

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



Verbundvorhaben:
Nachhaltige Proteinzutaten

Teilvorhaben:
Sensorische Analyse verschiedener Proteinzutaten und neuer
Lebensmittel

Verantwortliche Autor*innen:

Prof. Dr. Andrea Bauer

M. Sc. Finn Ehlerding

M. Sc. Swana Wittorf

Förderkennzeichen: 031B0956P

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 031B0956P gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autor*innen.

Inhaltsverzeichnis

Teil 1: Kurzbericht	4
Teil 2: Eingehende Darstellung	6
1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse und andere wesentliche Ereignisse	6
1.1 AP 0: Koordination und Management	6
1.2 AP 1: Definition möglicher Anforderungen an die Datenbank und Einpflegen erster Daten	7
1.3 AP 2: Kontinuierliche Anpassung und Pflege der Proteindatenbank	7
1.4 AP 3: Ermittlung einer geeigneten Analytik (Methoden und Kenngrößen) für nachhaltige Proteinzutaten mittels Literaturrecherche	7
1.5 AP 4: Definition geeigneter Zielgrößen und der analytischen Methoden im Konsortium	8
1.6 AP 5: Beschaffung und Bewertung verschiedenster Proteinpräparate	8
1.7 AP 6: Einsatz ausgewählter Proteine in Lebensmittelapplikationen	9
2 F&E-Ergebnisse Dritter/Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen	9
2.1 Studien zu Rohstoffen/Proteinzutaten	9
2.1.1 Studie von Chigwedere et al. (2022)	9
2.1.2 Studie von Tuccillo et al. (2022)	10
2.2 Studien zu Applikationen	11
2.2.1 Studie von Vaikma et al. (2021)	11
3 Zahlenmäßiger Nachweis	12
4 Verwertung der Projektergebnisse	12
4.1 Verwendbarkeit der Projektergebnisse	12
4.2 Erfolgte Veröffentlichungen	13
4.3 Einbindung von gewonnenen Erkenntnissen in die Lehre an der HAW Hamburg	13
4.4 Auszeichnungen	13
Literatur	15
Normen	16

Abkürzungsverzeichnis

CATA	Check-all-that-apply-Methodik
DGSens	Deutsche Gesellschaft für Sensorik
HAW	Hochschule für angewandte Wissenschaften
HKA/PCA	Hauptkomponentenanalyse / Principle Component Analysis
NFS	NewFoodSystems
NPZ	Nachhaltige Proteinzutaten
PLS-R	Partial-Least-Squares-Regression
RATA	Rate-all-that-apply-Methodik
ANOVA	Varianzanalyse

Teil 1: Kurzbericht

Angesichts der wachsenden Relevanz von Alternativen zu tierischen Eiweißen in unserem Ernährungssystem rücken pflanzliche Proteine sowie andere nachhaltige Optionen wie Insekten in den Fokus der Lebens- und Futtermittelindustrie. Ziel des in den Innovationsraum „NewFoodSystems“ eingegliederten Verbundprojektes „Nachhaltige Proteinzutaten“ ist es, wichtige Parameter von Proteinzutaten systematisch in einer Datenbank zusammenzutragen, um z.B. Produktentwickler*innen bei der Auswahl geeigneter Präparate für ihre Entwicklungsprozesse zu unterstützen. Neben nutritiven Aspekten, physikalisch-chemischen Parametern und techno-funktionellen Eigenschaften von Proteinen sind auch die sensorischen Eigenschaften der Präparate relevant für potenzielle Abnehmer*innen. Die HAW Hamburg bringt sich mit ihrer profunden Kompetenz in der sensorischen Evaluation von Lebensmitteln, Getränken und Rohstoffen in das Projekt ein und wirkt so an der Entwicklung der Datenbank mit. Neben der Erhebung der sensorischen Eigenschaften von Proteinpräparaten für die Proteindatenbank soll der Einfluss ausgewählter Präparate auf Lebensmittelapplikationen sensorisch untersucht werden. In Kooperation mit Partner*innen aus dem Verbundprojekt evaluiert die HAW Hamburg die dort hergestellten Applikationen in Bezug auf ihre sensorischen Eigenschaften und gibt Empfehlungen hinsichtlich der Eignung einzelner Präparate für die entsprechenden Produktgruppen.

