

Jahresbericht 1999

Inhaltsverzeichnis

Arbeiten zum Genußwert von Lebensmitteln

- Aroma und Geschmack als Qualitätsparameter
 - Sensorische Ermittlung der Schlüsselaromastoffe von geröstetem Arabica Kaffee
 - Aromen und Fehlparomen von schwarzem und weißem Pfeffer
 - Identifizierung wichtiger Aromastoffe in Gerstenmalz (Karamalz)
 - Schlüsselaromastoffe in Schokolade
 - Solvent Assisted Flavor Evaporation (SAFE) - Eine neue, vielseitige Methode zur schonenden Aromastoffisolierung aus komplexen Lebensmittelmatrices
- Farbe als Qualitätsparameter
 - Vergleichende Studien zur Effektivität von Aminosäuren und Proteinen zur Melanoidinbildung
 - Identifizierung einer Farbstoffvorstufe der frühen Phase der Maillard-Reaktion von Kohlenhydraten und Aminosäuren
 - "CROSSPY" - Ein neues radikalisches Intermediat der Melanoidin-Bildung in Brotkruste und Röstkaffee
 - "BISARG" - Ein Beispiel einer farbigen Arginin-Modifikation von Proteinen

Arbeiten zu Struktur/Wirkungsbeziehungen bei Biopolymeren

- Untersuchungen zur Backwirksamkeit von DATEM
- Fraktionierung und Rekonstitution von Weizenmehl - Einfluss auf Teig rheologie und Backverhalten
- Charakterisierung von (-Gliadinen verschiedener Weizenarten
- Wirkungen extremer Schwefelbindung auf Mineralstoffgehalte, Proteinzusammensetzung und Klebereigenschaften von Weizen aus biologisch-dynamischem Anbau
- Quantitative Bestimmung von Thiolgruppen in Weizenmehl mit Ellman's Reagenz
- Untersuchungen zur Qualität von Trockenkleber
- Mikroskopische Untersuchungen von Weizenteigstrukturen und deren Bedeutung für die Teig- und Gebäckeeigenschaften

Arbeiten zur Charakterisierung toxischer Strukturen in Proteinen

- Bindung von Prolaminpeptiden an Bürstensaummembranen von Zöliakiepatienten und Kontrollpersonen

Tabellenwerk zum Nährstoffgehalt von Lebensmitteln

- [Nährwerttabelle Souci-Fachmann-Kraut \(SFK\) - Aktualisierung der Tabellen](#)
 - [Vergleich von Nährwertdaten aus älteren und aus neuen Nährwerttabellen](#)
-

Zusammenfassungen

1. ARBEITEN ZUM GENUSSWERT VON LEBENSMITTELN

1.1. Aroma und Geschmack als Qualitätsparameter

1.1.1. Sensorische Ermittlung der Schlüsselaromastoffe von geröstetem Arabica Kaffee

Ausgangslage: Bei Verdünnungsanalysen werden die relativen Intensitäten der Aromastoffe nach einer gaschromatographischen Trennung beurteilt. Wechselwirkungen der Aromastoffe, die in den meisten Fällen eine Schwächung der Wahrnehmung zur Folge hat, die sich bis zur völligen Maskierung ausweiten kann, werden nicht berücksichtigt. Es bleibt deshalb zunächst offen, welche der ausgewählten Verbindungen das Aroma hervorrufen.

Forschungsziel: Bei geröstetem Kaffee sollen die Aromastoffe durch die sensorische Bewertung von Aromastoffmodellen, die auf Ergebnissen von Auswahlverfahren und von instrumentellen Analysen beruhen, ermittelt werden, die an der Ausbildung des Aromas mitwirken.

Ergebnis: In einer Kaffeeprobe der Provenienz Kolumbien wurden die potenten Aromastoffe quantifiziert. Entsprechend den Ergebnissen wurden 27 Geruchsstoffe, die hohe Aromawerte zeigten, in einer Öl in Wasser Mischung (1:20, v/v) gelöst. Das Aromaprofil dieser Mischung stimmte recht gut mit dem des Originals überein. In Duo- und Triangeltests wurde das Aroma der vollständigen Mischung mit dem einer Mischung verglichen, in der ein oder mehrere Aromastoffe fehlten. Beteiligt waren 10 Prüfer, die insgesamt 18 unterschiedlich zusammengesetzte Mischungen beurteilten. Die Tests ergaben, dass 2-Furfurylthiol, 4-Vinylguajacol, einige Alkylpyrazine, Furanone, Acetaldehyd, Propanal, Methylpropanal, 2- und 3-Methylbutanal das Kaffeearoma verursachen.

Index

1.1.2. Aromen und Fehleraromen von schwarzem und weißem Pfeffer

Ausgangslage: Bei schwarzem Pfeffer wurden muffige und bei weißem fäkalartige Fehlnoten festgestellt.

Forschungsziel: Durchführung vergleichender Aromastoffanalysen von schwarzem und weißem Pfeffer. Gegenüberstellung der Aromastoffe von einwandfreien und von mit den Aromafehlern belasteten Proben.

