

Abschlussbericht

Zuwendungsempfänger:

Fraunhofer IVV

Förderkennzeichen:

281A402717

Vorhabensbezeichnung:

Entwicklung von gereiften Käsealternativen auf Basis heimischer Erbsen (KERBSE) –
Teilprojekt 1

Laufzeit des Vorhabens:

01.02.2020 bis 31.07.2023

Berichtszeitraum:

01.02.2020 bis 31.07.2023

1 Schlussbericht Teil I – Kurzdarstellung

Im Rahmen des Projekts KERBSE konnte ein Herstellungsprozess für eine schnittfeste vegane Käsealternative aus Erbsenprotein, basierend auf den Verfahren der klassischen Käseproduktion, entwickelt werden.

Um geeignete Erbsenproteine für die Herstellung veganer Käsealternativen zu identifizieren, wurden sieben Erbsenproteine sowie Kichererbsenmehl auf ihre Zusammensetzung untersucht, in eine Standardrezeptur für einen veganen Drink eingearbeitet und mit einer Starterkultur fermentiert. Aufgrund sensorischer Bewertungen sowie Ausbeutebilanzierungen wurde das am besten geeignete Erbsenprotein identifiziert. Geeignete Mikroorganismen für die Herstellung gereifter Käsealternativen wurden mittels eines Screenings identifiziert, wobei die Auswahl anhand von Absäuerungsgeschwindigkeit und Sensorik der daraus hergestellten Laibe erfolgte. Um den Erbsendrink, das Ausgangsmaterial der Fermentation, zu optimieren, wurden Art und Gehalt von Zucker und Öl variiert sowie der Einsatz von Pflanzenfasern, Stärken und Fällungssalzen getestet. Während die Art des Zuckers völlig unkritisch war, wirkte sich der Einsatz von Fasern und Stärken negativ auf die mikrobielle Stabilität und die Textur aus. Die Zugabe von Fällungssalzen vor der Fermentation erhöhte die Elastizität, führte jedoch zu einem negativen Mundgefühl. Die ideale Menge an Zucker und Salz sowie das am besten geeignete Fett wurden ermittelt. Dieser Drink wurde unter verschiedenen Fermentationsparametern (Temperatur, Zeit, Kombination von Kulturen) fermentiert und die sensorischen und textuellen Eigenschaften der Produkte untersucht. Da die Käselaike oft als zu sauer empfunden wurden, wurde die Beimpfungsmengen von Starter- und Schutzkultur variiert. Reduzierte Beimpfungsmengen führten dabei zu einer geringeren Intensität der Säure, wobei der Einfluss der Starterkultur stärker war als der der Schutzkultur. Auch die Festigkeit unterschied sich in Abhängigkeit von den Fermentationsbedingungen, die Elastizität hingegen kaum. Durch Variation von Fermentationsdauer und -temperatur wurden Bedingungen gefunden, die zu sensorisch ansprechenden Produkten mit ausreichender Absäuerungsgeschwindigkeit führten.

Nach wiederholtem Schimmelbefall bei Reifungsversuchen wurden Maßnahmen zur Vermeidung von Schimmelbildung untersucht. Dabei lag der Fokus auf der Optimierung von Reinraumluft, Temperatur und Luftfeuchtigkeit während der Reifung. Durch Zugabe einer Schutzkultur zum Erbsendrink reduzierte sich die Schimmelbildung signifikant, weshalb diese Schutzkultur in die Standardrezeptur integriert wurde. Um die Reifung zu optimieren, wurden Abpressintensitäten, das Salzen der Laibe sowie Reifungsparameter wie Temperatur, Zeit und Luftfeuchtigkeit, untersucht. Ziel war die Bildung eines schnittfähigen Produkts aus der zuvor friskäseartigen Masse, die Minimierung des Gewichtsverlusts während der Reifung und der Schutz vor Verderbniserregern. Durch Variation von Abpresszeiten, das Behandeln im

Salzlakenbad und erneutem Abpressen konnten Elastizität und Trockensubstanz erhöht werden. Besonders stark war der Einfluss eines zweiten Pressvorgangs nach dem Salzlakebad auf die Textur. Eine Reifung im offenen System sowie eine längere Reifungsdauer führte zu festeren Produkten. Sowohl die Elastizität, Festigkeit und Trockensubstanz als auch die sensorische Bewertung war bei den offen gereiften Proben besser, so dass die geschlossene Reifung, obwohl sie Vorteile beim Schutz gegenüber Fremdverkeimung bietet, für die Reifung von Kerbse nicht geeignet ist.

Um die mikrobielle Sicherheit der Produkte zu gewährleisten, wurden Keime isoliert und mittels Maldi-TOF-MS identifiziert. Die identifizierten Keime, darunter *Penicillium roqueforti* und *commune*, *Rhizopus* Spezies und eine *Cladosporium* Spezies, wurden vermutlich auf verschiedene Weisen (Raumluft, Kreuzkontamination, Rohstoffe) auf das Produkt übertragen. Um Fremdschimmelbildung zu verhindern, wurden verschiedene Methoden der Haltbarmachung untersucht und ein Hürdenkonzept zum Schutz vor Fremdverkeimung entwickelt. Eine Kombination aus Ultrahocherhitzung der Drinks (anstelle einer Pasteurisation), einem Salzbad und einer Behandlung mit Kaliumsorbat erwies sich als erfolgreich bei der Vermeidung von Schimmel.

Als Veredelungsverfahren wurde die Schimmelreifung betrachtet. Aus den Kerbse-Proben ließen sich durch Reifung mit blaugrauem Camembert-Schimmel optisch sehr ansprechende Laibe erzeugen. Sensorische Verkostungen zeigten jedoch ein scharf-brennendes Aroma und bitteren Geschmack. Das brennende Aroma nahm dabei mit der Reifezeit zu. Die Anpassung der Reifungsbedingungen in späteren Versuchen führte dazu, dass die Attribute bitter und brennend nur noch als geringfügig zu hoch eingestuft wurden. Abschließend wurden verschiedene Erhitzungsverfahren zur Haltbarmachung des Kerbse-Drinks und deren Einfluss auf die mikrobielle Sicherheit und Textur der schimmelgereiften Produkte untersucht. Keimzahlbestimmungen zeigten, dass UHT, Zweifach-Erhitzung und Tyndallisation zu keimfreien Drinks führten, während bei der Pasteurisierung geringe Mengen an Sporen im Drink verblieben. Aus den unterschiedlich erhitzten Drinks wurden Kerbselaibe hergestellt und schimmelgereift. Dabei war UHT-erhitzter Kerbse dem Kuhmilch-Roquefort in Festigkeit und Elastizität am ähnlichsten. Die sensorischen Verkostungen ergaben, dass bei Weißschimmelproben die Textur von tyndallisierten und zweifach erhitzten Proben am besten bewertet wurde. Bei Blauschimmelproben wurde die zweifach erhitzte Probe als zu feucht und nicht elastisch genug wahrgenommen. Die UHT-erhitzte Probe schnitt am besten ab.

In den abschließenden Untersuchungen wurden Kräuter und Aromen in die Kerbse-Laibe eingearbeitet, was gut funktionierte. Außerdem konnte Kerbse erfolgreich auf verschiedene Arten zubereitet werden, z.B. als Risotto, Gratin, gegrillt und als frittierte Sticks.

Schlussbericht Teil II – Eingehende Darstellung

1.1 Durchgeführte Arbeiten (Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse im Einzelnen müssen nachvollziehbar sein)

Das Ziel des Vorhabens war die Entwicklung von milchfreien Käsealternativen aus Erbsenprotein. Die Produkte sollten durch Verfahren der traditionellen Käseproduktion (Fermentation eines Erbsendrinks und anschließende Reifung) hergestellt werden. Damit sollten insbesondere handwerkliche Betriebe in die Lage versetzt werden, die große Nachfrage nach pflanzlichen Käsealternativen durch eigene gereifte Produkte bedienen zu können und durch diese innovativen Lebensmittel konkurrenzfähig zu bleiben. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde ein gemeinsames Forschungsprojekt zwischen kleinen Molkereien und Herstellern veganer Produkte als Erzeuger der Käsealternativen, einem Ingredienthersteller zur Unterstützung der Texturausbildung, einem Gastronomiebetrieb für den direkten Kontakt zum Verbraucher sowie dem Fraunhofer IVV als Forschungsstelle durchgeführt.

Um dieses Ziel zu erreichen, wurden vier Arbeitspakete (AP) bearbeitet.

AP 1 Screening von am Markt verfügbaren Erbsenproteinen

Ziel des Arbeitspaketes war die Identifizierung von kommerziell verfügbaren Erbsenproteinen, die sich als Rohstoff für die Herstellung veganer Käsealternativen eignen. Dazu sollten die Proteine zunächst auf ihre Zusammensetzung untersucht werden und anschließend in eine Standardrezeptur für die Herstellung eines veganen Drinks eingearbeitet werden. Die Drinks sollten anschließend mit einer kommerziellen veganen Starterkultur fermentiert werden und die Absäuerungsgeschwindigkeit der Starterkultur, die sensorischen Eigenschaften des fermentierten Bruchs, sowie die Ausbeute bewertet werden.