Im Rahmen der Projektarbeiten an der HAW Hamburg werden zunächst wissenschaftliche Fachartikel in Hinblick auf geeignete sensorische Erhebungsmethoden für Proteinzutaten ausgewertet. Aus den Rechercheergebnissen wird eine auf die Projektziele angepasste Methode zur Evaluierung von Proteinzutaten abgeleitet und weiterentwickelt. Sensorische Untersuchungen erfordern i.d.R. den Einsatz speziell aufgebauter und geschulter Prüfer*innenpanels. Die Rekrutierung und das Training der Panels zur Evaluation der Proteinpräparate erfolgt zu Projektbeginn pandemiebedingt zunächst remote als sog. In-Home-Panel; mit Lockerung der Maßnahmen werden Training und Datenerhebung im Sensoriklabor an der HAW Hamburg fortgesetzt. Die zu untersuchenden Merkmalseigenschaften werden vom sensorischen Panel entwickelt, durch Attribute aus Expert*innendiskussionen und der Literatur ergänzt und mit entwickelten Definitionen und Referenzen zu einem Attribute-Lexikon zusammengefasst. Zum Einsatz kommt bei der Datenerhebung insbesondere die Rate-all-that-apply (RATA)-Methodik mit trainierten Panelist*innen, die es ermöglicht, große Probenzahlen mit einem umfangreichen Attribute-Katalog in einem begrenzten Zeitraum zu untersuchen. Die Proteinpräparate werden sowohl in wässriger Suspension als auch in Emulsion untersucht. Die zusätzliche Darreichung in Emulsion ermöglicht die Berücksichtigung von etwaigen Matrixeffekten, die durch die oftmals ölhaltigen Rezepturen von z.B. Fleisch- oder Milch (-produkt) -alternativen für die Praxis relevant sein können. Auch die Applikationsversuche werden vorwiegend mittels RATA-Methodik evaluiert. Die Daten werden vornehmlich mit Microsoft Excel sowie mit XLSTAT ausgewertet. Zur Datenauswertung werden uni- und multivariate Verfahren angewendet wie Varianzanalyse (ANOVA) und Hauptkomponentenanalyse (HKA).

Insgesamt erhebt die HAW Hamburg Daten zu 56 Proteinpräparaten in wässriger Suspension und 59 Präparaten in Emulsion. Der Proteingehalt der Präparate variiert zwischen 36-99,6 %, d.h. der Probenpool umfasst sowohl Proteinmehle als auch Proteinkonzentrate und Proteinisolate. Das produktgruppenspezifisch eingesetzte Attribute-Lexikon besteht dabei aus

77 Merkmalseigenschaften. Die Präparate stammen aus 13 unterschiedlichen Herkunftsgruppen, darunter Erbse (n=16), Ackerbohne (n=11) und Soja (n=8). Präparate der Herkunftsgruppe Weizen (n=3) werden aus herstellungstechnischen Gründen lediglich in Emulsion evaluiert. Die erhobenen Daten zu diesen Präparaten werden dem Fraunhofer IVV zum Einpflegen in die Datenbank zur Verfügung gestellt.

Die Auswertung der sensorischen Daten in einer HKA zeigt, dass in wässriger Suspension insbesondere Proben der Herkunftsgruppen Kartoffel, Insekten und Reis eigene Subgruppen bilden und sich zum einen deutlich von den anderen Herkunftsgruppen, zum anderen aber auch voneinander absetzen. In Emulsion sind es ebenfalls die Probengruppen Kartoffel, Insekten und Reis, die sich in der HKA von den anderen Proben absetzen, wobei sich insbesondere die Kartoffelproben weit entfernt von allen anderen Herkunftsgruppen befinden.

Des Weiteren werden Applikationsversuche analysiert, um die Eignung von ausgewählten Proteinpräparaten für bestimmte Produktgruppen zu evaluieren. Insgesamt werden 14 Käsealternativen, 11 Barista-Haferdrinks, 10 Hackfleischalternativen und 6 proteinangereicherte (Frucht)zubereitungen in Haferghurt (mit 3 unterschiedlichen Proteinpräparaten und 3 unterschiedlichen Fruchtmatrices sowie einer Vanille-Zubereitung), die verschiedene Verbundpartner zu Verfügung stellen, untersucht. Für die Auswertung der Daten werden für die Produktgruppen ebenfalls Varianz- und Hauptkomponentenanalysen durchgeführt. Mit Hilfe der in den HKA dargestellten sensorischen Produkträumen der jeweiligen Applikationsproben können 5 vielversprechende Proteinpräparate für den weiteren Einsatz in Käsealternativen, 1 Präparat für den Einsatz in Barista-Haferdrinks, 1 Präparat für den Einsatz in Hackfleischalternativen und 1 Präparat für den Einsatz in proteinangereicherten Fruchtzubereitungen in Haferghurt identifiziert werden.

Teil 2: Eingehende Darstellung

1 Wissenschaftlich-technische Ergebnisse und andere wesentliche Ereignisse

Im Projekt „Nachhaltige Proteinzutaten“ (NPZ) des Innovationsraums NewFoodSystems (NFS) hatte die Hochschule für angewandte Wissenschaften (HAW) Hamburg die Aufgabe, Proteinzutaten verschiedenster Ursprünge und daraus hergestellte Lebensmittel sensorisch zu analysieren. Zunächst wurden bereits publizierte sensorische Daten zu Proteinzutaten zusammengetragen und geeignete Methoden zur standardisierten Evaluation von Proteinzutaten (weiter) entwickelt. Dazu gehörte auch die Entwicklung und Definition sensorischer Zielgrößen; dies umfasste insbesondere die Entwicklung sensorischer Lexika, d.h. das Identifizieren und Definieren charakteristischer Attribute zur Beschreibung der zu untersuchenden Proteinzutaten und daraus hergestellter Lebensmittelapplikationen. Darauf folgte die sensorische Charakterisierung der im Forschungsverbund zusammengetragenen Proteinzutaten, deren Ergebnisse zusammen mit von Verbundpartnern erhobenen technofunktionellen Daten der Proteinzutaten in die Erstellung einer Proteindatenbank einfließen. Diese umfangreiche Datenbank soll es Produktentwickler*innen ermöglichen, zielgerichtet Proteine für ihre Entwicklungsprozesse im Lebens- und Futtermittelbereich auszuwählen. Schließlich wurden Lebensmittelapplikationen mit ausgewählten, vielversprechenden Proteinpräparaten von Verbundpartnern hergestellt und von der HAW Hamburg sensorisch charakterisiert.

