453, Germany). Results are the mean of three replications and expressed as absorbance units (AU_{475nm}).

Investigation of the ferric reducing ability of plasma (FRAP) (20) was performed with tubers of different specific gravities, as well as with tubers separated in periderm and non-periderm tissue. Sample preparation was done at 4°C by mashing the frozen samples in a cool mortar placed in iced water. Three phases of each sample were extracted to obtain material for the determination of free, cell wall associated compounds (8, 21, 22) and water insoluble compounds (23), respectively. From 3 g of mashed sample the free compounds were extracted with 0.1 M KH₂PO₄ buffer (pH 6.0). Double extraction was performed for cell wall associated compounds with 1M NaCl solution. Water insoluble substances were extracted with n-hexane. Extracts were measured with an UV-Vis spectral system (HP

8453, Germany) at 595 nm. For comparison, standards of 1mM FeSO₄*7H₂O solutions (20) were used, respectively solved in its extraction medium. The sum of the results represented the total FRAP (mmol kg⁻¹ FM) of the sample.

The hydroxyl radical averting capacity (H-ORAC) analysis followed Boxin et al. (24) and was carried out in freeze-dried samples of periderm and non-periderm tissue, which was mechanically ground to a fine powder. Sample extractions were performed in three replications. Hundred mg of a sample were mixed with 2 ml solution of acetone: distilled water: acetic acid in the ratio 70: 29.5: 0.5 (pH 5.0) for one hour. Afterwards, the mixture was centrifuged at 2660g (Janetzki T-30, Germany) for 10 minutes and the clear supernatants were analysed. The calculation of relative H-ORAC based on gallic acid equivalents (GAE) per kilogram tuber fresh mass.

Statistics. The obtained data were analysed with Sigma Stat statistical program (STAT32). All data sets were tested for normal distribution and variance homogeneity (p= 0.05). Following analyses of variance were calculated for cultivar and specific gravity. Calculated means were compared by Tukey-test (p ≤ 0.05). Correlation and multiple regression procedures between normally distributed quality parameters were performed using Pearson correlation coefficients.

Results

During the vegetation period of potatoes the specific gravity of tubers differs due to maturing time of cultivars, physiological tuber age, environmental conditions and pathogenic impact. Also tuber skin structures, gas concentration in the periderm and storage conditions affects tuber specific gravity (25). With respect to these facts potato tubers of the studied cultivars were separated according to their specific gravities after harvest and storage periods. Results of BSI, DP and FRAP tests are shown in Figure 1 and statistical evaluations of these tests are presented in Table 1. The standard deviations for BSI were not calculated because the required volume of tubers was not always available for all groups of specific gravity and it was therefore not possible to perform three replications. If the amount of tubers was less than a corresponding volume of 6 L the FRAP and DP test were performed only. In some cases, the standard deviation of FRAP and DP results tended to zero which is not visible in the graphs.

The BSI tests revealed a highly significant increasing blackspot susceptibility of tubers with increasing specific gravity after harvest 2005 and 2006 (Fig. 1, I, IV) and after five (Fig. 1, II, V) and eight months of storage (Fig. 1, III, VI), respectively. The FRAP activity tend to decrease with increasing specific gravity of the stored tubers (Fig. 1, III, VI). A significant correlation between BSI and DP was detected after harvest in 2005 and after five months of storage (Fig. 1, II, III), in tubers after harvest in 2006 and in stored tubers (Fig. 1, IV, V, VI), respectively. In general, both FRAP and DP values did not consistently represent the blackspot susceptibility of tubers differing in their specific gravity.