Es wurden 7 Erbsenproteine und ein Kichererbsenmehl ausgewählt und die Trockenmasse, der Proteingehalt und der Fettgehalt der Rohstoffe wurde analytisch bestimmt. Die Rohstoffe wurden in eine Standardrezeptur eingearbeitet und mit einer kommerziell verfügbaren Starterkultur fermentiert. Der fermentierte Erbsendrink wurde sensorisch (Aussehen, Mundgefühl, Textur, Geruch, Aroma, Geschmack) beschrieben und hedonisch auf einer Skala von 0 (gefällt gar nicht) zu 5 (neutral) zu 10 (gefällt sehr) bewertet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1 Sensorische Beurteilung der fermentierten Standardrezeptur mit den verschiedenen Rohstoffen und die Absäuerungsgeschwindigkeit der Starterkultur im Erbsendrink.

Produkt	Sensorik					Absäuerungsgeschwindigkeit [pH/h]		
	Aussehen/Farbe	Mundgefühl	Textur	Geruch	Aroma		Geschmack	Hedonik (0-10) ^a
Erbsenprotein 1	weiß, beige	adstringierend, glatt	flüssig	grün, fettig, käsig	fettig	salzig, bitter	2,0	0,15
Erbsenprotein 2	weiß, beige, etwas rötlich	adstringierend, glatt	partikulär, Synärese	süß, fettig	milchsauer, Naturjoghurt/Quark-ähnlich	sauer, bitter	4,5	0,20
Erbsenprotein 3	weiß, beige	cremig	stichfester Joghurt mit Synärese	nach Essig, käsig, süß	grün, fettig, nach Erbse,	salzig	6,5	0,17
Erbsenprotein 4	weiß, beige	adstringierend, glatt	cremig, dickflüssig, Synärese	fettig, grün	grün, nach Erbse	bitter, salzig	6,0	0,16
Erbsenprotein 5	weiß, beige	glatt, cremig	dickflüssig, Joghurtstruktur	fettig, süß	neutral, milchsauer, fettig	sauer, umami	7,0	0,28
Erbsenprotein 6	weiß, beige	adstringierend	partikulär	fettig, käsig	fettig	salzig, bitter	5,0	0,29
Erbsenprotein 7	weiß, beige	cremig	flüssig	nach Essig, käsig, fettig	nach Essig, fettig	sauer, salzig	4,0	0,30
Erbsenprotein 8	weiß, beige	glatt	dickflüssig, Synärese, cremig	säuerlich, fettig	nach Erbse, fettig	sauer, salzig	6,0	0,22
Kichererbsenmehl	weiß	partikulär	flüssig	nach Linse	nach Getreide	salzig, sauer, bitter	7,0	0,33

^aHedonische Bewertung auf einer Skala von 0 (gefällt gar nicht) zu 5 (neutral) zu 10 (gefällt sehr)

Die hergestellten Fermentate wurden an den Projektpartner GC Hahn verschickt und auch dort sensorisch untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen beim Fraunhofer IVV und bei GC Hahn zeigten, dass sich besonders Erbsenprotein 3, 5 und 7, sowie das Kichererbsenmehl als geeignet für die Fermentation herausstellten.

Außerdem wurde die Bilanzierung der Ausbeute beim Abpressen durchgeführt. Dazu wurden die Drinks mit den Erbsenproteinen und dem Kichererbsenmehl nach einer Standardrezeptur hergestellt und mit einer kommerziellen Kultur fermentiert. Da Erbsenprotein 7 zu diesem Zeitpunkt nicht mehr kommerziell verfügbar war, wurde stattdessen Erbsenprotein 4 verwendet. Die Fermentate wurden anschließend zu Laiben abgepresst und die Massenverluste wurden bestimmt. Zusätzlich wurden die Trockensubstanzen (TS) der Proben bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich der Wasserverlust je nach verwendetem Rohstoff stark unterscheidet. Generell ist es vorteilhaft, dass der Kerbse beim Abpressen viel Wasser verliert. Jedoch besteht bei einem Verlust von fast 90% des Wassers, wie bei Erbsenprotein 4, das Risiko, dass der Kerbse während der Reifung zu hart und trocken wird.

Tabelle 2 Ergebnisse der Bilanzierung der Ausbeute und der Trockensubstanz (TS)-Messungen

Rohstoff	Gewicht Milch (g)	Gewicht Kerbse (g)	Verlust (g)	Verlust (%)	TS Drink (%)	TS Kerbsebruch (%)
Erbsenprotein 3	600	121	479	79,8	8,0	27,4
Erbsenprotein 4	569	59	510	89,7	7,8	38,9
Erbsenprotein 5	623	120	503	80,7	7,9	26,7
Kichererbsenmehl	546	121	425	77,8	7,5	25,9

AP 2 Fermentation der Erbsenproteine

AP 2.1 Mikroorganismenscreening

Ziel des Arbeitspakets war die Identifizierung geeigneter Mikroorganismen für die Herstellung gereifter Käsealternativen. Dazu wurden erneut Drinks nach Standardrezepturen hergestellt und mit verschiedenen Starterkulturen fermentiert. Die Bewertung der Fermentationsleistung sollte anhand der Absäuerungsgeschwindigkeit der Kulturen erfolgen. Die fermentierten Brüche wurden anschließend zu Laiben gepresst und wurden unter Standardbedingungen gereift. Die Bewertung der Laibe erfolgte anhand sensorischer Verkostungen, Texturmessungen und der Zusammensetzung (TS, Proteingehalt, Fettgehalt). Weiterhin

sollten Scheiben von den Laiben geschnitten werden und die Elastizität der Käsescheiben durch Zusammenrollen bewertet werden.

Dazu wurden zunächst Drinks mit den vier besten Proteinen aus Arbeitspaket 1 hergestellt und diese mit acht verschiedenen veganen und kommerziell verfügbaren Starterkulturen fermentiert. Die fermentierten Erbsendricks wurden sensorisch (Aussehen, Mundgefühl, Textur, Geruch, Aroma, Geschmack) beschrieben und hedonisch auf einer Skala von 0 (gefällt gar nicht) zu 5 (neutral) zu 10 (gefällt sehr) bewertet. Die Ergebnisse der sensorischen Bewertungen und der Absäuerungsgeschwindigkeiten sind für Erbsenprotein 3 und das Kichererbsenmehl in Tabelle 3 dargestellt. Die besten Fermentate wurden an die Projektpartner Brinkhaus und GC Hahn geschickt und dort verkostet und sensorisch bewertet. Die sensorischen Ergebnisse, sowie die Absäuerungsgeschwindigkeiten wurden zusammen diskutiert und zwei Kulturen mit guten Fermentationsleistungen, die zu angenehm schmeckenden Fermentaten führten wurden ausgewählt. Zum Zeitpunkt des Mikroorganismenscreenings war es noch nicht möglich die Elastizität durch Zusammenrollen von Korbse-Scheiben zu bewerten, da noch keine ausreichend festen Laibe erhalten wurden. Außerdem konnten keine Analysen von gereiftem Korbse durchgeführt werden, da der Korbse während der Reifung durch Fremdschimmel kontaminiert wurde. Die Analysen des gereiften Korbse erfolgten somit in späteren Arbeitspaketen (siehe AP 3.1), in denen es gelang, mikrobiologisch stabile Produkte herzustellen.

Innerhalb der Laufzeit des Vorhabens wurden neue, vegane Starterkulturen bekannt, die sich für die Fermentation pflanzlicher Drinks zu Käseersatzprodukten eignen sollten. Daher wurden erneut Screening-Versuche durchgeführt. Da diese in Kombination mit der Untersuchung der Reifung stattfanden, sind die Ergebnisse unter AP 3.1 aufgeführt.