Die HAW Hamburg lieferte im Gesamtprojekt „Nachhaltige Proteinzutaten“ somit grundlegende Daten und Erkenntnisse für die Erreichung des Gesamtziels des Forschungskonsortiums NFS, nämlich die „Entwicklung maßgeschneiderter nachhaltiger Proteine“ (NewFoodSystems, 2020), sowie für die Erreichung der beiden Teilziele „Entwicklung einer umfassenden Proteindatenbank“ (ebd.) und „gezielte Applikation zur Proteinanreicherung in Lebensmitteln und Futtermitteln“ (ebd.).

Der folgende Bericht fasst die Projektarbeit zusammen und zeigt ausgewählte Ergebnisse, die im Rahmen des Projektes erzielt werden konnten.

1.1 AP 0: Koordination und Management

Der Beitrag zu den Entwicklungsarbeiten an der Proteindatenbank und den sensorischen Untersuchungen erforderte ein hohes Maß an Abstimmung und Koordination mit den anderen Forschungs- und Industriepartnern sowie innerhalb der eigenen Forschungsstelle, die federführend von der Projektleiterin übernommen und von einem wissenschaftlichen Mitarbeiter intensiv begleitet wurden. Zu Koordination und Management zählten auch Treffen mit den entsprechenden Partnern im Verbund und im Konsortium in Präsenz und online.

1.2 AP 1: Definition möglicher Anforderungen an die Datenbank und Einpflegen erster Daten

Die Ausgabe der sensorischen Kenngrößen in der Datenbank erfolgt als sensorische Attribute/Merkmalseigenschaften der jeweiligen Proteinzutaten mit einer Intensitätseinstufung zwischen 0,0 (nicht zutreffend) bis 5,0 (sehr stark zutreffend). Um es Nutzer*innen der Datenbank zu ermöglichen, die sensorischen Eigenschaften ausgewählter Proteinpräparate einfacher miteinander zu vergleichen, werden die sensorischen Ergebnisse in der Datenbank auch grafisch in Form von Netz- oder Säulendiagrammen dargestellt.

Die von der HAW Hamburg erhobenen sensorischen Daten zum Einpflegen in die Datenbank wurden dem Fraunhofer IVV Freising übermittelt.

1.3 AP 2: Kontinuierliche Anpassung und Pflege der Proteindatenbank

Von Seiten der HAW Hamburg umfasste dieses AP insbesondere die Bereitstellung sensorischer Daten neu einzupflegender Proteinpräparate. Bis Mitte 2022 wurden insgesamt 45 Präparate in Emulsion und 42 Präparate in wässriger Suspension in Doppelbestimmung evaluiert (3 der 45 Präparate ließen sich nicht in einer wässrigen Matrix suspendieren). Im Anschluss erfolgte die sensorische Evaluation der Lebensmittelapplikationen mit ausgewählten Proteinpräparaten. Da im WiSe 23/24 in einem der sensorischen Prüfer*innenpanels noch Kapazitäten für die Analyse weiterer Proteinpräparate frei wurden, konnten bis Projektende 14 weitere Proteinpräparate in Emulsion sowie in wässriger Suspension sensorisch evaluiert werden, sodass zu Projektende 59 Datensätze zu Präparaten in Emulsion und 56 Datensätze zu Präparaten in wässriger Suspension vorlagen und dem Fraunhofer IVV Freising zum Einpflegen in die Datenbank zu Verfügung gestellt werden konnten.

1.4 AP 3: Ermittlung einer geeigneten Analytik (Methoden und Kenngrößen) für nachhaltige Proteinzutaten mittels Literaturrecherche

Eine umfangreiche Literaturrecherche in den Datenbanken ScienceDirect und Google Scholar zeigte auf, dass die Vorgehensweisen einiger gefundener Studien sich nicht auf zu erreichende Projektziele anwenden ließen, da beispielsweise hedonische Prüfungen oder Diskriminierungsprüfungen genutzt wurden, deren Kenngrößen sich für das vorliegende Projekt nicht eigneten (vgl. Wittorf, 2021). Deshalb wurde sich insbesondere an Kenngrößen der identifizierten deskriptiven Studien orientiert, wobei diese Studien zahlreiche Schwachstellen insbesondere bzgl. der fehlenden Vielfältigkeit von Merkmalseigenschaften und deren fehlende bzw. uneinheitliche Definition aufwiesen. Es wurde deshalb eine eigene, an die Projektziele angepasste Vorgehensweise entwickelt, die in einem Standard Operating Procedure (SOP) festgehalten wurde. In Kap. 1.5 (AP 4) wird diese Vorgehensweise vorgestellt und auf die genutzten Methoden und Zielgrößen der sensorischen Evaluation eingegangen.

