

Staatliche Fachschule für Lebensmitteltechnik Berlin
an der Emil-Fischer-Schule Berlin

Technikerarbeit

Optimierung von glutenfreiem Brot unter Verwendung von Fruchtfasern und Proteinen

Martin Müller

Kastanienallee 66, 10119 Berlin

Technikerarbeit erstellt von 08.2009 bis 04.2010

1	Einführung	4
1.1	Aufgabenstellung.....	4
1.2	Problemstellung.....	5
2	Grundlegendes	7
2.1	Gluten.....	7
2.2	Zöliakie.....	7
2.3	Ballaststoffe.....	8
2.4	Herbacel AQ Plus Apfel.....	9
2.5	Leinsamen Protein Konzentrat	9
3	Versuchsordnung	10
3.1	Vorversuche	10
3.2	Vorversuche unter Laborbedingungen.....	14
3.3	Hauptversuche	14
4	Geräte und Material	18
4.1	Geräte zur Herstellung der Brote.....	18
4.2	Material	20
5	Versuchsaufbau und Parameter	24
5.1	Versuchsaufbau und Durchführung	24
5.2	Textur Analyzer	26
5.2.1	Krumenelastizität/ AACC Methode	26
5.2.2	Massenviskosität.....	28
6	Ergebnisse	29
6.1	Ergebnisse der Versuchsreihe sowie der Nullversuche	29
6.2	Bilder der Versuchsreihe	38
7	Auswertung	41
7.1	Auswertung durch das Programm Design Expert 7.1.6/8.0.0.....	41
7.1.1	Massenviskosität	42

7.1.2	Volumen	44
7.1.3	Geschmack	45
7.1.4	Krumenelastizität.....	46
7.2	Zusammenfassende Auswertung	48
8	Zusammenfassung.....	50
9	Summary.....	51
10	Tabellenverzeichnis	52
11	Abbildungsverzeichnis	53
12	Quellen- und Literaturverzeichnis.....	54

1 Einführung

1.1 Aufgabenstellung

Ziel dieser Arbeit ist es, ein bewährtes Rezept für glutenfreies Brot, durch Austausch der im Normalfall enthaltenen Zutaten wie Sojagrieß, Guarkernmehl und Milchpulver durch Fruchtfasern und Protein, zu entwickeln.

Die verwendete Basisrezeptur für glutenfreies Brot wurde vom Max Rubner-Institut entwickelt. In dieser Rezeptur sollen Sojagrieß und Guarkernmehl vollkommen durch Apfelfaser und Leinprotein ersetzt werden beziehungsweise soll geprüft werden, ob dies möglich ist und wie hoch in etwa der Anteil der Apfelfaser und des Leinsamen Protein Konzentrats sein sollte. Der im Basisrezept aufgeführte Zuckerrübensirup wird durch Apfelextrakt ausgetauscht. Des Weiteren soll dabei festgestellt werden, in welchen Mengen die jeweiligen Stoffe, im speziellen die Apfelfaser (Herbacel AQ Plus Apfelfaser) und das Leinschrotprotein (Leinextrakt) zu verwenden sind. Grundsätzlich soll geklärt werden, ob dies bei glutenfreien Broten überhaupt möglich ist. Weiterhin soll geprüft werden, wie hoch in etwa die optimalen Mengen sind, um die gewünschten Qualitätsmerkmale zu erreichen oder zu verbessern.

Es wurde ein Versuchsplan mit einer Versuchsreihe entworfen. Dieser Versuchsplan wird als faktorielle Versuchsplanung mit 2 Stufen und Zentralpunkten bezeichnet. In der Versuchsreihe werden Versuche mit unterschiedlichen Mengen an Apfelfaser, Leinprotein und Wasser durchgeführt und anschließend rheologisch sowie sensorisch gemessen, um zu prüfen welchen Einfluss die Rezepturbestandteile auf das Produkt haben und wie sich die Lagerfähigkeit der Produkte verändert.