Tabelle 3 Sensorische Beurteilung des Mikroorganismenscreenings, sowie die Absäuerungsgeschwindigkeiten der Starterkulturen in dem Erbsendrink

Kultur	Rohstoff	Sensorik					Absäuerungs- geschwindigkeit [pH/h]		
		Farbe	Mundgefühl	Textur	Geruch	Aroma		Geschmack	Hedonik (0-10) ^a
1	Erbsenprotein 3	weiß	austrocknend, belegend	feste Joghurtmasse, Synärese	Sauer, nach Essig	grün, fettig, nach Pappe	sauer, bitter	4,0	0,15
	Kichererbsenmehl	weiß	rau	flüssig, Gel am Boden	nach Kichererbse	fettig, neutral, pflanzlich	sauer, bitter	5,0	0,33
2	Erbsenprotein 3	weiß	austrocknend, belegend	feste Joghurtmasse, Synärese	frisch, nach Mayonnaise, nach Joghurt	fettig	sauer, salzig, bitter	6,0	0,32
	Kichererbsenmehl	weiß	rau	flüssig, Gel am Boden	nach Kichererbse	fettig, neutral, pflanzlich	sauer	5,0	0,36
3	Erbsenprotein 3	weiß	austrocknend, belegend	feste Joghurtmasse, Synärese	nach Essig	fettig, grün, nach Pappe	süß, salzig, bitter	5,0	0,31
	Kichererbsenmehl	weiß	rau	feste Masse	nach Kichererbse	neutral	sauer	6,0	0,37
4	Erbsenprotein 3	weiß	belegend	feste Joghurtmasse, Synärese	nach Joghurt, sauer, neutral	fettig, nach Pappe, grün	bitter, salzig	5,0	0,34
	Kichererbsenmehl	weiß	vollmundig	schleimig, flüssig	frisch, nach Joghurt	nach Gurke, frisch	salzig	4,0	0,39
5	Erbsenprotein 3	weiß	austrocknend, belegend	stichfest, brüchig	sauer	fettig, nach Pappe	salzig, sauer	5,5	0,37
	Kichererbsenmehl	weiß	rau	flüssig, bissfestes Gel am Bode	neutral	leicht käsig, fettig, neutral	sauer	4,0	0,79
6	Erbsenprotein 3	weiß	austrocknend, glatt	feste Joghurtmasse, Synärese	grün, sauer	fettig, grün, nach Pappe	salzig, bitter, sauer	5,0	0,34

Kichererbsenmehl	weiß	flüssig	flüssig, schleimig	neutral	fettig, neutral	sauer	4	0,79
Erbseprotein 3	weiß	austrocknend, belegend, glatt	grießig	nach Mayonnaise	fettig, nach Pappe, grün	bitter süß	4	0,34
Kichererbsenmehl	weiß	flüssig	wässrig, Gel-artig	neutral, Kichererbse	fettig, nach Gurke	salzig sauer süß	5	0,77
Erbseprotein 3	weiß	glatt, cremig	feste Joghurtmasse, Synärese	süß sauer	fettig, frisch	salzig sauer	7	0,32
Kichererbsenmehl	weiß	rau	flüssig, schleimig	neutral	nach Getreide, fettig	bitter salzig	4	0,77

^{a)}Hedonische Bewertung auf einer Skala von 0 (gefällt gar nicht) zu 5 (neutral) zu 10 (gefällt sehr)

AP 2.2 Optimierung des Erbsendrinks

Ziel des Arbeitspaketes war die Untersuchung der Variation der Rezepturbestandteile des Erbsendrinks, um die Eigenschaften der gereiften Produkte zu verbessern. Dazu sollten Art und Gehalt des Zuckers und des eingesetzten Öls variiert werden. Weiterhin sollten Pflanzenfasern und Stärken in die Rezeptur eingearbeitet werden, um den Gewichtsverlust beim Reifen zu verringern und die Elastizität zu erhöhen. Die Bewertung der Proben sollte analog zu Arbeitspaket 2.1 erfolgen. Zusätzlich sollte noch der Gewichtsverlust beim Reifen bestimmt werden.

Es wurde zunächst der Zuckergehalt in fünf Stufen variiert. Weiterhin wurde drei verschiedene Fettquellen, sowie eine Kombination zweier Fettquellen im Verhältnis 1:1 eingesetzt. Der Salzgehalt wurde in sechs Stufen variiert.

Wie auch in Arbeitspaket 2.1 konnten aufgrund von Schimmelbefall keine Untersuchungen der gereiften Produkte durchgeführt werden. Die Bewertung der Proben erfolgte anhand der Absäuerungsgeschwindigkeiten und sensorischer Verkostungen der fermentierten Brüche. Dadurch konnten die optimalen Gehalte an Zucker und Salz, sowie die favorisierte Fettquelle ermittelt werden.

Um die Elastizität der Proben zu erhöhen, wurde zusätzlich die Zugabe der Fällungssalze Magnesiumchlorid und Calciumsulfat getestet. Die Zugabe erfolgte dabei entweder vor der Zugabe der Starterkulturen, gleichzeitig mit dieser oder nach der Fermentation. Nach dem Abpressen wurden die viskoelastischen Eigenschaften des Kerbsebruchs mittels Amplitudentest im Rotationsviskosimeter untersucht. Die Speichermodule der Proben, bei denen die Fällungssalze vor der Fermentation hinzugegeben wurden, waren 6- bis 7-mal so hoch, wie die der Grundrezeptur. Das Speichermodul stellt ein Maß für die Elastizität und die Gelfestigkeit dar. Somit konnte gezeigt werden, dass durch den Einsatz von Fällungssalzen vor der Zugabe der Starterkulturen diese Eigenschaften des abgepressten Kerbsebruchs deutlich erhöht werden konnte. Die Zugabe zu späteren Zeitpunkten hingegen zeigte kaum Wirkung. Der Einsatz der Fällungssalze wirkte sich jedoch negativ auf das Mundgefühl der Proben aus, weshalb der Ansatz nicht weiterverfolgt wurde.

Die Variation der Art des eingesetzten Zuckers (Glukose anstelle von Saccharose) zeigte keine Vorteile hinsichtlich der Absäuerungsgeschwindigkeit der Mikroorganismen, der Textur der Laibe und den sensorischen Eigenschaften, weshalb für weitere Versuche lediglich Saccharose verwendet wurde.

Um den Gewichtsverlust während der Reifung zu verringern und die Elastizität der Proben zu erhöhen, wurden vom Projektpartner GC Hahn eine Psyllium-Faser, zwei Zitrusfasern, eine

native Maisstärke, eine acetylierte Maisstärke und eine Tapiokastärke zur Verfügung gestellt. Im Rahmen einer am IVV durchgeführten Bachelorarbeit wurden die Fasern in Konzentrationen von 0,1 bis 0,75 % w/w und die Stärken in Konzentrationen von 0,5 bis 5 % w/w in die Rezepturen eingearbeitet. Die Zugabe der Hydrokolloide führte in allen Fällen zu einer erhöhten Wasserbindung. Daraus folgte, dass das Abpressen des Wassers nach der Fermentation des Erbsendrinks deutlich erschwert wurde, die Laibe auch nach 4 Wochen Reifung eine weiche Textur aufwiesen und das Schimmelwachstum während der Reifung begünstigt wurde. Die besten Ergebnisse hinsichtlich der Festigkeit und der Elastizität der Laibe wurden mit 0,5 % Tapiokastärke erzielt. Aber auch hier führte der erhöhte Wassergehalt während der Reifung zur Bildung von Schimmel. Daher wurde beschlossen, dass die Verbesserung der Textur der Laibe nicht durch den Einsatz von Hydrokolloiden, sondern durch optimale Bedingungen beim Abpressen und Reifen erreicht werden soll.

AP 2.3 Variation der Fermentationsparameter

Ziel dieses Arbeitspaketes war die weitere Optimierung der Fermentationsparameter (Temperatur, Zeit, Kombination von Kulturen), um die sensorischen und textuellen Eigenschaften der Produkte zu verbessern.

Da die Laibe während der Reifung bei zahlreichen Versuchsreihen von Fremdschimmel befallen wurden, wurde mit der Käserei Lehmann ein Konzept erstellt, wie man diese unerwünschte Schimmelbildung vermeiden kann und die Reifungsbedingungen entsprechend nachgeschärft. Entscheidend sind dabei Reinraumluft, sowie Temperatur und Luftfeuchtigkeit während des Reifens. Eine Hemmung von Verderbniserregern durch spezielle Milchsäurebakterien stellt eine weitere Möglichkeit dar. Daher wurde in weiteren Versuchen der Erbsendrink zusätzlich zu der verwendeten Starterkultur mit einer *Lactocaseibacillus rhamnosus*-Schutzkultur beimpft. Im direkten Vergleich begann ein nach Grundrezeptur hergestellter Kerbse ohne Schutzkultur bereits nach wenigen Tagen zu schimmeln, während ein Laib mit Schutzkultur über die Reifezeit von vier Wochen keine Schimmelbildung aufwies. Die Schutzkultur wurde deshalb in die Standardrezeptur mit aufgenommen, wodurch insgesamt deutlich seltener Schimmelbildung während der Reifung der Kerbse auftrat.

Die erzeugten Kerbselaibe wurden bei den sensorischen Verkostungen häufig als zu sauer empfunden. In Rücksprache mit den Starterkulturenherstellern wurde beschlossen, dass zunächst eine Variation der Beimpfungsmenge sinnvoller ist als die Variation von Fermentationstemperatur und -zeit, um ein angenehmes Level an Säure zu erhalten. Daher wurden die Beimpfungsmengen der Starterkultur und der Schutzkultur in vier Stufen variiert. Die Laibe wurden nach einer fünfwöchigen Reifung sensorisch bewertet und mittels Texturprofilanalyse auf Härte und Elastizität untersucht. Durch die Reduzierung der

Beimpfungsmengen nahm die Absäuerungsgeschwindigkeit wie zu erwarten ab. Dabei ist der Einfluss der Starterkultur stärker als der der Schutzkultur. Die durch die Teilnehmer der Sensorik wahrgenommene Intensität der Säure konnte nur bei der Halbierung der Beimpfungsmengen beider Starterkulturen leicht reduziert werden. Diese Probe wies auch mit 14,0 N die größte Festigkeit der Proben auf, während die anderen Proben zwischen 8,3 und 8,9 N lagen, was möglicherweise erklärt, warum sie bei der hedonischen Beurteilung nicht gut bewertet wurde. Möglicherweise werden durch die Säure allerdings auch Fehlgerüche überdeckt. Die Elastizität der Proben unterschied sich kaum.