1.5 AP 4: Definition geeigneter Zielgrößen und der analytischen Methoden im Konsortium

Da, wie in Kap. 1.4 (AP 3) beschrieben, bislang keine einheitliche Methodik zur Beschreibung von Proteinzutaten existierte, entwickelte die HAW Hamburg eine eigene Vorgehensweise auf Basis von aktuellen wissenschaftlichen Diskursen.

- **Probenvorbereitung und eingesetzte sensorische Methodik**
Die Proben wurden in wässriger Suspension sowie in Emulsion dargereicht. Die sensorische Evaluation der Proben erfolgte mittels Rate-all-that-apply (RATA)-Methodik (vgl. Ares et al., 2014) mit trainierten Panelist*innen (vgl. Giacalone & Hedelund, 2016). Dieses Verfahren ermöglicht es, einen umfangreichen Probensatz mit sehr unterschiedlichen sensorischen Eigenschaften, was zu einem sehr umfangreichen Attribute-Lexikon zur Evaluation führt, im verfügbaren Zeitrahmen sensorisch zu untersuchen. Die Vorgaben der DIN EN ISO 8586:2014 für die Auswahl, Schulung und Überprüfung von Prüfer*innen sowie der DIN EN ISO 13299:2016 zur Erstellung eines sensorischen Profils wurden dabei berücksichtigt.
- **Panelzusammensetzung**
Die für die Untersuchungen aufgebauten sensorischen Prüfer*innenpanels setzten sich aus 8 – 15 Angehörigen der Fakultät Life Sciences der HAW Hamburg zusammen, die wie bereits erwähnt, gemäß DIN EN ISO 8586:2014 gescreent und probenspezifisch intensiv trainiert wurden.
- **Zielgrößen/Attribute-Lexikon**
Die Attribute-Lexika für die zu untersuchenden Produktgruppen wurden von den sensorischen Prüfer*innenpanels erarbeitet.
- **Prüfumgebungen**
Da zu Projektbeginn angesichts längerer Lockdowns im Rahmen der Covid-19-Pandemie sensorische Arbeiten an der HAW Hamburg nicht durchgeführt werden konnten, musste eine Best-Practice (vgl. Klahn, 2022) entwickelt werden, um die Prüfer*innen remote zu schulen und In-Home-Tests, d.h. sensorische Untersuchungen der Proteinproben im häuslichen Umfeld der Prüfer*innen, durchzuführen. Als das Arbeiten an der Hochschule nach den Lockdowns wieder möglich war, fanden die sensorischen Untersuchungen im Sensoriklabor der HAW Hamburg statt, das über 14 Prüfkabinen verfügt und nach DIN EN ISO 8589:2010 eingerichtet ist.
- **Eingesetzte Software**
Die Erhebung der Daten erfolgte mit der Sensorik-Software RedJade (RedJade Sensory Solutions LLS, Pleasant Hill, CA, USA). Die Datenauswertung wurde mit MS Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA) sowie XLSTAT (Lumivero, Denver, CO, USA) durchgeführt.

1.6 AP 5: Beschaffung und Bewertung verschiedenster Proteinpräparate

Die Beschaffung, Verblindung und Weiterleitung der Proteinpräparate an die HAW erfolgte durch das Fraunhofer IVV Freising. Die Präparate wurden zur Identifizierung mit ihrer

Herkunftsgruppe und einem 12-stelligen Identifier versehen. Insgesamt erhielt die HAW Hamburg 62 zu analysierende Proteinpräparate aus 13 Herkunftsgruppen.

1.7 AP 6: Einsatz ausgewählter Proteine in Lebensmittelapplikationen

Ausgewählte Proteinzutaten wurden in folgenden Applikationen getestet und sensorisch untersucht:

- Proteinangereicherte Fruchtzubereitungen in Haferghurt
- Proteinangereicherte Barista-Haferdrinks
- Schnittkäsealternativen
- Hackfleischalternativen

2 F&E-Ergebnisse Dritter/Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Alternative Proteine und daraus hergestellte Produkte sind neben diesem Projekt national als auch international Betrachtungsgegenstand vieler Forschungsgruppen. Im Folgenden werden insbesondere Studien aufgeführt, die eine hohe Anzahl an Rohstoffen/Produkten untersuchen, bzw. detaillierte Einblicke in Attribute-Lexika bieten.

2.1 Studien zu Rohstoffen/Proteinzutaten

Zwei Publikationen, die sich detaillierter mit der Untersuchung von Proteinpräparaten auseinandersetzen, sind ein Review von Chigwedere, Wanasundara, und Shand (2022), der auf 71 Studien eingeht, in denen Rohstoffe, aber auch einige Applikationen aus Hülsenfrüchten untersucht wurden, sowie eine Studie von Tuccillo et al. (2022), die zwar nur eine geringe Anzahl an Ackerbohnenzutaten bzw. -extrudaten untersucht, deren Betrachtung allerdings durch die Analyse von flüchtigen Komponenten besonders intensiv erfolgt. Die Ergebnisse der beiden Studien werden im Folgenden zusammengefasst.

