

Staatliche Fachschule für Lebensmitteltechnik Berlin

Fachbereich Bäckereitechnologie

Technikerarbeit

Vergleichende Untersuchungen über die Wirkung von Emulgatoren bei der Weizenteigherstellung

Die vorliegende Arbeit wurde im Jahr 2007 in Berlin von

Lars Watzlawek verfasst.

Prüfer dieser Arbeit: Stud. Rat Dipl.-Ing. (FH) Franz Stuhlreyer

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, Lars Watzlawek, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe verfasst und mich dabei nicht anderer als der angegebenen Hilfsmittel bedient habe.

Berlin, den 08.07.2007

Lars Watzlawek

Danksagung

Mein erster Dank geht an Herrn Dr. Gerhard Helmerich, der mich mit seinem interessanten Vortrag, auf der 35. Wissenschaftlichen Informationstagung der Berliner Gesellschaft für Getreideforschung, für diese Arbeit inspirierte und mich an die Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie in Garching bei München zu Herrn Priv.- Doz. Dr. Peter Köhler weitervermittelte.

Des Weiteren gilt mein Dank Herrn Priv.- Doz. Dr. Peter Köhler, der mir die Möglichkeit gab ein Praktikum an der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie in Garching bei München zu absolvieren und die Arbeit mit Probenmaterial und Literatur unterstützte.

Den Doktoranden Patrick Selmair und Benedikt Fischer danke ich für die hervorragende Betreuung und Unterstützung während des Praktikums. Für zahlreiche interessante Gespräche und neue Erkenntnisse im Bereich der Getreideforschung danke ich Herrn Dr. R. Kieffer. Ein weiterer Dank gilt Frau K. Schiesser und Frau A. Fischer für ihre Unterstützung bei den zahlreichen Untersuchungen an der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie in Garching bei München.

Herrn Dipl.-Ing. Franz Stuhldreier von der staatlichen Fachschule für Lebensmitteltechnik danke ich für seine hervorragende Unterstützung während der gesamten Dauer dieser Arbeit, an der staatlichen Fachschule für Lebensmitteltechnik. Ein Dank gilt auch der freundlichen Unterstützung des gesamten Lehrerstabes.

Ein ganz besonderes Dankeschön geht an meine Familie, ohne die die ganze Ausbildung zum Bäckereitechniker nicht möglich gewesen wäre. Ein speziellen Dank an meine Eltern und meine Schwester, die mir immer zu Seite standen und mich unterstützten. Meiner Freundin möchte ich danken für die Unterstützung, die sie mir in der Zeit gegeben hat.

1	EINLEITUNG	6
2	EINFÜHRUNG	7
2.1	EMULGATOREN	7
2.1.1	EMULSIONEN	8
2.1.2	HLB-WERT	9
2.2	LECITHINE	10
2.3	DATEM	11
2.4	WEIZEN, DEREN INHALTSSTOFFE UND IHRE BEDEUTUNG	13
2.5	BEDEUTUNG DES KLEBERS UND DER STÄRKE VON DER TEIGZUBEREITUNG BIS ZUM BACKPROZESS	14
3	MATERIAL, GERÄTE UND METHODEN	18
3.1	MATERIAL	18
3.2	GERÄTE	19
3.3	METHODEN	20
3.3.1	FEUCHTIGKEITSBESTIMMUNG	20
3.3.2	KASTENBACKVERSUCH	20
3.3.3	MICROBACKVERSUCHE	21
3.3.4	EXTENSOGAPHISCHE VERSUCHE MIT DEM KLEBER	23
3.3.5	FARINOGRAPHISCHE VERSUCHE	24
3.3.6	MESSUNG DES BROTVOLUMENS	24
3.3.7	UNTERSUCHUNGEN DER KRUMENEIGENSCHAFTEN	25
3.3.8	VOLUMENMESSVERSUCHE MIT KÜNSTLICH HERGESTELTTEM TEIG OHNE KLEBER	25
3.3.9	VOLUMENMESSVERSUCHE MIT GEBACKENEM KÜNSTLICHEN TEIG OHNE KLEBER UND DER ZUGABE VON DATEM	26
3.3.10	UNTERSUCHUNG DER WIRKUNG VON DATEM AUF DEN KLEBER	26
3.3.11	SENSORISCHE UNTERSUCHUNGEN	26
4	ERGEBNISSE	27
4.1	SENSORISCHE BESCHAFFENHEIT DER LECITHINE	27
4.2	KASTENBACKVERSUCH	27

4.3 MICROBACKVERSUCHE	29
4.4 VERGLEICH VON NORMAL- UND MICROBACKVERSUCH	32
4.5 EXTENSOGRAFISCHE UNTERSUCHUNGEN DES KLEBERS	33
4.6 FARINOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN	34
4.7 MESSUNG DER KRUMENEIGENSCHAFTEN	35
4.8 KÜNSTLICH HERGESTELLTER TEIG OHNE KLEBER	36
4.9 VOLUMENMESSUNGEN MIT KÜNSTLICH HERGESTELTEM UND GEBACKENEN TEIG (STÄRKESUSPENSION) UND DER ZUGABE VON DATEM	37
4.10 WIRKUNG VON DATEM AUF DEN KLEBER	38
5 DISKUSSION	39
6 ZUSAMMENFASSUNG	47
7 SUMMARY	48
8 LITERATURVERZEICHNIS	49
9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS	51
10 TABELLENVERZEICHNIS	53
11 ANHANG	55

1 Einleitung

In der Backindustrie gibt es eine große Vielfalt von Hilfsmitteln um die Weizengebäckqualität zu verbessern. Quellstoffe, Enzyme, Malzpräparate und Emulgatoren werden Teigen zugesetzt. Es gibt eine Vielzahl von Emulgatoren, die aber nicht alle für die Weizentechnologie in Frage kommen, sondern in anderen Lebensmittelzweigen ihre Berechtigung finden. Nach einem Bericht der *Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie*⁽¹⁾ (2006, S.2) zu folge werden mindestens 90% aller Backwaren mit Emulgatoren hergestellt. So werden zum Beispiel jährlich rund 3000 t Lecithin im Wert von ca. 3-5 Millionen Euro verbraucht. Wie aber wirken und beeinflussen diese Emulgatoren die Weizenteigherstellung?

In dieser Arbeit sollen die Wirkungen und Wirkungsweisen mehrerer ausgesuchter, in der Weizenverarbeitung verwendeter Emulgatoren untersucht werden. Dabei werden die Wirksamsten herausgefiltert und genauer betrachtet. Es werden dazu sieben Emulgatoren verwendet: Eilecithin, Sojalecithin entölt, Ethanol löslich und unlöslich, Sonnenblumenlecithin, Rapslecithin und Datem.

In der Arbeit soll geklärt werden:

1. Wie wirken sich die Emulgatoren auf die Teigbeschaffenheit aus?
2. Wo liegt das Wirkungsoptimum der einzelnen Emulgatoren?
3. Wie wirken sie sich auf die Gebäckbeschaffenheit aus?
4. Beeinflussen die Emulgatoren die Retrogradation?
5. Welche Wirkungen rufen sie in den Teigkomponenten hervor?

2 Einführung

2.1 Emulgatoren

Bei den Emulgatoren handelt es sich um grenzflächenaktive Stoffe, die zwischen verschiedenen flüssigen, nicht miteinander mischbaren Phasen, die Grenzflächenspannung herabsetzen [HELMERICH, 2004, S.10]. Sie spielen im Bereich der Bäckereiindustrie eine große Rolle. Emulgatoren wirken sich positiv auf das Gashaltevermögen, die Gärstabilität und auf das Volumen bei Weizenteigen aus. Sie sind polare Lipide. Polar deshalb, weil sie einen lipo- und hydrophilen Teil besitzen. Aufgrund des amphilen Charakters können sie die gleichmäßige Verteilung mehrerer nicht mischbarer, disperser Phasen ermöglichen oder erleichtern. In der Emulsion orientieren sich die Emulgatoren derart, dass der hydrophile Teil ins Wasser und der lipophile Teil ins Fett eintaucht [PLASCH, 2005, S.1]. Bei den lipophilen Molekülteilen handelt es sich um Fettsäurereste. Die hydrophilen Molekülteile sind meist funktionelle Gruppen wie z. B. Phosphor-, Glyko- oder Säuregruppen. Es gibt eine Vielzahl von Emulgatoren, wie Mono- und Diglyceride, Datem, Lecithine usw. Die genaue Wirkungsweise der polaren Lipide, also der Emulgatoren, in Weizenteigen ist bis heute nicht bekannt. Es wurden aber zahlreiche Modelle postuliert, um die Wechselwirkungen der polaren Lipide mit dem Teigkleber zu erklären [HELMERICH, 2004, S.18]. Jeder Emulgator weist spezielle Ladungsverhältnisse auf. So wird z. B. vermutet, dass anionische Emulgatoren mit positiv geladenen Kleberproteinen Ionenbindungen eingehen. Die Kleberaggregation erfolgt dann über hydrophobe Wechselwirkungen der nach außen abstehenden unpolaren Liganden. Daraus folgt, dass ein kationischer Emulgator die positive Überschussladung und somit die elektrostatische Abstoßung des Kleberproteins erhöht, was zu einer Teigerweichung führt [HELMERICH, 2004, S.18].

(A) Anionisch

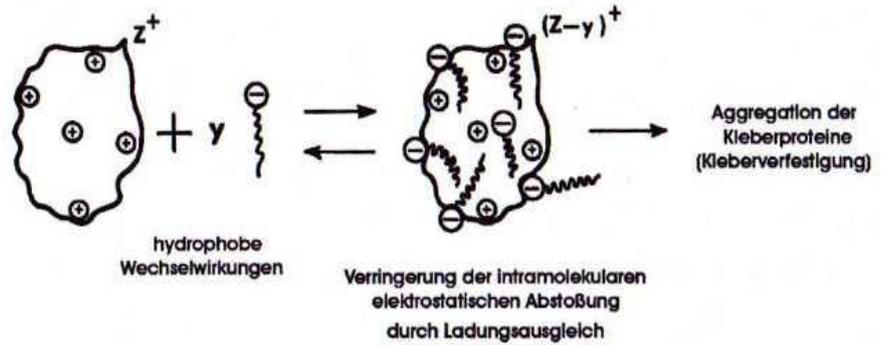


Abb. 1 Wechselwirkungen von anionischen Emulgatoren mit den Kleberproteinen des Weizenmehls [HELMERICH, 2004, S.19].

Die polaren Gruppen von nichtionischen Emulgatoren sollten demnach Wasserstoffbrücken mit den Amid-Gruppen des Klebers ausbilden, wobei die unpolaren Gruppen der Emulgatoren Wechselwirkungen mit den polaren Seitenketten des Klebers eingehen. Dieses führt zu einer Verfestigung des Klebers und dadurch zu einem erhöhten Gashaltvermögen.

(B) Nichtionisch

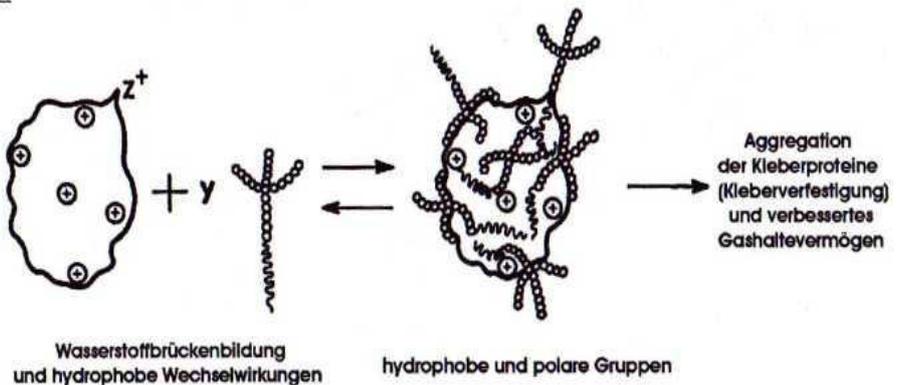


Abb. 2 Wechselwirkungen von nichtionischen Emulgatoren mit den Kleberproteinen des Weizenmehls [HELMERICH, 2004, S.19].

2.1.1 Emulsionen

Emulsionen sind Gemische aus Wasser und Öl, in denen Wasser in Öl, sowie auch Öl in Wasser verteilt sein können (**Abb. 3**). Zur Charak-

terisierung des Emulsionstypes spricht man von einer „Öl-in-Wasser“ (O/W)-Emulsion, international auch L-H bezeichnet (Lipos „in“ hydros, griechisch), wobei das Öl die „disperse“ Phase, Wasser die äußere Phase darstellt. Liegt Wasser z. B. fein verteilt in einer lipophilen Flüssigkeit vor, so entsteht eine Wasser-in-Öl-Emulsion (W/O-Emulsion) (= H-L) [TERNES, 2000, S.256].

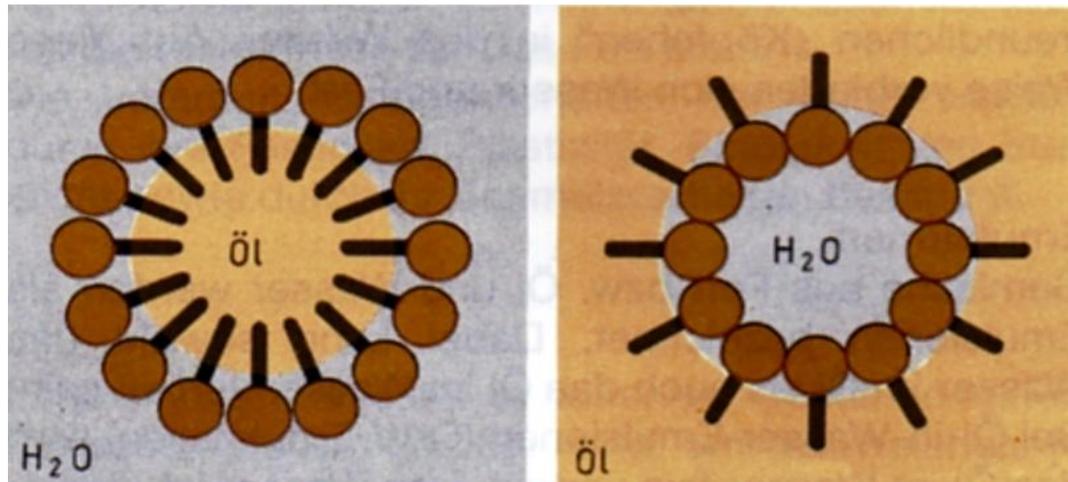


Abb. 3 Öl-in-Wasser-Emulsion und Wasser-in-Öl-Emulsion. Die polaren Molekülteile des Emulgators ragen dabei in die wässrige Phase [SKOBRANEK, 1998, S.44].

2.1.2 HLB-Wert

Der HLB-Wert = „hydrophile-lipophile-balance“ beschreibt das Gleichgewicht zwischen den hydrophilen und lipophilen Gruppen eines Emulgators [TERNES, 2000, S.259]. Je höher der HLB-Wert, desto wasserlöslicher ist der Emulgator.

Tab. 1 HLB-Werte und ihre Anwendungsmöglichkeiten

Emulsionstyp/ Anwendungsbereich	HLB-Wert
Wasser-in-Öl-Emulgator	3-6
Netzmittel/Feuchthaltemittel	7-9
Öl-in-Wasser-Emulgator	8-18
Lösemittel	15-18

2.2 Lecithine

Es gibt ein breites Spektrum an Einsatzgebieten für Lecithine wie z. B. in der chemisch-technischen, pharmazeutischen, Kosmetik-, Lebensmittel- und Futtermittelindustrie. Ihr Einsatz begründet sich aus der Vielzahl an chemischen und physikalischen Eigenschaften. **Tabelle 2** gibt Auskunft über die Anwendungen der Lecithine in der Lebensmittelbranche. Lecithine sind aufgrund ihrer technologischen Eigenschaften weltweit als Lebensmittelzusatzstoffe, in Europa als Lebensmittelzusatzstoff E 322 zugelassen [HELMERICH, 2004, S.25]. Sie werden in der Backindustrie flüssig und pulverförmig oder als Komponente in Backmitteln angeboten. Entölte Lecithine sind pulverförmig, da sie von den öligen Bestandteilen abgetrennt werden.

Tab. 2 Anwendungen von Lecithinen im Lebensmittelbereich [POPPER/ZIEGELITZ, 2006, S.3].