Durch Variation der Fermentationsdauer und -temperatur konnten bei definierter Zugabe von Starter- und Schutzkultur Bedingungen gefunden werden, die zu sensorisch ansprechenden Produkten mit ausreichender Absäuerungsgeschwindigkeit der Mikroorganismen geführt haben.

AP 3 Untersuchung der Reifung

AP 3.1 Variation der Reifeparameter (inklusive Abpressen und Baden im Salzbad)

In diesem Arbeitspaket sollte der Einfluss unterschiedlicher Abpressintensitäten, Salzlakenkonzentrationen und Badezeiten der Kerbselaibe betrachtet werden. Außerdem sollten Reifungsparameter wie Temperatur, Zeit und Luftfeuchtigkeit optimiert werden. Dadurch sollte der Gewichtsverlust während der Reifung minimiert werden, die Laibe vor Verderbniserregern geschützt werden und ein zuvor frischkäseartiges Produkt in ein schnittkäseartiges Produkt überführt werden. Die Bewertung der Produkte sollte analog zu AP 2.1 erfolgen und die Schnittfähigkeit sollte zusätzlich durch das Abschneiden von Käsescheiben bewertet werden.

Hierzu wurden zunächst die Abpresszeiten variiert, der Kerbse in Salzlake gebadet und teilweise erneut abgepresst. Die Behandlungen führten in allen Fällen zu einer erhöhten Elastizität, gemessen am Schubmodul, und einer erhöhten TS im Vergleich zur Grundrezeptur. Ein zweiter Pressvorgang nach dem Salzlakebad wirkte sich dabei besonders stark auf die TS, die Festigkeit und die Elastizität der Proben aus.

Außerdem wurde der Einfluss von Reifungsdauer (1 Woche, 2 Wochen), relativer Luftfeuchtigkeit (70%, 80%) und dem Reifen mit reduzierter Luftzufuhr (offene oder geschlossene Reifung) auf die Proben untersucht. Die gemessene Festigkeit bei der Texturprofilanalyse (TPA) ist in Abbildung 1 dargestellt und zeigt, dass der Einfluss der Luftzufuhr auf die Festigkeit einen größeren Einfluss nimmt als der der Änderung der relativen Feuchtigkeit.

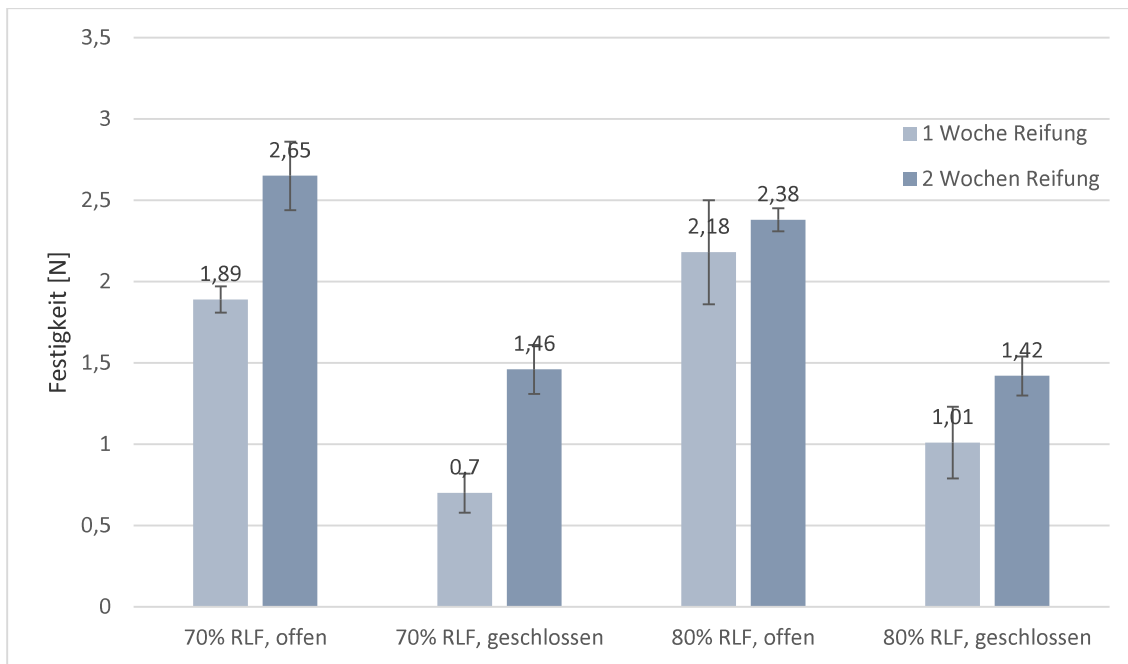


Abbildung 1 Bei der Texturprofilanalyse (TPA) gemessene Festigkeit der Proben mit unterschiedlichen Reifebedingungen (Variation der Reifungsdauer, der relativen Luftfeuchtigkeit (RLF) und der Luftzufuhr).

Ebenfalls wurde bei der TPA die Elastizität der Proben bestimmt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt. Nach der ersten Woche der Reifung unterscheiden sich die Werte für die Elastizität bei den Proben kaum. Während der zweiten Woche steigen die Werte für die Proben mit der offenen Reifung jedoch deutlich stärker an. Der Unterschied in der RLF scheint nur einen geringen Einfluss auf die Elastizität zu haben. Diese Ergebnisse können bestätigt werden, wenn man die TS der Proben betrachtet. Bei geschlossener Reifung bleibt die TS der Proben bei ca. 35 %, während die Werte bei der offenen Reifung nach einer Woche bei ca. 45 % und nach zwei Wochen bei ca. 58 % und somit nahe bei denen eines handelsüblichen Kuhmilch-Goudas (ca. 62 %) liegen. Die Schnittfähigkeit der Proben wurde durch das Schneiden von Käsescheiben bewertet. Dabei ließen sich vor allem bei offen gereiften Proben problemlos zusammenhängende Scheiben herunterschneiden. Die geschlossen gereiften Proben waren dabei etwas brüchiger und zerbrachen beim Schneiden schneller. Bei der Bewertung der Elastizität durch das Zusammenrollen der Scheiben wurde festgestellt, dass diese noch nicht auf dem Niveau eines handelsüblichen Kuhmilch-Goudas sind. Die Kerbse-Scheiben zerbrachen beim Rollen noch deutlich früher.

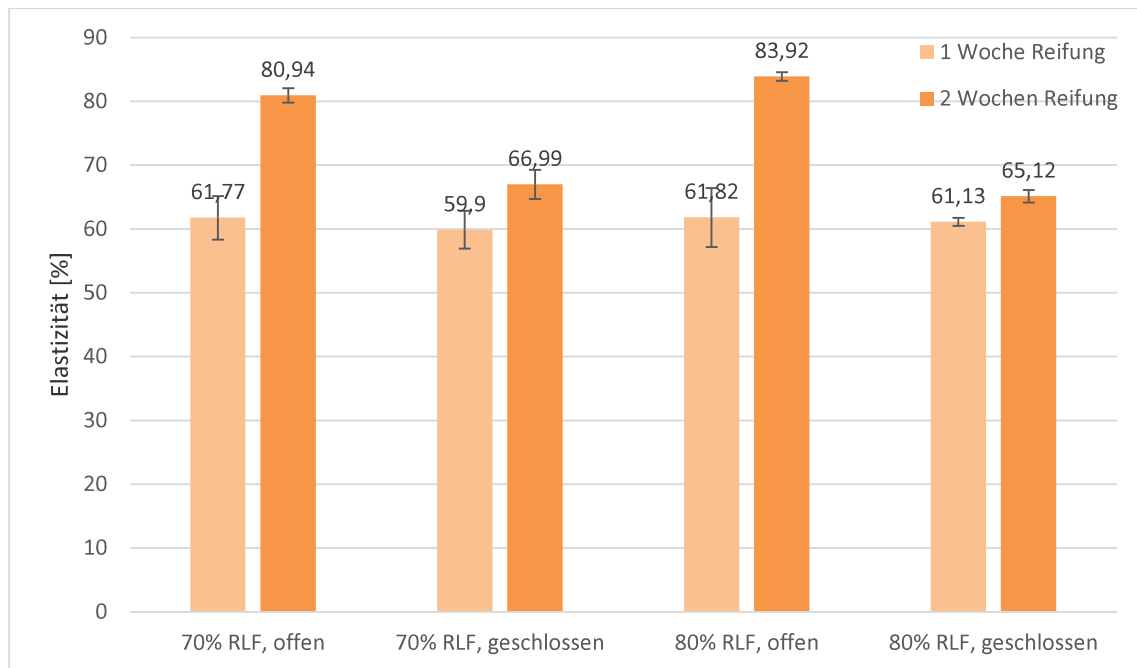


Abbildung 2 Bei der Texturprofilanalyse (TPA) gemessene Elastizität der Proben mit unterschiedlichen Reifebedingungen (Variation der Reifungsdauer, der relativen Luftfeuchtigkeit (RLF) und der Luftzufuhr).