2.1.1 Studie von Chigwedere et al. (2022)

Ein kanadisches Forschungsteam um Claire Chigwedere befasste sich mit der Erstellung eines Aromarades für Hülsenfrüchte und aus ihnen hergestellten Zutaten (vgl. Chigwedere et al., 2022). In den Review flossen Studien mit ein, die sich der sensorischen Charakterisierung von Erbsen, Kichererbsen, Linsen, Ackerbohnen, Bohnen, Bambara-Erdnuss, Lupine, Straucherbse und Augenbohne sowie den aus ihren Mehlen hergestellten Slurries, extrahierten Proteinen und Lebensmittelapplikationen widmen. Als Ergebnis trugen die Autor*innen 71 Studien zusammen, aus denen sie Attribute extrahierten, die sie den Grundgeschmacksarten, der ortho- und retronasalen Wahrnehmung, dem Nachgeschmack

und der trigeminale Wahrnehmung zuordneten. Die Häufigkeit der jeweiligen Attribute in diesen Studien bestimmte die Größe der Sektoren, aus denen sich das entwickelte Aromarad zusammensetzt. Neben dem Aromarad wird in der Studie auch eine Zusammenstellung von in den betrachteten Studien genutzten Referenzstandards für 27 Attribute gezeigt. Die Autor*innen schlussfolgerten unter anderem in ihrer Arbeit, dass Bitterkeit und „bohlig“ die wichtigsten bzw. am häufigsten genutzten Attribute bei der Charakterisierung von Hülsenfrüchten und daraus hergestellten Produkten sind. Viele Attribute seien in der Literatur aber schlecht definiert und würden von sensorischen Prüfer*innen uneinheitlich eingesetzt werden. Die Autor*innen forderten mehr Konsistenz bei der Nutzung dieser Attribute, z.B. in Form eines standardisierten sensorischen Lexikons zur übergreifenden Charakterisierung von Hülsenfrüchten in Wissenschaft und Lebensmittelindustrie. Zudem solle der komplette Herstellungsprozess der Hülsenfrüchte über die Zwischenprodukte bis hin zum finalen Produkt mit einem standardisierten Attributlexikon begleitet werden (vgl. ebd.).

2.1.2 Studie von Tuccillo et al. (2022)

Ein finnisches Forschungsteam um Fabio Tuccillo untersuchte Ackerbohnenzutaten (Ackerbohnenkonzentrate, ein Ackerbohnenisolat, ein Ackerbohnenmehl in wässriger Suspension) und daraus hergestellte Extrudate auf ihre sensorischen Eigenschaften und aromachemische Zusammensetzung (vgl. Tuccillo et al., 2022). Die beiden Datensätze wurden mittels Partial-Least-Squares-Regression (PLS-R) korreliert. Als weitere erklärende Variablen wurden Daten aus physikalisch-chemischen Analysen herangezogen.

Als Ergebnis hielten die Autor*innen fest, dass 10 der 13 erhobenen Attribute zwischen den Ackerbohnenzutaten signifikant differenzierten. Während die Ackerbohnenkonzentrate einen intensiven Geruch und Geschmack nach Erbse, sowie einen bitteren Geschmack und einen insgesamt intensiven Geschmack und Nachgeschmack vorwiesen, wurden -isolat und -mehl als eher mild beschrieben. Dabei wurde das Mehl eher als bitterer beschrieben, wobei das Isolat durch die intensivste Cerealien-Note in Geruch und Geschmack charakterisiert war. Die PLS-Regression der Ackerbohnenpräparate zeigte, dass die Cerealien-Noten des Isolates mit verschiedenen flüchtigen Komponenten korrelieren, darunter Octanal, Pentanal, Heptanal, Butanal, 1-Nitrohexan, 3-Methylbutansäure, 2-Octanon, 3,5-Octadien-2-one, 3,5-Octadien-2-ol, 1-Nitropentan, Hexansäure, Hexannitril, 2-Butyl-2-octenal, 2-Hexanon, 2-Heptanon, 2-Pentylfuran und Benzaldehyd. Gesamtfettgehalt und Ölsäuregehalt korrelieren mit Off-Flavor und der Gehalt an Linolsäure mit der Gesamt-Geruchsintensität. Gesamt-Geschmacksintensität, Bitterkeit und trockenes Mundgefühl wurde mit Aminosäuren (Tryptophan, Phenylalanin, Valin), Phenolen, Vicin und Covicin in Verbindung gebracht. Geruch und Geschmack nach Erbsen wurde mit Autoxidation von Fetten und 1-Hexanol assoziiert, die Süße in Ackerbohnenmehl mit höheren Stärke- und Feuchtigkeitsgehalten sowie Saccharose und Melibiose. Die PLS-Regression wurde ebenfalls mit den gemessenen flüchtigen Substanzen und der sensorischen Charakterisierung der Extrudate durchgeführt. Dabei wurden im Vergleich zur PLS-Regression mit den Ackerbohnenpräparaten einige Unterschiede festgestellt, die auf den Verarbeitungsprozess der High-Moisture-Extrusion zurückgeführt wurden. Produkte der Maillard-Reaktion wurden allerdings nicht festgestellt, da diese eher für Low-Moisture-Extrusion Prozesse typisch seien (vgl. ebd.).