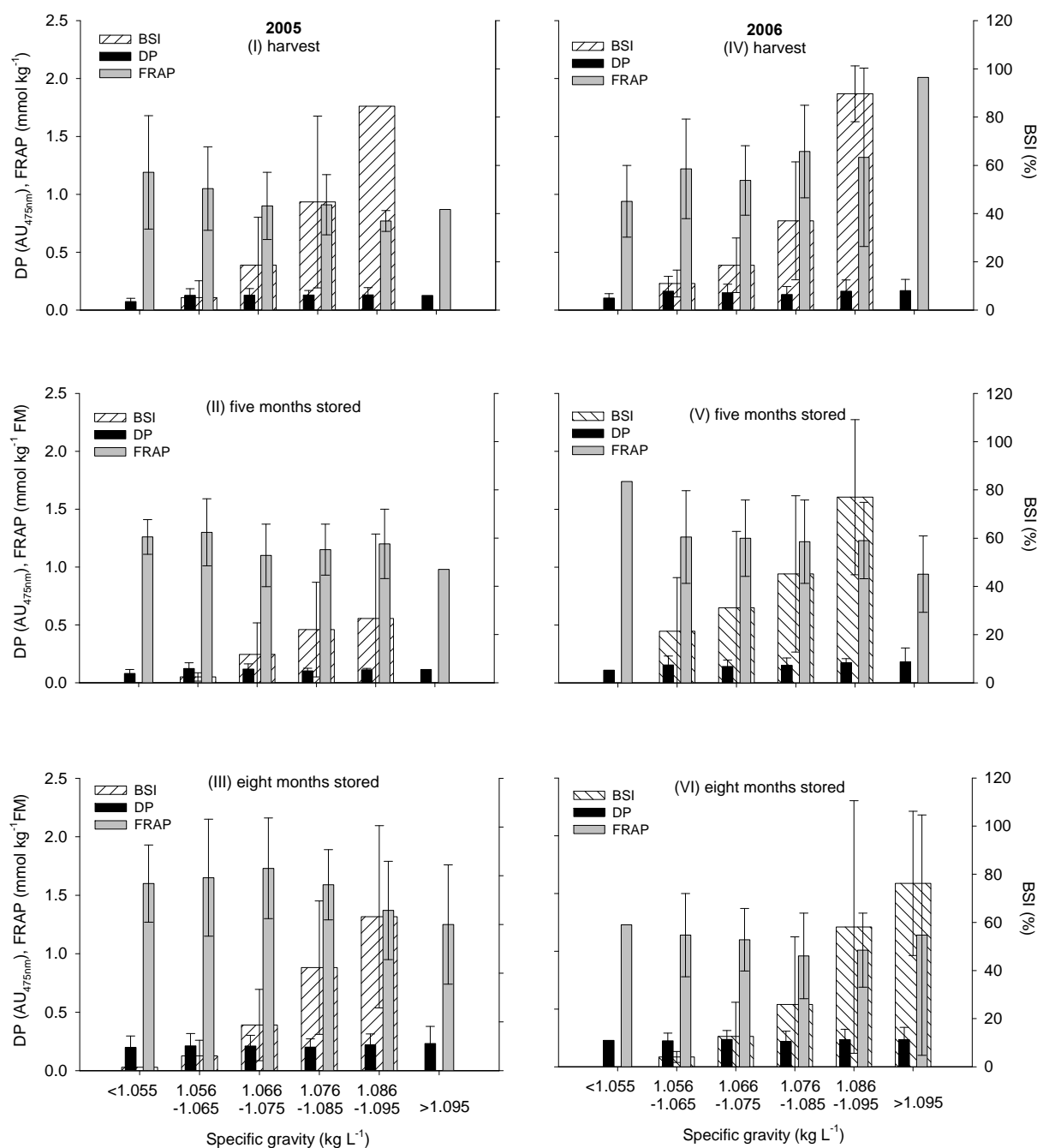


Figure 1 Blackspot index (BSI; %) of potato tubers differing in their specific gravity (kg L^{-1}) in comparison to their discolouration potential (DP, $\text{AU}_{475\text{nm}}$) and antioxidant activity (FRAP, $\text{mmol kg}^{-1} \text{FM}$) after harvest (I) in 2005, following five (II) and eight (III) months of storage, respectively and after harvest (IV) in 2006, following five (V) and eight (VI) months of storage, respectively, irrespective of cultivar, statistical evaluations are shown in Table 1

Table 1 Relationships between blackspot susceptibility (BSI, %), discolouration potential (DP, AU_{475nm}) and antioxidant activity (FRAP mmol kg⁻¹ FM) of tubers differing in their specific gravity (kg L⁻¹) as Pearson Correlation Coefficient irrespective of cultivar, data refer to Figure 1

Period	Parameter	BSI	DP	FRAP
Harvest 2005	Specific gravity	0.556**	NS	-0.261*
	BSI		0.276*	NS
	FRAP		0.347*	
Five months stored	Specific gravity	0.472**	NS	NS
	BSI		0.287*	NS
	FRAP		NS	
Eight months stored	Specific gravity	0.762**	NS	-0.410**
	BSI		NS	-0.543**
	FRAP		NS	
Harvest 2006	Specific gravity	0.756**	0.398*	0.273*
	BSI		0.644**	0.357*
	FRAP		0.544**	
Five months stored	Specific gravity	0.523**	0.383*	NS
	BSI		0.675**	-0.389*
	FRAP		NS	
Eight months stored	Specific gravity	0.701**	NS	-0.456**
	BSI		0.581**	NS
	FRAP		0.298*	

^a Abbreviations: NS, not significantly different; ** significance at p = 0.01, * significance at p = 0.05

Irrespective of the specific gravity of tubers the results of the BSI tests pointed out that the cvs. Afra, Adretta and Granola are medium to high susceptible to blackspot after harvest 2005 (Tab. 2). The cv. Renate showed a significantly lower blackspot susceptibility compared to cvs. Afra, Adretta and Granola. The cvs. Nicola, Lolita, Marabel and Gala were very low susceptible to blackspot which was significant different compared to Renate. The DP of cv. Adretta was the significantly highest compared to cvs. Granola, Afra, Lolita and Marabel. The FRAP activities of the cvs. Afra, Adretta and Granola were significant lower compared to cvs. Renate and Nicola. A relation to BSI was not observed because the less susceptible cv. Marabel showed also a low FRAP activity.

The storage period of five months significantly decreased the BSI of all cultivars. Contrary to these results, the data obtained with the DP method were similar compared to harvest evaluation. DP and FRAP results revealed no clear classification of cultivars with respect to their blackspot susceptibility.