Anwendung	Wirkung
<i>Margarine</i>	<i>Emulgator, Antispritzmittel, Antioxidans, Viskositätskontrolle</i>
<i>Schokoladen, Süßwaren, Überzugsmassen</i>	<i>Trennmittel, Dispergier- und Emulgiermittel</i>
<i>Instand-Produkte</i>	<i>Netzmittel</i>
<i>Brot und Backwaren</i>	<i>Mehlverbesserung, Emulgier- und Trennmittel, Verteilungswirkstoff, Frischhaltung</i>
<i>Brotaufstriche</i>	<i>Emulgator, Dispergiermittel, Antioxidans</i>

Lecithine bestehen üblicherweise aus Fettsäuren mit 16-18-kettigen Kohlenstoff-Atom-Fettsäureketten, die einen unpolaren, fettfreundlichen Charakter aufweisen. Auf der anderen Seite ist der Phosphorsäureester, zumal mit seiner elektrischen Ladung, ein typischer Vertreter einer polaren Molekülgruppe mit wasserfreundlichen Eigenschaften [SCHNEIDER, 1992, S.527]. Nach Adams und Schuster (o.J, S.62 ff) enthalten Lecithine negativ geladene Phospholipide, die einen anionischen Charakter besitzen (**Abb. 3**). Der HLB-Wert wurde experimentell mit 3 bestimmt.

Lecithine werden aus Ölsaaten und Eigelb gewonnen. Dazu stehen eine Vielzahl von Verfahren zur Verfügung. Pflanzliche Lecithine können beispielsweise durch ein diskontinuierliches Entschleimungsverfahren aus unraffiniertem Öl gewonnen werden [HELMERICH, 2004, S.25 ff]. Das Öl wird auf 70°C erwärmt und mit 2 % Wasser vermischt. Anschließend wird es eine Stunde lang gerührt. Die ursprünglich im Öl gelösten Lecithinhaltsstoffe beginnen in Gegenwart des Wassers zu quellen, werden unlöslich und können mittels Separatoren als wasserhaltiger Schlamm abgeschleudert werden. Unmittelbar danach erfolgt eine vorsichtige Trocknung auf ca. 0,5 % Restfeuchte [Schneider, 1992, S.525]. Lecithine werden als flüssige oder entölte Präparate angeboten. Sie unterscheiden sich durch den Gehalt an polaren und unpolaren Lipiden. Durch das Entölen des flüssigen Lecithins mit Aceton werden die unpolaren Lipide fast vollständig entfernt (90-97 % unpolare Lipide). Eine weitere Reinigung des Lecithins ist möglich durch die Verwendung von Ethanol. Es kommt zu einer Auftrennung in eine Ethanol lösliche und unlösliche Fraktion. Die Ethanol lösliche Fraktion ist noch reiner als die mit Aceton entölte Fraktion. Bei der Ethanol unlöslichen Fraktion handelt es sich um unpolare Lipide und Verunreinigungen.

Die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe schwankt, da es sich um ein Naturprodukt handelt. Sojalecithin z.B. enthält durchschnittlich 48-55 % Phospholipide, 30-35 % Triacylglyceride, 11-17 % Glyko- und Sphingolipide 2-5 %, freie Fettsäuren, Sterine, Tocopherole und 0,2 bis 0,7 % Wasser [HELMERICH, 2004, S.26]. Dabei ist zu sagen, dass nicht nur die Phospholipide polare Eigenschaften besitzen, sondern auch Glyko- und Sphingolipide.

2.3 Datem

Datem kommt nicht in der Natur vor, ist aber wie Fett voll verdaulich [IREKS, 1997, S.51]. Es ist als Lebensmittelzusatzstoff E 472e in Europa zugelassen und wird hauptsächlich in der Backindustrie verwendet. Als Zusatz in Teigen stabilisiert, so Skobranek (1998, S.140), es die Teige,

verbessert das Gebäckvolumen und führt zu einer feineren Porung. Es wird flüssig, als Pulver, Granulat oder als Komponente in Backmitteln angeboten.

Die Herstellung erfolgt durch Umsetzung von Diacetylweinsäure-anhydrid mit Mono-diglycerid in Anwesenheit von Essigsäure oder durch Veresterung von Mono-diglycerid mit Weinsäure/Essigsäure in Anwesenheit von Essigsäureanhydrid [Adams und Schuster; o.J., S.115.]. Bei Datem handelt es sich laut Köhler (2004, S.2) um einen anionischen Emulgator. Vom Emulsionstyp her, handelt es sich um einen Öl-in-Wasser Emulgator [Adams und Schuster, o.J., S.122).

Datem sind Ester des Glycerins mit Fettsäuren und acetylierter Weinsäure. Sie werden auch als Ester der Monoacetyl- und Diacetylweinsäure der Mono- und Diglyceride von Speisefettsäure bezeichnet [Adams und Schuster; o.J., S.114].

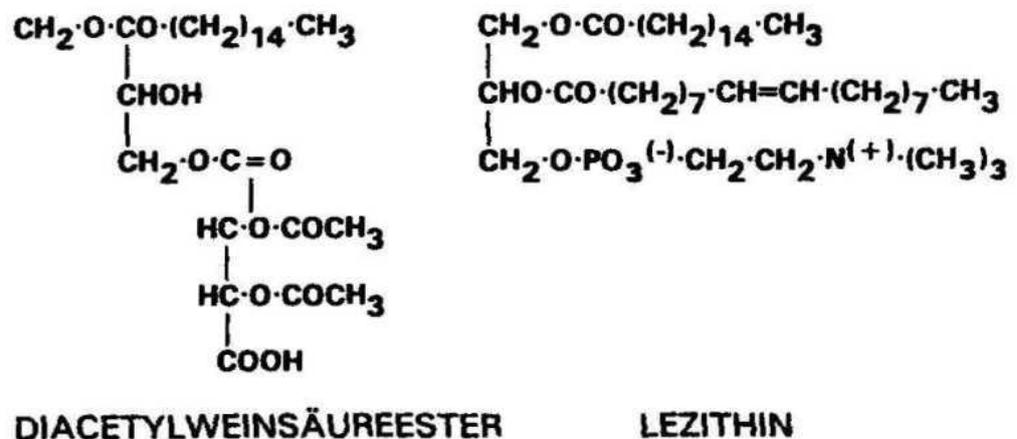


Abb. 4 Strukturformeln von Datem und Lecithin [Klingler, 1995, S.223].

2.4 Weizen, deren Inhaltsstoffe und ihre Bedeutung

Weizen ist das meist erzeugte Getreide der Welt [BALTES, 2000, S.349]. Der Weizen gehört zu der Gattung Triticum. Die wichtigsten Arten sind Weichweizen (*Triticum aestivum*), Hartweizen (*Durum*) und Spelzweizen (*T. Spelta*). Weichweizenmehl hat einen weiten Anwendungsbereich, der je nach Ausmahlungsgrad, von der Brotherstellung bis zum feinen Backwerk reicht, der in der Lage ist, nur bei Zugabe von Wasser einen viskoelastischen Teig zu bilden, so dass nicht von vornherein wie beim Roggen geschmackliche Grenzen der Verwendbarkeit bestehen [TERNES, 2000, S.537 ff].

Die Hauptinhaltsstoffe des Weizens sind durchschnittlich 79,5% Kohlenhydrate, 13,5 % Rohprotein, 2,2 % Rohfett und 1,1 % Asche [KLINGLER, 1995; S.31].

Mengenmäßig haben die Kohlenhydrate den größten Anteil im Weizenkorn. Der Hauptbestandteil der Kohlenhydrate ist die Stärke mit einem Anteil von 90-95%. Sie lagert beim Anteigen bis zu 30 % ihres Eigengewichtes an Wasser an. Es kommt aber zu keiner nennenswerten Strukturveränderung der nativ vorliegenden Stärke. Beim Backvorgang nimmt der Quellungsgrad der Stärke stark zu, um schließlich, in einem für die einzelnen Stärkearten typischen Temperaturbereich, unter Auflösung der Kornstruktur, zu verkleistern [KLINGLER, 1995, S.129]. Sie nimmt dabei 1/3 bis 2/3 ihres Eigengewichtes an Wasser auf, das durch das denaturierte Klebereiweiß frei geworden ist und frei im Teig vorlag. Die Stärke ist verantwortlich für die Retrogradation, d. h. für das Altern des Brotes. Durch das Auskristallisieren des Amylopektins wird Wasser gebunden, das der amorph vorliegenden Stärke und den Proteinen entzogen wird [BALTES, 2000, S.577 ff]. Erklärung: Im Gegensatz zur Amylose schmilzt beim Backprozess das Amylopektin. Beim Erkalten der Stärke kommt es zur Bildung kristalliner Strukturen des Amylopektins, die bis zu 27 % Wasser binden können. Dadurch geht die Elastizität der Krume verloren und wird trocken. Weitere Bestandteile der Kohlenhydrate des Weizens sind lösliche Zuckerstoffe und hydrokolloidale Stoffe, wie

Pentosane und Zellulosen. Die Zusammensetzungen schwanken je nach Ausmahlungsgrad und Erntejahr.

Eine weitere wichtige Komponente des Weizens sind die Proteine. Sie spielen eine bedeutende Rolle bei der Teigherstellung und Bearbeitung. Sie sind verantwortlich für die viskoelastischen Eigenschaften des Teiges. Weizenmehl wird durch Zugabe von Wasser hydratisiert und es kommt zu einer Quellung der Kleberproteine. Durch den mechanischen Energieeintrag werden die Proteinmoleküle aufgefaltet, sodass aktive Gruppen frei werden. Es bilden sich neue Verbindungen und es entsteht ein dreidimensionales Klebernetzwerk. Beim Backvorgang wird durch die Denaturierung der Kleberproteine Wasser für die Stärkeverkleisterung frei.

Wiederum hat Weizenmehl einen Rohfettgehalt von 2-4 %. Insgesamt besitzt es etwa 0,5% polare, davon 2/3 Glykolipide und 1/3 Phospholipide und 0,5% unpolare Anteile. Weiterhin kann man eine Unterteilung in Nicht-Stärke-Lipide (75 %) und Stärke-Lipide vornehmen. Die Nicht-Stärke-Lipide haben einen Einfluss auf die Rheologie des Teiges. Sie enthalten 30 % polare Lipide, die sich positiv auf die Teigeigenschaften auswirken [BALTES, 2000, S.551 ff].

2.5 Bedeutung des Klebers und der Stärke von der Teigzubereitung bis zum Backprozess

Die Bedeutung sowie die Wirkungsweise des Klebers und der Stärke bei der Weizenteigverarbeitung sind signifikant, um zu erkennen und zu verstehen, wie die Emulgatoren den Verarbeitungsprozess beeinflussen.

Die Teigbildung wird nach einem Modell von *Dr. Rolf Kieffer* (2004, S.1 ff) beschrieben.

Nur aus Weizen- und Dinkelmehl entstehen elastische Teige. Sie sind aber auch irreversibel, d. h. viskos oder plastisch verformbar. Man sagt

daher auch viskoelastisch. Diese Eigenschaft ist zurückzuführen auf die wasserunlöslichen Proteine Gliadin und Glutenin, die auch Kleberproteine genannt werden. Kleberproteine haben drei wichtige Eigenschaften, sie sind wasserunlöslich, kohäsiv und elastisch. Sie sind verantwortlich für die Bildung und Stützfunktion eines dreidimensionalen Klebernetzwerkes in einem wasserreichen Teig.

Durch die Zugabe von Flüssigkeit quellen oder lösen sich die Mehlinhaltsstoffe. Die optimale Wassermenge ist abhängig vom Protein/Stärke-Verhältnis. Die beiden wasserunlöslichen Proteine Gliadin und Glutenin verhalten sich bei der Hydratation völlig unterschiedlich. Das Modell von *Kieffer (2004)* postuliert, dass Gliadin relativ niedermolekular, klebrig und viskos ist, wobei Glutenin relativ hochmolekular, nicht klebrig und sehr fest ist. Kleberproteine sind sehr kohäsiv und haben das Bestreben sich zu großen Aggregaten zusammen zu lagern. Ein Verhältnis, so *Kieffer (2004)*, von zwei Teilen Gliadin und einem Teil Glutenin ist daher wichtig, da Glutenin besonders stark kohäsiv ist und es allein sehr fest und fast nicht dehnbar wäre. Durch das gemeinsame Quellen der Kleberproteine und Pentosane wird eine übergroße Aggregatsbildung der Glutene verhindert. Dadurch wird der Kleber zäh, aber auch formbar. Man bezeichnet deshalb Gliadin auch als Weichmacher oder Gleitmittel für das Glutenin.

Weizenteig ist elastisch, was mehrere Ursachen hat, die aber bis heute nicht bewiesen sind. Man nimmt an, dass sich die Kleberproteine zusammenfalten oder zu Knäueln verknoten und sich unter Zug strecken können. Die Moleküle haben im wässrigen Milieu des Teiges das Bestreben, eine möglichst kleine Oberfläche einzunehmen, das heißt, sie ziehen sich wieder zusammen. Es wird in der Literatur allgemein behauptet, dass der Kleber aufgrund seiner Membranbildung Gärgase festhält. In Untersuchungen wurde jedoch festgestellt, dass die Kleberproteine mehr oder weniger dicke, unregelmäßige, strang- bis fadenförmige Aggregate bilden. Die Dicke der Stränge wird hauptsächlich durch den Klebergehalt der Mehle bestimmt.

Die Kleberproteine müssen aufgrund der Zähigkeit des Teiges und der damit verbundenen geringen Beweglichkeit mechanisch, d. h. durch Kneten zusammengebracht werden. Die Kleberteilchen werden zwischen starren Stärkekörnern „verrieben“ und von den Knetwerkzeugen abwechselnd gedehnt und gedrückt, sodass sie im Teig möglichst fein verteilt sind. Dadurch bekommen sie viele Berührungspunkte und die größtmögliche Festigkeit, das Knetoptimum. Im Knetoptimum wird der Zustand des maximal zusammenhängenden Klebers im Teig erreicht. Es entsteht ein dreidimensionales Klebernetz, in dem sich Maschen befinden (**Abb. 5**).

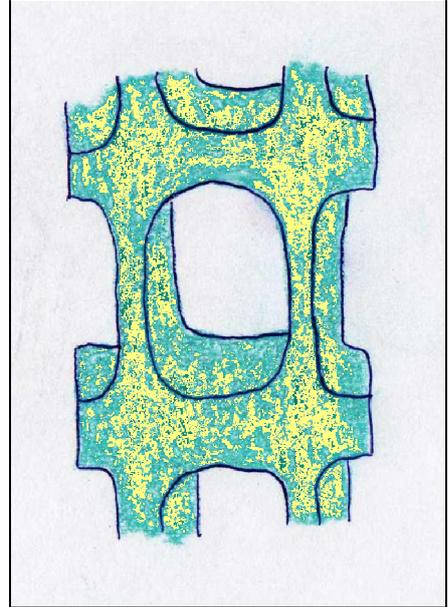


Abb. 5 Klebernetzwerk (Maschen)

Bei der ersten Teigruhe entspannt sich der Kleber, da die Aggregate versuchen, eine möglichst kleine Oberfläche einzunehmen. Beim Wirken erhalten die schwach miteinander verbundenen, entspannten und dadurch verdickten Kleberteilchen, durch Reibungs- und Verschiebungsarbeit, wieder engeren Kontakt. Bei diesem Vorgang trennt sich der Kleber von der Stärke, und es kommt zu großen Stärkeansammlungen mit dichter Kugelpackung, die sich in den Maschen des Klebernetzes einlagern und das Teiggefüge stabilisieren.