2.2 Studien zu Applikationen

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurden insbesondere Modell-Lebensmittel analysiert, die durch Verzicht auf Aromen und andere Maskierungsoptionen mit einer standardisierten Rezeptur den Einfluss der unterschiedlichen verwendeten Proteinzutaten auf die Lebensmittelmodelle in den Vordergrund stellten. Die sensorische Betrachtung von Modellapplikationen erfolgt auch in der wissenschaftlichen Literatur. Oftmals werden dort allerdings nur wenige ausgewählte Produkte untersucht, oder die Anteile an Zutaten variieren unsystematisch. Umfassende sensorische Mapping-Studien anderer Forschungsgruppen mit mehr als 10 Produktvariationen, die im Projektzeitraum erschienen sind und Modellapplikationen wie Käsealternativen, Barista-Drinks, Hackfleischalternativen oder proteinangereicherte Fruchtzubereitungen untersuchen, sind dem Forschungsteam nicht bekannt. Daraus lässt sich zum einen ableiten, dass es sich bei den hier durchgeführten Untersuchungen um innovative Ansätze handelt, die erste Erkenntnisse in einem noch zu erschließenden Bereich liefern. Zum anderen lässt sich daraus auch der weitere Forschungsbedarf ableiten, den Einfluss von Proteinzutaten auf weitere Modellapplikationen zu untersuchen.

Sensorische Mapping-Studien aus den vergangenen Jahren beschäftigen sich unter anderem mit Alternativen zu Milch. Als Beispiel lässt sich hier die Studie über Pflanzendrinks auf dem estnischen Markt von Vaikma, Kaleda, Rosend, and Rosensvald (2021) nennen, oder das Projekt von Schädlich and Lampe (2022) zum Mapping von Haferdrink-Produkten. Auf die Studie von Vaikma et al. (2021) wird aufgrund der angewandten Methodik, die der methodischen Vorgehensweise im Projekt ähnelt, nachfolgend genauer eingegangen.

2.2.1 Studie von Vaikma et al. (2021)

In der Studie von Vaikma et al. (2021) wurden 90 Pflanzendrinks des estnischen Marktes aus verschiedenen Ausgangsrohstoffen sensorisch untersucht. Dabei kam ebenfalls die RATA-Methodik zum Einsatz, in der trainierte Panelist*innen die Proben evaluierten. Eine Anreicherung der Drinks mit Proteinpräparaten wurde in der Studie zwar nicht ausdrücklich erwähnt, allerdings überschneiden sich einige der untersuchten Rohstoffgruppen mit den Herkunftsgruppen der Proteinpräparate im vorliegenden Projekt.

Insgesamt berichteten die Autor*innen der Studie, dass sich die nuss-basierten Produkte durch nussigen Geruch und Geschmack sowie durch süßen Geruch auszeichneten. Die Textur wurde eher als viskos und klumpig beschrieben. (Pseudo-)Getreide-Produkte wurden hingegen eher als erdig, süß, bitter und adstringierend im Geschmack bezeichnet. Sie hatten einen getreideartigen Geruch und Geschmack, und die Textur wurde als wässrig beschrieben. In Aussehen wurden bei ihnen vor allem dunklere Grau- und Grüntöne beschrieben. Die Sojaprodukte wurden als einzige Vertreter der Kategorie Hülsenfrüchte mit Rottönen im Aussehen, erdigem Geruch und metallischem Geschmack beschrieben. Neben 32 Attributen in Aussehen, Geruch, Geschmack und Textur, die mit einem sensorischen Panel erhoben wurden, wurden auch flüchtige Verbindungen untersucht und mittels PLS-R mit den sensorischen Daten korreliert. Aus den Daten schlossen die Autor*innen, dass sich Kokosdrinks vor allem durch einen hohen Gehalt an Lactonen auszeichneten, Mandeldrinks als Schlüsselkomponente Benzaldehyd enthielten und Haferdrinks p-Cymon enthielten, was für Adstringenz und ausgeprägten Nachgeschmack sorgt. Sie beschrieben außerdem eine

Reihe von Prozessbedingungen, die für einige nachgewiesene flüchtige Verbindungen typisch sind, dazu gehören Pyrazine, die durch das Rösten von Haselnüssen entstehen und in den entsprechenden Drinks nachgewiesen wurden; Decanal, welches für leguminosen-artige und erdige Noten in Reisdrinks sorgt und dessen Gehalt sich durch Kochprozesse erhöhen kann; schwefelhaltige Substanzen, welche in Haferdrinks gefunden wurden und auf Toast-/Röstvorgänge hindeuten, die teilweise gezielt eingesetzt würden, um getreideartige Noten in Haferdrinks stärker hervorzubringen; sowie Dimethylsulfid, welches mit hohen Temperaturen beim Verarbeitungsprozess von Sojabohnen assoziiert wird und zu algenartigem Aroma beitragen kann. Zudem wurden weitere Substanzen gefunden, die auf Fettoxidation hindeuten, beispielsweise Hexanal, Hexanol und Pentanol. Diese Substanzen erzeugen bohnlige und erdige Off-Noten in Drinks aus Hülsenfrüchten. Da sowohl die flüchtigen Substanzen als auch entsprechende Off-Noten in den Drinks anderer Rohstoffgruppen gefunden wurden, lässt sich daraus schließen, dass Fettoxidation z.B. auch bei Milchalternativen auf Hanf-Basis auftritt (vgl. ebd.).