After storage of eight months blackspot obtained by BSI test increased significantly in all cultivars when compared to the data obtained after five months of storage, regardless to specific tuber gravity. However, the BSI was not different compared to the results obtained

after harvest. The DP increased significantly during eight months of storage in comparison to the DP obtained after harvest. The DP of cv. Adretta was the significantly highest compared to the other cultivars. The cvs. Granola, Renate and Nicola showed the same DP. In contrast, the FRAP values of cvs. Adretta, Granola and Afra were significant lower compared to cv. Lolita. The concentrations of antioxidant compounds were not different in cvs. Renate, Nicola, Marabel and Gala.

BSI test assessed on harvested tubers in 2006 indicated slight differences in blackspot susceptibility of cultivars compared with tubers harvested in 2005 (Tab. 2). In this year, the cv. Adretta was very susceptible to blackspot while the cv. Afra showed a medium susceptibility and cv. Granola was low susceptible. The DP method indicated again the significant highest values in cv. Adretta. With respect to their blackspot susceptibility a classification of cultivars after harvest on the basis of the DP tests was not possible because the obtained data were with exception of cv. Adretta not significantly different.

BSI test after five months of storage revealed that the blackspot susceptibility of tubers increased significantly, which was in contrast to the results obtained in 2005. However, the DP and FRAP values were not significantly different in stored cultivars compared with tubers after harvest.

With respect to eight months stored cultivars their BSI was not significantly different from tubers after harvest 2006. The DP increased significantly compared to the DP after harvest and five months of storage. With exception of cv. Adretta the DP of the cultivars were not significantly different. Long-term storage significantly decreased the FRAP activity of the presented cultivars.

Table 2 Blackspot index (BSI, %) of potato cultivars in comparison with their discolouration potential (DP, AU_{475nm}) and antioxidant activity (FRAP, mmol kg⁻¹ FM) after harvest, five (5), and eight (8) months of storage of two vegetation periods (2005 and 2006) irrespective of their specific gravity

Vegetation period	Testing phase	Parameter	Afra	Adretta	Granola	Renate	Nicola	Lolita	Marabel	Gala
2005	Harvest	BSI*	63 ± 35.96 a	59 ± 12.07 a	59 ± 23.31 a	26 ± 9.76 b	3 ± 1.97 c	3 ± 0.35 c	2 ± 0.66 c	1 ± 0.82 c
		DP	0.11 ± 0.01 bcd	0.21 ± 0.02 a	0.14 ± 0.01 bc	0.16 ± 0.02 ab	0.16 ± 0.01 ab	0.09 ± 0.01 cd	0.06 ± 0.01 d	0.08 ± 0.01 cd
		FRAP ⁺	0.91 ± 0.06 c	0.88 ± 0.24 c	0.83 ± 0.08 c	1.41 ± 0.11 a	1.26 ± 0.14 ab	0.75 ± 0.08 c	0.59 ± 0.22 d	1.18 ± 0.28 bc
	5 months stored	BSI	33 ± 19.00 b	46 ± 9.57 a	20 ± 10.14 b	4 ± 1.34 c	8 ± 3.34 c	2 ± 0.24 c	3 ± 1.41 c	0 ± 0.02 d
		DP*	0.12 ± 0.01 ab	0.15 ± 0.04 a	0.10 ± 0.01 ab	0.11 ± 0.01 ab	0.15 ± 0.04 a	0.09 ± 0.01 b	0.07 ± 0.02 b	0.07 ± 0.00 b
		FRAP*	1.11 ± 0.26 ab	1.15 ± 0.28 ab	1.28 ± 0.13 ab	1.51 ± 0.29 a	1.25 ± 0.13 ab	1.13 ± 0.17 ab	1.13 ± 0.06 ab	0.96 ± 0.34 b
	8 months stored	BSI*	59 ± 30.39 ab	70 ± 19.53 a	40 ± 19.29 b	12 ± 7.60 c	18 ± 3.31 c	16 ± 3.79 c	3 ± 1.76 c	3 ± 2.35 c
		DP**	0.12 ± 0.01 e	0.33 ± 0.03 a	0.22 ± 0.02 cd	0.31 ± 0.05 ab	0.27 ± 0.02 bc	0.16 ± 0.03 de	0.12 ± 0.01 e	0.15 ± 0.02 e
		FRAP**	0.96 ± 0.26 d	1.36 ± 0.18 cd	1.47 ± 0.11 bcd	1.75 ± 0.18 abc	1.74 ± 0.20 ab	1.98 ± 0.39 a	1.87 ± 0.14 ab	1.72 ± 0.03 abc
2006	Harvest	BSI	49 ± 29.24 b	84 ± 20.13 a	29 ± 15.20 b	19 ± 3.88 c	11 ± 3.91 c	6 ± 2.79 d	8 ± 1.12 c	16 ± 1.75 c
		DP ⁺	0.11 ± 0.01 b	0.31 ± 0.07 a	0.16 ± 0.01 b	0.13 ± 0.02 b	0.14 ± 0.01 b	0.09 ± 0.01 b	0.08 ± 0.02 b	0.11 ± 0.01 b
		FRAP*	1.11 ± 0.42 bc	1.92 ± 0.15 a	1.00 ± 0.08 b	1.35 ± 0.09 b	1.05 ± 0.06 bc	1.25 ± 0.17 bc	0.82 ± 0.18 c	1.14 ± 0.17 bc
	5 months stored	BSI*	44 ± 15.06 b	96 ± 4.59 a	80 ± 19.57 a	26 ± 8.44 bc	15 ± 6.90 cd	22 ± 7.09 bcd	13 ± 0.37 d	9 ± 1.84 d
		DP	0.12 ± 0.01 b	0.27 ± 0.03 a	0.16 ± 0.02 b	0.17 ± 0.01 b	0.14 ± 0.01 b	0.16 ± 0.03 b	0.08 ± 0.01 d	0.09 ± 0.02 cd
		FRAP*	0.79 ± 0.08 d	1.01 ± 0.19 cd	1.04 ± 0.10 cd	1.79 ± 0.08 a	1.12 ± 0.27 c	1.30 ± 0.22 bc	1.26 ± 0.16 bc	1.61 ± 0.10 ab
	8 months stored	BSI	29 ± 22.74 b	93 ± 5.84 a	24 ± 15.28 b	6 ± 4.11 cd	4 ± 1.84 d	18 ± 13.51 bc	7 ± 3.77 cd	4 ± 2.14 d
		DP*	0.16 ± 0.02 b	0.36 ± 0.04 a	0.27 ± 0.03 ab	0.26 ± 0.08 b	0.21 ± 0.02 b	0.20 ± 0.00 b	0.17 ± 0.01 b	0.19 ± 0.03 b
		FRAP	0.75 ± 0.54 b	0.95 ± 0.08 b	0.90 ± 0.08 b	1.77 ± 0.31 a	0.77 ± 0.15 b	1.11 ± 0.07 b	0.92 ± 0.22 b	1.14 ± 0.17 b