Ergebnis: Bei Verdünnungs- und Konzentrierungsanalysen wurden ((-)-Linalool, (+)-(-)-Phellandren, (-)-Limonen, Myrcen, (-)-(-)-Pinen, 3-Methylbutanal und Methylpropanal als potente Aromastoffe von schwarzem Pfeffer erkannt. In Proben mit einem muffigen Fehleraroma wurden zusätzlich 3-Isopropyl-2-methoxypyrazin und 2,3-Diethyl-5-methylpyrazin gefunden. Insgesamt 14 Aromastoffe wurden in schwarzem Pfeffer quantifiziert. Auf der Basis der gefundenen Konzentrationen wurden Aromamodelle für

Proben mit und ohne Fehlroma hergestellt. Weglaßversuche zeigten, dass es sich bei (- und β -Pinen, Myrcen, (-Phellandren, Limonen, Linalool, Methylpropanal, 2- und 3-Methylbutanal, Buttersäure, und 3-Methylbuttersäure um die Schlüsselaromastoffe des schwarzen Pfeffers handelt. Das muffige Fehlroma wurde von einer Mischung bestehend aus 2,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 2,3-Diethyl-5-methylpyrazin und 0,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 3-Isopropyl-2-methoxypyrazin hervorgerufen. Das Aromamodell für weißen Pfeffer beinhaltete 17 Aromastoffe. Limonen, Linalool, (-Pinen, 1,8 Cineol, Piperonal, Buttersäure, 3-Methylbuttersäure, Methylpropanal, 2- und 3-Methylbutanal wurden in Weglaßversuchen als Schlüsselaromastoffe erkannt. Der fäkalartige Aromafehler wurde durch Skatol verursacht und durch p-Kresol verstärkt. In sechs Proben weißen Pfeffers war die Intensität der Fehlnote mit dem Anstieg in den Konzentrationen der beiden Aromastoffe korreliert, wobei die intensivste Probe 2,6 mg/kg Skatol und 12,4 mg/kg p-Kresol enthielt.

[Index](#)

1.1.3. Identifizierung wichtiger Aromastoffe in Gerstenmalz (Karamalz)

Ausgangslage: Malz ist ein wichtiger Rohstoff zur Bierbereitung, Spezialmalze werden zunehmend aber auch zur Aromaverstärkung bzw. -modifizierung bei verschiedenen Lebensmitteln verwendet ("breakfast cereals"). Obwohl in verschiedenen Studien bereits zahlreiche flüchtige Verbindungen in Malzen identifiziert wurden, ist bisher nicht bekannt, welche Verbindungen das typische Aroma verursachen.

Forschungsziel: Identifizierung der aromarelevanten Verbindungen in einem Spezial-Gerstenmalz durch Anwendung von Aromaextraktverdünnungstechniken (AEVA, GC/O-Headpace).

Ergebnis: In einem Aroma-Destillat aus Karamalz (Gerstenmalz) wurden mittels Aromaextraktverdünnungsanalyse und Gaschromatographie/Olfaktometrie von Headspaceproben (SHO) 42 geruchsaktive Verbindungen erkannt und auf der Basis von Referenzaromastoffen strukturell zugeordnet. 3-Methylbutanal (malzartig), 1-Octen-3-on (pilzartig), Methional (nach gekochten Kartoffeln), (E,E)-2,4-Decadienal (fettig), Furaneol (karamelartig), Vanillin (nach Vanille) sowie 2- und 3-Methylbuttersäure (schweißartig) wurden mit den höchsten FD-Faktoren charakterisiert. Durch Anwendung der SHO wurden zusätzlich die leichtflüchtigen Aromastoffe Dimethylsulfid und 2-Methylpropanal identifiziert. Unter 15 weiteren Verbindungen, die in unseren Arbeiten erstmals als Malzaromastoffe identifiziert wurden, lieferten insbesondere 2-Methyl-3(methyldithio)furan (fleischartig) und 3-Hydroxy-4,5-dimethyl-2(5H)-furanon (nach Maggi-Würze) den höchsten Aromabeitrag.

[Index](#)

1.1.4. Schlüsselaromastoffe in Schokolade

Ausgangslage: Das Aroma von Schokolade wird insbesondere vom Hauptrohstoff Kakao, daneben auch von weiteren Bestandteilen, wie Milchpulver oder Haselnußanteilen geprägt. Während über flüchtige Verbindungen in Kakao bereits zahlreiche Untersuchungen in der Literatur vorliegen, wurden die Aromastoffe von Schokolade bisher wenig untersucht. Objektive Aussagen über Aromaveränderungen bei Schokolade in Abhängigkeit von Rezeptur, Herstellungsverfahren oder Lagerung sind daher bisher nicht möglich.

Forschungsziel: Identifizierung der wichtigen Aromastoffe in Bitterschokolade; Vergleich mit denjenigen in Milkschokolade. Untersuchungen zum Einfluß der Aufarbeitungsmethodik auf Schlüsselaromastoffe in Milkschokolade.

Ergebnis: Durch Anwendung der Aromaextraktverdünnungsanalyse auf ein schonend gewonnenes Aromadestillat (Etherextraktion, Hochvakumdestillation (HVD)) aus Bitterschokolade konnten 33 geruchsaktive Verbindungen detektiert werden. Die Identifizierungsexperimente, in Verbindung mit den Flavor Dilution (FD)-Faktoren zeigten, dass Vanillin, 2-Methoxy-3-isopropylpyrazin (erdig), 2,3-Diethyl-5-methylpyrazin (nach Kartoffelchips), 2- und 3-Methylbuttersäure (schweißartig), 2-Phenylethanol (blütig) und 3-Hydroxy-2,3-dimethyl-3(2H)-furanon (HDF; karamelartig) den höchsten Beitrag zum Aroma von Bitterschokolade leisten. Im Vergleich zu den Aromastoffen einer Milkschokolade waren insbesondere die FD-Faktoren von HDF und 2-Methoxy-3-isopropylpyrazin deutlich höher. Untersuchungen zum Einfluß der Methodik zur Aromastoffisolierung auf die Aromastoffzusammensetzung, die an Milkschokolade durchgeführt wurden, zeigten, dass die Konzentrationen einer Reihe von Verbindungen bei Anwendung einer simultanen Wasserdampfdestillation/Extraktion (SDE) deutlich erhöht waren. So stieg die Konzentration von z.B. Phenylacetaldehyd im SDE-Extrakt um den Faktor 120 gegenüber der schonenden Extraktion/Vakuumdestillation (HDV) an. Zusätzlich waren auch die Mengen an 5-Methyl-(E)-2-hepten-4-on, Diacetyl und 3-Methylbutanal im SDE-Extrakt deutlich höher.