Die Gare und das Gashaltevermögen werden nicht durch den Kleber, sondern von der Viskosität der Stärke/Flüssigkeits-Suspension und der in ihr enthaltenen Mehlinhaltsstoffe beeinflusst. In mikroskopischen Aufnahmen wurde nachgewiesen, dass die während der Hefegärung entstehenden Gasblasen von Stärkebereichen umgeben sind (**Abb. 6**). Bei einem Zusammentreffen zweier unterschiedlich großer Blasen dringt die kleinere in die größere ein. So wird das Wachsen der Gasblasen durch die Oberflächenspannung der Teigflüssigkeit gesteuert und nicht wie bei Luftballons durch elastische Klebermembrane. Beim Backprozess kommt

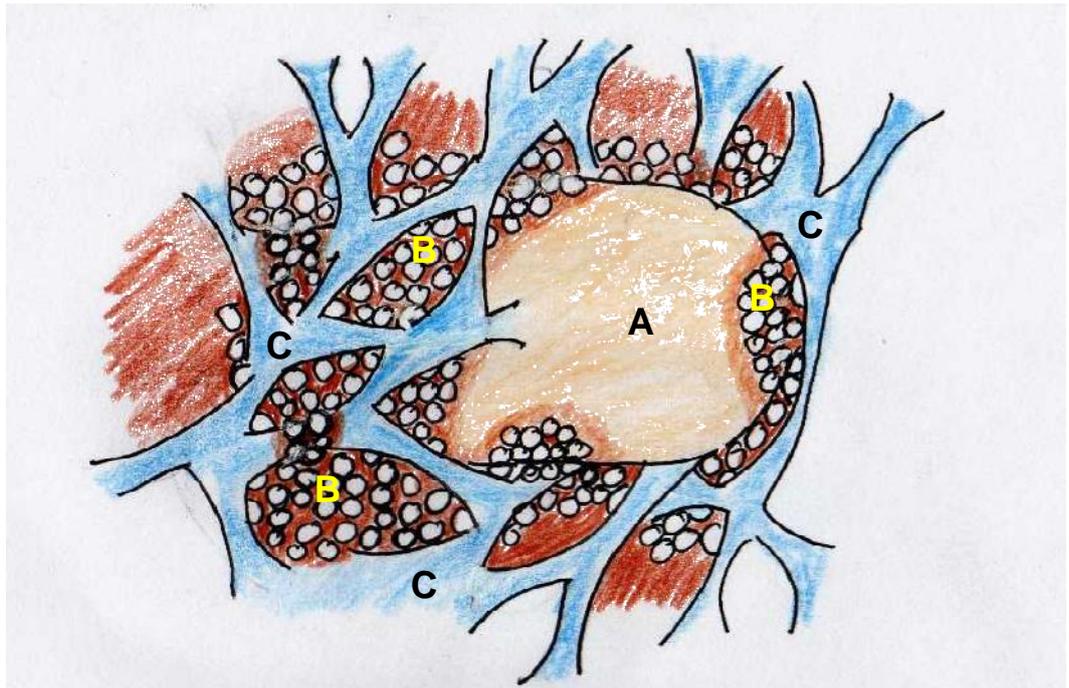


Abb. 6 Gasblase (A) eingebettet von der Stärke/Flüssigkeits-Suspension (B) und stabilisiert vom Klebergerüst (C).

es zur Denaturierung des Klebergerüsts. Das dabei frei werdende Wasser steht für die Stärkeverkleisterung zur Verfügung. Es kommt zu einer Stabilisation der Krume.

3 Material, Geräte und Methoden

Für die Ermittlung der Backwirksamkeit von Emulgatoren wurden die folgenden Materialien, Geräte und Methoden verwendet.

3.1 Material

Tab. 3 Verwendetes Material bei den Versuchen.

Material/Reagenzien	Bezug/Hersteller
<i>Ascorbinsäure (Microbackversuch)</i>	<i>Sigma, Deiershofen</i>
<i>Datam</i>	<i>Degussa Texturant Systems, Hamburg</i>
<i>destilliertes Wasser</i>	<i>Phönix Bergneustadt</i>
<i>Eilecithin</i>	<i>Degussa Texturant Systems, Hamburg</i>
<i>Natriumchlorid</i>	<i>Merck</i>
<i>Rapslecithin entölt</i>	<i>Degussa Texturant Systems, Hamburg</i>
<i>Saccharose</i>	<i>Merck</i>
<i>Sojalecithin entölt</i>	<i>Degussa Texturant Systems, Hamburg</i>
<i>Sojalecithin Ethanol lösliche Fraktion</i>	<i>Degussa Texturant Systems, Hamburg</i>
<i>Sojalecithin Ethanol unlösliche Fraktion</i>	<i>Degussa Texturant Systems, Hamburg</i>
<i>Sonnenblumenlecithin flüssig</i>	<i>Degussa Texturant Systems, Hamburg</i>
<i>Weizenmehl 405</i>	<i>Type Tommy, selbst ermahlen</i>
<i>Weizenmehl 550</i>	<i>Schüttmühle, Berlin</i>
<i>Weizenstärke</i>	<i>Unilever, Hamburg</i>
<i>Hefe</i>	<i>Uniferm, Werne</i>
<i>Hefe (Microbackversuch)</i>	<i>DHW</i>
<i>Cellulose</i>	<i>Euro OTC Pharma, Bönen</i>
<i>Paraffinöl</i>	<i>Apotheke</i>

3.2 Geräte

Tab. 4 Verwendete Geräte bei den Versuchen.

Gerät	Hersteller/Anbieter
<i>Brotscneidemaschine</i>	<i>Graef</i>
<i>Backkästen</i>	/
<i>Elektropipette</i>	<i>Eppendorf EDOS 5221</i>
<i>Farinograph</i>	<i>Brabender</i>
<i>Farinograph E</i>	<i>Brabender</i>
<i>Feuchtigkeitsbestimmungsgerät</i>	<i>Sartorius</i>
<i>Gärschrank</i>	<i>Miwe</i>
<i>Handrührgerät</i>	<i>Privileg</i>
<i>Kiefer Rig</i>	<i>Winopal</i>
<i>Kleberglutermatic</i>	<i>Perten Instruments</i>
<i>Kugelhomogenisator</i>	<i>Brabender</i>
<i>Laborknetanlage</i>	<i>Diosna</i>
<i>Laborzentrifuge</i>	/
<i>Magnetrührer</i>	<i>IKA RCT Basic</i>
<i>Messzylinder 100 ml</i>	<i>Param Hamburg</i>
<i>Microausrollmaschine</i>	<i>TU-München</i>
<i>Microgärstraße</i>	<i>TU-München</i>
<i>Microkugelhomogenisator</i>	<i>TU-München</i>
<i>Micromixer</i>	<i>TU-München</i>
<i>Micronetzbandofen</i>	<i>Linn Elektro Therm</i>
<i>Ofen</i>	<i>Miwe</i>
<i>Texture Analyser XT2/ XT plus</i>	<i>Winopal</i>
<i>Waage</i>	<i>Sartorius 1204 MP</i>
<i>Waage</i>	<i>Sartorius PB 211D</i>
<i>Waage</i>	<i>Voltkraft PS-1</i>

3.3 Methoden

Zur Ermittlung der Wirksamkeit von Emulgatoren bei der Backwarenherstellung müssen empfindliche Methoden gewählt werden, um genaue Ergebnisse zu erhalten. Um die Änderungen der Messgrößen durch die Wirkung der Emulgatoren zu erfassen, werden vergleichende Untersuchungen mit und ohne Zusatz von Emulgatoren durchgeführt.

3.3.1 Feuchtigkeitsbestimmung

Die Feuchtigkeitsbestimmung, die für die Korrektur der Mehleinwaage beim Farinographen nötig ist, wird im Satorius-Feuchtigkeits-Bestimmungsgerät durchgeführt. Es werden 5 g Mehl direkt auf der im Gerät integrierten Waage ausgewogen. Nach dem Schließen der Öffnungsklappe wird dem Mehl, durch eine in der Klappe befindlichen Heißvorrichtung, die Feuchtigkeit entzogen. Dieser Vorgang dauert 9 min bei einer Temperatur von 130°C. Die Waage erfasst dabei den Feuchtigkeitsverlust und gibt diesen in Prozent auf dem Display wieder.

3.3.2 Kastenbackversuch

Im Backversuch werden die Lecithinarten in unterschiedlichen Mengen dem Teig zugegeben, gegenübergestellt und verglichen. Die Untersuchung wird als Kastenbackversuch durchgeführt. Dabei bleiben alle Parameter konstant, nur die Lecithinmengen variieren. Die Lecithinzugabe erfolgt in 0,2 % Schritten, von 0,2 % bis 0,8 %. Die Konsistenz wird im Farinographen auf 350 FE eingestellt. Dem Teig werden 1,2 % Salz und 3 % Hefe zugegeben, die auf das Mehl (550 Weizenmehl) berechnet werden, in diesem Fall auf 500 g Mehl. Die Teigbereitung erfolgt in einer Diosna-Laborknetanlage. Die Knetzeit liegt zwischen 2-10 min. Nach dem Knetprozess wird der Teig bei einer Temperatur von 32°C und 80 % relative Luftfeuchte für 30 min auf Gare gestellt und danach mit 15 Knetschlägen durchgearbeitet. Nach insgesamt 60 min Teigruhe wird der Teig so abgewogen, dass jedes Teigstück eine Mehleinwaage von 250 g besitzt. Es müssen zwei Teigstücke abgewogen werden. Diese

werden in einem Kugelhomogenisator mit 12 Umdrehungen bearbeitet und anschließend in die Backformen eingelegt und auf Gare gestellt. Wenn das erste Brot, nach eigenem Empfinden, die angemessene Gare besitzt, wird es, bei 230°C Oberhitze und 220°C Unterhitze und ausreichender Schwadengabe geschoben. Auf die Garzeit des geschobenen Brotes werden 20 % hinzugerechnet. Nach der neu errechneten Garzeit wird das zweite Brot geschoben. Die Backzeit sollte 30 min betragen. Anschließend erfolgen backtechnische und sensorische Auswertungen.

3.3.3 Microbackversuche

Die Backversuche werden in einem klimatisierten Raum bei einer Lufttemperatur von 22°C und einer Luftfeuchte von > 50 % durchgeführt. Die Konsistenz der Teige wird auf 550 FE im Farinographen eingestellt. In einem Flügelmixer,

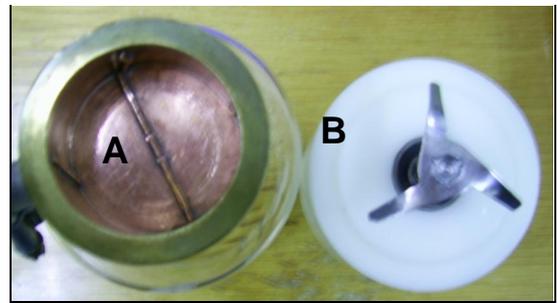


Abb. 7 Knetkammer (A) und Mixelement (B)

der auf 1250 Umdrehungen eingestellt ist und dessen Knetkammer auf 15°C temperiert ist, werden die Backversuche als Rapid-Mix-Test durchgeführt. Die Knetkammer hat ein Fassungsvermögen von ca. 10 g Mehl. Zu den 10,12 g Mehl (laut Mehlanalyse, Tommy 405) werden 0,2 g Natriumchlorid und 0,1g Saccharose in ein Wiegegglas eingewogen und verschlossen. Kurz vor der Teigbereitung werden 0,7 g Hefe, 0,435 ml (0,5mg/ml) Ascorbinsäure als wässrige Lösung und 6 ml destilliertes Wasser oder Emulgatorlösung in die Knetkammer gegeben. Der Emulgator wird je nach gewünschter Konzentration in destilliertem Wasser gelöst und in vorher definierter Menge zum Teig hinzugegeben. Die Menge der Emulgatorlösung wird von der Wassermenge abgezogen.



Abb. 8 Antriebseinheit des Micromixers

Nach 1 min Laufzeit wird der Teig mit einem Spatel aus der Knetkammer entnommen und zwischen den Handflächen zu einer Kugel geformt. Diese wird auf eine Teflonfolie gelegt und soll sich dann 20 min im Gärschrank bei einer Temperatur von 30°C entspannen. Danach wird die Teigkugel im Microkugelhomogenisator mit 8 Umdrehungen rundgewirkt. Anschließend wird der Teig, mit dem Schluss nach unten, in der Microausrollmaschine zu einem gleichmäßig dicken Teigstück ausrollt. Das Teigstück wird nun zweimal auf die Hälfte des Teigstückes zusammengeslagen. Dabei ist darauf zu achten, dass im Teig keine Lufteinschlüsse vorhanden sind. Das Teigdreieck wird nun mit der laminierten Seite nach unten in den Microkugelhomogenisator eingelegt und mit 15 Umdrehungen rundgewirkt.

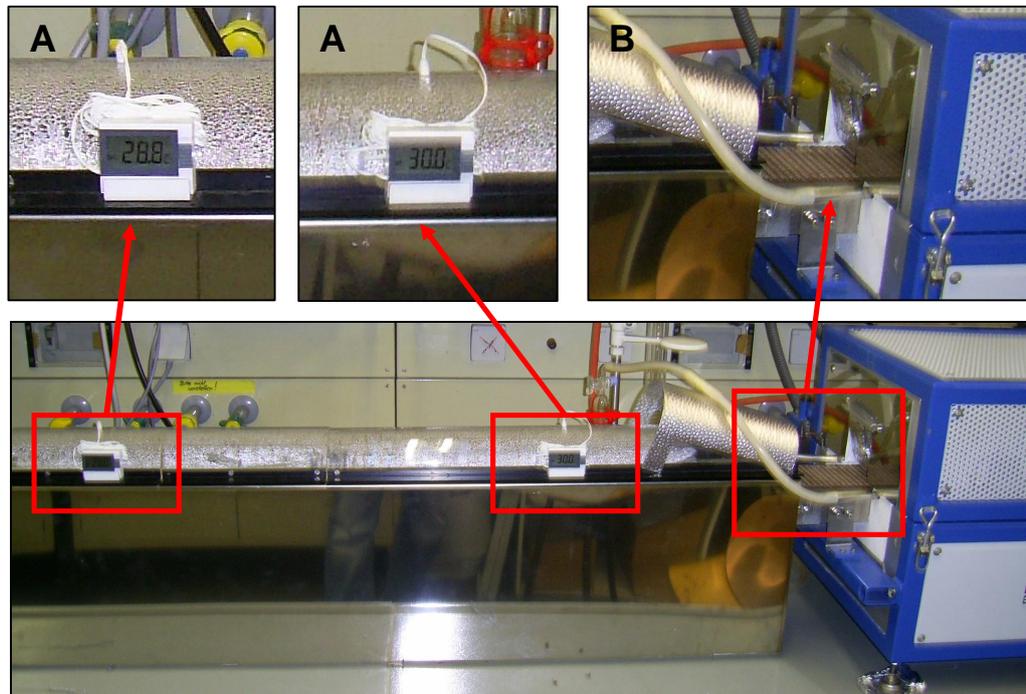


Abb. 9 Gärstraße mit Temperaturüberwachung (A) und Übergang zum Netzbandofen (B).

Der Teigling wird jetzt auf ein kleines Lochblech gelegt und in die Gärstraße (**Abb. 9**) eingesetzt, die den Teigling über ein Fließband zum Micronetzbandofen (**Abb. 10**) befördert, wo er dann bei 220°C Ober- und Unterhitze gebacken wird. Die Dampfzugabe erfolgt im vorderen Abschnitt des Netzbandofens. Das fertige Gebäck wird gewogen und vermessen.

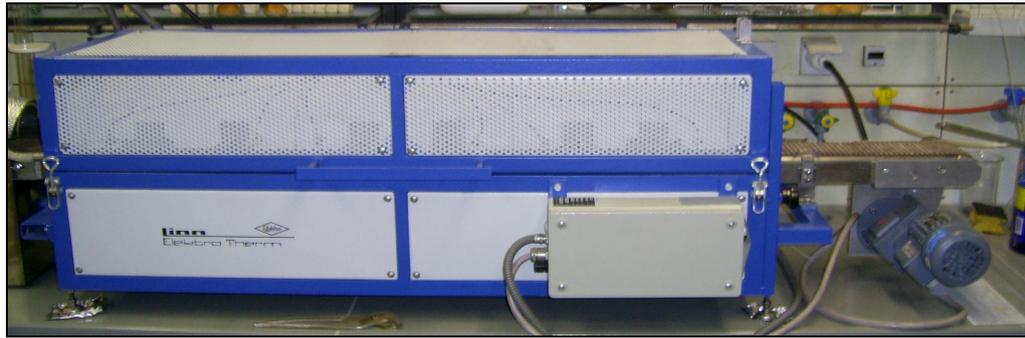


Abb. 10 Netzbandofen

Die Konzentrationen der gewählten Emulgatoren werden nach den Erfahrungswerten und Untersuchungen der TU-München bestimmt. Ihre Zugabe beträgt meist nicht mehr als 1 %, da es in der Industrie nicht üblich ist Emulgatoren höher zu konzentrieren.