Weiterhin galt es herauszufinden, ob eine separate Dispersion und Scherung von der Apfelfaser einen Vorteil mit sich bringt.

1.2 Problemstellung

Wie schon beschrieben, soll versucht werden das Guarkernmehl, Sojagrieß und das Milchpulver auszutauschen. Um einen Ansatz zu haben in welchem Anteil ungefähr Apfelfaser und Leinsamen Protein Konzentrat verwendet werden sollte, wurden in Werder beim Unternehmen Herbafood Ingredients GmbH Vorversuche durchgeführt. Da das Unternehmen über kein geeignetes Rezept verfügte, wurde das Rezept vom Max Rubner-Institut, in Absprache mit dem Unternehmen Herbafood Ingredients GmbH, größtenteils übernommen. Ziel ist es, ein Rezept für glutenfreie Backwaren zu entwickeln, das auch gleichzeitig für mehr Gesundheit wirbt. Dies soll durch die ausgetauschten Inhaltsstoffe erzielt werden. Mit Sojagrieß verbindet der Verbraucher den Einsatz von Gentechnik, was dazu führt, dass dieser auf jeden Fall aus dem Rezept entfernt werden soll. Der Nachteil beim Milchpulver besteht darin, dass es Lactose beinhaltet, die wiederum nicht von lactoseintoleranten Menschen aufgenommen werden darf. Ein weiteres Problem ist die Bräunung, die dieser Inhaltsstoff verursacht. Das Guarkernmehl soll ebenfalls durch ein regionales Naturprodukt ausgetauscht werden. Daher wurden Sojagrieß, Magermilchpulver und Guakernmehl durch Apfelfaser und Leinschrotprotein sowie Zuckerrübensirup durch Apfelextrakt ausgetauscht. Aus diesem Grund wurde auch die im Rezept genannte Margarine (reich an Emulgatoren) durch Pflanzenöl ersetzt.

Ebenfalls galt es im Vorfeld der Hauptversuchsreihe herauszufinden, wie hoch in etwa die Zugussmenge der Rezeptur sein soll, um später nicht mehr soviel Zeit dafür in Anspruch nehmen zu müssen. Dies ist eine zu erfüllende Voraussetzung gewesen, da nur ein Zeitfenster von 14 Tagen zur Verfügung stand. Durch die Versuche mit der Zugussmenge konnten auch gleichzeitig Versuche mit der Apfelfaser durchgeführt werden. Es sollte grundlegend zu klären sein, ob man diese direkt (All-In) mit dem Mehl vermischt oder durch Aufscherung mit einem Thermomixer vor der

Teigbereitung mit Wasser aufschließt. Dabei sollte festgestellt werden, wie bzw. ob sich dabei der Geschmack und das Volumen verändern.

In den Hauptversuchen sollte das Rezept optimiert werden, sprich die Menge an Wasser, Apfelfaser und Leinextrakt in Abhängigkeit voneinander festgestellt werden sowie die sensorischen und rheologischen Veränderungen über 5 Tage.

Das Konzept der hier angewandten statistischen Versuchsplanung beruht auf definierten Einflussgrößen und Zielgrößen. Zu den variablen Einflussgrößen gehört das Herbacel AQ Plus Apfel, Leinsamen Protein Konzentrat sowie Wasser. Zielgrößen sind die Massenviskosität, Krumenelastizität, das Volumen sowie die sensorischen Eigenschaften. Die Einflussgrößen wurden bei der Hauptversuchsreihe durch erhöhte oder geringere Zugabe untereinander abgegrenzt. Dadurch soll geprüft werden, inwieweit, die jeweiligen Rezepturbestandteile Einfluss haben.