[Index](#)

1.1.5. Solvent Assisted Flavor Evaporation (SAFE) - Eine neue, vielseitige Methode zur schonenden Aromastoffisolierung aus komplexen Lebensmittelmatrices

Ausgangslage: Die Isolierung von Aromastoffen aus komplexen Matrices stellt aus verschiedenen Gründen nach wie vor eine Herausforderung für den Analytiker dar. So können einerseits Artefaktbildungen, andererseits die Instabilität von Aromastoffen oder Aufarbeitungsverluste zur Fehlidentifizierungen führen.

Forschungsziel: Entwicklung eines schnellen und schonenden Verfahrens zur direkten Isolierung von Aromastoffen aus wässrigen Lebensmitteln, Lebensmittelsuspensionen und Lösungsmittelextrakten.

Ergebnis: In Zusammenarbeit mit der Glasbläserei Bahr wurde zunächst ein thermostatisierbarer Destillationskopf entwickelt und erprobt, der es gestattet, einerseits wässrige Lebensmittel bzw. Suspensionen sowie andererseits Lösungsmittelextrakte bei Raumtemperatur unter hohem Vakuum zu destillieren, wobei das Lösungsmittel als Destillationshilfe dient. Ein Ausbeutevergleich an einer Modell-Lösung zeigte, daß die SAFE-Technik höhere Ausbeuten bei Lösungsmittelextrakten oder Fett/Lösungsmittelgemischen liefert als die derzeit verwendete Methode der kombinierten Extraktion/Hochvakuumdestillation (HVD). Die direkte Destillation von Fruchtpulpen in Kombination mit der Isotopenverdünnungsanalyse erlaubte die schnelle Quantifizierung (ca. 60 min) auch sehr polarer und relativ instabiler Aromastoffe wie 4-Hydroxy-2,5-dimethyl-3(H)-furanon in Erdbeeren (3,2 mg/kg) oder Tomaten (340 µg/kg). Die direkte Destillation von Bier oder Orangensaft ergab aromaintensive, wässrige Destillate frei von nichtflüchtigen Komponenten.

[Index](#)

1.2. Farbe als Qualitätsparameter

1.2.1. Vergleichende Studien zur Effektivität von Aminosäuren und Proteinen zur Melanoidinbildung

Ausgangslage: Bei der thermischen Verarbeitung von Lebensmitteln werden neben Aromastoffen insbesondere Braunstoffe gebildet. Bei diesen Farbstoffen unterscheidet man niedermolekulare Farbstoffe mit Molekulargewichten bis zu 3000 Da von farbigen Makromolekülen, den sog. Melanoidinen, mit Molekulargewichten von bis zu 150 000 Da. Seit langem wird vermutet, dass diese Macromoleküle durch thermisch induzierte Polymerisierung von Aminosäuren und Kohlenhydraten gebildet werden. Die Rolle von Lebensmittelproteinen in der Melanoidin-Bildung war hingegen bislang nicht beachtet worden. Es ist deshalb bislang unklar, inwieweit Aminosäuren sowie Proteine an der Bildung von Lebensmittelmelanoidinen beteiligt sind.

Forschungsziel: Klärung der Effektivität von Aminosäuren und Proteinen zur Melanoidin-Bildung

Ergebnis: Um die Effektivität von Aminosäuren und Proteinen zur Bildung von Melanoidinen vergleichen, wurde zunächst eine wässrige Lösung von Glucose und L-Alanin erhitzt und dann mittels Ultrazentrifugation fraktioniert. Der Hauptteil der farbigen Verbindungen wies niedere Molekulargewichte (<1000 Da) auf. Verbindungen mit Molekulargewichten > 3000 Da wurden nur in Spuren gebildet. Vergleichsweises Erhitzen einer wässrigen Casein/Glucose-Lösung führte zu einer kohlenhydrat-induzierten Oligomerisierung des Proteins. Über 43 % der Reaktionsmischung bestanden aus Pentameren oder höheren Oligomeren des Caseins mit Molekulargewichten von über 100 000 Da. Parallel zu dieser Proteinquervernetzung wurde intensive Bräunung beobachtet. Chromophore Substrukturen aus dem Kohlenhydratabbau sind offensichtlich kovalent an die Proteinoligomere geknüpft. Diese Daten machen wahrscheinlich, dass Lebensmittelmelanoidine nicht durch die lange Zeit vermutete Polymerisierung niedermolekularer Reaktionsprodukte, sondern durch Anknüpfung niedermolekularer Chromophore an Biopolymere wie Proteine gebildet werden.

[Index](#)

1.2.2. Identifizierung einer Farbstoffvorstufe der frühen Phase der Maillard-Reaktion von Kohlenhydraten und Aminosäuren

Ausgangslage: Die Maillard-Reaktion von Kohlenhydraten und Aminosäuren trägt entscheidend zur Bräunung erhitzter Lebensmittel bei. Trotz zahlreicher Untersuchungen liegen bislang jedoch kaum Kenntnisse über die Bildung von Farbstoffen aus Vorstufen vor. Informationen hierüber wären jedoch sehr hilfreich, um in Zukunft die Farbentwicklung bei der Lebensmittelverarbeitung besser steuern zu können.