3.3.4 Extensographische Versuche mit dem Kleber

Dazu wird ein Teig im 10-g-Farinographen hergestellt. Er enthält 10 g Weizenmehl (405 Tommy), 0,2 g Salz und die Menge an Emulgator, die in den Microbackversuchen das Wirkungsoptimum darstellten. Der Teig ist vor Beginn der Untersuchungen auf 550 FE einzustellen und wird bis zum Teigoptimum geknetet. Er wird ohne Teigruhe in den Glumat (Kleberauswaschanlage) gegeben und anschließend mit einer 2,3%igen Salzlösung ausgewaschen. Nach ca. 10 min ist der Kleber ausgewaschen.

Der gewonnene Kleber wird in eine Form gegeben, dessen Vertiefungen dem Oberflächenprofil der Teig- und Kleberpresse entspricht (**Abb. 11**). Diese Form wird in eine dafür passende Zentrifugenhalterung eingelegt und 10 min mit voller Umdrehung zentrifugiert. Der fertige Kleber wird nun in die Teig- und Kleberpresse eingespannt, wo er in einzelne Stränge geteilt wird. Die Presse wird für 30 min in einen Exikkator gegeben, in dem eine wassergesättigte Atmosphäre vorliegt,

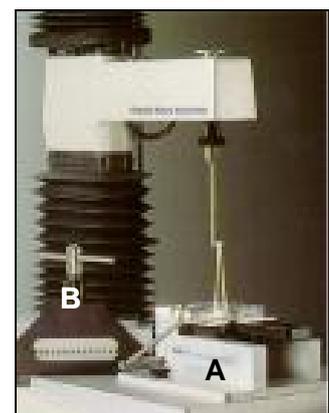


Abb. 11 Kiefferrig (A) und Teig- und Kleberpresse (B)

um ein Austrocknen des Klebers zu verhindern. Nach Ablauf der Zeit wird die Presse geöffnet. Es wird jeweils ein Kleberstrang entnommen und in

den Kiefferrig des Texture Analyser eingespannt. Von der Dehnung bis zum Zerreißen des Teigstranges ermittelt der Texture Analyser mehrere Parameter und stellt diese in einem Kraft-Weg-Diagramm dar.

3.3.5 Farinographische Versuche

Bei den farinographischen Versuchen wird der Blindversuch auf 550 FE eingestellt. Die Zugabe der Emulgatoren erfolgt nach den Wirkungsoptima, die bei den Microbackversuchen ermittelt wurden. Bei den Versuchen soll die Veränderung der Teigkonsistenz und der Teigentwicklungszeit durch die Emulgatoren festgestellt werden.

3.3.6 Messung des Brotvolumens

Zur Messung des Brotvolumens werden zwei Methoden verwendet, die auf dem Verdrängungsprinzip basieren.

Für die Kastenbackversuche kommt die Methode nach Neumann/Doose zur Anwendung. Ein mit leicht kugeligen Samen gefüllter Behälter wird nach Zugabe des Gebäcks erneut gefüllt und dann die verdrängte Menge an Samen in ml gemessen [*Freund, 1995, S. 163 ff.*].

Zur Ermittlung des Brotvolumens bei den Microbackversuchen wird die Paraffinbadmethode angewendet. Zuerst muss Paraffin in einem Wasserbad erwärmt werden. Ein Gefäß mit geeigneter Größe wird zur Hälfte mit Wasser gefüllt und auf einer Waage austariert. Das Brot muss später beim Eintauchen völlig von Wasser umgeben sein. Mit einer Pinzette wird das Brot in das Paraffinbad getaucht. Dann wird das überzogene Brot mit der Pinzette in das Wassergefäß getaucht und das auf der Waage angezeigte Gewicht, welches der verdrängten Wassermenge und somit dem Brotvolumen entspricht, abgelesen [*HELMERICH, 2004. S. 157.*].

3.3.7 Untersuchungen der Krumeneigenschaften

Für diese Messungen wird aus dem Gebäck eine 1,5 cm dicke Scheibe, die auf beiden Seiten von der Kruste befreit ist, abgeschnitten. Mit einem runden Ausstecher mit einem Durchmesser von ca. 1,5 cm, wird aus der Krume ein Zylinder ausgestochen. Dieser wird durch einen Stempel, der in dem Texture Analyser (**Abb.12**) eingespannt ist, zusammengedrückt. Die dabei entstehenden Kräfte werden in einem Kraft-Weg-Diagramm wiedergegeben. Gemessen wird der Krumenzylinder 1 h nach dem Ausbacken und 24 h nach der ersten Messung.



Abb. 12 Texture Analyser mit Stempel zur Krumenmessung

3.3.8 Volumenmessversuche mit künstlich hergestelltem Teig ohne Kleber

Bei diesen Versuchen soll die Wirkung des Emulgators auf die Stärke und die sie umgebene Teigflüssigkeit, mit der in ihr enthaltenen löslichen und unlöslichen Stoffen, geklärt werden. Der Teig soll dabei ohne kleberbildene Eiweißstoffe simuliert werden.

Der Teig (Weizenmehl 550) soll eine Teigausbeute von 160 besitzen und die Type 550 darstellen. Da der Kleber das ca. 1-1,5 fache an Wasser aufnehmen kann, muss nicht nur der Kleber, sondern auch der Anteil des Wassers, das dieser aufnimmt, abgezogen werden. Bei einer Mehleinwaage von 100 g, unter Abzug des Klebers und das von ihm gebundene Wasser, lautet das Rezept: 71 g Stärke, 48 g destilliertes Wasser, 5 g Hefe, 2,4 g Saccharose, 2 g Salz, 0,5 g Cellulose und die Menge des Emulgators, die bei den Backversuchen das Optimum darstellte. Die Zutaten werden mit einem Handrührgerät, bei einer Rührdauer von 45 s, gut vermischt. Von dem Teig, der eine ähnliche Konsistenz wie eine Masse besitzt, werden 25 ml in einen Messzylinder gegeben. Nach 30

bzw. 60 min wird das Volumen in ml abgelesen und die Differenz zum Anfangswert ermittelt.

3.3.9 Volumenmessversuche mit gebackenem künstlichen Teig ohne Kleber und der Zugabe von Datem

Diese Versuche sollen Auskunft über die spezielle und herausragende Wirkung von Datem geben. Der Teig, hergestellt wie in Kapitel 3.3.8 beschrieben, wird mit einer 0,3%igen Zugabe von Datem eine halbe Stunde auf Gare gestellt und danach 20 min bei 200°C Umluft gebacken. Dabei sollen Erkenntnisse über den Ofentrieb gewonnen werden.

3.3.10 Untersuchung der Wirkung von Datem auf den Kleber

Um die spezielle Wirkung von Datem zu untersuchen, wird ein Weizenteig (550) mit 2 % Salz hergestellt. Der Kleber wird mit einer 2,3%igen Salzlösung ausgewaschen. Anschließend wird der Kleber mit einer 1%igen Datemlösung weiter ausgewaschen und wiederum mit einer 2,3%igen Salzlösung vermengt.

3.3.11 Sensorische Untersuchungen

Eigenschaften, die technisch oder aufgrund fehlender technischer Mittel nicht untersucht werden können, sollen durch Visuelle-, Tast- und Geruchsempfindungen ermittelt werden.

4 Ergebnisse

Zur Ermittlung der Backwirksamkeit und zur Untersuchung der Funktionsweise der Emulgatoren wurden sieben verschiedene Präparate verwendet: Eilecithin, flüssiges Sonnenblumenlecithin, Ethanol lösliches und unlösliches Sojalecithin, entöltes Soja- und Rapslecithin und Datem. In den Backversuchen wurde die optimale Zusatzmenge und die damit verbundenen Auswirkungen auf einen Weizenteig bestimmt. Es wurden die backaktivsten Emulgatoren ermittelt und einer genaueren Untersuchung unterzogen.

4.1 Sensorische Beschaffenheit der Lecithine

Beim flüssigen Sonnenblumen- und dem Ethanol unlöslichen Sojalecithin handelte es sich um zähflüssige Präparate. Das entölte Soja- und Rapslecithin, sowie das Ethanol lösliche Sojalecithin waren pulverförmig. Das Eilecithin hatte eine pastöse Beschaffenheit.

Die flüssigen Lecithine waren dunkelbraune, klare und viskose Substanzen. Sie zeichneten sich ebenso wie die entölte Lecithine durch einen neutral bis leicht heuartigen, leicht fettigen Geruch aus. Die entölte Lecithine waren pulverförmig, wobei das Sojalecithin eine helle, gelbe Farbe aufwies und das Rapslecithin hellgrün war. Das Eilecithin hatte einen kräftige gelben Farbton und einen eigelbtypischen Geruch. Der Datem hatte eine weiße Farbe, war pulverförmig und roch stechend nach Säure.

4.2 Kastenbackversuch

Bei den Teigen zeigte sich mit zunehmender Lecithinkonzentration eine Abnahme der Elastizität und eine Zunahme der Plastizität. Dadurch wurden sie weniger klebrig und ließen sich besser aufarbeiten.

Beim flüssigen Sonnenblumen-, dem entölteten Soja- und dem Ethanol löslichen Sojalecithin kam es, trotz des größeren Volumens, zu einer Verkürzung der Gärzeit (**Abb. 13**).

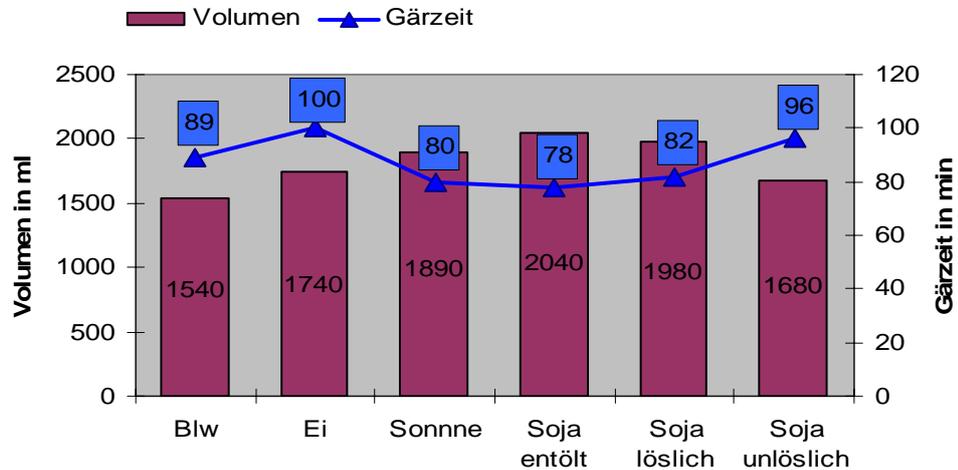


Abb. 13 Vergleich zwischen Volumenzunahme und der Gärzeit der einzelnen Lecithine.

Alle fünf Lecithine führten im Konzentrationsbereich von 0,2-0,8 % zu einem Volumenzuwachs. Das entölte und Ethanol lösliche Sojalecithin zeigten die höchste Backaktivität mit einer Volumenzunahme von 29-32 %. Die geringste Aktivität zeigte sich bei dem Ei- und Ethanol unlöslichen Sojalecithin, wo die Volumenzunahme nur 9-13 % betrug (**Abb. 14**).

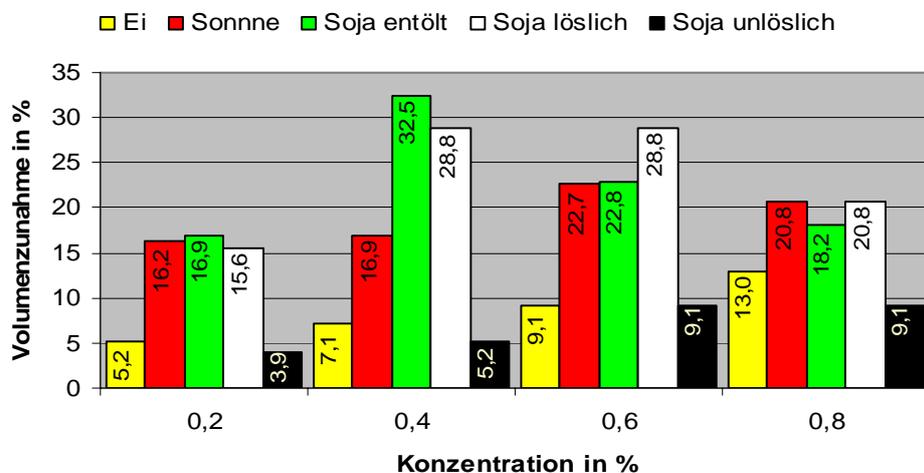


Abb. 14 Volumenzunahme der Kastenbrote in % im Vergleich zum Blindwert.

Der Backverlust blieb bei den Backversuchen unbeachtet, da für jeden Teig unterschiedliche Bedingungen, wie z. B. Gärzeit (unterschiedlicher Gärverlust) und Schwankungen der Ofentemperatur, gegeben waren.

Die Gebäcke erhielten mit zunehmenden Volumen eine weichere, zartere Krume, was zu einer Abnahme der Krumenelastizität führte. Bei dem Zusatz von flüssigem Sonnenblumenlecithin kam es zu einer besonders ungleichmäßigen, großporigen Krume. Eine geschmackliche Beeinflussung der Gebäcke durch die Lecithinzugaben konnte nicht festgestellt werden.

Durch die geringe Backaktivität des Ei- und Ethanol unlöslichen Sojalecithins und des Ethanol löslichen Sojalecithins, dessen Wirkung analog zu der des entölten Sojalecithin ist, werden diese nicht weiter untersucht.

4.3 Microbackversuche

Bei den Microbackversuchen zeigte Datem die höchste Backaktivität. Die Backaktivität des entölten Soja- und des Rapslecithins war etwas geringer als bei Datem. Beide Lecithine hatten in etwa die gleiche Wirkung.

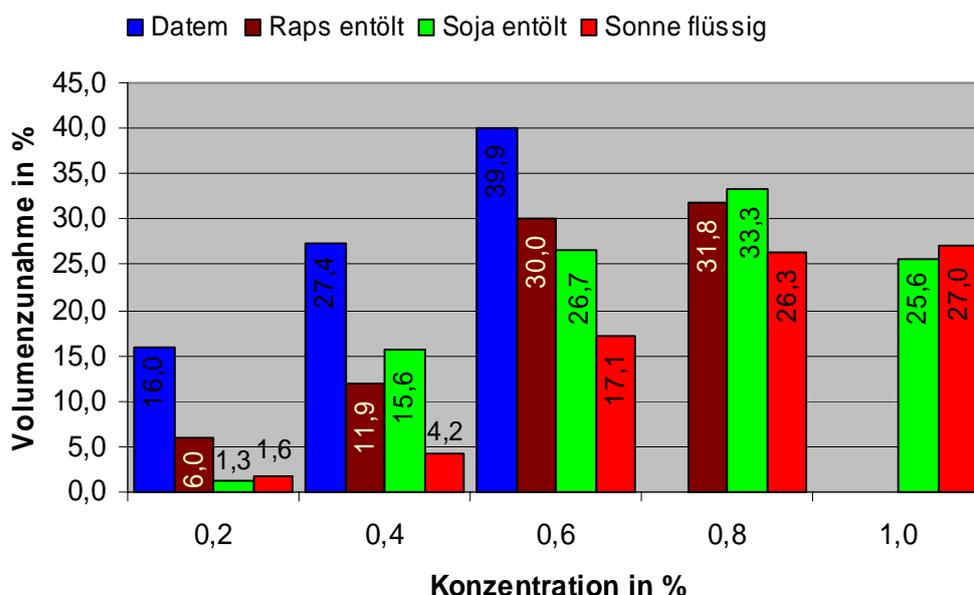


Abb. 15 Volumenzunahme der Rundstücke in % im Vergleich zum Blindwert.

Das flüssige Sonnenblumenlecithin besaß eine gute, aber im Vergleich zu den vorher genannten Emulgatoren die schwächste Backaktivität. Bei Datem lag das Wirkungsoptimum bei 0,6%, wobei bei den Lecithinen ein Optimum von 0,8-1 % ermittelt wurde (**Abb. 15**).