Die geschlossene Reifung ist, obwohl sie Vorteile beim Schutz gegenüber Fremdverkeimung bietet, aufgrund dieser Ergebnisse für die Reifung von Korbse nicht geeignet. Dies wurde auch durch die sensorischen Untersuchungen bestätigt, bei denen die geschlossen gereiften Proben als bitterer, weniger käsiger, weniger beliebt und als texturrell weniger ansprechend bewertet wurden.

Da während der Laufzeit des Projekts neue Starterkulturen bekannt wurden, die sich zur Fermentation pflanzlicher Drinks zu Käseersatzprodukten eignen sollen, wurde erneut ein Screening von Mikroorganismen durchgeführt. Dies wurde im Rahmen einer Masterarbeit mit der Untersuchung verschiedener Reifungszeiten kombiniert. Für die Versuche wurden fünf verschiedene Kulturen ausgewählt, von denen zwei bereits Teil des letzten Screenings waren. Mit diesen Kulturen wurden Korbse-Laibe hergestellt, die entweder 0, 2 oder 4 Wochen gereift wurden. Da in der Vergangenheit lange gereifte Proben oft als zu hart wahrgenommen wurden, wurde bei den 4 Wochen gereiften Proben die Luftfeuchtigkeit im Reifeschrank nach 2 Wochen Reifung erhöht, um ein zu starkes Austrocknen der Proben zu vermeiden. Nach Ablauf der Reifezeit wurden die Proben auf ihren Protein- und Aschegehalt, ihre TS, ihre pH-Werte und die Farbveränderungen während der Reifung untersucht. Außerdem wurden Festigkeit und Elastizität mittels TPA bestimmt und sensorische Untersuchungen durchgeführt. Besonders eine der neuen Kulturen konnte dabei bereits nach einer Reifezeit von zwei Wochen durch ein käsiges Aroma überzeugen. In Abbildung 3 sind die Ergebnisse der sensorischen

Untersuchung der mit dieser Kultur hergestellten Laibe dargestellt, sowie Bilder eines ungeriefen Laibs und von zwei vier Wochen lang gereiften Laiben. Es ist zu erkennen, dass die zwei Wochen gereifte Probe als käsiger, weniger bitter und weniger erbsig als die ungeriefte Probe wahrgenommen wird. Dies bestätigt den vermuteten positiven Einfluss der Reifung auf die sensorischen Eigenschaften der Probe. Eine Verlängerung der Reifung um weitere zwei Wochen führte allerdings wieder zu einer Verschlechterung der genannten Attribute, was darauf schließen lässt, dass unter den gegebenen Bedingungen eine vierwöchige Reifung zu lange ist. Der saure Geschmackeindruck, der für einen Schnittkäse nicht erwünscht ist, nimmt außerdem zu, je länger die Reifung dauert. Die während der Reifung auftretende Nachsäuerung der Mikroorganismen, die auch anhand der pH-Werte zu beobachten ist, unterscheidet sich je nach verwendeter Starterkultur und soll in einem Folgeprojekt näher untersucht werden.

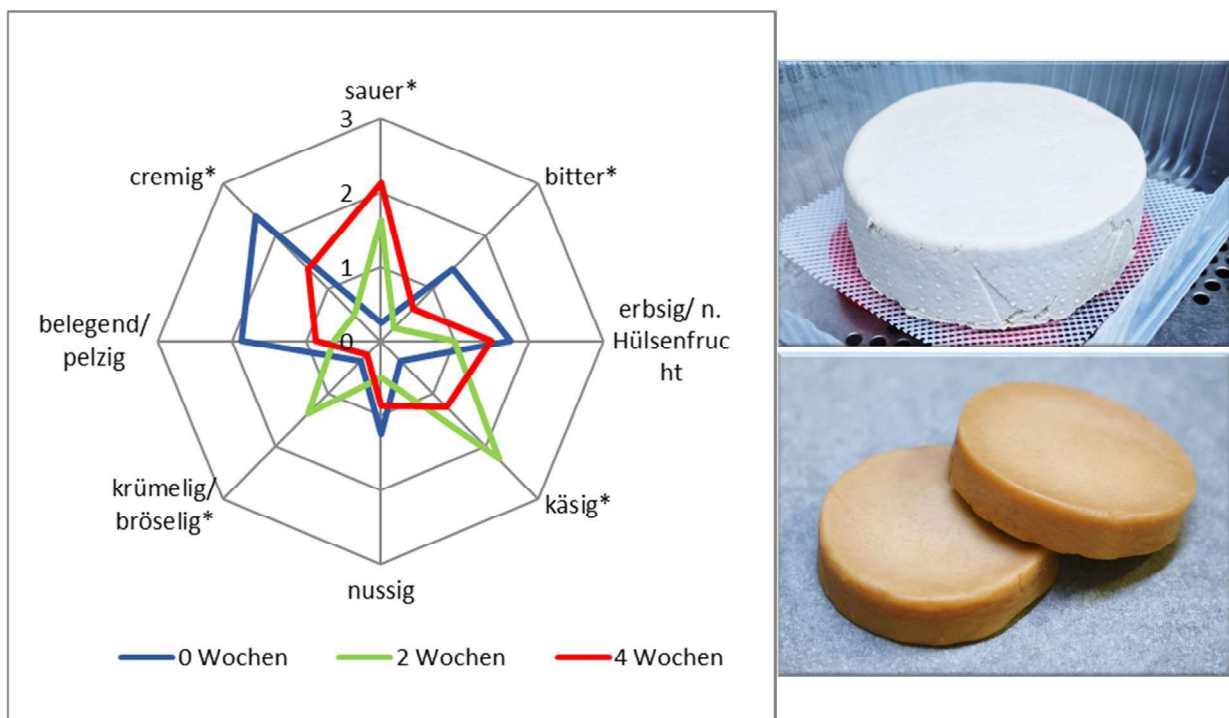


Abbildung 3 Links: Ergebnisse der sensorischen Untersuchung der 0, 2 und 4 Wochen gereiften Kerbse-Proben mit der favorisierten Starterkultur; Bewertung der Attribute von „0 = nicht wahrnehmbar“ bis „3 = sehr intensiv wahrnehmbar“; Kennzeichnung mit Stern: Signifikanz der Attribute mit $p < 0,05$. Rechts oben: Ungereifter Kerbse-Laib. Rechts unten: 4 Wochen lang gereifte Kerbse Laibe.

AP 3.2 Mikrobiologische Sicherheit

Ziel dieses Arbeitspaketes war es, bei augenscheinlichem Verderb der Produkte, sowie vom Endprodukt, Keime zu isolieren und mittels MALDI-TOF-MS zu identifizieren, um die

mikrobiologische Sicherheit des Produkts zu gewährleisten und die Reifungsbedingungen dementsprechend anpassen zu können.

Es wurden von fünf augenscheinlich befallenen Proben Keime isoliert und extern mittels MALDI-TOF-MS analysiert. Dabei wurden *Penicillium roqueforti*, *Penicillium commune*, eine *Rhizopus* Spezies und eine *Cladosporium* Spezies identifiziert. Diese Keime gelangten wahrscheinlich über Kreuzkontamination, die Raumluft oder die Rohstoffe auf die Kerbse-Proben.

Untersuchungen der Keimzahlen in der Luft in den Reifeschränken und der umgebenden Raumluft ergaben, dass die Konzentrationen an Schimmelsporen in der Raumluft deutlich höher als im Reifeschrank waren. Das lässt vermuten, dass die Kontaminationen höchstwahrscheinlich bereits vor dem Überführen der Laibe in die Reifeschränke oder während der Reifung durch das Öffnen der Schränke zur Käsepflege erfolgten.

Um die Bildung von Fremdschimmel in Zukunft zu verhindern, wurden im Rahmen, der in Arbeitspaket 3.1 erwähnten Masterarbeit, am Fraunhofer IVV verschiedene Methoden der Haltbarmachung untersucht und ein Hürdenkonzept zum Schutz vor Fremdverkeimung entwickelt. Es wurde eine reine Salzbehandlung der Laibe untersucht, welche sich als nicht ausreichend für den Schutz vor Fremdschimmel erwies. Die Reifung der Laibe in einer Wachshülle erwies sich ebenfalls als nicht zielführend, da die Laibe nach Ablauf der Reifungszeit zu feucht waren. Die Behandlungen der Laibe mit Natamycin und mit Kaliumsorbat konnten die Schimmelbildung verhindern. Jedoch wurde bei Verkostungen der mit Natamycin behandelten Proben ein bitter-chemischer Beigeschmack festgestellt. Daher wurde zunächst die Kombination aus einer Ultraheißbehandlung der Drinks (im Vergleich zur zuvor durchgeführten Pasteurisation), um mögliche in den Rohstoffen enthaltene Sporen abzutöten, einem Salzbad und der Behandlung mit Kaliumsorbat durchgeführt. Da die Proben anschließend über einen Reifezeitraum von 4 Wochen keinen Schimmel aufwiesen, wurden die Maßnahmen als erfolgreich eingestuft.