^{a,b,c} different letters indicate significant differences between cultivars by Tukey tests ($p \leq 0.05$) within single parameters and testing phase; * significant differences between testing phases within single parameters within one vegetation period by Tukey tests ($p \leq 0.05$); ⁺ significant differences between vegetation periods within single parameters by Tukey tests ($p \leq 0.05$)

Compared to whole tubers several reports attribute the highest antioxidant activity to the tuber periderm (11, 25). With respect to the formation of melanin pigments beneath the cortex tissue two methods were used to study the antioxidant activity of tuber periderm in comparison with tuber non-periderm and to study if a relationship with the BSI of whole tubers exists. The tubers were not separated in specific gravities before analysing (Tab. 3, 4). In tubers harvested in 2005 relative H-ORAC and FRAP activities revealed significant higher concentrations of antioxidant compounds in tuber periderm compared to non-periderm concentrations. Cultivars with a higher antioxidant activity in periderm showed also a higher antioxidant activity in the non-periderm tissue. The relative H-ORAC compounds as a result of single tissue antioxidant activity were slightly more concentrated in tubers with a medium to high BSI of cvs. Adretta, Granola and Renate compared with cvs. Nicola, Lolita, Marabel and Gala ($r = 0.401$, $p \leq 0.05$). Antioxidant activity determined with the FRAP method indicated significant lower concentrations of corresponding compounds in cvs. Granola and Marabel compared to the other cultivars (Tab. 3).

Table 3 Antioxidant activity (relative H-ORAC, mmol GAE kg⁻¹ FM; FRAP, mmol kg⁻¹ FM) of tuber tissue of potato cultivars differing in their blackspot susceptibility (BSI, %) harvested in 2005

	Relative H-ORAC			FRAP			BSI	
	Non-periderm	Periderm*		Non-periderm	Periderm*		Whole tuber	
Afra	29.77 ± 2.14	38.15 ± 3.25	cd	0.89 ± 0.07	1.39 ± 0.28	ab	83 ± 7.05	a
Adretta	42.09 ± 3.53	59.59 ± 4.86	a	1.00 ± 0.05	1.24 ± 0.19	ab	58 ± 3.95	b
Granola	31.85 ± 2.00	57.94 ± 5.80	ab	0.64 ± 0.18	1.24 ± 0.16	b	50 ± 10.12	c
Renate	42.88 ± 9.53	56.46 ± 7.31	a	1.13 ± 0.34	1.73 ± 0.15	a	39 ± 11.59	d
Nicola	23.11 ± 5.92	30.99 ± 3.37	d	0.86 ± 0.16	1.44 ± 0.35	ab	3 ± 1.41	f
Lolita	32.80 ± 2.11	48.21 ± 2.29	bc	0.72 ± 0.03	1.52 ± 0.21	ab	4 ± 2.15	e
Marabel	24.63 ± 3.38	47.41 ± 0.83	c	0.74 ± 0.00	1.13 ± 0.12	b	2 ± 0.91	g
Gala	33.55 ± 4.61	37.53 ± 3.20	cd	1.18 ± 0.12	1.63 ± 0.47	a	2 ± 0.83	h