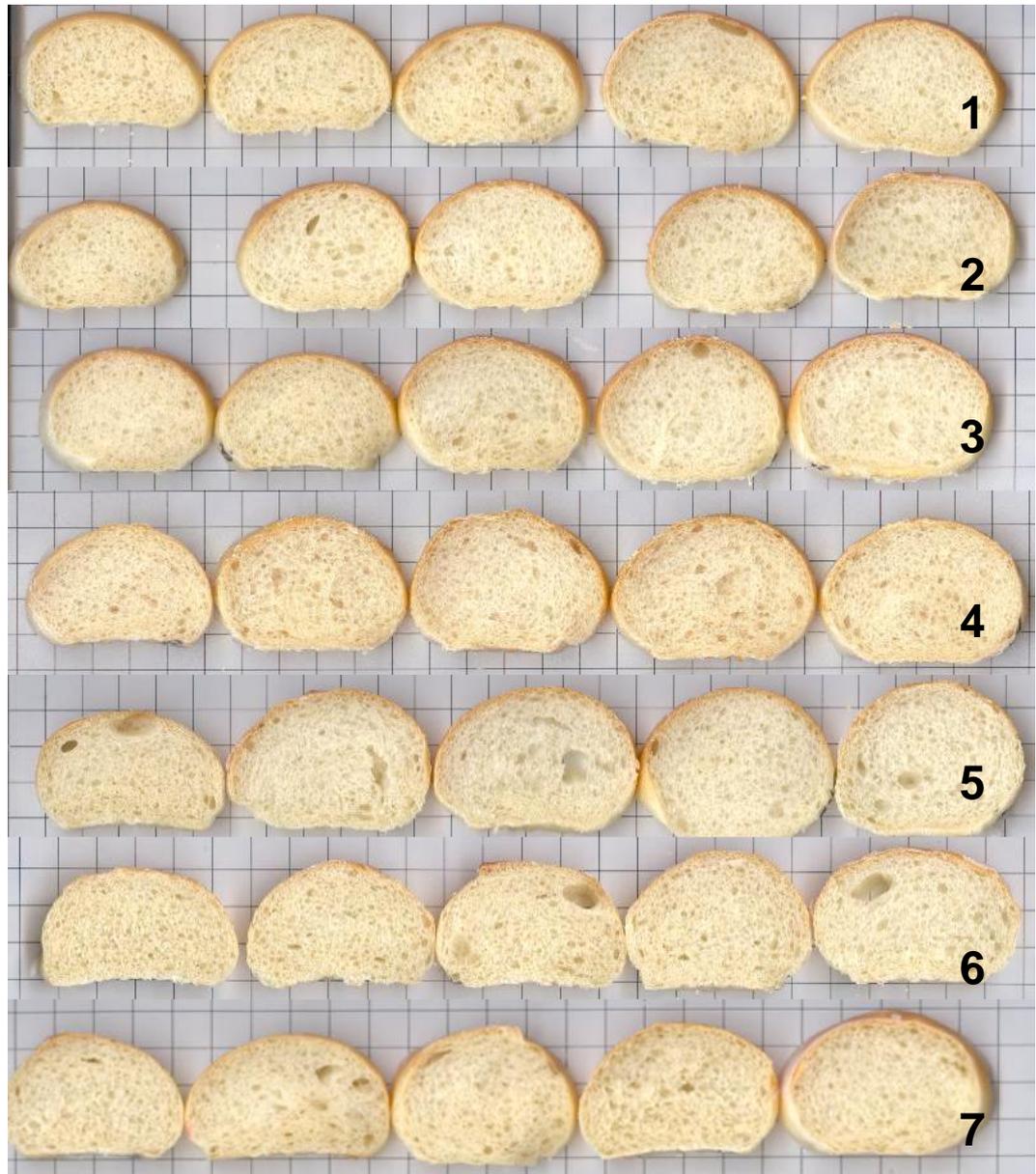


Abb.16 Krumenquerschnitte von den Rundstücken. Zusätze: Die linken Brote der Reihen 1-7 sind Nullversuche. Die Konzentrationserhöhung erfolgt von links nach rechts. Bild 1.) 0,2-0,8 % Sonnenblumenlecithin; 2.) von links Rundstück 2 und 3 Sojalecithin 0,8-1 % und 4 und 5 0,8-1 %; 3.) Soja entölt 0,2-0,8 %; 4.) Raps entölt 0,5-0,8%; 5.) Raps entölt 0,2-0,5 %; 6.) Datem 0,3-0,6 %; 7) Datem 0,05-0,3 %.

Die Zugabe von Sonnenblumenlecithin führte zu einer größeren Porung und einer dunkleren Krume. Das entölt Soja- und das Rapslecithin verursachten bei den Rundstücken eine feinere Porung, die nur noch durch die Zugabe von Datem verbessert wurde (**Abb. 16**).

Bei den Vermessungen der Rundstücke fiel auf, dass durch die Zugabe von Datem das Gebäck sehr in die Breite ging. Bei den Lecithinen ging das Gebäck etwas mehr in die Höhe und ein etwas weniger in die Breite (**Tab. 5**).

Tab. 5 Durchschnittliche Höhe und Durchmesser der Rundstücke im Wirkungsoptimum.

Zusatz	durchschnittliche Höhe in mm	durchschnittliche Durchmesser in mm
Ohne Zusatz	31,9	49,6
Sonne	39,1	51,3
Soja	40,6	51,5
Raps	39,7	51,7
Datem	38,8	53,3

Mit dem Volumen stieg der Backverlust, z. B. bei Datem, im Wirkungsoptimum im Vergleich zum Nullversuch um über 6 %. Die hohen Verluste sind zurückzuführen auf die größere und feinere Krume (**Abb.16**),

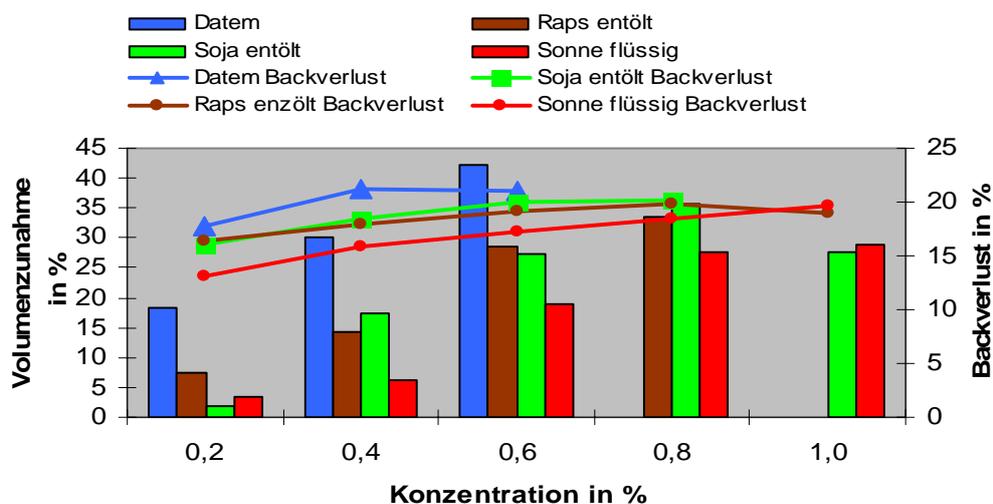


Abb. 17 Vergleich von Volumenzunahme und Backverlust bei den Rundstücken.

die das Eindringen der Backhitze verbesserte. Dadurch kam es zu einer höheren Wasserverdunstung (**Abb.17**).

Abb. 18 zeigt aber, dass der Backverlust nicht nur mit der Porung, sondern auch durch die Zugabe der Emulgatoren beeinflusst wurde. Dabei fällt auf, dass mit Zunahme der Backaktivität durch den zugesetzten Emulgators der Backverlust ansteigt. Datem hat zum Beispiel im Vergleich zum Sonnenblumenlecithin einen um 2,59 % höheren Backverlust bei gleichen Volumen.

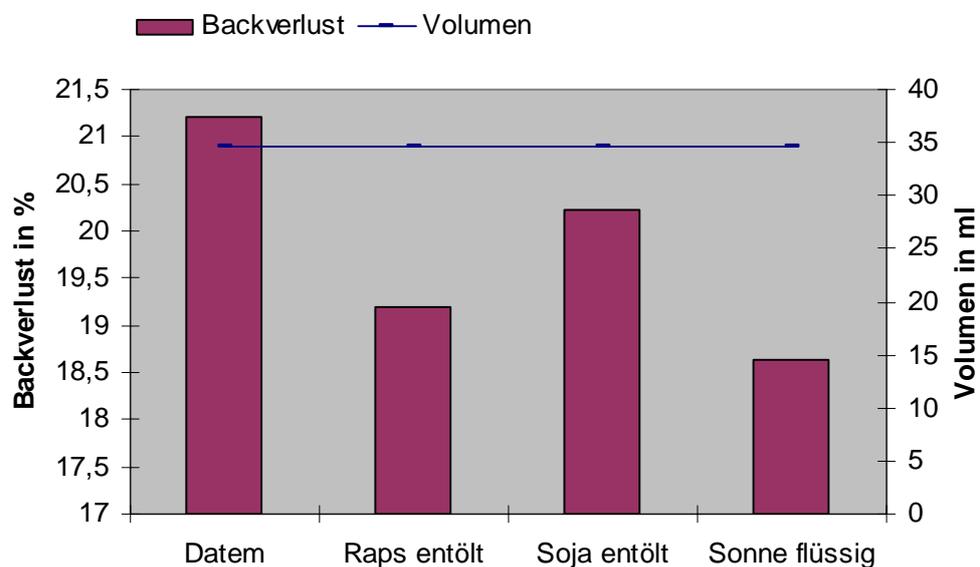


Abb. 18 Vergleich des Backverlustes bei gleichem Volumen.

4.4 Vergleich von Normal- und Microbackversuch

Zwischen den bei beiden Backversuchen verwendeten Emulgatoren, dem entölte Sojalecithin und dem flüssigen Sonnenblumenlecithin, konnten keine direkten Zusammenhänge festgestellt werden. Sie besaßen unterschiedliche Konsistenzen (Normalbackversuch 350 FE, Microbackversuch 550 FE) und wurden unterschiedlich verbacken (Kasten, frei).

Bei den Normalbackversuchen lag das Wirkungsoptimum bei der Zugabe vom entölte Sojalecithin bei 0,4 % und beim flüssigen Sonnenblumenlecithin bei 0,6 %. Bei den Microbackversuchen lag das Optimum bei dem

entölte Sojalecithin bei 0,8 % und beim flüssigen Sonnenblumenlecithin bei 1 %. Diese Verschiebung des Wirkungsoptimums könnte an der unterschiedlichen Konsistenz liegen. Vergleicht man die Volumenzunahme im Wirkungsoptimum, so ist eine Tendenz zu erkennen.

Da Gebäcke, die im Kasten gebacken werden, in der Regel immer ein kleineres Volumen aufweisen als frei geschobene, sind die Ergebnisse aus diesen beiden Versuchsreihen miteinander vergleichbar (**Abb. 19**). Die Lecithine zeigten also im Wirkungsoptimum, unabhängig von Konsistenz und Aufarbeitung, eine nahezu gleiche Volumenzunahme.

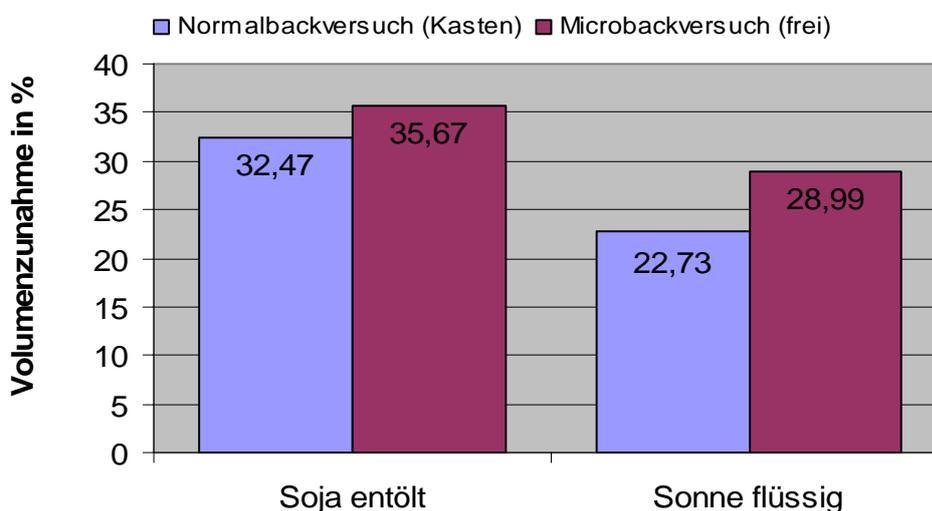


Abb. 19 Vergleich von Normal- und Microbackversuch von 2 Lecithinen im Bereich der optimalen Backaktivität.

4.5 Extensographische Untersuchungen des Klebers

Die Untersuchungen wurden mit den Emulgatorkonzentrationen, die während der Microbackversuche im Wirkungsoptimum ermittelt wurden, durchgeführt. Bei Datem wurde eine Konzentration von 0,3 % gewählt, da dies in der Praxis die üblich empfohlene Dosiermenge ist. Bei den Untersuchungen fiel auf, dass im Gegensatz zum Nullversuch, Datem völlig anders auf den Weizenkleber wirkte als die Lecithine (**Abb. 20**). Datem verringerte den Dehnwiderstand und die Dehnbarkeit des Klebers,

was dazu führte, dass er früher und bei einem geringeren Kraftaufwand riss. Im Gegensatz dazu erhöhte sich bei den Lecithinen der Dehnwiderstand, wie auch die Dehnbarkeit im Vergleich zum Nullversuch. Dabei zeigte sich, dass das Lecithin mit der größten Backaktivität, in diesem Fall das entölte Sojalecithin, einen geringeren Dehnwiderstand und eine höhere Dehnbarkeit zeigte als die anderen Lecithine.

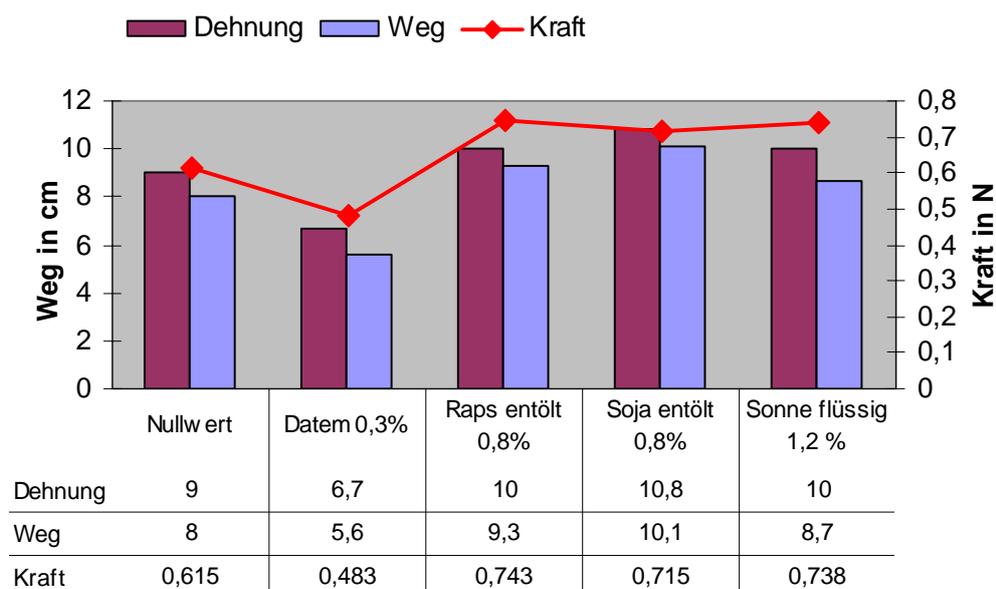
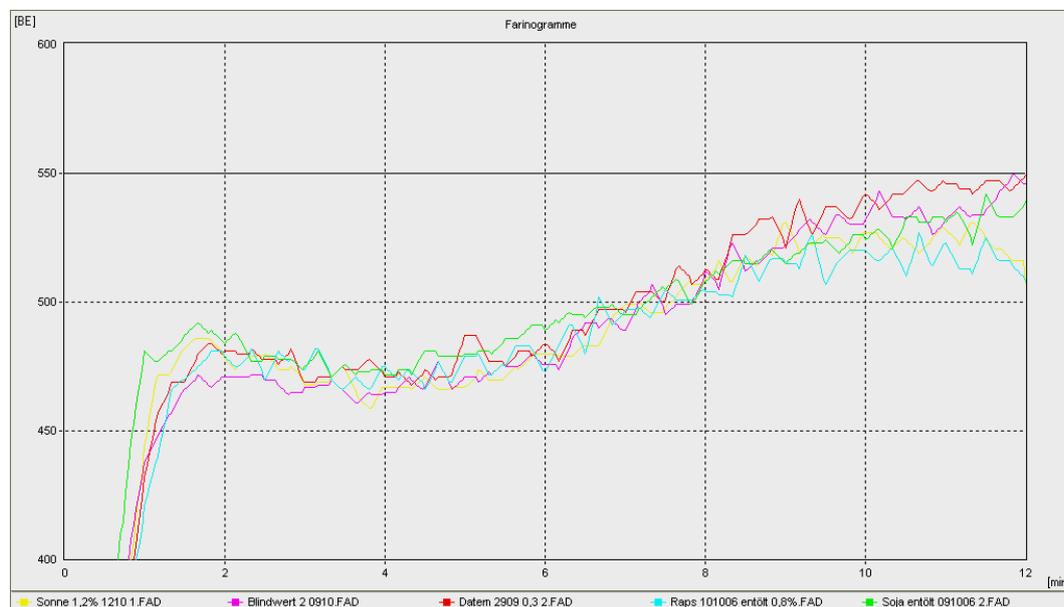


Abb. 20 Durchschnittliche Werte der extensographischen Versuche.