2 Grundlegendes

2.1 Gluten

Gluten ist die Bezeichnung für ein Gemisch aus 90 % Proteinen, 8 % Lipiden und 2 % Kohlenhydraten, welches durch Wasserzugabe zum Mehl beim Anteigen eine gummiartige, elastische Masse bildet. Gluten ist ein wichtiger Bestandteil von Weizen, durch welchen die Teig- und Gebäckeeigenschaften deutlich verbessert werden. Für die Backeigenschaften von Mehl hat es eine zentrale Bedeutung. Gluten kann bei genetisch-prädisponierten Menschen zu Zöliakie, einer entzündlichen Erkrankung der Darmschleimhaut mit weitreichenden gesundheitlichen Folgen, führen. Gluten ist in Weizen und Roggen, Gerste sowie in Dinkel, Grünkern, Urkorn, Einkorn, Triticale, Emmer und Kamut enthalten. Gluten hat einen geringen Nährwert und dient hauptsächlich als Kleber zum Brotbacken und Herstellen von Backwaren sowie als technologischer Hilfsstoff in der Lebensmittelindustrie. [naturkorn mühle Werz]

2.2 Zöliakie

Die Zöliakie (Synonyme: glutensensitive oder gluteninduzierte Enteropathie, intestinaler Infantilismus; bei Erwachsenen auch nichttropische oder einheimische Sprue, Glutenunverträglichkeit, Heubner-Herter-Krankheit) ist eine chronische Erkrankung der Dünndarmschleimhaut auf Grund einer Überempfindlichkeit gegen Gluten, das in vielen Getreidesorten vorkommende Klebereiweiß. Die Unverträglichkeit bleibt lebenslang bestehen, sie ist zum Teil genetisch determiniert und kann derzeit nicht ursächlich behandelt werden.

Bei normaler Verdauung ist Gluten ungefährlich, aber bei (genetisch bedingt) glutenempfindlichen Menschen wird die Dünndarmschleimhaut geschädigt, so dass keine normale Verdauung mehr möglich ist. Typische Anzeichen für eine Glutenunverträglichkeit sind Blähungen, Übelkeit, Bauchschmerzen, Appetitlosigkeit, chronischer Durchfall und eine

Gedeihstörung bei Kindern. In Mitteleuropa wird die Erkrankungshäufigkeit (Prävalenz) auf 1:500 bis sogar 1:100 Menschen geschätzt. Die bisher einzig mögliche Therapie ist eine lebenslang einzuhaltende Diät, bei der auf glutenhaltige Lebensmittel verzichtet wird. Bei vollständigem Verzicht auf glutenhaltige Lebensmittel (glutenfreie Diät/Glutenfrei-Ernährung) bilden sich die Symptome nach einiger Zeit zurück. Betroffene können sich bei der Deutschen Zöliakie-Gesellschaft über ein Leben mit dieser „unsichtbaren“ Behinderung im Alltag informieren. [Wikipedia (2010)]

2.3 Ballaststoffe

Ballaststoffe sind, im Gegensatz zu Fett, Proteinen oder Kohlenhydraten physiologisch definiert: pflanzliche Stoffe, die teilweise oder völlig resistent gegen Verdauungsenzyme (Magen/Dünndarm) sind. Folglich können sie im Dünndarm nicht resorbiert werden und sind daher keine primäre Energiequelle. Ballaststoffe können jedoch im Dickdarm teilweise oder vollständig von der dort ansässigen Darmflora verstoffwechselt (fermentiert) werden. Über diesen Weg können verschiedene Stoffwechselprodukte vom menschlichen Körper wieder genutzt werden. Die meisten Ballaststoffe gehören, chemisch betrachtet, zur Gruppe der Kohlenhydrate so z.B. Cellulose, Hemicellulose, Pektinstoffe oder β -Glucan. Diese kommen vor allem in pflanzlichen Zellwänden vor und haben dort zellverbindende sowie stützende Funktionen. Der überwiegende Anteil unserer täglichen Ballaststoffzufuhr stammt aus Getreide, Obst oder Gemüse.