^{a,b,c} different letters indicate significant differences of the whole tissue (on the basis of the sum of relative H-ORAC and FRAP values in non-periderm and periderm, respectively) of cultivars by Tukey tests ($p \leq 0.05$),* the periderm showed always significant higher H-ORAC-values and FRAP activity compared to the non-periderm tissue by Tukey tests ($p \leq 0.05$), (H-ORAC, hydroxyl radical averting capacity; GAE-equivalent, gallic acid equivalent; FRAP, ferric reducing ability of plasma; BSI, blackspot index)

Tubers harvested in 2006 were not significantly different in their BSI compared to tubers harvested in 2005 (Tab. 2). Again, the concentration of antioxidant compounds in tuber periderm was significantly higher than in tuber non-periderm (Tab. 4). However, the FRAP data and the relative H-ORAC data revealed significantly higher concentrations of antioxidant compounds in comparison with tubers harvested in 2005. The concentration of relative H-ORAC antioxidants of periderm and non-periderm were slightly correlated with tubers BSI ($r = 0.514$, $p \leq 0.05$).

Table 4 Antioxidant activity (relative H-ORAC, mmol GAE kg⁻¹ FM; FRAP, mmol kg⁻¹ FM) of tuber tissue of potato cultivars differing in their blackspot susceptibility (BSI, %) harvested in 2006

	Relative H-ORAC			FRAP			BSI	
	Non-periderm	Periderm*		Non-periderm	Periderm*		Whole tuber	
Afra	47.01 ± 7.16	64.34 ± 8.57	bc	1.07 ± 0.34	1.43 ± 0.15	ab	66 ± 1.80	b
Adretta	55.02 ± 9.07	109.47 ± 6.34	a	1.61 ± 0.08	2.04 ± 0.13	ab	74 ± 6.51	a
Granola	33.26 ± 4.38	75.74 ± 1.87	bc	1.26 ± 0.03	1.46 ± 0.11	ab	28 ± 0.76	c
Renate	30.47 ± 2.53	41.93 ± 3.39	d	1.70 ± 0.07	1.70 ± 0.27	a	20 ± 5.24	d
Nicola	44.32 ± 4.92	65.81 ± 3.95	bc	1.16 ± 0.31	1.84 ± 0.02	ab	5 ± 2.02	g
Lolita	55.01 ± 3.97	72.41 ± 2.63	b	1.01 ± 0.20	2.01 ± 0.79	a	5 ± 1.02	f
Marabel	27.04 ± 2.60	76.33 ± 4.33	c	0.72 ± 0.26	1.09 ± 0.07	b	10 ± 2.75	e
Gala	45.16 ± 3.05	53.75 ± 2.39	c	0.89 ± 0.04	1.13 ± 0.21	b	3 ± 0.75	h

^{a,b,c} different letters indicate significant differences of the whole tissue (on the basis of the sum of relative H-ORAC and FRAP values in non-periderm and periderm, respectively) of cultivars by Tukey tests ($p \leq 0.05$),* the periderm showed always significant higher H-ORAC values and FRAP activity compared to non-periderm tissue by Tukey tests ($p \leq 0.05$) (H-ORAC, hydroxyl radical averting capacity; GAE-equivalent, gallic acid equivalent; FRAP, ferric reducing ability of plasma; BSI, blackspot index)

Discussion

BSI of freshly harvested tubers. The present investigation revealed a significant increase of BSI with increasing tuber specific gravity. This result supports the findings of Lærke (12) where tuber specific gravity of mechanical stressed cultivars may contribute to the level of energy introduced to the tuber by the impact. In our study, the specific gravity of tubers ranged between <1.055 to >1.095 kg L⁻¹. The cultivars can be characterized by cultivar-specific mean specific gravities. For example, the cvs. Afra, Adretta and Lolita performed many tubers with specific gravities from 1.075 to 1.085 kg L⁻¹. However, their BSI was significantly different from each other. This observation was also done for cvs. Granola, Renate and Nicola with tuber mean specific gravity from 1.065 to 1.075 kg L⁻¹. Tubers of cvs. Gala and Marabel showed a mean specific gravity from 1.055 to 1.065 kg L⁻¹, whereby both cultivars had a low BSI. Results indicated that variation of tuber specific gravity within a cultivar determined its BSI. Present findings are comparable to studies of Wright et al. (26) who found that eight of ten tested cultivars showed a higher bruise score with increasing specific gravity. Both studies revealed that impact resulted in high correlations between blackspot susceptibility and tuber mass, irrespective of the applied test method. Specific gravity is generally assumed to be a cultivar characteristic (24) and reflects the dry matter concentration of potato tubers ($r = 0.96$) (27). The term dry matter refers to all substances of the potato tuber, except water (28) and includes 80 % starch, 10 % cell wall and 10 % cytoplasmic components (12). Lærke (12) described that cells fully filled with starch granules are more violable to impact bruise. High dry matter con-

centrations may be a result of high numbers of starch granules which increase the potential of mechanical deformation to membranes as a direct effect of impact (12).