3 Zahlenmäßiger Nachweis

Der Finanzierungsplan wurde weitestgehend eingehalten, in einem geringen Umfang wurden Fördermittel nicht abgerufen.

Der zahlenmäßige Nachweis erfolgt durch die Finanzbuchhaltung der HAW Hamburg.

4 Verwertung der Projektergebnisse

Die Projektergebnisse werden auf vielfältige Weise weiterverwertet. Die folgenden Unterkapitel geben einen Einblick in den Nutzen, den das Projekt und die gewonnenen Erkenntnisse stiften.

4.1 Verwendbarkeit der Projektergebnisse

Die systematische Untersuchung sensorischer und techno-funktioneller Eigenschaften eines so großen Pools von Proteinpräparaten verschiedenster Ursprünge ist als bislang einzigartig anzusehen. Das Zusammentragen dieser Daten in einer Datenbank ist für die Lebens- und Futtermittelindustrie wertvoll, da mithilfe dieser Datenbank Produktentwickler*innen nun in die Lage versetzt werden, schnell, effizient und zielgerichtet eine Auswahl geeigneter Präparate für ihren Entwicklungsprozess zu treffen. Die Eigenschaften von Präparaten unterschiedlicher Lieferant*innen können nun objektiv miteinander verglichen werden, um eine fundierte Entscheidung für das „beste“ Präparat für die jeweilige Applikation zu treffen. Dies sollte den Wandel von Produkten mit vorwiegend tier-basierten Proteinen zu Produkten mit alternativen Proteinen wesentlich unterstützen und somit einen Beitrag zu einer nachhaltigeren Lebensmittel- / Futtermittelherstellung und Ernährung leisten.

Des Weiteren konnten die Analysen der Applikationsversuche dazu beitragen, Präparate zu identifizieren, die sich für den Einsatz in bestimmten Anwendungsfeldern eignen.

Sehr wertvoll ist auch der wissenschaftliche Beitrag der durchgeführten Arbeiten für den Bereich der Lebensmittelsensorik, der mit Veröffentlichung von Projektergebnissen erbracht wurde bzw. noch weiter erbracht wird. Wie in Kap. 2 bereits angemerkt, beschäftigen sich zwar zahlreiche Forschergruppen mit alternativen Proteinen, allerdings sind sensorische Untersuchungen von Proteinpräparaten und deren Applikationen in im vorliegenden Teilprojekt durchgeführten Umfang allerdings eher selten.

4.2 Erfolgte Veröffentlichungen

Im Rahmen des Teilvorhabens „Sensorische Analyse verschiedener Proteinzutaten und neuer Lebensmittel“ sind bereits zahlreiche Veröffentlichungen entstanden. Dazu gehören Abschlussarbeiten, die sich den Methoden und Herausforderungen der sensorischen Analyse von Proteinen, der Erarbeitung einer Best-Practice für sensorische Untersuchungen unter Lockdown-Bedingungen sowie der sensorischen Charakterisierung von Barista-Haferdrinks mit verschiedenen Proteinzutaten widmen, genauso wie Konferenzbeiträge in Form von Vorträgen, Video- und Posterpräsentationen, in denen Ergebnisse der sensorischen Analysen von Proteinzutaten und Lebensmittelapplikationen vorgestellt wurden.

4.3 Einbindung von gewonnenen Erkenntnissen in die Lehre an der HAW Hamburg

Im Projekt gewonnene Erfahrungen, aber auch untersuchte Proteinpräparate wurden im Rahmen des Möglichen in Lehrveranstaltungen des Bachelor-Studiengangs Ökotrophologie und des Master-Studiengangs Food Science sowie in studentische Projekte eingebracht. So wurden beispielsweise verschiedene Proteinzutaten aus dem zu untersuchenden Probenpool in Produktentwicklungsprojekten eingesetzt. Dies ermöglichte es den Studierenden, Erfahrungen mit den ernährungsphysiologischen Eigenschaften sowie den technischen und sensorischen Herausforderungen zu sammeln, die mit dem Einsatz alternativer Proteinzutaten in der Lebensmittelproduktentwicklung einhergehen. Auch wurden Studierende über die regulären Lehrveranstaltungen hinaus in die Forschungsarbeiten des Projektes eingebunden und konnten so erste eigene praktische Erfahrungen in der wissenschaftlichen Forschung gewinnen.