Die Zugabe von Ballaststoffen zu Teigen und Massen hat viele backtechnische Vorteile. Durch ihre Fähigkeit, Flüssigkeit zu binden, können sie je nach verarbeitetem Stoff ein Mehrfaches ihres Gewichts an Wasser anlagern. Da die Qualität von Brot und Kleingebäck sehr stark von der Wasseraufnahme bei der Teigbereitung abhängt, kann mit Ballaststoffen sofern diese die Wasserbindung erhöhen, das Backergebnis

wesentlich verbessert werden. Dies bewirken zwar auch andere kalt quellende Zusätze wie Restbrot, Quellmehl, Vitalkleber oder andere Stoffe, aber nur bei der Zugabe von Ballaststoffen wird der insgesamt zu rechnende Brennwert der Backware nicht erhöht, sondern reduziert. [herbafood]

2.4 Herbacel AQ Plus Apfel

Herbacel AQ Plus Apfel ist Apfelfaser, hergestellt aus Zellwandmaterial von ausgesuchten Äpfeln. Bei der Herstellung werden die apfeleigenen Zucker durch wässrige Extraktion der Rohware, dies sind getrocknete Pressrückstände der Apfelsaftherstellung, entfernt. Durch ein besonderes Trocknungsverfahren nach der Extraktion der Zucker erhält man Apfelfaser mit einem besonders hohen Ballaststoffgehalt von etwa 85 % und einem natürlich hohem Wasserbindevermögen. Dies kann auf die Verhinderung des Zusammenklebens der Zellwandbestandteile beim Trocknen zurückgeführt werden. Daher besitzt Herbacel AQ Plus Apfel verbesserte Quelleigenschaften und eine 2-3 fach höhere Wasserbindung als herkömmliche Apfelfasern. [Herbafood Ingredients GmbH]

2.5 Leinsamen Protein Konzentrat

Leinsamen Protein Konzentrat, auch Leinschrotprotein, wird aus Presskuchen der Leinöl Produktion hergestellt. Nach der Entölung des Presskuchens erfolgt eine wässrige Fraktionierung in einen löslichen und einen unlöslichen Teil. Die für diese Arbeit genutzte lösliche Fraktion setzt sich zu etwa 55 % aus Protein und 30 % löslichem Ballaststoff zusammen. Das Produkt hat gute emulgierende Eigenschaften und eine geringe bis mittlere Wasserbindung. [Herbafood Ingredients GmbH]

3 Versuchsplanung

3.1 Vorversuche

Für den praktischen Teil der Projektarbeit standen nur zwei Wochen zur Verfügung. Um in diesen zwei Wochen ein effektives und zielführendes Ergebnis zu erzielen, war es notwendig, in Werder an der Havel bei der Firma Herbafood Ingredients GmbH Vorversuche durchzuführen. Die Vorversuche fanden unter haushaltsähnlichen Gerätebedingungen statt. Dabei sollte ermittelt werden, wie hoch in etwa die Zugußmenge für die glutenfreien Brotteige ist. Da es sich bei den Versuchen hauptsächlich um den Zusatz von Apfelfaser handelte, konnte nicht einfach der Wasseranteil aus dem Rezept des Max Rubner-Instituts übernommen werden, da Herbacel AQ Plus Apfelfaser sowie Leinprotein das Wasser anders binden als das Guarkernmehl und Sojagrieß. Aus diesem Grund musste geprüft werden, ob und in wieweit die Apfelfaser und das Leinschrotprotein Wasser binden.

Das Grundrezept sieht wie folgt aus.