BSI of stored tubers. During storage, tubers undergo several stages of dormancy. The length of this period is controlled by genetic and environmental factors (29). At the end of dormancy, tubers turn into a source organ providing growth of the developing sprout (30). At that time, starch and protein degradation takes place and soluble sugars and amino acids become available (31). Prolonged storage initiates aging and senescence. Both processes are similar and the result of complex metabolic modifications. The senescence is characterized among others by increased activity of membrane associated enzymes (e.g. phospholipases), resulting in a release of membrane-bound PUFAs and their subsequent oxidation can lead to the generation of ROS. ROS are able to peroxidise amyloplast membrane lipids directly (31). Kumar & Knowles (31) observed a degeneration of amyloplast membranes in relation to starch degradation during potato storage. Polyphenoloxidase (PPO) catalyses melanogenesis and is mainly located in the amyloplast. A relation to increasing BSI could be possible but direct relations were not reported. Lærke (12) pointed out that only few membrane studies focused on tonoplast degeneration revealed a related increase in blackspot susceptibility, where the tonoplast acts as physical barrier to pigment initiation. Therefore, age and metabolic status of tubers depending on genetic and environmental factors have an influence on the BSI of cultivars and tubers differing in their specific gravity during storage.

Tubers differing in their DP. The determination of blackspot susceptibility via DP showed a lower blackspot susceptibility of tubers harvested 2005 compared to tubers harvested 2006. The DP generally increased during storage. Relationships between BSI and DP were significant but the correlation coefficient was relatively low. Performed DP tests were suitable to recognize genotypic differences concerning blackspot susceptibility within a vegetation period, while DP methods did not consider physical properties. The present results show that the DP can not be used to compare blackspot susceptibility between different cultivars and growing periods. With respect to the method colour changes after 24 hours of whole unpeeled homogenised tubers was measured. The colour may occur as a mixture of actually originated melanin pigments and the cultivar characteristic tinct of periderm and non-periderm tissue. These findings are confirmed by Lærke et al. (1), who determined the DP of tubers in vivo using a colourimeter. Differences between BSI and DP may be due to the fact that pigment formation after impact takes place in one to three days in vivo but in only few minutes in vitro, which was also discussed by Lærke et al. (1) and Matheis and Belitz (32). Despite the fact that the potato tuber is well aerated in vivo discolouration may takes time because of a lack of oxygen.

Summarizing the data from vegetation and storage periods, blackspot susceptibility of the studied cultivars is closely connected to BSI tests. However, the results revealed only a weak relation between BSI and DP test.

Antioxidant activity of tubers and tuber tissue. The deformation of the plasma membrane might potentially increase some levels of ROS (6). Some ROS like HO^\cdot and O_2^\cdot react with the methylene group of PUFAs generating conjugated dienes, lipid peroxy radicals and hydroperoxides (33). We assumed that lipid peroxidation might be delayed by antioxidant compounds, which are able to divert HO^\cdot . In the present study, this ability was measured by the H-ORAC method. Moreover, antioxidants have ferric reducing abilities and might suspend branching of highly reactive peroxy radicals (6), which was determined by the FRAP method. In this study, the antioxidant activity was significantly higher in periderm. Tuber periderm contains higher pectin concentration compared to non-periderm tissue (annex, Tab. 10.58), whereby phenolic compounds interacting with pectin polysaccharides (34) might be responsible for this higher antioxidant activity.

The relation between measured antioxidant activity and BSI was significant but not very high because both FRAP and H-ORAC methods did not determine the O_2^\cdot scavenging ability. Singlet oxygen is more reactive than H_2O_2 and less reactive than HO^\cdot (6) and promote lipid peroxidation or is available for melanogenesis while FRAP and H-ORAC activity have taken place. One protection mechanism against O_2^\cdot availability in higher concentrations may be the induction of superoxide dismutase (SOD), which catalyses the dismutation of O_2^\cdot to O_2 and H_2O_2 . Furthermore, peroxidase (POD) and catalase (CAT) catalyse the breakdown of H_2O_2 to H_2O and O_2 (6). Nevertheless, both reaction pathways release O_2 , which also becomes available for melanogenesis. Enzymes PPO and tyrosinase are available and melanogenesis takes place or remutated O_2 will prolong lipid peroxidation or will be scavenged by low molecular mass antioxidants. O_2^\cdot scavenging ability was detectable for low molecular mass antioxidants like quercetin (35, 36) and β -carotenoid (33, 38), which are significantly higher concentrated in pigmented potato tissue, compared to white tuber tissue (9, 19). Due to the fact that the dark yellow coloured tubers have higher β -carotenoid content (37) a higher O_2^\cdot scavenging ability should be predictable resulting in lower blackspot susceptibility. Assuming this hypothesis for the present results of the study the dark yellow coloured cv. Gala revealed very low blackspot susceptibility throughout the period of investigation.