Forschungsziel: Charakterisierung von Reaktionsintermediaten der Bräunung erhitzter Kohlenhydrat/L-Alanin-Lösungen.

Ergebnis: Die Bestimmung der Effektivität verschiedener Kohlenhydratabbauprodukte zur Farbstoffbildung ergab Furan-2-aldehyd und Glykolaldehyd in der Reaktion mit L-Alanin als die potentesten Bräunungsvorstufen. ESR-Untersuchungen machten deutlich, dass die Bräunungsreaktionen von Furan-2-aldehyd über rein ionische Mechanismen verläuft,

während in gebräunten Glykolaldehyd-haltigen Reaktionsmischungen intensive Radikalbildung beobachtet wurde. Diese Radikale konnten ebenso in erhitzten Lösungen von L-Alanin und Pentosen sowie Hexosen detektiert werden und konnten auf der Basis von ESR- und LC/MS-Messungen als 1,4-Dialkylpyrazinium-Radikalkationen identifiziert werden. Studien zu deren Bildung ergaben, dass zunächst Glyoxal durch Fragmentierung des Kohlenhydratskeletts freigesetzt wird. Dieses Glyoxal bzw. durch Reaktion mit der Aminosäure gebildetes Imin werden in einem zweiten Reaktionsschritt dann durch Reduktone zu den direkten Vorstufen Glykolaldehyde bzw. Alkylaminoacetaldehyd reduziert, aus denen nach Dimerisierung und Oxidation die Radikalkationen hervorgehen. Weitere Modellexperimente zeigten auf, dass nicht die Radikalkationen selbst, sondern durch Redox-Reaktion und Hydrolyse gebildete hydroxylierte 1,4-Dialkyl-1,4-dihydropyrazine die eigentlichen unmittelbaren Vorstufen von Bräunungsprodukten darstellen.

[Index](#)

1.2.3. "CROSSPY" - Ein neues radikalisches Intermediat der Melanoidin-Bildung in Brotkruste und Röstkaffee

Ausgangslage: Die Bräunung stellt einen der wichtigsten Qualitätsparameter erhitzter Lebensmittel wie z.B. Brotkruste oder Kaffee dar. Gelchromatographische Untersuchungen ergaben, dass diese Bräunung insbesondere durch hochmolekulare Verbindungen unbekannter Struktur (Melanoidine) hervorgerufen wird. In Modellstudien zeigten sich Proteine und reduzierende Kohlenhydrate als effektive Vorstufen solcher Melanoidine. Trotz zahlreicher Untersuchungen liegen bislang jedoch kaum Kenntnisse über deren Bildung aus farblosen proteingebundenen Reaktionsintermediaten vor. Informationen hierüber wären jedoch sehr hilfreich, um in Zukunft die Bräunung bei der Lebensmittelverarbeitung besser kontrollieren zu können.

Forschungsziel: Klärung der Struktur farbloser proteingebundener Bräunungsvorstufen (Prämelanoidine) der Melanoidin-Bildung in erhitzten Lebensmitteln.

Ergebnis: Um Einblicke in die Rolle von Proteinen und Kohlenhydraten in der Melanoidin-Bildung zu erhalten, wurden thermisch induzierte Bräunungsreaktionen zwischen Protein-gebundenem Lysin und Kohlenhydraten studiert. ESR-spektroskopische Untersuchungen an Melanoidinen, die aus erhitzten Lösungen von Rinderserumalbumin und Glykolaldehyd isoliert worden waren, sowie synthetische Studien mit N(-Acetyl-L-lysin führten zur erstmaligen Identifizierung von Protein-gebundenen 1,4-Bis-(5-amino-5-carboxy-1-pentyl)-pyrazinium-Radikalkationen ("CROSSPY"). Diese bislang unbekannt Crosslink-Aminosäure, die an der Proteinoligomerisierung sowie an der Melanoidinbildung beteiligt ist, konnte auf der Basis ESR-spektroskopischer Untersuchungen auch erstmals als ein Bräunungsintermediat in erhitzten Lebensmitteln wie z.B. Brotkruste oder Röstkaffee nachgewiesen werden.

[Index](#)

1.2.4. "BISARG" - Ein Beispiel einer farbigen Arginin-Modifikation von Proteinen

Ausgangslage: Untersuchungen in unserer Arbeitsgruppe zeigten Proteine als effektive Prämelanoidine auf und machten die Rolle von Lysin-Seitenketten in der Bräunungsreaktion deutlich. Ob neben Lysin- auch Arginin-Seitenketten an der Bildung von proteingebundenen Chromophoren beteiligt sind, ist bislang jedoch nicht bekannt.

Forschungsziel: Klärung der Struktur einer aus der Reaktion mit den Kohlenhydratabbauprodukten Glyoxal und Furan-2-aldehyd gebildeten farbigen Arginin-Modifikation von Proteinen.

Ergebnis: Um eine mögliche Beteiligung von Arginin-Seitenketten zu studieren, wurde N(-Acetyl-L-arginin mit den Kohlenhydratabbauprodukten Glyoxal und Furan-2-aldehyd in wässriger Lösung bei pH 7.0 bis zur intensiven Bräunung erhitzt. Die farbige Hauptkomponente wurde isoliert und als das rot-farbene (S,S)-1-(4-Acetylamino-4-carboxy-1-butyl)-2-imino-4-[(Z)-(2-furyl)methylidene]-5-(2-[1-(4-acetylamino-4-carboxy-1-butyl)-4-[(E)-(2-furyl)methylidene]-5-oxo-1,3-imidazol-2-ynyl](azamethylidene-1,3-imidazolidine ("BISARG")) identifiziert. Damit ist es erstmals gelungen zu zeigen, dass in der Maillard-Reaktion Arginin-Seitenketten von Proteinen über intensiv farbige Kohlenhydratstrukturen vernetzt werden können. Solche Verbindungen tragen somit sowohl zur Oligomerisierung von Proteinen als auch zur Melanoidinbildung bei.