AP 4 Untersuchung von Veredelungsverfahren

AP 4.1 Schimmelreifung

Ziel dieses Arbeitspaketes war es, durch den Einsatz von Schimmelreifungskulturen weickäseähnliche Produkte wie Weiß- oder Blauschimmelkäse zu erzeugen. Dabei sollten verschiedene Arten der Beimpfung mit den Schimmelkulturen (Stichkanäle, Besprühen, Zugabe zum Drink) untersucht werden und die Rezeptur, sowie die Fermentations- und Reifungsbedingungen an die schimmelgereiften Weickäse angepasst werden. Die Bewertung der Produkte sollte anhand von sensorischen Verkostungen und TPA erfolgen.

Zusätzlich sollte erneut die Bewertung der mikrobiologischen Sicherheit durch Keimidentifizierungen durchgeführt werden.

Die Entwicklung von weichkäseähnlichen Produkten erfolgte in Zusammenarbeit mit der Käserei Lehmann. Diese stellt in ihrem Betrieb unter anderem Sauermilchkäse her, der durch Besprühen mit graublauen Camembert-Kulturen veredelt wird. Für die Zusammenarbeit wurden am IVV Kerbse-Proben nach Standardrezeptur hergestellt. Variiert wurden dabei die Beimpfungsmengen der Starter- und Schutzkultur. Die frisch abgepressten Laibe wurden anschließend zur Käserei Lehmann gebracht, wo sie mit deren hauseigenen Schimmellösung analog zu den Sauermilchkäsen behandelt wurden. Die Kerbse-Proben wurden zusammen mit den Sauermilchkäsen gereift. Insgesamt wurden 14 Laibe veredelt. Nach der Reifezeit wurden die Laibe von der Käserei Lehmann fotografiert, verkostet und für weitere Untersuchungen ans IVV zurückgeschickt. In Abbildung 4 ist das Besprühen der Kerbse-Laibe mit der Schimmellösung, sowie die veredelten Laibe dargestellt. Außerdem sind als Vergleich zwei Sauermilchkäse der Käserei Lehmann zu sehen, die eine ähnliches, wenn auch etwas dunkleres, Schimmelwachstum, wie die Kerbse-Proben aufweisen.

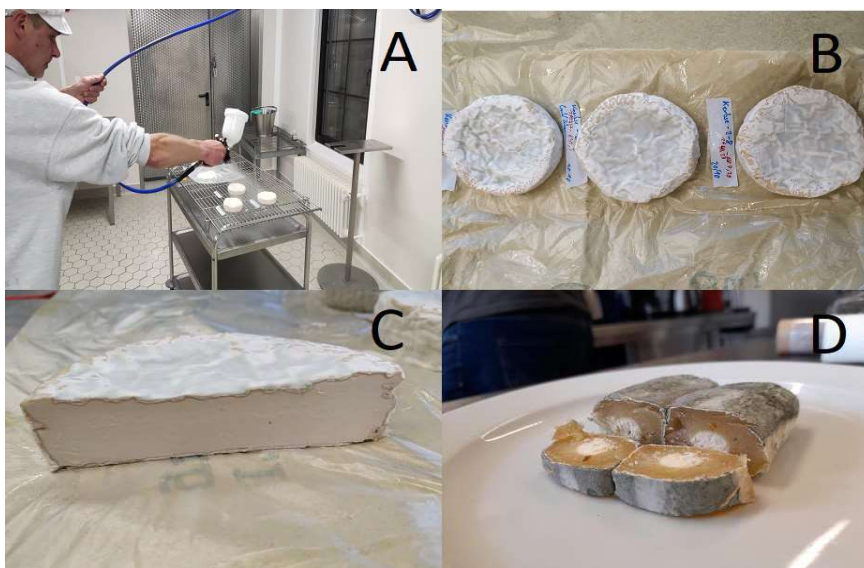


Abbildung 4 Besprühen der Kerbse-Laibe mit Schimmellösung (A), mit Schimmel veredelte Kerbse-Laibe (B), Schnittfläche eines schimmelgereiften Kerbse (C), Sauermilchkäse der Käserei Lehmann (D)

Es konnte gezeigt werden, dass sich durch die Reifung mit blaugrauem Camembert-Schimmel optisch sehr ansprechende Laibe erzeugen lassen. Die sensorischen Verkostungen, sowohl bei der Käserei Lehmann als auch IVV-intern zeigten allerdings, dass alle verkosteten Laibe eine scharf-brennendes Aroma und teilweise einen bitteren Geschmack aufwiesen. Eine mögliche Ursache hierfür könnte, die Verstoffwechslung von Fettsäuren zu Ketonen durch den

Schimmelpilz darstellen. Eine weitere Möglichkeit ist, dass durch proteolytische Enzyme des Pilzes Bitterpeptide gebildet werden.

Um einen mikrobiellen Verderb der Proben auszuschließen, wurden Keimisolierungen durchgeführt und anschließend Keimidentifizierungen mit Maldi-TOF-MS in Auftrag gegeben. Neben dem in der Starterkultur enthaltenen *Lactobacillus (L.) paracasei* wurden noch *Staphylococcus (S.) cohnii* und *Serratia liquefaciens* identifiziert. *S. cohnii* ist unter anderem auf der Haut von Menschen nachweisbar, weshalb es wohl während des Herstellungsprozesses oder der Keimisolierung zu einer Verkeimung kam. *Serratia* kommt auf Pflanzen vor, was einen Hinweis darauf geben kann, dass die Pasteurisation während der Herstellung ungenügend war.

In weiteren Versuchen, die am IVV durchgeführt wurden, wurde daher die Haltbarmachung des Kerbse-Drinks mit verschiedenen Erhitzungsverfahren untersucht. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die getesteten Verfahren. Um die Effektivität der Erhitzungsverfahren zu beurteilen, wurden Keimzahlbestimmungen durchgeführt, wobei die Gesamtkeimzahl und die Zahl aerober Sporenbildner untersucht wurde. Tabelle 5 stellt die Ergebnisse dar. Ultrahocherhitzung, Zweifach-Erhitzung und Tyndallisation führten zu keimfreien Drinks. Bei der Pasteurisation konnten ebenfalls alle vegetativen Keime abgetötet werden, jedoch verblieben geringe Mengen an Sporen in dem Drink.

Tabelle 4 Verschiedene Erhitzungsverfahren zur Haltbarmachung von Kerbse

Erhitzungsmethode	Erhitzungsstufe 1		Erhitzungsstufe 2	
	Zeit [min]	Temperatur [°C]	Zeit [min]	Temperatur [°C]
UHT-Erhitzung	0.25	135	-	-
Pasteurisierung	25	85	-	-
Tyndallisation	30	100	30	100
Zweifach-Erhitzung	25	85	0.25	135

Tabelle 5 Ergebnisse der Keimzahlbestimmung für verschieden erhitzte Kerbse-Drinks. KbE: Kolonie bildende Einheiten

Probe / Erhitzungsverfahren	GKZ [KBE/g]	Sporenbildner [KBE/g]
Rohmilch vor UHT-Erhitzung	$5,6 \times 10^3$	7,0
UHT-Erhitzung	< 1,0	< 1,0
Rohmilch vor Pasteurisierung u. Zweifach-Erhitzung	$1,7 \times 10^4$	$1,2 \times 10^1$
Pasteurisierung	< 1,0	4,5
Zweifach-Erhitzung	< 1,0	< 1,0
Rohmilch vor Tyndallisation	$6,3 \times 10^5$	$2,2 \times 10^5$
Tyndallisation	< 1,0	< 1,0

Aus den unterschiedlich erhitzten Drinks wurden Kerbselaibe hergestellt, die entweder zu Schnittkerbse nach dem bisherigen Verfahren weiterverarbeitet wurden oder durch Beimpfen mit *Penicillium camemberti* oder *Penicillium roqueforti* zu Weiß- bzw. Blauschimmelkerbse veredelt wurden. Die unterschiedlich behandelten Kerbse-Proben wurden nach einer Reifezeit von 2 Wochen einer TPA unterzogen. Abbildung 5 zeigt die dabei gemessene Festigkeit und Elastizität beispielhaft für die Blauschimmel-Proben hergestellt aus unterschiedlich erhitzten Erbsendricks. Als Referenz wurde dabei ein Roquefort aus Kuhmilch mituntersucht.