Conclusion

Potato cultivars grown in 2005 and 2006 differed in their blackspot susceptibility after harvest and after five and eight months of storage, respectively. During the entire period of investigation the BSI tests revealed physical tuber parameters related to the percentage of blackspot in potato tubers independent of pigment colour. The colour of the oxidized products was measured as DP. DP results were influenced by the natural colour of the tissue and therefore presented relationships between BSI and DP were significant but not very high. The DP did not show cultivar specific blackspot susceptibility when different cultivars were tested as reflected by the BSI test. Therefore the DP test is not practicable in order to compare the blackspot susceptibility of different cultivars. As an immediate con-

sequence of impact physical and chemical tissue properties changed the balance of free ROS metabolism. ROS are involved in melanogenesis. Scavenging of ROS was realized by FRAP and H-ORAC mechanisms of antioxidants, particularly. Correlations between FRAP and BSI and H-ORAC and BSI were significant but not very high that indicated that ROS with high oxidation potential respond slightly to this mechanisms. Melanogenesis may be prolonged if required oxygen species will quenched by a combined non-enzymatic antioxidant network. The O_2^- scavenging ability of antioxidants may reflect an alternative way of melanogenesis in vitro. Available methods should be performed within potato tubers differing in their blackspot susceptibility.

References

- (1) Lærke, P. E.; Christiansen, J.; Veierskov, B. Colour of blackspot bruises in potato tubers during growth and storage compared to their discolouration potential. *Postharvest Biology and Technology*. **2002**, *26*, 99–111.
- (2) Stevens, L. H.; Davelaar, E. Isolation and Characterization of blackspot pigments from potato tubers. *Phytochemistry*. **1996**, *42*, 941–947.
- (3) Dean, B. B.; Jackowiack, N.; Nagle, M.; Pavek, J.; Corsini, D. Blackspot pigment development of resistant and susceptible *Solanum tuberosum* L. genotypes at harvest and during storage measured by three methods of evaluation. *American Potato Journal*. **1993**, *70*, 201–217.
- (4) Kirk, W. W.; da Rocha, A. B.; Hollosy, S. I.; Hammerschmidt, R.; Wharton, P. S. Effect of soil salinity on internal browning of potato tuber tissue in two soil types. *Amer J of Potato Res*. **2006**, *83*, 223–232.
- (5) Corsini, D.; Stark, J.; Thornton, M. Factors contributing to the blackspot bruise potential of Idaho Potato fields. *Amer J of Potato Res*. **1999**, *76*, 221–226.
- (6) Blokhina, O.; Virolainen, E.; v. Fagerstedt, K. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Ann Bot*. **2003**, *91*, 179–194.
- (7) Yahraus, T.; Chandra, S.; Legendre, L.; Low, P. S. Evidence for mechanically induced oxidative burst. *Plant Physiol*. **1995**, *109*, 1259–1266.
- (8) Leo, L.; Leone, A.; Longo, C.; Lombardi, D. A.; Raimo, F.; Zacheo, G. Antioxidant compounds and antioxidant activity in “Early Potatoes”. *J Agric Food Chem*. **2008**, *56*, 4154–4163.
- (9) Stushnoff, C.; Holm, D.; Thompson, M. D.; Jiang, W.; Thompson, H. J.; Joyce, N. I.; Wilson, P. Antioxidant properties of cultivars and selections from the Colorado potato breeding program. *Amer J of Potato Res*. **2008**, *85*, 267–276.
- (10) Hung, Y.-C.; Sava, V. M.; Makan, S. Y.; Chen, T.-H. J.; Hong, M.-Y.; Huang, G. S. Antioxidant activity of melanins derived from tea: comparison between different oxidative states. *Food Chemistry*. **2002**, *78*, 233–240.

- (11) Storey, M. The harvested crop. In *Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives*, edition no 1; Vreugendhil, D. (Ed); Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 2007; pp. 441-470.
- (12) Lærke, P. E. Blackspot bruise in potato tubers: Ph. D. thesis, Department of Plant Biology, The Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark. **2001**, ISBN 87-88976-50-5.
- (13) Delgado, E.; Poberezný, J.; Pawelzik, E.; Rogozińska, I. Comparison of two methods for determining the discoloration potential of potato tubers based on their chemical and biochemical properties. *Amer J of Potato Res.* **2001**, *78*, 389-394.
- (14) McNabney, M.; Dean, B. B.; Bajema, R. W.; Hyde, G. M. The effect of potassium deficiency on chemical, biochemical and physical factors commonly associated with blackspot development in potato tubers. *Amer J of Potato Res.* **1999**, *75*, 53-60.
- (15) Nzaramba, M. N.; Bamberg, J. B.; Miller (Jr) J. C. Effect of propagule type and growing environment on antioxidant activity and total phenolics content in potato germplasm. *Amer J of Potato Res.* **2007**, *84*, 323-330.
- (16) Pellegrini, N.; Serafini, M.; Colombi, B.; del Rio, D.; Salvatore, S.; Bianchi, M.; Brighenti, F. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. *J. Nutr.* **2003**, *133*, 2812-2819.
- (17) Gorinstein, S.; Lojek, A.; Číž, M.; Pawelzik, E.; Delgado-Licon, E.; Medina, O. J.; Moreno, M.; Salas, I. A.; Goshev, I. Comparison of composition and antioxidant capacity of some cereals and pseudocereals. *Int J Food Sci Tech.* **2008**, *43*, 629-637.
- (18) Yen, G-C.; Duh, P-D.; Tsai, H-L.; Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. *Food Chem.* **2002**, *79*, 307-313.
- (19) Reddivari, L.; Hale, A. L.; Miller (Jr), J. C. Determination of phenolic content, composition and their contribution to antioxidant activity in specialty potato selections. *Amer J of Potato Res.* **2007**, *84*, 275-282.
- (20) Benzie, I. F. F.; Strain, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: The FRAP assay. *Anal Biochem.* **1996**, *239*, 70-76.
- (21) Civello, P. M.; Martínez, G. A.; Chaves, A. R.; Añón, M. C. Peroxidase from strawberry fruit (*Fragaria ananassa* Duch.): partial purification and determination of some properties. *J Agric Food Chem.* **1995**, *43*, 2596-2601.
- (22) Keutgen, A. J.; Pawelzik, E. Modifications of strawberry fruit antioxidant pools and fruit quality under NaCl stress. *J Agric Food Chem.* **2007**, *55*, 4066-4072.
- (23) George, B.; Kaura, C.; Khurdiya, D. S.; Kapoor, H. C. Antioxidant in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. *Food Chem.* **2004**, *84*, 45-51.