[Index](#)

2. ARBEITEN ZU STRUKTUR/WIRKUNGSBEZIEHUNGEN BEI BIOPOLYMEREN

2.1. Untersuchungen zur Backwirksamkeit von DATEM

Ausgangslage: In vorangegangenen Arbeiten wurden aus dem Emulgator DATEM drei wirksamen Hauptkomponenten isoliert und in ihrer Struktur aufgeklärt. Die erhaltenen Mengen reichten jedoch für die rheologische und backtechnische Prüfung nicht aus, die zur Beurteilung ihrer Wirksamkeit erforderlich sind. Außerdem stellte sich die Frage, inwieweit die Standardvorschrift zur industriellen Herstellung des DATEM-Präparates hinsichtlich der Gehalte an wirksamen Hauptkomponenten optimiert werden kann.

Forschungsziel: Synthese der wirksamen DATEM-Komponenten in Mengen, die für die Durchführung von Zug- und Backversuchen reichen, sowie systematische Untersuchungen zur Optimierung von Parametern der DATEM-Synthese.

Ergebnis: Die drei wirksamen Hauptkomponenten von DATEM, P5-8-1, P3-10-1 und P5-12-1 wurden für rheologische und backtechnische Untersuchungen in größeren Mengen synthetisiert und gereinigt. Alle Einzelkomponenten bewirkten im Mikro- wie im Makrobackversuch eine Erhöhung des Brotvolumens, wobei die optimale Zusatzmenge (0,2 %) niedriger lag als beim DATEM-Präparat (0,3 %). P5-12-1 erwies sich etwas weniger wirksam als die beiden anderen Komponenten. Im Gegensatz dazu war P5-12-1 bei den rheologischen Untersuchungen (Zugversuch an Teig) am wirksamsten. Dies zeigt, dass verschiedene Wirkungsmechanismen von DATEM in der Teig- und Ofenphase vorliegen. In der Teigphase steht die Wechselwirkung der Emulgatormoleküle mit den Kleberproteinen im Vordergrund. Dies äußert sich in einer größeren Festigkeit des Teiges. In der Ofenphase werden die Emulgatormoleküle aus dem Kleber verdrängt, lagern sich an der Innenseite der Gasblasen an und erhöhen dadurch das Brotvolumen. Die Parameter der Standardvorschrift zur Herstellung von DATEM wurden systematisch variiert, um möglichst hohe Gehalte der drei wirksamen Hauptkomponenten zu erzielen. Niedrige Temperaturen bei der Synthese sind günstig, und mit Natriumacetat als Katalysator wurde die Ausbeute an den aktiven Komponenten auf über 80 % gesteigert. Die höchste Ausbeute (90 %) wurde bei Verwendung von Pyridin als Katalysator und Tetrahydrofuran als Lösungsmittel erzielt.

[Index](#)

2.2. Fraktionierung und Rekonstitution von Weizenmehl - Einfluss auf Teigrheologie und Backverhalten

Ausgangslage: Für die Beurteilung der Beiträge einzelner Mehlfraktionen und -komponenten zur Backqualität und Teigrheologie wurden diese bisher einem nativen Mehl zugesetzt. Ein Nachteil dieses Verfahrens ist der Umstand, dass die Zusammensetzung der Mehle mit und ohne Zusatz verschieden ist.

Forschungsziel: Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Fraktionierung und Rekonstitution von Weizenmehl, wobei die Einflüsse verschiedener Mehlfraktionen auf die rheologischen Teigeigenschaften und das Backverhalten untersucht werden sollen.

Ergebnis: Es wurde eine Methode zur Fraktionierung und Rekonstitution von Weizenmehl ausgearbeitet, die es in Verbindung mit rheologischen und backtechnischen Mikromethoden erlaubt, die Bedeutung einzelner Mehlfraktionen für Teig und Backqualität zu beurteilen. Für die Untersuchungen wurden zwei Weizensorten (Glockner, Flair) mit unterschiedlicher Backfähigkeit verwendet. Die Fraktionierung beinhaltete die Entfettung von Mehl mit Dichlormethan, die Herstellung eines Teiges, die Zentrifugation der Waschflüssigkeit sowie die Isolierung einer löslichen Fraktion und zweier Stärkefraktionen. Das Volumen der Brote aus den rekonstituierten Mehlen war um ca. 20 % geringer als das der nativen Mehle, die entsprechenden Teige und Kleber waren fester und weniger dehnbar als bei den nativen Mehlen. Das Anteigen des rekonstituierten Mehles unter Zusatz von Glutathion (0-150 nmol/g Mehl) näherte die rheologischen Eigenschaften dem nativen Mehl an. Die Herstellung rekonstituierter Mehle mit steigenden Gesamtproteingehalten (8-16 %) bestätigte die Proportionalität dieses Parameters zum Backvolumen. Der negative Einfluss von Nichtkleberproteinen auf die Teigeigenschaften wurde durch die Herstellung rekonstituierter Mehle mit unterschiedlichen Gehalten an löslicher Fraktion (5-9 %) demonstriert. Die teigerweichende Wirkung von Gliadin und die verfestigende Wirkung von Glutenin konnte durch 10 %igen Zusatz dieser Fraktion zu Kleber gezeigt werden. Der Zusatz von HMW-Untereinheiten des Glutenins führte zu einem Anstieg des Dehnwiderstandes und der Dehnbarkeit des Teiges, während LMW-Untereinheiten des Glutenins nur den Dehnwiderstand erhöhten. Backversuche unter Zusatz dieser Fraktionen zeigten, dass HMW-Untereinheiten eine Erhöhung des Brotvolumens bewirkten; der Zusatz von LMW-Untereinheiten hatte den gegenteiligen Effekt.