4.4 Auszeichnungen

Zu den weiteren innerhalb des Projektes generierten Erfolgen gehört eine Reihe von Auszeichnungen, die im Rahmen der Vorstellung von Projektergebnissen bei verschiedenen Konferenzen verliehen wurden. So wurden die Videobeiträge „Der Umgang mit sensorischen Untersuchungen in der Praxis während Zeiten der Corona Pandemie“ sowie „So schmeckt unsere Zukunft“ beim Wettbewerb „Call 4 Videos“ der Deutschen Gesellschaft für Sensorik (DGSens) in den Jahren 2021 bzw. 2022 mit dem Preis „Jungsensoriker des Jahres (Preis der Anwendung)“ von der Jury ausgezeichnet. Auch im Jahr 2023 wurde der Posterbeitrag „Building a sensory / technofunctional database for targeted selection of protein ingredients for food and feed product development“ von der DGSens mit diesem Preis prämiert. Die Qualität der Arbeit der HAW Hamburg wurde somit in drei aufeinanderfolgenden Jahren von den Juroren der Deutschen Gesellschaft für Sensorik mit Preisen honoriert. Zudem erhielt der

Beitrag „Aufbau einer sensorischen/techno-funktionellen Datenbank für die gezielte Auswahl von Proteinzutaten für die Entwicklung von Lebens- und Futtermitteln“ den Internationalen Sensorik Award 2024 der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG).

Literatur

- Ares, G., Bruzzone, F., Vidal, L., Cadena, R. S., Giménez, A., Pineau, B., . . . Jaeger, S. R. (2014). Evaluation of a rating-based variant of check-all-that-apply questions: Rate-all-that-apply (RATA). *Food Quality and Preference*, 36, 87-95. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.03.006>
- Chigwedere, C. M., Wanasundara, J. P. D., & Shand, P. J. (2022). Sensory descriptors for pulses and pulse-derived ingredients: Toward a standardized lexicon and sensory wheel. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(2), 999-1023. doi:<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12893>
- García Arteaga, V., Apéstegui Guardia, M., Muranyi, I., Eisner, P., & Schweiggert-Weisz, U. (2020). Effect of enzymatic hydrolysis on molecular weight distribution, technofunctional properties and sensory perception of pea protein isolates. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 65, 102449. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102449>
- Giacalone, D., & Hedelund, P. I. (2016). Rate-all-that-apply (RATA) with semi-trained assessors: An investigation of the method reproducibility at assessor-, attribute- and panel-level. *Food Quality and Preference*, 51, 65-71. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.02.017>
- Klahn, A. (2022). *Der Umgang mit sensorischen Untersuchungen in der Praxis während Zeiten der Corona Pandemie – Eine Analyse aus einer Online-Befragung mit Sensorik-Experten*. Bachelorarbeit.
- Meinlschmidt, P., Schweiggert-Weisz, U., Brode, V., & Eisner, P. (2016). Enzyme assisted degradation of potential soy protein allergens with special emphasis on the technofunctionality and the avoidance of a bitter taste formation. *LWT - Food Science and Technology*, 68, 707-716. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.01.023>
- NewFoodSystems. (2020). *Formantrag für ein FuEul-Vorhaben des im Rahmen der Bekanntmachung des BMBF „Innovationsräume Bioökonomie“ geförderten Innovationsraums „NewFoodSystems – Neue Lebensmittelsysteme“ mit dem Titel „Nachhaltige Proteinzutaten“*. Internes Dokument.
- Schädlich, R., & Lampe, C. (2022). Haferdrinkstudie: Landkarte als Orientierung. *DLG-Lebensmittel*(3/2022). Retrieved from <https://www.dlg.org/de/lebensmittel/themen/publikationen/magazin-dlg-lebensmittel/landkarte-als-orientierung#:~:text=Milch-Alternativen%20scheinen%20vor%20allem,bislang%20nur%20bei%204%20Prozent>
- Tuccillo, F., Kantanen, K., Wang, Y., Martin Ramos Diaz, J., Pulkkinen, M., Edelmann, M., . . . Katina, K. (2022). The flavor of faba bean ingredients and extrudates: Chemical and sensory properties. *Food Research International*, 162, 112036. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112036>
- Vaikma, H., Kaleda, A., Rosend, J., & Rosenvald, S. (2021). Market mapping of plant-based milk alternatives by using sensory (RATA) and GC analysis. *Future Foods*, 4, 100049. doi:<https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100049>
- Wittorf, S. (2021). *Sensorische Evaluation von Proteiningredienzien – Literaturrecherche zu Methoden und Herausforderungen der Protein-Sensorik sowie sensorischer Eigenschaften ausgewählter Proteine*. Bachelorarbeit.

Normen

Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (2014a). Sensorische Analyse – Allgemeiner Leitfaden für die Gestaltung von Prüfräumen (ISO 8589:2007 + Amd 1:2014); Deutsche Fassung EN ISO 8589:2010 + A1:2014. Beuth-Verlag, Berlin.

Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (2014b). Sensorische Prüfverfahren – Einfach beschreibende Prüfung (DIN 10964). Beuth-Verlag, Berlin.

Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (2014c). Sensorische Analyse – Allgemeiner Leitfaden für die Auswahl, Schulung und Überprüfung ausgewählter Prüfer und Sensoriker (ISO 8586:2012); Deutsche Fassung EN ISO 8586:2014. Beuth-Verlag, Berlin.

Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (2016). Sensorische Analyse – Prüfverfahren – Allgemeiner Leitfaden zur Erstellung eines sensorischen Profils (ISO 13299:2016); Deutsche Fassung EN ISO 13299:2016. Beuth-Verlag, Berlin.