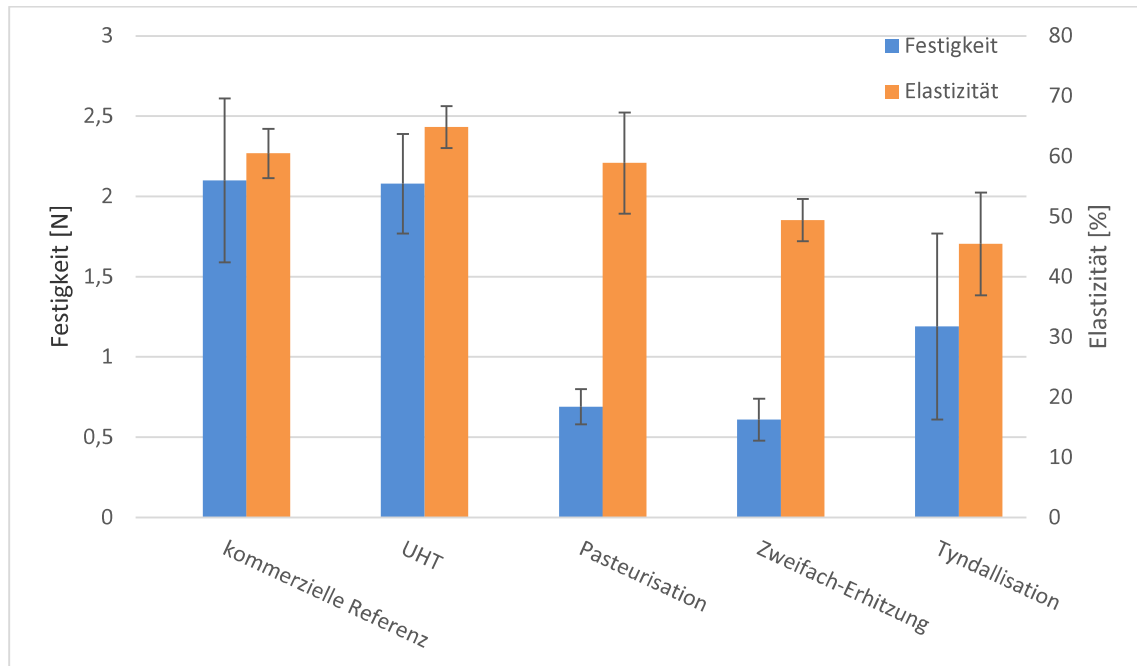


Abbildung 5 Ergebnisse der Texturprofilanalyse (TPA) der Blauschimmel-Proben aus unterschiedlich erhitzten Erbsendricks, sowie eines Kuhmilch-Roqueforts der Marke Grand Maître als Referenz.

Die Daten zeigen, dass Kerbse aus UHT-erhitztem Drink sowohl von der Festigkeit als auch von der Elastizität dem Kuhmilch-Roquefort sehr ähnlich ist. Die anderen Proben waren im Vergleich noch deutlich zu weich und wiesen eine zu geringe Elastizität auf. Die hohen Standardabweichungen bei dieser Messung sind durch die inhomogene Struktur der Blauschimmel-Proben zu erklären. Vergleicht man die TS-Gehalte der Proben, so lässt sich feststellen, dass die kommerzielle Referenz mit ca. 62 % TS nur ca. halb so viel Wasser enthält wie die Kerbse-Proben mit einer TS zwischen ca. 32 % und 35 %.

Eine längere Reifezeit könnte dabei helfen den TS-Gehalt zu erhöhen. Da für Blauschimmelkäse im Vergleich zu Schnittkäse allerdings eher kurze Reifezeiten (ca. 2 Wochen) üblich sind, wäre es wahrscheinlich sinnvoll, wenn der Wassergehalt nach dem Abpressen zukünftig reduziert werden würde.

Die sensorischen Eigenschaften der schimmelgereiften Produkte wurden in Verkostungen untersucht. Dabei wurden Attribute für die Textur (Festigkeit, Feuchtigkeit, Elastizität), sowie für den Geschmack (sauer, salzig, bitter) und das retronasale Aroma (käsig, brennend) ausgewählt und auf einer Skala von „0 = viel zu wenig ausgeprägt“ über „5 = genau richtig“ bis „10 = viel zu stark ausgeprägt“ bewertet.

Bei den Weißschimmelproben wurden die Textur der tyndallisierten und der zweifach erhitzten Probe am besten bewertet. Die pasteurisierte Probe wurde als zu feucht und die UHT-erhitzte Probe als zu fest wahrgenommen. Bei der Betrachtung von Geschmack und retronasalem Aroma wurden alle Proben als stark brennend und bitter empfunden, ähnlich den bei der Käserei Lehmann gereiften Proben. Die Attribute sauer, salzig und käsig erhielten durchschnittlich gute Bewertungen bei allen Proben, wobei letzteres vergleichsweise hohe Standardabweichungen aufwies. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Erhitzungsverfahren waren hierbei gering.

Bei den Blauschimmelproben wurde die zweifach erhitzte Probe als deutlich zu feucht, nicht elastisch genug und zu weich wahrgenommen. Die Feuchtigkeit und Festigkeit der UHT-erhitzten Probe wurde am besten bewertet, sie war jedoch im Vergleich zu der tyndallisierten und der pasteurisierten Probe nicht elastisch genug. Auch bei den Blauschimmelproben wurden die Attribute brennend und bitter wieder bei allen Proben als zu stark ausgeprägt bewertet, wenn auch etwas weniger als bei den Weißschimmel-Proben. Die zweifach erhitzte Probe schneidet auch in allen Attributen für Geschmack und retronasales Aroma am schlechtesten ab. Alle Proben wurden als zu wenig sauer und zu weniger salzig empfunden. In Abbildung 6 sind beispielhaft ein Weißschimmel-Kerbse und ein Blauschimmel-Kerbse dargestellt, bei denen die Schimmelpulturen oberflächlich aufgetragen wurden.



Abbildung 6 Weißschimmel-Kerbse (links) und Blauschimmel-Kerbse (rechts)

Es wurde festgestellt, dass das brennende Aroma mit der Dauer der Reifezeit zunimmt. Daher wurde eine zusätzliche Blauschimmel-Probe hergestellt, bei der die Reifezeit auf 11 Tage reduziert wurde. Die Reifetemperatur wurde außerdem von 11 °C auf 9 °C reduziert, um die Stoffwechselaktivitäten des Schimmelpilzes zu reduzieren. Schließlich wurden noch 3 % Cashewkerne und 1 % Nährhefe-Flocken in die Rezeptur eingearbeitet, um das Aroma positiv

zu beeinflussen. Als Erhitzungsmethode wurde die UHT-Erhitzung gewählt, da diese insgesamt die besten Bewertungen erhalten hatte.

Bei den analytischen Untersuchungen wurde festgestellt, dass sich die Festigkeit mit 0,44 N und die Elastizität mit ca. 50 % im Vergleich zu den vorherigen Blauschimmelproben eher verschlechtert haben. Bei den sensorischen Untersuchungen wurde die Probe allerdings sehr positiv bewertet. Es wurden optimale Noten für die Feuchtigkeit vergeben, Festigkeit und Elastizität wurden als etwas zu gering bewertet. Die Attribute bitter und brennend wurden nur noch als geringfügig zu hoch eingestuft. Außerdem wurde die Probe als optimal sauer und nur etwas zu wenig käsig und salzig bewertet. Somit haben sich die Maßnahmen zur Eindämmung der Stoffwechselaktivität des Schimmelpilzes als erfolgreich erwiesen.

AP 4.2 Würzung und Zubereitung

Ziel dieses Arbeitspakets war durch den Einsatz von Kräutern und Aromen die Sensorik der Laibe weiter zu verbessern. Weiterhin sollten die entwickelten Basisprodukte zu Snacks wie panierten Kerbsesticks, marinierten Kerbseblöcken und unterschiedlichen gewürzten Kerbsezubereitungen weiter veredelt werden. Schließlich sollten die Käsealternativen vom Projektpartner Kropf in verschiedene Gerichte eingearbeitet werden.

Die Versuche zur Würzung und Aromatisierung verliefen in Zusammenarbeit mit dem Projektpartner Brinkhaus. Dabei wurde der Prozess der Herstellung von Kerbse auf den Anlagen von Brinkhaus in einen industriellen Maßstab übertragen und ein 30 kg Ansatz hergestellt, was auch zur Bewertung der Skalierbarkeit des Prozesses diente. Die Herstellung des Drinks erfolgte anschließend analog zur Herstellung am IVV, wobei auf den Schritt der Homogenisierung verzichtet werden musste, da dies bei Brinkhaus nicht möglich war. Es zeigte sich, dass die fehlende Homogenisierung für die Prozessierung des Kerbse nicht notwendig ist. Die Erhitzung der Proben erfolgte mit indirektem Dampf. Nach der Beimpfung mit den vom IVV zur Verfügung gestellten Kulturen wurden jeweils ca. 4 kg der Drinks in mehrere Beutel abgefüllt und über Nacht fermentiert. Der fermentierte Bruch wurde anschließend zurück ans IVV gesendet, wo er weiterverarbeitet wurde. Es wurden zunächst 4 Laibe hergestellt, die in etwa das Vierfache Gewicht der bisherigen Laibe aufwiesen. In die Kerbsebrüche wurden dann noch unterschiedlichen Zutaten eingearbeitet. Einem Bruch wurde Calciumcitrat hinzugefügt, was als Vorläufermolekül für käsetypische Aromastoffe gilt. Einem Laib wurde eine Zitrusfaser hinzugefügt, mit dem Ziel die Textur zu verbessern. Ein Laib wurde mit gemahlenem Bockshornklee zur Würzung versetzt. Der letzte Laib wurden ohne die Zugabe von weiteren Zutaten weiterverarbeitet. Es stellte sich heraus, dass der Wasserverlust beim Pressen geringer war als bei den kleineren Laiben und es entstand eine eher brüchige Struktur. Lediglich bei der Probe mit Zitrusfaser entstand ein homogener Laib, der jedoch auf

Grund der hohen Wasserbindung der Faser ebenfalls noch sehr feucht war. Nach 2 Wochen Reifung bildete sich auf allen Laiben Schimmel, was vermutlich auf den hohen Wassergehalt im Inneren der Laibe zurückzuführen ist. Die Laibe konnten somit nicht verkostet werden. Das Abpressen von größeren Kerbselaiben soll in Folgeprojekten optimiert werden.