Tabelle 1 Grundrezept vom Max Rubner-Institut für glutenfreies Brot

Reismehl (handelsüblich)	4230g
gekochter Reis	2110g
Sojagrieß	530g
Vollei	530g
Milchpulver	260g
Stärkefreie Backmargarine (weich)	260g
Zuckerrübensirup	210g
Guarkernmehl	160g
Backhefe	160g
Kochsalz	120g
Zitronensaft	110g
Wasser	3330g

[Rezept aus Back Journal 9/2000]

Aus diesem Rezept wurden bestimmte Zutaten entfernt und durch andere ersetzt. Des Weiteren sind bestimmte Komponenten in ihrer Menge verändert worden. Dies diente der Feststellung, welches Brot

geschmacklich am Besten zu beurteilen ist und um somit eine Grundrezeptur für die Hauptversuche zu erhalten.

Es wurde entschieden, dass mit der Rezeptur von Versuch zehn weitergearbeitet werden soll und dieser somit als Standard zu betrachten ist. Bei diesem Versuch konnte der beste Geschmack sowie die beste Krumenstruktur festgestellt werden.

Im Folgenden sind die verschiedenen Rezepturversuche aufgezeigt.

Tabelle 2 Rezepte der Vorversuche im Unternehmen

	Rezept 1	Rezept 2	Rezept 3	Rezept 4	Rezept 5
	Zutaten in g	Zutaten in g	Zutaten in g	Zutaten in g	Zutaten in g
Reismehl	476	476	476	476	476
Gekochter Reis	211	211	211	211	211
Sojagries					
Vollei	56	56	56	56	56
Magermilchpulver			26		
Guarkernmehl			12		
AQ Plus Apfel	12	12		12	12
Leinprotein					
Pflanzenöl	26	26	26	26	26
Zuckerrübensirup					
Apfelextrakt	21	21	21	21	21
Backhefe-frisch			20	20	20
Trockenbackhefe	10	10			
Kochsalz	12	12	12	12	12
Zitronensaft	11	11	11	11	11
Wasser	333	400	400	400	400
Gesamt	1168	1235	1271	1245	1245

	Rezept 6	Rezept 7	Rezept 8	Rezept 9	Rezept 10
	Zutaten in g	Zutaten in g	Zutaten in g	Zutaten in g	Zutaten in g
Reismehl	476	476	476	476	476
Gekochter Reis	211	211	211	211	211
Sojagries					
Vollei	56	56	56	56	56
Magermilchpulver	26			26	
Guarkernmehl					
AQ Plus Apfel	12	12	10	10	10
Leinprotein		7		5	10
Pflanzenöl	26	26	26	26	26
Zuckerrübensirup					
Apfelextrakt	21	21	21	21	21
Backhefe-frisch	20	20	20	20	20
Trockenbackhefe					
Kochsalz	12	12	12	12	12
Zitronensaft	11	11	11	11	11
Wasser	400	400	400	400	400
Gesamt	1271	1252	1243	1274	1253

Bei den Versuchen war auffällig, dass die Brote durch die Apfelfaser ein gutes Aroma erhielten. Ebenso konnte festgestellt werden, dass das Leinschrotprotein genauso wichtig für die Wasserbindfähigkeit ist. Deshalb sollte darauf genauso wenig verzichtet werden wie auf die Apfelfaser. Bei gleichem anteilmäßigem Verhältnis konnten die besten Krumeneigenschaften festgestellt werden. Sie war saftig und wies nicht so starke Wasserränder auf, wie die der anderen Brote.

Weiterhin wurde ermittelt, dass bei den Versuchen in der Schule die Apfelfaser mit Hilfe des Thermomixers (Thermomix der Firma

VORWERK) aufgeschlossen werden soll. Durch diesen Prozess konnten die Fasern das Wasser gut binden und so kam es zu einem gut verarbeitungsfähigen Teig. Teige, bei denen auf die Scherung verzichtet wurde, neigten nach kurzer Zeit dazu, dass eine teilweise Entmischung auftrat, die als sichtbares freies Wasser erkennbar war.