4.6 Farinographische Untersuchungen

Auch bei diesen Untersuchungen wurde mit den Emulgatorkonzentrationen gearbeitet, die in den Microbackversuchen das Wirkungsoptimum darstellten. Bei Datem wurde jedoch die in der Praxis übliche Konzentration von 0,3 % gewählt. Bei den Versuchen wurde nur die Konsistenz betrachtet, da die anderen Parameter nicht sehr aussagekräftig waren. Es waren dennoch leichte Tendenzen zu erkennen. Datem führte zu einer längeren Teigentwicklung (12,3 min) im Vergleich zum Blindwert (11,9 min). Das entölte Sojalecithin hatte annähernd dieselbe Teigentwicklungszeit wie das entölte Rapslecithin (ca. 10,5 min). Die geringste Teigentwicklungszeit benötigte das flüssige Sonnenblumenlecithin (ca. 10,2 min).

Die Konsistenz der Teige variierte deutlich (**Abb. 21**). Bei den Lecithinen war ein Konsistenzabfall im Vergleich zum Nullversuch zu erkennen. Die Konsistenz sank mit zunehmender Backaktivität. Im Gegensatz dazu bewirkte Datem eine geringe Erhöhung der Konsistenz der Weizenteige.



Blindwert	Datem 0,3%	Raps entölt 0,8%	Soja entölt 0,8%	Sonne flüssig 1,2
548	551	527	531	532

Abb. 21 Vergleich der Teigkonsistenzen bei Emulgatorzugabe im Wirkungsoptimum.

4.7 Messung der Krumeneigenschaften

Durch diese Versuche wurde festgestellt, dass sich mit dem Volumen auch der Widerstand, der sich dem Stempel entgegensezt, verringert hat (**Abb. 22**). Der Grund dafür war die Volumenzunahme. Genaue Auswirkungen der einzelnen Emulgatorzusätze auf die Weichheit der Krume konnten nicht festgestellt werden, da die Messwerte sehr streuten. Die Messungen nach 24 h ergaben, dass sich die Festigkeit der Krume bei allen Emulgatoren um etwa das Doppelte erhöhte.

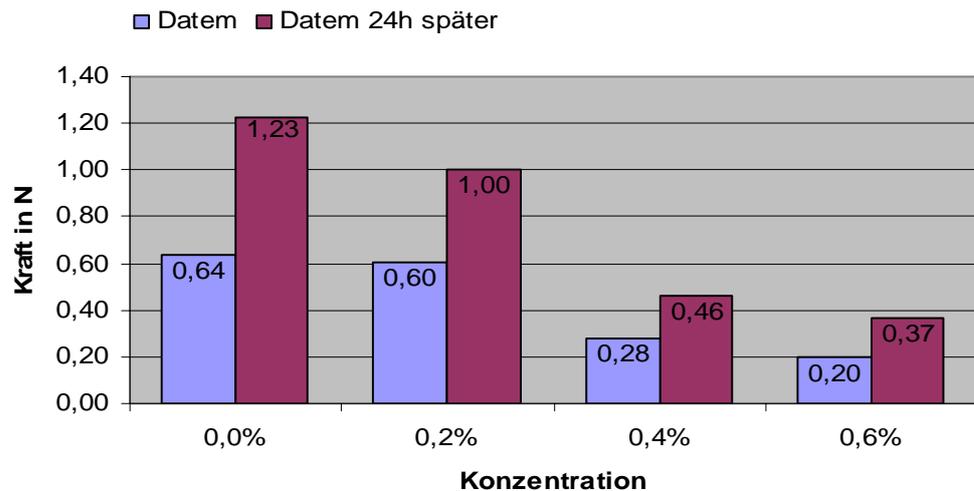


Abb. 22 Vergleich der Krümenverfestigung am Beispiel von Datem.

4.8 Künstlich hergestellter Teig ohne Kleber

Bei dem künstlich hergestellten Teig handelte es sich eher um eine Suspension/Masse und soll im weiteren Verlauf auch so genannt werden. Schon beim Befüllen des Messzylinders mithilfe eines Trichters zeigte sich, dass sich abhängig vom zugesetzten Emulgator die Durchlaufzeit der Suspension erhöhte. Die Masse wurde im Vergleich zum Normalbackversuch dickflüssiger und viskoser. Wie aus der **Abb. 23** zu entnehmen ist, erreichte die Stärkesuspension das größte Volumen ohne die Zugabe von Emulgatoren. Durch den Zusatz der Emulgatoren zu den Stärkesuspensionen sank das Volumen bei gleichzeitiger Erhöhung der Backwirksamkeit. Die Porung, die durch den Messzylinder zu erkennen war, zeigte zwischen den Proben klare Unterschiede. Der Blindwert hatte eine große, dickwandige Porung. Die Stärkesuspensionen mit dem entölten Soja- und Rapslecithin besaßen eine dünnwandige und gleichmäßige Porung. Die Massen sahen sehr ähnlich aus, jedoch zeigte die Masse mit dem Sonnenblumenlecithin viele größere Lufteinschlüsse. Bei Zugabe von Datem war eine sehr feine, dünnwandige Porung festzustellen.

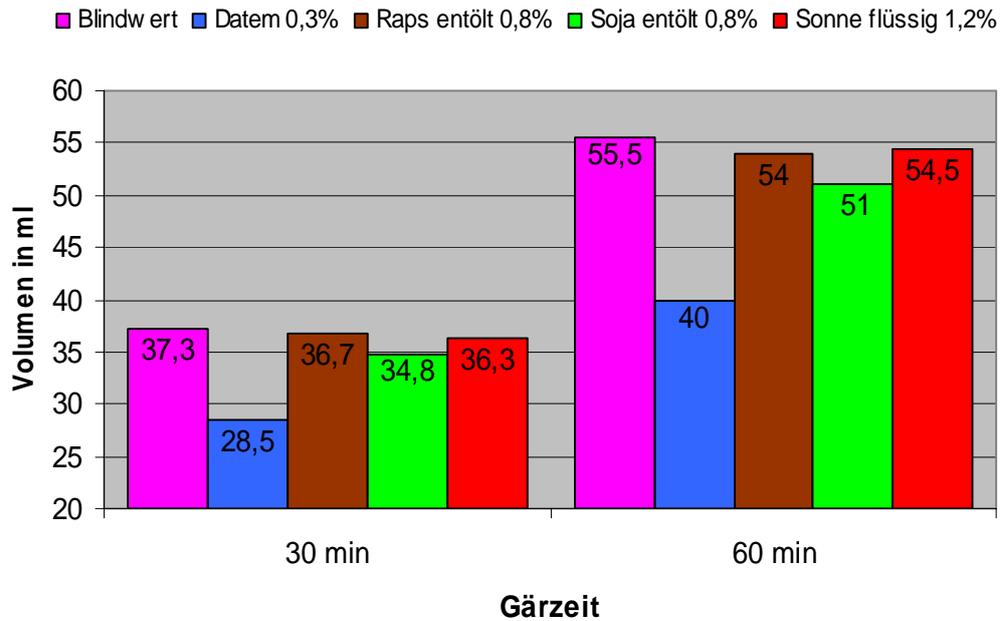


Abb. 23 Volumenzunahme der Stärkesuspension.

4.9 Volumenmessungen mit künstlich hergestellten und gebackenen Teig (Stärkesuspension) und der Zugabe von Dalem

Wie der **Abb. 24** zu entnehmen ist, kam es im Gegensatz zum Blindwert bei der Zugabe von Dalem zu einer deutlichen Volumenzunahme (Blindwert 15,7 % und Dalem 38,9 %).

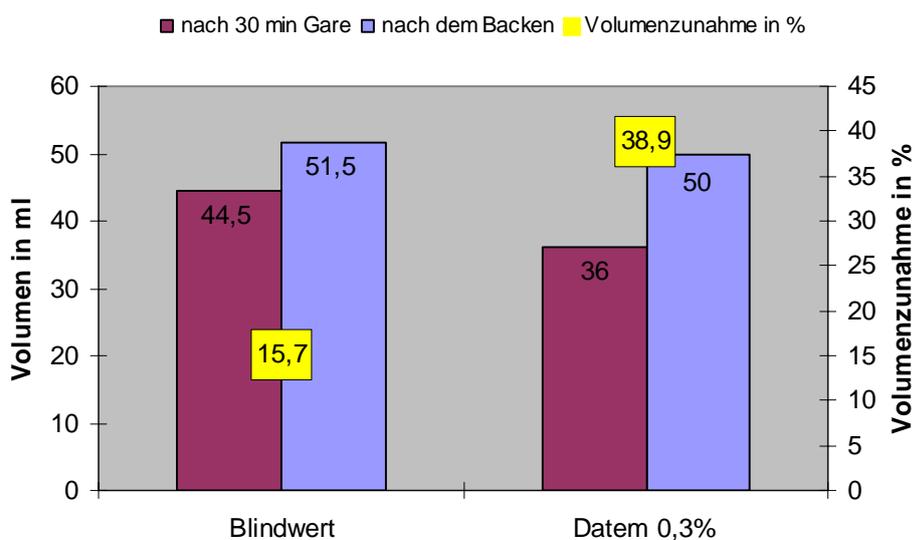


Abb. 24 Vergleich von Blindwert und einer Dalemzugabe von 0,3 % vor und nach dem Backen.

4.10 Wirkung von Datem auf den Kleber

Beim Auswaschen des Kleber mit einer 1%igen Datemlösung bildeten sich im Klebergefüge kleine Konglomerate, also die Zusammenballung kleiner Teilchen zu größeren Klümpchen (**Abb. 25**). Der Kleber wurde kürzer und

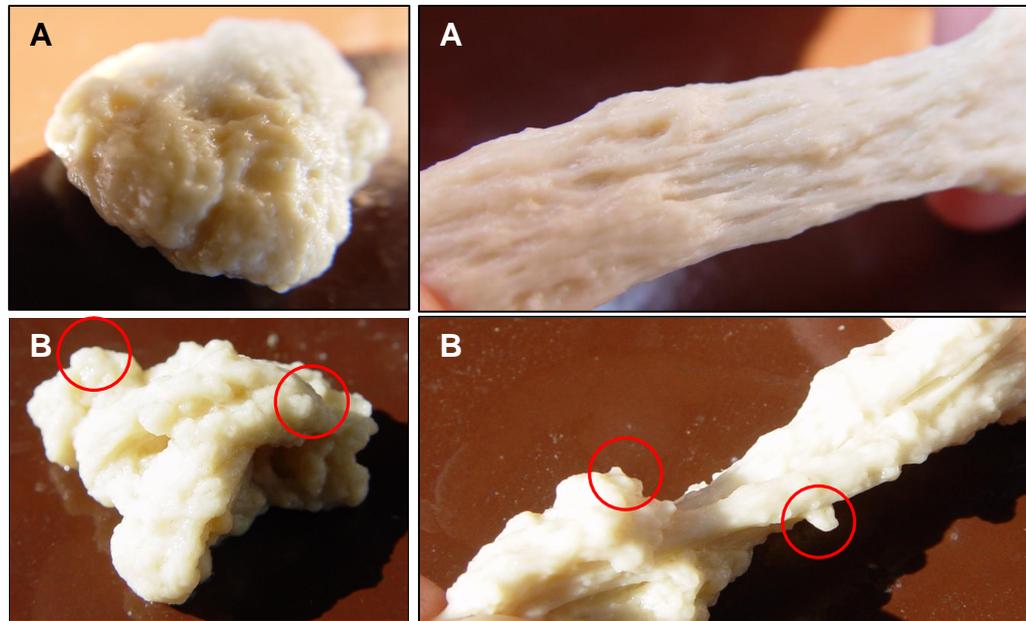


Abb. 25 Vergleich von Kleber mit Salzlösung (A) und mit Salzlösung und Datemlösung (B) ausgewaschen.

riss leicht. Dieser Effekt konnte durch ein wiederholtes Auswaschen mit Salzlösung fast vollständig aufgehoben werden, dabei veränderte sich jedoch das Gewicht des Klebers (**Tab. 6**).

Tab. 6 Vergleich der Klebergewichte.

Versuch	Klebergewicht nach dem Auswaschen mit Salzlösung in g	Klebergewicht nach dem Auswaschen mit Salzlösung, Datemlösung und erneuten Waschen mit Salzlösung in g
1	4	3,2
2	4,1	3,1
3	3,9	2,9

5 Diskussion

In dieser Arbeit wurden sieben verschiedene Emulgatoren gegenübergestellt und auf ihre Backwirksamkeit untersucht. Bei den Versuchen stand die Bestimmung des Wirkungsoptimums und die Untersuchung der Wirkungsweise der Emulgatoren im Vordergrund. Die zu untersuchenden Emulgatoren waren sechs Lecithine und ein Diacetylweinsäureester (Datem). Es wurden folgende Lecithine verwendet: Eilecithin, flüssiges Sonnenblumenlecithin, Ethanol lösliches- und unlösliches Sojalecithin, sowie entöltes Soja- und Rapslecithin.

Durch die Zugabe der Emulgatoren wurden die Teige plastischer und weniger klebrig. Dieser Effekt verstärkte sich mit zunehmender Backaktivität. Dadurch verbesserten sich die Maschinengängigkeit und die Formbarkeit. In den Normalbackversuchen war bei den Lecithinen, mit zunehmender Backwirksamkeit der Emulgatoren, eine Verkürzung der Gärzeit zu beobachten. Die Gründe dafür sollen im weiteren Textverlauf geklärt werden.

Bei den Backversuchen zeigten die Lecithine verschiedene Backaktivitäten, was auf die unterschiedliche Zusammensetzung der einzelnen Lecithine zurückzuführen ist. Nach *Dr. Helmerichs* (2004, S.109) Aussagen ist die Backwirksamkeit von den Gehalten und Verhältnissen der Hauptfraktionen abhängig. Die Hauptfraktionen der Lecithine werden von Phospholipiden, Lysophospholipiden, Glykolipiden, Sphingolipiden, freie Fettsäuren und unpolaren Lipiden gebildet. Diese sind wiederum in Unterfraktionen aufgeteilt, die die Backaktivität beeinflussen.

Außerdem ist die Backaktivität der Lecithine abhängig vom Gehalt an polaren Lipiden. Bei den von *Dr. Helmerich* (2004, S.72 ff) durchgeführten Untersuchungen von flüssigen und entölte Lecithinen wurde eine höhere Backaktivität bei den entölte Lecithinen festgestellt. Im Vergleich zum entölte Lecithin brachte die Zugabe von Ethanol löslichem Sojalecithin keine Verbesserung der Backaktivität. Der geringfügig höhere Gehalt an polaren Lipiden in der Ethanol löslichen Fraktion brachte ebenfalls keine

Verbesserung. Die Lecithine erreichten nicht annähernd die Backaktivität von Datem.

In den Microbackversuchen zeigte sich Datem als backaktivster Emulgator mit der größten Volumenzunahme. Das Wirkungsoptimum lag bei der Zugabe einer Konzentration von 0,6% Datem. Allerdings führten Zugaben über 0,3% Datem nur noch zu geringen Volumenerhöhungen. Die backaktivsten Lecithine waren das entölte Soja- und das Rapslecithin. Ihre Wirkungsoptima wurden bei der Zugabe einer Konzentration von 0,8% erreicht. Flüssiges Sonnenblumenlecithin zeigte erst in höheren Konzentrationen das Wirkungsoptimum (1,0%).