[Index](#)

2.3. Charakterisierung von ω -Gliadinen verschiedener Weizenarten

Ausgangslage: ω -Gliadine sind unter den Kleberproteinen die am wenigsten untersuchten Proteine. So liegen keine Gesamtaminosäuresequenzen vor, und Aussagen über die Molekulargewichte stützen sich nur auf die Mobilität bei der SDS-PAGE. Untersuchungen der Literatur beschäftigen sich fast ausschließlich mit den (-Gliadinen des Saatweizens.

Forschungsziel: Isolierung der (-Gliadine von Vertretern aller kultivierten Weizenarten durch RP-HPLC und Charakterisierung ihrer Aminosäurezusammensetzungen und tatsächlichen Molekulargewichte.

Ergebnis: Untersucht wurden drei Genotypen des Saatweizens (Winterweizen, Sommerweizen, Weizen/Roggen-Hybride) sowie je eine Sorte von Dinkel, Hartweizen, Emmer und Einkorn. Die Gliadinfraktionen wurden aus den Mehlen nach einer Salzextraktion

mit 60 %igem Ethanol extrahiert und durch RP-HPLC an C₈-Kieselgel in einzelne ω -Gliadine aufgetrennt. Die HPLC-Muster der ω -Gliadine zeigen für die einzelnen Weizensorten und -arten typische Unterschiede. Sechs bis neun Haupt- und NebenkompONENTEN wurden jeweils gesammelt und auf Aminosäurezusammensetzung und Molekulargewicht analysiert. Die ω -Gliadine aller Weizenarten zeichnen sich gegenüber den übrigen Kleberproteinen durch stark erhöhte Gehalte an Glx, Pro und Phe aus. Charakteristische Unterschiede in den Anteilen dieser Aminosäuren erlauben eine klare Einteilung in den ω 5-Typ und ω 1,2-Typ. Innerhalb dieser Typen weisen die verschiedenen Weizen nur geringe Abweichungen auf. Der ω 5-Typ hat 51-57 % Glx, 18-21 % Pro und 9-10 % Phe und der ω 1,2-Typ 39-45 % Glx, 22-31 % Pro und 6-8 % Phe. Typisch unterschiedlich sind auch noch die Werte von Leu und Ile. Bemerkenswert ist, dass Emmer und Einkorn keine Gliadine vom ω 1,2-Typ besitzen. Die Ergebnisse der massenspektrometrischen Molekulargewichtsbestimmung zeigen Bereiche von 44.000-55.000 für den ω 5-Typ und 34.000-44.000 für den ω 1,2-Typ. Die Werte liegen somit um mehr als 30 % niedriger als die mit SDS-PAGE ermittelten Werte.

[Index](#)

2.4. Wirkungen extremer Schwefeldüngung auf Mineralstoffgehalte, Proteinzusammensetzung und Klebereigenschaften von Weizen aus biologisch-dynamischem Anbau

Ausgangslage: Schwefel (S)-Mangel im Boden führt bei Weizen zu erheblichen Ertragsverlusten und zu Qualitätseinbußen aufgrund zäherer Teige und geringerer Gebäckvolumina. Dies kann durch eine gezielte S-Düngung verhindert werden. Nicht bekannt ist, ob stark erhöhte S-Gaben die Festigkeit von Teig weiter verringern, und welche Auswirkungen diese auf die Mineralstoffgehalte und quantitative Kleberproteinzusammensetzung von Korn und Mehl haben.

Forschungsziel: Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher S-Düngung auf Mineralstoffgehalte, qualitative und quantitative Zusammensetzung der Kleberproteine und rheologische Eigenschaften des Klebers von Weizen aus biologisch-dynamischem Anbau.

Ergebnis: Die Weizensorte Bussard wurde unter biologisch-dynamischen Anbauverhältnissen mit verschiedenen Schwefelmengen (0, 50, 100, 200, 400 kg S/ha) gedüngt. Analysen am ganzen Korn ergaben, dass sich die einzelnen Proben weder im N-, S-, K- und Mg-Gehalt noch im Anteil von Gesamtgliadin, Gesamtglutenin und HMW-Untereinheiten signifikant unterscheiden. Der S- und K-Gehalt von Stroh hingegen steigt mit zunehmender S-Düngung deutlich an. Auch die HPLC-Analysen entsprechender Endospermmehle lassen keine Unterschiede bezüglich der qualitativen und quantitativen Kleberproteinzusammensetzung erkennen. Zugversuche an Kleber, die aus den Endospermmehlen ausgewaschen wurden, zeigen jedoch, dass mit steigender S-Düngung die Kleberfestigkeit kontinuierlich abnimmt. Dies lässt einen durch die S-Düngung bedingten Anstieg niedermolekularer Thiolverbindungen wie Glutathion vermuten, die bekanntlich zur Teig- und Klebererweichung beitragen.