Anschließend wurden acht weitere Laibe hergestellt, bei denen neben den vier Rezepturen, die auch für die großen Laibe verwendet wurden, jeweils noch ein Laib mit Hefeflocken, Kräuterkruste (Pfeffer, Bärlauch, Kräutermischung, Knoblauch), Paprika-Chili-Kruste und Kurkuma hergestellt wurden. Bei diesen Laiben konnte während des Pressens mehr Wasser ausgetragen werden und sie blieben über eine Reifezeit von 4 Wochen frei von Schimmel. Nach Ablauf der Reifezeit wiesen die Laibe eine feste, schnittkäseartige Textur auf und die Zusätze, besonders Kurkuma, Kräuterkruste, Bockshornklee und Hefeflocken, führten zu angenehmen Aromaprofilen. In Abbildung 7 sind die Schnittflächen von vier der gewürzten Laibe dargestellt.



Abbildung 7 Schnittflächen gewürzter Kerbse-Laibe (von links nach rechts: Kurkuma, Kräuterkruste, Bockshornklee, Hefeflocken).

Die Zubereitung gereifter Kerbse-Proben erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Projektpartner Restaurant Kropf – Bamberger Köstlichkeiten. Dazu wurden mehrere am IVV hergestellte Laibe dem Projektpartner zur Verfügung gestellt. Dieser bereitete daraus die folgenden Gerichte zu:

- Perglraupen-Risotto mit pürierter Erbse, geriebenem Kerbse und gebackenen Kerbse-Chips
- Spargelgratin mit Kerbse-Würfeln, geriebenem Kerbse und Kerbse-Zwiebel-Creme
- Spargelsalat mit frittiertem Kerbse-Sticks in Kräuterpannade
- Frühlingscrostini mit Ratatouille und gegrillten Kerbse-Streifen

In Abbildung 8 sind die Kerbse-Laibe vor der Zubereitung, sowie die fertig zubereiteten Gerichte dargestellt.



Abbildung 8 Zubereitung der Kurbse-Proben (von links oben: Kurbse-Laibe vor der Zubereitung; Risotto mit geriebenem Kurbse und Kurbse-Chips; Gratin mit Kurbse-Würfeln, geriebenem Kurbse und Kurbse-Creme; Spargelsalat mit frittierten Kurbse-Sticks; Crostini mit gegrilltem Kurbse

1.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Ein Nachweis der konkreten Verwendung der bereitgestellten Fördermittel wird dem Projektträger von der Zentrale der Fraunhofer Gesellschaft übermittelt. Es ergaben sich keine Änderungen gegenüber der Ausgabenplanung, jedoch kam es in der Zeitplanung zu einer sechsmonatigen Verzögerung im Ablauf durch die Einschränkungen während der Corona-Pandemie. Diese Verzögerung konnte durch eine sechsmonatige kostenneutrale Verlängerung der Projektlaufzeit kompensiert werden.

1.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeit

Für die Durchführung der Projektarbeiten bestand ein technisches und wirtschaftliches Risiko, das ohne öffentliche Förderung nicht eingegangen werden konnte. So war zu Beginn des Projekts nicht klar, ob es gelingen würde, eine schnittfeste Käsealternative aus Erbsen zu generieren, insbesondere mit der Ausstattung, die beim Projektpartner Brinkhaus vorlag. Aufgrund der strukturellen Unterschiede zwischen Milch- und Pflanzenproteinen und der darauf basierenden Gelbildungsmechanismen lassen sich die Prozesse der Käseherstellung nicht ohne weiteres auf das pflanzliche Pendant übertragen. Die Entwicklung derartiger Produkte setzt ein fundiertes Wissen zu den funktionellen Eigenschaften der Proteine, den Gelbildungsmechanismen sowie der mikrobiellen Fermentation voraus, was von der Mehrzahl

der handwerklichen Molkereibetriebe aus Zeit- und Ressourcengründen allein nicht geleistet werden kann. Auch die mikrobielle Sicherheit erwies sich als große Herausforderung, die umfangreiche Untersuchungen nötig machte.

Insbesondere die kleinen und mittelständischen Unternehmen wären nicht in der Lage gewesen, die hier durchgeführten Untersuchungen ohne finanzielle Unterstützung, aber auch ohne die wissenschaftliche Herangehensweise des Fraunhofer IVV voranzutreiben. Deshalb wurde diese interdisziplinäre Zusammenarbeit zur Lösung der beschriebenen Problemlage beschlossen. Ohne die Förderung hätte das IVV dieses Vorhaben nicht durchführen und entsprechend die beteiligten KMU in der Entwicklung von Innovationen nicht unterstützen können. Fördermittel aus anderen Programmen oder der EU standen hierfür nicht zur Verfügung.

1.4 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Durch die Untersuchungen im Rahmen von KERBSE konnte die Expertise in den Bereichen gereifter und schnittfester Käsealternativen bereits deutlich erweitert werden. Es haben sich weitere Firmen gemeldet, die Interesse an diesem Forschungsbereich haben.

Ob eine Patentanmeldung möglich und sinnvoll erscheint, wird aktuell am IVV geprüft. Falls ja, wird zeitnah eine Anmeldung erfolgen.

Um den KERBSE zur Marktreife zu bekommen, wird aktuell ein DIP-Projekt beantragt. Dabei sollen die noch kritischen Punkte wie mikrobielle Sicherheit, unzureichende Elastizität, relativ saurer Geschmack und die Herstellung größerer Laibe geklärt werden.

Neben dem DIP-Projekt, das gerade vorbereitet wird als konkrete Weiterführung der Arbeiten aus KERBSE, wurden bereits andere Projekte zum Thema Käsearoma sowie Schmelzverhalten akquiriert werden.

1.5 Darstellung des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Auch an der Universität von Kopenhagen wurde ein mit Bakterien fermentierter Käse aus Erbsenproteinen entwickelt und einige wissenschaftliche Artikel dazu veröffentlicht, wie z.B. im Fachmagazin Future Foods. Laut diesem Artikel konnte eine Käsealternative mit einer festen Textur und einem verbesserten Aromaprofil entwickelt werden. Allerdings handelt es sich bei diesen Versuchen um reine Fermentationsversuche, bei denen die entstandenen Gele untersucht wurden. Weitere Verarbeitungsschritte, wie das Abpressen, Formen und Reifen

wurde nicht durchgeführt. (Masia C., Future Foods, Volume 8, December 2023, 100250, The impact of different bacterial blends on texture and flavour development in plant-based cheese)

1.6 Erfolgte oder geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

TransNetz Austauschrunde 23.11.2021 – Netzwerk für Wissenstransfer im Lebensmittelhandwerk Vortrag Johannes Zuber: Herausforderungen bei der Herstellung einer schnittfesten Käsealternative auf Basis von Erbsenprotein
Zukunftstage pflanzliche Lebensmittel 17./18.11.2022: Vortrag Johannes Zuber: „KERBSE – Eine gereifte Schnittkäsealternative auf Basis von Erbsenprotein (BLE-Projekt)“
Tag der offenen Tür im BMEL, 19./20.08.2023: Stand zum Projekt KERBSE
SEMINAR Herstellung von Schmelzkäse und pflanzlichen Alternativen. 26.09.2023 LAZBW – Milchwirtschaft Wangen Vortrag Johannes Zuber: „Herstellung von Milchproduktalternativen auf Basis heimischer Proteinquellen“
Parlamentarischer Abend der Innovationsförderung, 11.10.2023, Berlin Vortrag Dr. Andrea Hickisch: „Entwicklung von gereiften Käsealternativen auf Basis heimischer Erbsen“
Internationale Grüne Woche Berlin 19.-28.01. 2024: Stand zum Projekt KERBSE
Zukunftstage pflanzliche Lebensmittel 31.01/01.02.2024: Vortrag Johannes Zuber: „Entwicklung proteinreicher Käsealternativen durch Fermentation und Reifung“