Bei den Normalbackversuchen stellte sich heraus, dass das entölte Sojalecithin die besten Backeigenschaften besaß. Im Gegensatz zu den Lecithinen, die auch in den Microbackversuchen untersucht wurden, kam es bei dem entölten Lecithin zu einer Verschiebung des Wirkungsoptimums. Durch die geringere Viskosität (350 FE) und der damit höher eingebrachten Menge an Wasser, konnte der Kleber besser quellen. Durch die erhöhte Quellfähigkeit war der Kleber dehnbarer als bei festeren Teigen. Es wäre möglich, dass in dem Fall, die maximale Dehnbarkeit und damit auch das Wirkungsoptimum schon früher erreicht wurde. Nach dem Durchlaufen des Wirkungsoptimums kam es zum Abfall des Volumens. Dies kann an der größeren Verschiebbarkeit des Klebers und dem daraus resultierenden Stabilitätsverlust des Teiges liegen. Ein anderer Grund könnte eine zu starke Ladungsverschiebung sein, die zu einer Verfestigung des Klebers führte. Sicherlich spielt auch die Veränderung der Viskosität eine Rolle. Auf die genauere Wirkung der Lecithine in Weizenteigen wird in den nächsten Absätzen eingegangen.

Warum kommt es zu einer Volumenvergrößerung? Die Untersuchungen zeigten, dass die Lecithine ganz anders agieren als Datem. Im Vergleich zum Blindwert führten die Lecithine:

- bei den farinographischen Versuchen zu einem Konsistenzabfall (ca. 20 FE).
- bei den extensographischen Versuchen mit dem Kleber zu einer Erhöhung des Dehnwiderstandes und es war eine bessere Dehnbarkeit festzustellen.
- in der Stärkesuspension zu einem geringeren Volumen und zu einer deutlichen sensorisch wahrnehmbaren Viskositäts-erhöhung.

Gemäß den Ergebnissen der Dehnversuche mit dem Kleber, hatten die Lecithin enthaltenden Teige einen höheren Dehnwiderstand als der Blindversuch. Demnach müsste der Teig oder Kleber einer mechanischen Kraft einen höheren Widerstand entgegensetzen. Die Kraft, die auf den Farinographen einwirkte, verringerte sich aber. Der Konsistenzabfall könnte durch die erhöhte Viskosität der im Teig vorliegenden Stärkesuspension erklärt werden. Nach *Adams und Schuster* (o.J., S.66) quillt Lecithin in Wasser wie ein lipophiles Kolloid, was zu einer Erhöhung der Viskosität in der Teigflüssigkeit führt. Diese behindert die Klebervernetzung und kann dazu führen, dass das von den Lecithinen aufgenommene Wasser dem Kleber bei der Verquellung fehlt. Die Viskositäts-erhöhung führt dazu, dass die Gär-gase besser gehalten werden. „Die wahre Ursache für das Gashaltevermögen liegt in der Viskosität der zwischen den Stärkekörnern vorhandenen Teigflüssigkeit“, so *Dr. Kieffer* (2004, S.13 ff). Die Teigflüssigkeit setzt sich zwischen die Klebernetzwerk-maschen und erhöht das Gashaltevermögen.

Im ausgewaschenen Zustand kann der Kleber dann ohne störende Einflüsse, der sonst anwesenden Teiginhaltsstoffe, aggregieren. Durch den Einfluss des Lecithins auf den Kleber kommt es zu einer Ladungsverschiebung, sodass sich die Eigenschaften des Klebers verändern und ein größerer Dehnwiderstand entsteht. Die erhöhte Dehnbarkeit lässt sich

nach dem Modell von Großkreuz erklären. Durch die in den Kleber eingebrachten Lecithine werden Gleitflächen zwischen den Klebermolekülen gebildet, sodass sich diese besser gegeneinander verschieben lassen. Im Gegensatz zum Blindversuch ist der Weizenkleber bei einer Zugabe von Lecithin dehnbarer. Dadurch ist er länger elastisch verschiebbar und kann dem Gasdruck länger nachgeben und umso mehr an Volumen zunehmen. Fasst man die Ergebnisse der Lecithinuntersuchungen zusammen, so ist festzuhalten, dass die viskosere Stärke-Teigflüssigkeits-Suspension zwar die Kleberaggregation etwas verhindert, aber der Teig als Ganzes durch die bessere Dehnbarkeit des Klebers länger verschiebbar bleibt. Außerdem ist durch die Viskositätserhöhung mit einem besseren Gashaltevermögen und einer feineren Krume zu rechnen.

Bei Datem kam es im Vergleich zum Blindwert zu folgenden Veränderungen:

- die Konsistenz war geringfügig größer (< 5 FE)
- der Dehnwiderstand, sowie auch die Dehnbarkeit verringerten sich
- das Volumen der Stärkesuspension war deutlich geringer als das des Lecithins, die sensorischen Beobachtungen zeigten auch, dass Datem die höchste Viskosität besaß

Die gewonnenen Daten gaben keine wirklich schlüssigen Antworten darauf, warum Datem zu diesen extrem hohen Volumina führte. Vor allem anionische Emulgatoren wie Datem verringern die positive Überschussladung der Kleberproteine so *Dr. Köhler* (2006, S.2). Es kommt also zur Verschiebung des isoelektrischen Punktes. Dieses zeigte auch das Kleberauswaschen mit 1%iger Datemlösung, das zur Bildung von Konglomeraten führte. Ein weiteres Auswaschen mit Salzlösung führte zu einem Gewichtsverlust des Klebers. Warum es dazu kam, ist nicht mit Sicherheit zu beantworten. Mögliche Gründe dafür sind z. B. ein Verlust des Wasserbindungsvermögens des Klebers oder ein Klebermaterial-

verlust, der durch das Lösen der kleberbildenden Proteinfractionen, Gliadin und Glutenin, begründet sein könnte.

Die extensographischen Versuche zeigten, dass der Kleber einer Kraft, wie zum Beispiel der Gärgase der Hefe, einen geringeren Widerstand entgegensetzte, als es bei dem Blindversuch oder den Lecithinversuchen der Fall war. Die Konsistenz war analog zu der des Blindversuches. Bei den farinographischen Untersuchungen setzte der Kleber der Knetung also kaum einen Widerstand entgegen, also muss es zu einer starken Erhöhung der Viskosität gekommen sein. Dies wurde auch bei dem Stärkesuspensionsversuch deutlich, denn es war nur eine geringe Fließgeschwindigkeit der Stärkesuspension durch den Befüllungstrichter zu beobachten. Durch die von Datem verursachte hohe Viskosität der Suspension wurde dem Gasdruck ein sehr hoher Widerstand entgegengesetzt. Daraus ergab sich, im Gegensatz zu den anderen untersuchten Emulgatoren, das geringste Volumen der Versuchsreihe.

Es stellte sich die Frage, warum es bei Datem zu diesem enormen Gebäckvolumen kam. Die Antwort gab das Abbacken der Stärkesuspension. Die großen Volumenunterschiede in der Gärphase waren nach dem Backen fast ausgeglichen. *Dr. Köhler (2004, S.2)* beschreibt den Vorgang so, dass durch die Emulgatoren die Verkleisterungstemperatur erhöht wird. Dadurch bleibt der Teig länger elastisch verformbar und kann so ein großes Volumen erreichen. In der Ofenphase werden die Emulgatormoleküle aus dem Kleber verdrängt, lagern sich an der Innenseite der Gasblasen an und erhöhen das Brotvolumen [*Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, 1999, S. 7 ff* ⁽²⁾]. Die Gasblasen werden dadurch stabilisiert und können die Gase besser halten. Dieser Effekt scheint bei Datem größer zu sein als bei den Lecithinen.

Nach *Dr. Kieffers Theorie (2004, S.13 ff)* dient der Kleber der Stabilisierung des Teiggefüges. Die Vermessungen der Rundstücke im Microbackversuch (**Tab. 5**) zeigten, dass Datem, im Vergleich zu den Lecithinen, die geringste Höhe und den größten Durchmesser aufwies.

Dies bestätigt, dass der Kleber durch Datem, wie in den extensographischen Untersuchungen gezeigt, stark beeinträchtigt wurde. Der Teig ist während der Gär- und Backphase nicht so gut stabilisiert wie bei der Zugabe der Lecithine, die den Dehnwiderstand des Klebers bzw. Teiges erhöht haben.

Bei den sensorischen Untersuchungen wurde beobachtet, dass bei den Stärkesuspensionsversuchen Datem die höchste Viskosität besaß und auch die feinste sowie gleichmäßigste Krume aufwies. Man könnte sagen, dass je höher die Viskosität der im Teig vorliegenden Stärkesuspension ist, desto gleichmäßiger ist auch die Porung. Die Zugabe von Datem zeichnet sich außerdem noch durch den Erhalt einer sehr zarten und wattigen Porung aus, was auf die Veränderung des Klebers zurückzuführen sein kann.

Durch die verschiedenen Krumenstrukturen kommt es auch zu unterschiedlichen Backverlusten. Bei dünneren Porenwänden und großen Poren dringt die Hitze leichter ein und kann so besser und schneller verdunsten. Laut *Dr. Peter Köhler (2004, S.2)* erhöhen Emulgatoren die Verkleisterungstemperatur der Stärke. Demnach liegt nach der Denaturierung des Klebereiweißes das frei gewordene Wasser länger ungebunden im Teiggefüge vor und kann dadurch leichter durch die Backhitze verdunsten.

Analog zum Volumen steigt auch die Weichheit der Krume, was durch die größere Porung und die dünneren Porenwänden begründet wird. Durch die Volumenzunahme kommt es zu einer stärkeren Dehnung der Porenwände und dadurch zu einer verminderten Stabilität.

Die Retrogradation war zu beobachten, aber es konnte keine herausragende Wirkung eines Emulgators festgestellt werden. Aufgrund des größeren Volumens der Gebäcke mit Emulgatorzusatz, die damit verbundene lockere Krume und die dadurch dünneren Porenwände, machten die Gebäcke nach einer Dauer von 24 h im Vergleich zum Nullversuch einen frischeren und weicheren Eindruck. Die Untersuchungen

zeigten aber, dass die Festigkeit der Krumen bei allen Gebäcken, ob mit oder ohne Zusatz, um fast die Hälfte anstieg.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass die, durch die Zugabe der Emulgatoren erzielte Verbesserung der Weizenteige, wie zum Beispiel ein größeres Volumen, auf die Veränderung der Viskosität, der Teigflüssigkeit, des Klebers und der Verkleisterungstemperatur zurückzuführen ist.

Bei den Lecithinen und auch beim Weizenmehl, handelt es sich um Naturprodukte. Diese sind natürlichen Schwankungen unterworfen. Deshalb kann die Qualität zwischen den Erntejahren und Anbauregionen variieren und damit auch zu unterschiedlichen inhaltlichen Zusammensetzungen führen. Das ist bei Datem nicht der Fall, da es auf synthetischen Weg hergestellt wird.



Abb. 26 Sojapflanze

Neben der Effektivität ist auch die Herstellung und die Herkunft entscheidend für die Auswahl der Emulgatoren. Gerade der Kunde ist gegenüber künstlichen und genveränderten Produkten sehr skeptisch. Datem wird auf künstlichen Weg hergestellt und ist daher nicht so gern auf Zutatenlisten gesehen wie ein natürlicher Emulgator. Aber

selbst bei den natürlichen Emulgatoren gibt es starke Unterschiede bei der Kundenakzeptanz. Es wurden 2006 auf 58,6 Millionen Hektar [Trans Gen, 2006, S.1] gentechnisch veränderter Soja angebaut, mit einer stark steigenden Tendenz. Die EU importierte 16 Millionen t Sojabohnen und 23 Millionen t Sojaschrot aus den USA, Brasilien und Argentinien, die zum

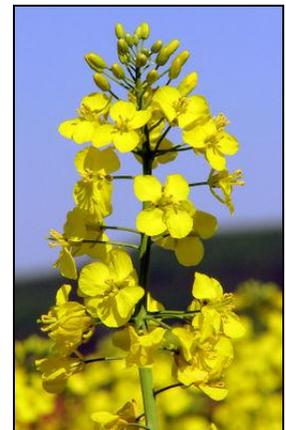


Abb. 27 Rapsblume



Abb. 28 Sonnenblumenfeld

Großteil genmanipulierten Soja anbauen [Trans Gen, 2006, S.1]. Diese Fakten sprechen für sich und verunsichern den Kunden. Eine gute Alternative zum Soja und damit zum Sojalecithin bietet das Rapslecithin. Es ist in seiner Backaktivität nur geringfügig schlechter, dafür aber nicht genetisch

verändert, denn genmanipulierter Raps wird in Europa nicht angebaut und ist auch nicht zum Import in die EU zugelassen [Greenpeace, 2006, S. 1]. Außerdem ist Raps eine weit verbreitete, regional angebaute Pflanze, die zur Gewinnung von Lecithin genutzt werden kann. Auch Sonnenblumen werden zurzeit noch nicht mit genveränderten Saatgut angebaut.

Die genaue Wirkungsweise der Emulgatoren im Weizenteig ist bis heute noch nicht geklärt. Ihre Wirkung baut meist nur auf Theorien auf, wie in noch so vielen Bereichen der Getreidetechnologie. Diese Arbeit umfasst nur einen geringen Teil der möglichen Untersuchungen. Um aber noch mehr über die Emulgatoren, die in dieser Arbeit untersucht wurden zu erfahren, gibt es noch viele weitere Untersuchungsmöglichkeiten. Man könnte eine extensographische Versuchsreihe mit Weizenteig und den verwendeten Emulgatoren im Wirkungsoptimum durchführen. Außerdem wäre ein Vergleich der flüssigen und entölten Lecithine eine interessante Versuchsreihe. Eine weitere Möglichkeit wäre es, einen bestimmten Emulgator verschiedenen rheologischen Untersuchungen, in unterschiedlichen Konzentrationen, zu unterziehen. Die Ergebnisse könnten u. a. Auskunft über den Wirkungsverlauf des Emulgators und vielleicht andere Dinge geben. Des Weiteren könnte man auch die Emulgatoren und ihre Wirkung auf verschiedene Mehlgüten untersuchen.

6 Zusammenfassung

In dieser Arbeit sollte durch den Vergleich der einzelnen Emulgatoren miteinander, deren Wirkungsweise in Weizenteigen untersucht werden. Durch die im Rahmen liegenden, möglichen und gezielten Untersuchungen, konnten die in der Einleitung gestellten Fragen geklärt werden. Es zeigte sich, dass Datem der wirksamste Emulgator ist, in seiner Wirkungsweise aber völlig anders agiert als die Lecithine. Bei den Lecithinen zeigten das entölte Soja- und das Rapslecithin die beste Wirkung. Eine ähnliche Wirkung hatte auch das Ethanol lösliche Lecithin, das in seiner Gewinnung aber weitaus aufwendiger ist. Das flüssige Sonnenblumenlecithin ist sicherlich eine weitere Alternative für die Verwendung in Weizenteigen, allerdings wird aber eine höhere Zugabemenge benötigt. Weitere Nachteile sind das etwas geringe Volumen und die schlechteren Krumeneigenschaften, die erzielt werden. Das Eilecithin und das Ethanol unlösliche Sojalecithin zeigten nur geringe Backwirkungen, wobei es sich beim Letzteren auch nur um ein Abfallprodukt der Lecithinraffinerie handelt. Alle Lecithine führten zu Teig- und Gebäckverbesserungen. Die Verbesserung der Eigenschaften wurde mit zunehmender Backaktivität der Emulgatoren verstärkt.

Bei der Entscheidung, welcher Emulgator zum Einsatz kommt, sollte auch immer die Kundenakzeptanz mit einbezogen werden. Gerade natur belassene Produkte spielen in der heutigen Zeit eine wichtige Rolle bei den Konsumenten. Im Gegensatz zum künstlich erzeugtem Datem und dem in der Kritik stehenden „genmanipulierten“ Sojalecithin bietet das Rapslecithin und das Sonnenblumenlecithin, mit Abstrichen, eine sehr gute Alternative in der Weizenteigproduktion.

7 Summary

The purpose of this work is to analyse the function of the emulsifiers in wheat doughs by comparing the individual emulsifiers with each other. The questions, mentioned in the introduction, could be solved by specific and practicable analysis. Datem is the most effective emulsifier, but it acts in a completely different way than the lecithins. Deoiled soy- and rape lecithin demonstrated to have the greatest effect within the group of lecithins. Also the analysis of the ethanol soluble lecithin pointed out that it has a similar effect, but its production is much more complicated. Another type of lecithin for using in wheat dough make up is the sunflower lecithin, but it's disadvantages are the need of a greater amount, you get a less volume and also a worse quality of the crumb. Egg lecithin and the ethanol insoluble lecithin have a less baking effect, the last mentioned is merely but a waste product of the refinery of lecithin. All of them lead to the improvement of dough's and baked goods and the improved qualities become more intensive with increasing baking activity.