[Index](#)

2.5. Quantitative Bestimmung von Thiolgruppen in Weizenmehl mit Ellman's Reagenz

Ausgangslage: Der Thiolgehalt in Mehl bestimmt weitgehend die rheologischen Eigenschaften von Weizenteigen, es fehlt jedoch eine einfache, für Weizenmehl ausreichend optimierte Bestimmungsmethode.

Forschungsziel: Optimierung der klassischen Ellman-Methode für die Thiol-Bestimmung in Weizenmehl und deren Anwendung zur Untersuchung des Einflusses von Lagerung, Luftsauerstoff und Lipiden auf den Mehlthiolgehalt.

Ergebnis: Die quantitative Erfassung von Thiolgruppen in Weizenmehl mit Ellman's Reagenz hängt stark von der Extraktions- und Anfärbemethode und dem Lösungsmittel ab. Die höchsten Werte wurden erhalten, in dem das in einem SDS-haltigen Lösungsmittel suspendierte Mehl 60 min unter N₂ gerührt und dann das Reagenz zugegeben wurde. Aufgrund der leicht gelblichen Eigenfärbung der Extrakte muss gegen eine Mehlblindprobe (ohne Reagenz) gemessen werden. Eine thermolytische Partialhydrolyse der extrahierten Proteine ergab keine Steigerung der Werte, so dass von einer guten Zugänglichkeit der Thiolgruppen im Proteinverband ausgegangen werden kann. Untersuchungen an frischem und gelagertem Mehl ergaben, dass der Thiolgehalt während der Lagerung deutlich abnimmt, wobei die Anwesenheit von Luftsauerstoff und Mehllipiden von großer Bedeutung ist. Luftsauerstoff und der davon abhängige Thiolgehalt bestimmen auch die rheologischen Teigeigenschaften; Teige, die unter Stickstoff bereitet werden, haben einen geringeren Dehnwiderstand und eine erhöhte Dehnbarkeit.

[Index](#)

2.6. Untersuchungen zur Qualität von Trockenkleber

Ausgangslage: Die Qualität von Trockenkleber des Handels kann sehr unterschiedlich sein und hängt von zahlreichen Parametern, z.B. von der Weizensorte und der Prozessführung, ab. Bisher ist nicht bekannt, in welchem Ausmaß diese Parameter die Qualität des Endproduktes bestimmen.

Forschungsziel: Objektivierung des Einflusses der thermischen Behandlung bei der Trocknung von Kleber in Abhängigkeit von der Qualität des eingesetzten Weizenmehls und Entwicklung einfacher Methoden zur Qualitätsbeurteilung von Trockenkleber.

Ergebnis: Als Ausgangsmaterial wurden die Mehlmischung A (Backmehl), die einen festen Teig und Kleber bildet, und die Mehlmischung C (Keksmehl), die einen weichen Teig und Kleber bildet, verwendet. Zugversuche an den aus Teigen bzw. aus Mehlsuspensionen gewonnenen Feuchtklebern zeigen, dass sowohl das Ausgangsmehl als auch die Auswaschbedingungen (mit oder ohne Salz, 5 oder 10 min) die rheologischen Eigenschaften beeinflussen. Erwärmen von Feuchtklebern führt ab einer Temperatur von 60-70°C zu einer starken Verfestigung. Gefriertrocknung und insbesondere Vakuumtrocknung mit anschließender Rehydratisierung ergeben im Vergleich zu den entsprechenden Feuchtklebern festere Produkte; durch die Stresstrocknung unter permanentem Kneten verliert der Kleber seine typischen rheologischen Eigenschaften. Mit einem Modellteig auf der Basis von Stärke und Gelatine kann der Beitrag von Trockenkleber zu den Kneteigenschaften von Teigen und mit einem Roggenmodellteig der Beitrag zur Backqualität ermittelt werden. Die Untersuchung von gefriergetrocknetem Kleber aus neun Weizensorten mit diesen Modellen zeigt eine gute Übereinstimmung mit den Knet- und Backeigenschaften der entsprechenden Mehle.

Index

2.7. Mikroskopische Untersuchungen von Weizenteigstrukturen und deren Bedeutung für die Teig- und Gebäckigenschaften

Ausgangslage: Formen und Rundwirken während der Teigruhe führt zu einer besseren Gebäckform, höherem Gebäckvolumen und größerer Porung. Außerdem kommt es zu einer deutlichen Erhöhung der Teigfestigkeit beim Zugversuch. Die Ursachen hierfür sind nicht bekannt.

Forschungsziel: Mikroskopische Untersuchungen an Teig und Gebäck sollen in Verbindung mit rheologischen Messungen und Backversuchen einen Einblick in die durch die Bearbeitung veränderten Teigstrukturen geben.

Ergebnis: Die mikroskopischen Untersuchungen an Teig und Gebäckkrume zeigen, dass Formen und Rundwirken während der Teigruhe zu einer Entmischung von Stärke und Kleber führt, wobei ein Klebnetz mit dicken Strängen und großen Maschen gebildet wird. Die Entmischung bewirkt im Zugversuch einen deutlichen Anstieg der Teigfestigkeit, die als Maß für den Grad der Entmischung herangezogen werden kann. Die Entmischung kann durch Zusätze, die die Aggregation der Kleberproteine behindern, z.B. Harnstoff, Olivenöl oder Pentosane, eingeschränkt werden. Sie hängt außerdem von der Kleberstärke der Weizensorte ab. Die Entmischung ist für die Teigstabilität während der Teiggare und für Gebäckform, -volumen und -porung verantwortlich.