- (24) Boxin, O.; Hampsch-Woodill, M.; Flanagan, J.; Deemer, E. K.; Prior, R. L.; Huang, D. Novel fluorometric assay for hydroxyl radical prevention capacity using fluorescein as the probe. *J Agric Food Chem.* **2002**, *50*, 2772–2777.
- (25) Laboski, C. A. M.; Kelling, K. A. Influence of fertilizer management and soil fertility on tuber specific gravity: a review. *Amer J of Potato Res.* **2007**, *84*, 283–290.
- (26) Wright, P. J.; Triggs, C. M.; Anderson, J. A. D. Effects of specific gravity and cultivar on susceptibility of potato (*Solanum tuberosum*) tubers to blackspot bruising and bacterial soft rot. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science.* **2005**, *33*, 353–361.
- (27) Haase, N. U. Estimation of dry matter and starch concentration in potatoes by determination of under-water weight and near infrared spectroscopy. *Potato Research.* **2003/2004**, *46*, 117-127.
- (28) Putz, B. Kartoffeln: Züchtung, Anbau, Verwertung. Verlag Behr's, Hamburg **1998**.
- (29) Suttle, J. C. Dormancy and Sprouting. In: *Potato Physiology and Biotechnology. Advances and perspectives*, edition no 1; Vreugdenhil, D. (Ed); Elsevier, Amsterdam, Netherlands, 2007; pp. 287-305.
- (30) Sonnewald, U. Control of potato tuber sprouting. *Trends Plant Sci.* **2001**, *6* (8), 333–335.
- (31) Kumar, M. G. N.; Knowles, N. R. Changes in lipid peroxidation and lipolytic and free-radical scavenging enzyme activities during aging and sprouting of potato (*Solanum tuberosum*) seed tubers. *Plant Physiol.* **1993**, *102*, 115–124.
- (32) Matheis, G.; Belitz, H.-D. Untersuchungen zur enzymatischen Bräunung bei Kartoffeln (*Solanum tuberosum*). II. Quantitative Beziehung zwischen Bräunung und Inhaltsstoffen. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und –Forschung.* **1977**, *163*, 186–190.
- (33) Smirnoff, N. Antioxidant system and plant response to the environment. In: *Environment and plant metabolism: flexibility and accumulation*, edition no 1; Smirnoff, N. (Ed); BIOS Scientific Publishers, Oxford, UK, 1995 pp. 217–243.
- (34) Sun-Waterhouse, D.; Melton, L. D.; O'Connor, C. J.; Kilmartin, P. A.; Smith, B. G. Effect of apple cell wall and their extracts on the activity of dietary antioxidants. *J. Agric. Food Chem.* **2008**, *56*, 289–295.
- (35) Liu, C-L.; Chen, Y-S.; Yang, J-H.; Chiang, B-H. Antioxidant activity of Tartary (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaert.) and common (*Fagopyrum esculentum* Moench) Buckwheat sprouts. *J. Agric. Food Chem.* **2008**, *56*, 173–178.
- (36) Lindberg Madsen, H.; Møller Andersen, C.; Viborg Jørgensen, L.; Skibsted, L. H. Radical scavenging by dietary flavonoids. A kinetic study of antioxidant efficiencies. *European Food Research and Technology.* **2000**, *211*, 240-246.

- (37) Klein, B. P.; Kurilich, A. C. Processing effects on dietary antioxidants from plant foods. *Horticultural Science*. **2000**, 35, 580-584.
- (38) Reyes, L. F.; Miller, J. C.; Cisneros-Zevallos, L. Antioxidant capacity, anthocyanins and total phenolics in purple and red-fleshed potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes. *Amer J of Potato Res*. **2005**, 82, 271–277.