For the choice of the emulsifier one should include the acceptance of the customers. Today, especially natural products play an important role for consumers. In contrast to the artificial produced Datem and the criticized "genetically manipulated" soy lecithin, rape- and sunflower lecithin generally offer a quite good alternative for the wheat dough production.

8 Literaturverzeichnis

Adams/W.F., Schuster/G.: Einzelbeschreibungen – Herstellung, Zusammensetzung, Eigenschaften. Berlin, Heidelberg, New York, Tokio: Springer Verlag, o.J..

Baltes, Werner: Lebensmittelchemie. Berlin: Springer Verlag 2000.

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie⁽¹⁾: Technofunktionelle Eigenschaften von Phosphatidycholin in Abhängigkeit vom Fettsäurerest.
<http://www.dfal.de/AIF-FV14257N.html>, Zugriff: 31.08.2006

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie⁽²⁾: Jahresbericht 1999
<http://www.dfa.de/DJahr1999.html> , Zugriff 08.12.2006

Dr. Peter Köhler: Wirkung von Emulgatoren und Enzymen in Backwaren.
http://www.gdch.de/tätigkeiten/nch/down/trend/05_backwaren.pdf , Zugriff 08.12.2006

Dr. Gerald Plasch: Spezialisten-Vielfalt, In Brot und Backwaren, Nr.10, 2005, S.76-78

Freund, Walter: Bäckerei Konditorei Management 5. „Verfahrenstechnik Brot & Kleingebäck“. Alfeld/ Leine: Gildebuchverlag 1995.

Greenpeace: Fragen und Antworten zur Müller- Kampagne
http://de.einkaufsnetz.org/gentechnik/teirfutter/13445_9.html,
Zugriff 06.02.2007

Helmerich, Gerhard: Struktur-Wechselwirkung von Phospholipiden bei Backwaren. München: Dr. Hut Verlag 2004.

Ireks: Backereitechnisches Handbuch. Kulmbach: Ireks GmbH 1997.

Kieffer, R: Handbuch Backwaren Technologie. Grundlagen der Teigbildung bei Weizen- und Roggenteigen. Hamburg: B. Behrs Verlag 5. Akt.-Lfg 06/04.

Klingler, Rudolf W.: .Grundlagen der Getreidetechnologie. Hamburg: B. Behrs Verlag 1995.

M. Schneider: „Lecithine- Gewinnung, Eigenschaften und Bedeutung für die industrielle Anwendung“, In: Fat Sci. Technologie, 94 Jahrgang, April 1992, S.524-533

Skobranek, Horst: Bäckereitechnologie. Hamburg: Dr. Felix Büchner- Verlag
Handwerk und Technik 1998.

Ternes, Waldemar: Naturwissenschaftliche Grundlagen der
Lebensmittelzubereitung. Hamburg: B. Behrs Verlag 2000.

Trans Gen: Weltmarkt Soja
http://www.transgen.de/einkauf/soja_mais/181.doku.html,
Zugriff 06.02.2007

Ziegelitz/Rüdiger, Popper/Lutz: Lecithine- bewährte Funktionalität
<http://www.backmittelinstitut.de/presse/index.php?sid=1&id=193>,
Zugriff 16.09.2006

9 **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1 Wechselwirkungen von anionischen Emulgatoren mit den Kleberproteinen des Weizenmehls.	8
Abb. 2 Wechselwirkungen von nichtionischen Emulgatoren mit den Kleberproteinen des Weizenmehls.	8
Abb. 3 Öl-in-Wasser-Emulsion und Wasser-in-Öl-Emulsion. Die polaren Molekülteile des Emulgator ragen dabei in die wässrige Phase.....	9
Abb. 4 Strukturformeln von Datem und Lecithin.	12
Abb. 5 Klebernetzwerk (Maschen)	16
Abb. 6 Gasblase (A) eingebettet von der Stärke/Flüssigkeit-Suspension (B) und stabilisiert vom Klebergerüst (C).....	17
Abb. 7 Knetkammer (A) und Mixelement (B)	21
Abb. 8 Antriebseinheit des Micromixers.....	21
Abb. 9 Gärstraße mit Temperaturüberwachung (A) und Übergang zum Netzbandofen (B)	22
Abb. 10 Netzbandofen	23
Abb. 11 Kiefferrig (A) und Teig- und Kleberpresse (B).....	23
Abb. 12 Texture Analyser mit Stempel zur Krumenmessung.....	25
Abb. 13 Vergleich zwischen Volumenzunahme und der Gärzeit der einzelnen Lecithine.....	28
Abb. 14 Volumenzunahme der Kastenbrote in % im Vergleich zum Blindwert.....	28
Abb. 15 Volumenzunahme der Rundstücke in % im Vergleich zum Blindwert.....	29

Abb.16 Krümenquerschnitte von den Rundstücken.....	30
Abb. 17 Vergleich von Volumenzunahme und Backverlust bei den Rundstücken.	31
Abb. 18 Vergleich des Backverlustes bei gleichem Volumen.	32
Abb. 19 Vergleich von Normal- und Microbackversuch von 2 Lecithinen im Bereich der optimalen Backaktivität.....	33
Abb. 20 Durchschnittliche Werte der extensographischen Versuche.....	34
Abb. 21 Vergleich der Teigkonsistenz bei Emulgatorzugabe im Wirkungsoptimum.....	35
Abb. 22 Vergleich der Krümenverfestigung am Beispiel von Datem.....	36
Abb. 23 Volumenzunahme der Stärkesuspension.	37
Abb. 24 Vergleich von Blindwert und einer Datemzugabe von 0,3 % vor und nach dem Backen.....	37
Abb. 25 Vergleich von Kleber mit Salzlösung (A) und mit Salzlösung und Datemlösung (B) ausgewaschen.....	38
Abb. 26 Sojapflanze.....	45
Abb. 27 Rapsplanze.....	45
Abb. 28 Sonnenblumen	45

10 Tabellenverzeichnis

Tab. 1 HLB-Werte und ihre Anwendungsmöglichkeiten.....	9
Tab. 2 Anwendungen von Lecithinen im Lebensmittelbereich	10
Tab. 3 Verwendetes Material bei den Versuchen.....	18
Tab. 4 Verwendete Geräte bei den Versuchen	19
Tab. 5 Durchschnittliche Höhe und Durchmesser der Rundstücke im Wirkungsoptimum.....	31
Tab. 6 Vergleich der Klebergewichte.....	38
Tab. 7 Auswertung des Normalbackversuches Blindwert	55
Tab. 8 Auswertung des Normalbackversuches Eilecithin.....	55
Tab. 9 Auswertung des Normalbackversuches Sonnenblumenlecithin flüssig	55
Tab. 10 Auswertung des Normalbackversuches Ethanol lösliches Sojalecithin	56
Tab. 11 Auswertung des Normalbackversuches Ethanol unlösliches Sojalecithin	56
Tab. 12 Auswertung des Normalbackversuches Sojalecithin entölt	56
Tab. 13 Backverlust der Weizenteige im Microbackversuch unter dem Einfluss der verwendeten Emulgatoren in %	57
Tab. 14 Volumenzunahmen der Weizenteige im Microbackversuch unter dem Einfluss der verwendeten Emulgatoren in %	57
Tab. 15 Extensographische Versuche mit Datem	57
Tab. 16 Extensographische Versuche mit entöltem Rapslecithin.....	58

Tab. 17 Extensographische Versuche mit entöltem Sojalecithin.....	58
Tab. 18 Extensographische Versuche mit flüssigem Sonnenblumenlecithin	58
Tab. 19 Werte der farinographischen Messungen mit Zusätzen in den Teige im Wirkungsoptimum	59
Tab. 20 Werte der Stärkesuspensionvolumenmessung	59
Tab. 21 Mehlanalysen der bei den Versuchen verwendeten Weizenmehle	59

11 Anhang

Tab. 7 Auswertung des Normalbackversuches: Blindwert.

Blindwert	
Gärzeit in min	89
Backverlust in %	17,6
Gebäckausbeute	135,6
Volumen in ml	1540
Volumenausbeute	638

Tab. 8 Auswertung des Normalbackversuches: Eilecithin.

Eilecithin				
	0,2%	0,4%	0,6%	0,8%
Gärzeit in min	84	84	100	100
Backverlust in %	17,3	16,3	18	18
Gebäckausbeute	135,6	137,2	136,4	136,4
Volumen in ml	1620	1650	1680	1740
Volumenausbeute	648	660	672	1740

Tab. 9 Auswertung des Normalbackversuches: Sonnenblumenlecithin flüssig.

Sonnenblumenlecithin flüssig				
	0,2%	0,4%	0,6%	0,8%
Gärzeit in min	102	102	80	80
Backverlust in %	17,3	17,1	15,5	16,6
Gebäckausbeute	135,6	136	138	136,8
Volumen in ml	1790	1800	1890	1860
Volumenausbeute	716	720	796	744

Tab. 10 Auswertung des Normalbackversuches: Ethanol lösliches Sojalecithin.

Ethanol lösliches Sojalecithin				
	0,2%	0,4%	0,6%	0,8%
Gärzeit in min	97	97	82	82
Backverlust in %	17,8	17,3	17,8	17,8
Gebäckausbeute	134,8	135,6	134,8	134,8
Volumen in ml	1780	1980	1980	1860
Volumenausbeute	712	792	792	744

Tab. 11 Auswertung des Normalbackversuches: Ethanol unlösliches Sojalecithin.

Ethanol unlösliches Sojalecithin				
	0,2%	0,4%	0,6%	0,8%
Gärzeit in min	102	102	96	96
Backverlust in %	17,3	17,6	17,3	17,8
Gebäckausbeute	135,6	135,2	135,6	134,8
Volumen in ml	1600	1620	1680	1680
Volumenausbeute	640	648	672	672

Tab. 12 Auswertung des Normalbackversuches: Sojalecithin entölt.

entöltes Sojalecithin				
	0,2%	0,4%	0,6%	0,8%
Gärzeit in min	78	78	80	80
Backverlust in %	20,7	21,7	22	20,7
Gebäckausbeute	131,2	130	130	129,6
Volumen in ml	1800	2040	1860	1820
Volumenausbeute	720	816	744	728

Tab. 13 Backverlust der Weizenteige im Microbackversuch unter dem Einfluss der verwendeten Emulgatoren in %.

	Datem	Soja	Raps	Sonne
0%	14,93	14,61	15,7	13,07
0,20%	17,74	15,95	16,42	14,8
0,40%	21,22	18,45	17,86	15,81
0,60%	21,09	19,92	19,07	17,26
0,80%		20,19	19,91	18,51
1%			19,03	19,69

Tab. 14 Volumenzunahmen der Weizenteige im Microbackversuch unter dem Einfluss der verwendeten Emulgatoren in %.

	Datem		Raps entölt		Soja entölt		Sonne flüssig	
	VZ ± VK		VZ ± VK		VZ ± VK		VZ ± VK	
0,20%	16,0	± 5,4	6,0	± 2,6	1,3	± 1,6	1,6	± 2,8
0,40%	27,4	± 6,4	11,9	± 2,9	15,6	± 4,6	4,2	± 0,3
0,60%	39,9	± 0,8	30,0	± 2,6	26,7	± 1,1	17,1	± 2,2
0,80%			31,8	± 1,5	33,3	± 1,3	26,3	± 2,1
1%					25,6	± 2,8	27,0	± 3,5

VZ= Volumenzunahme, VK= Variationskoeffizient

Tab. 15 Extensographische Versuche mit Datem.

	Datem			
	n	K±VK	Weg±VK	GD±VK
0%	6	0,59 ± 6,6	8,2 ± 4,9	9,1 ± 5,3
0,3%	5	0,44 ± 3,7	5,6 ± 3,6	6,5 ± 7,5

K= Kraft in N, Weg in cm, GD= Gesamtdehnung in cm, n= Anzahl der Versuche, VK= Variationskoeffizient

Tab. 16 Extensographische Versuche mit entöltem Rapslecithin.

entöltes Rapslecithin				
	n	K±VK	Weg±VK	GD±VK
0%	13	<i>0,62 ± 6,0</i>	<i>8,0 ± 6,9</i>	<i>9,0 ± 6,7</i>
0,5%	6	<i>0,86 ± 4,8</i>	<i>8,5 ± 4,7</i>	<i>9,4 ± 5,3</i>
0,8%	8	<i>0,76 ± 5,2</i>	<i>9,2 ± 5,2</i>	<i>10,1 ± 4,0</i>

K= Kraft in N, Weg in cm, GD= Gesamtdehnung in cm, n= Anzahl der Versuche, VK=Variationskoeffizient

Tab. 17 Extensographische Versuche mit entöltem Sojalecithin.

entöltes Sojalecithin				
	n	K±VK	Weg±VK	GD±VK
0%	13	<i>0,62 ± 6,0</i>	<i>8,0 ± 6,9</i>	<i>9,0 ± 6,7</i>
0,5%	9	<i>0,79 ± 5,4</i>	<i>8,0 ± 5,0</i>	<i>8,9 ± 5,6</i>
0,8%	7	<i>0,72 ± 4,1</i>	<i>10,1 ± 5,0</i>	<i>10,8 ± 5,6</i>

K= Kraft in N, Weg in cm, GD= Gesamtdehnung in cm, n= Anzahl der Versuche, VK=Variationskoeffizient

Tab. 18 Extensographische Versuche mit flüssigem Sonnenblumenlecithin.

flüssiges Sonnenblumenlecithin				
	n	K±VK	Weg±VK	GD±VK
0%	13	<i>0,62 ± 6,0</i>	<i>8,0 ± 6,9</i>	<i>9,0 ± 6,7</i>
0,5%	3	<i>0,70 ± 9,2</i>	<i>8,1 ± 3,9</i>	<i>8,7 ± 5,9</i>
0,8%	5	<i>0,76 ± 6,5</i>	<i>8,5 ± 7,1</i>	<i>9,4 ± 7,6</i>
1,2	5	<i>0,75 ± 7,1</i>	<i>8,9 ± 3,5</i>	<i>9,7 ± 3,8</i>

K= Kraft in N, Weg in cm, GD= Gesamtdehnung in cm, n= Anzahl der Versuche, VK= Variationskoeffizient

Tab. 19 Werte der farinographischen Messungen mit Zusätzen in den Teige im Wirkungsoptimum (n = 3).

	Konsistenz in FE ± VK	Teigentwicklung in min ± VK
Blindwert	548±0,8	11,9±1,1
Datem 0,3%	550±0,2	12,3±2,3
Rapslecithin entölt 0,8%	527±0,1	10,5±2,8
Sojalecithin entölt 0,8%	531±0,6	10,5±2,9
Sonnenblumenlecithin flüssig 1,2%	532±2,3	10,3±6,4

FE= Farinogrammeinheiten, VK=Variationskoeffizient, n= Anzahl der Versuche

Tab. 20 Werte der Stärkesuspensionvolumenmessung (künstlicher Teig ohne Kleber) (n=3).

Gärzeit	Blindwert		Datem 0,3%		Raps entölt 0,8%		Soja entölt 0,8%		Sonne flüssig 1,2%	
	VZ ± VK		VZ ± VK		VZ ± VK		VZ ± VK		VZ ± VK	
30 min	37	± 1,3	29	± 3,7	27	± 1,7	35	± 2,4	36	± 1,3
60 min	56	± 1,3	40	± 3,1	55	± 1,5	52	± 2,1	55	± 0,4

VZ=Volumenzunahme, VK=Variationskoeffizient

Tab. 21 Mehlanalysen der bei den Versuchen verwendeten Weizenmehle.

	Weizenmehl Normalbackversuch	Weizenmehl Microbackversuch
Fallzahl	327	/
Farinogramm	350 FE	550FE
Teigentwicklung in min:	2,7	11,7
Teigstabilität in min:	5,3	/
Feuchtkleber	30,7% (laut Mühle)	/
Protein	13,4 i. Tr. (laut Mühle)	/
Stickstoffgehalt	/	1.939
Type	550 (Mineralstoffgehalt 0,63 i. Tr.)	405 (Mineralstoffgehalt 0,401 i. Tr.)
Wassergehalt	14,1	15,3

Wenn nicht „laut Mühle“ dann wurden die Werteselbst ermittelt.