Index

3. ARBEITEN ZUR CHARAKTERISIERUNG TOXISCHER STRUKTUREN IN PROTEINEN

3.1. Bindung von Prolaminpeptiden an Bürstensaummembranen von Zöliakiepatienten und Kontrollpersonen

Ausgangslage: Die Aufklärung der Pathogenese ist einer der Schwerpunkte der internationalen Zöliakieforschung. Die Bindung von Peptiden, die im Verdauungstrakt aus den Prolaminen gebildet werden, an die Darmschleimhaut wird als erster Schritt innerhalb der komplexen Mechanismen angesehen. Umstritten ist, ob diese Bindung zöliakiespezifisch ist.

Forschungsziel: Mit Hilfe von Gewebe aus der Darmschleimhaut und daraus isolierten Membranen soll gezeigt werden, ob in den Bindungskapazitäten der Membranen Unterschiede zwischen Zöliakiepatienten und Kontrollpersonen bzw. zwischen Peptiden aus zöliakietoxischen und nicht-toxischen Prolaminen bestehen.

Ergebnis: Für die Bindungsstudien wurden zwei Peptide (GX1: FPGQQQPFPPQQ, GXIV: LQPQNPSQQQPQ) aus dem zöliakieaktiven N-terminalen Bereich von (-Gliadin) und ein Peptid (ZI: LAPSAIIPQFLPPV) aus den wiederkehrenden Sequenzen des nicht-toxischen Zeins von Mais am Peptidsynthesizer synthetisiert. Die Peptide wurden biotinyliert und mittels Umkehrphasen-HPLC und Gelpermeations-HPLC gereinigt. Reinheit und Zusammensetzung der Peptide wurde durch Sequenzierung und ESI-MS überprüft. Darüberhinaus wurde ein peptisch-tryptisches Hydrolysat von Gliadin (PT-GLI) hergestellt. Aus Biopsien von Zöliakiepatienten mit flacher Schleimhaut (n = 49) und regenerierter Schleimhaut (n = 30) sowie von Kontrollpersonen (n = 43) wurden Bürstensaummembranen

gewonnen und mit den Peptiden umgesetzt. Die Bindungskapazitäten wurden über einen Chemiluminiszenz-Assay (peroxidasekonjugiertes Streptavidin, Luminol) bestimmt. Die Ergebnisse zeigen, dass PT-GLI weit mehr gebunden wird als die beiden synthetischen Gliadinpeptide, die sich kaum unterscheiden. Am wenigsten wird das Zeinpeptid gebunden. Des Weiteren besteht die Tendenz, dass die Membranen aus regenerierter Schleimhaut von Zöliakiepatienten eine höhere Bindungskapazität besitzen als diejenigen der Kontrollpersonen, die Unterschiede sind jedoch nur bei PT-GLI ($p = 0,002$) und bei ZI ($p = 0,025$) signifikant. Die Gruppe der Zöliakiepatienten mit flacher Schleimhaut liegt in den Werten zwischen den beiden anderen Gruppen.

[Index](#)

4. TABELLENWERK ZUM NÄHRSTOFFGEHALT VON LEBENSMITTELN

4.1. Nährwerttabelle Souci-Fachmann-Kraut (SFK) - Aktualisierung der Tabellen

Ausgangslage: Dem derzeitigen Wissensstand entsprechende Tabellen über die Zusammensetzung der Lebensmittel sind für Administration, Ernährungsberatung, Wirtschaft und Wissenschaft unentbehrlich.

Forschungsziel: Das von Souci, Fachmann und Kraut (SFK) gegründete Tabellenwerk ist durch Erfassung und Auswertung des gesamten einschlägigen Datenmaterials und mit Hilfe der PC-Datenbank SFKDB ständig auf dem aktuellen wissenschaftlichen Stand zu halten. Dies gilt auch für die davon abgeleitete kleine Lebensmitteltabelle. In Zukunft soll sich das Spektrum der Inhaltsstoffe verstärkt nach präventivmedizinischen Gesichtspunkten ausrichten.

Ergebnis: In dem Berichtszeitraum wurden für die Herausgabe der 6. Auflage der großen SFK-Tabelle folgende Arbeiten durchgeführt: - Abschluss der Aktualisierung der Daten; Erstellung der Druckvorlagen durch die SFKDB-Datenbank; Übermittlung der korrigierten Tabellenausdrucke zur fachlichen Überprüfung an die Mitglieder der BML-Arbeitsgruppe; danach Übermittlung des gesamten Tabellenmaterials als endgültige Druckvorlage an die Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart. Das Tabellenwerk soll Ende des Jahres fertig sein. - Vorbereitung der 3. Auflage des "kleinen Souci-Fachmann-Kraut, Nährwerttabelle für die Praxis".

Ausgangslage: Dem jeweiligen Wissensstand entsprechende Tabellen über die Zusammensetzung der Lebensmittel sind für Administration, Ernährungsberatung, Wirtschaft und Wissenschaft unentbehrlich.

[Index](#)

4.2. Vergleich von Nährwertdaten aus älteren und aus neuen Nährwerttabellen

In der Öffentlichkeit wird jetzt häufig die Frage diskutiert, ob durch die derzeitigen Umwelt- und Produktionsbedingungen die Nährstoffgehalte der heute im Handel befindlichen Lebensmittel gegenüber jenen aus früheren Zeiten vermindert sind. Hierzu wurden für eine Reihe von gängigen Lebensmitteln deren Gehalte von Calcium, Magnesium, Phosphor, Vitamin B1 und Vitamin C in älteren und neueren Nährwerttabellen miteinander verglichen um festzustellen, ob der vorstehend genannte Trend bereits hier sichtbar wird. Es konnte aber in keinem einzigen Fall eine derartige Tendenz eindeutig festgestellt werden.

[Index](#)