3.2 Vorversuche unter Laborbedingungen

In der Fachschule wurden weitere Vorversuche unter Laborbedingungen des Hauptversuchs unternommen. Hierbei sollte noch einmal unter backtechnischen Bedingungen geprüft werden, ob die Rezeptur, die bei der Firma Herbafood Ingredients GmbH optimiert wurde, verwendet werden sollte. Da dort kein für Versuchszwecke geeigneter Knetter, Gärraum und Ofen vorhanden war, musste nun festgestellt werden, wie sich die Teige unter optimalen Bedingungen entwickeln. Des Weiteren sollte geprüft werden, ob die Brote unter besseren Versuchsbedingungen in etwa gleich gute Ergebnisse liefern. Es wurde hauptsächlich darauf geachtet, dass die Brote ein geeignetes Volumen besitzen und ein angenehmes Geschmacksaroma aufweisen. Wichtig war bei diesen Versuchen die Bedingungen für die Hauptversuche abzugrenzen, sprich den Gehalt an Wasser, Apfelfaser und Leinschrotprotein einzugrenzen.

3.3 Hauptversuche

In der Versuchsphase wurde mit der Testreihe begonnen. Hierzu wurde eine Rezeptur der letzten Versuche ausgewählt, welche für am besten geeignet befunden wurde. Diese Rezeptur wurde in der Menge erhöht, damit pro Versuch mindestens zwei Brote hergestellt werden konnten. Da auch Lagerversuche, für die sensorische Prüfung nach zwei bis fünf Tagen, mit einbezogen wurden, hätte die Teigmenge nicht ausgereicht. Es wurde sich ebenfalls darauf geeinigt, dass der gekochte Reis aus dem Rezept entfernt wird. Dies führte in den Vorversuchen zu einem höheren Volumen und einem besserem Aroma. Die Verwendung von gekochtem

Reis erfordert zudem einen zusätzlichen verfahrenstechnischen Schritt. Da das Rezept Praxisrelevanz haben soll, wurde auf diesen Schritt verzichtet. Dies hat den weiteren Vorteil, dass wenig Zutaten enthalten sind und somit die Zutatenliste verkleinert wird (clean label).

Die optimierte Rezeptur sah wie folgt aus:

Tabelle 3 grundlegende Rezeptur für Nullversuch

Komponente	g
Reismehl	1428
Salz	36
Hefe	60
Ei	168
Sonnenblumenöl	78
Apfelextrakt	63
Zitronensäure	33
Leinschrotprotein	26,25
AQ Plus Apfel	37,5
Wasser	1533

Nachdem die Grundrezeptur für die folgenden Versuche festgelegt war, wurde überlegt, wie die weiteren Versuche aufgebaut sein sollten. Im Folgenden ist eine faktorielle Versuchsplanung mit 2 Stufen und Zentralpunkten erstellt worden. Dabei wurde eine Versuchsreihe entworfen, welche aus 8 Versuchen besteht. Das Konzept beruht auf definierten Einflussgrößen und Zielgrößen. Zu den variablen Einflussgrößen gehört das Herbacel AQ Plus Apfel, Leinsamen Protein Konzentrat sowie Wasser. Zielgrößen sind die Massenviskosität, Krumenelastizität, das Volumen sowie die sensorische Eigenschaft. Die Einflussgrößen wurden bei der Hauptversuchsreihe durch erhöhte oder geringere Zugabe untereinander abgegrenzt. Dadurch soll geprüft werden,

welchen Einfluss der jeweilige Rezepturbestandteil auf Masse und Gebäck hat. Der Gehalt an AQ Plus Apfel wurde innerhalb der Versuche um entweder +10% oder -10% verändert und der Gehalt an Leinsaat Protein Konzentrat um + oder – 14%. Die Zugußmenge bei dem Wasser wurde entweder um 15ml erhöht oder verringert. In der folgenden Tabelle sind die Parameter für die 8 Versuche noch einmal aufgeführt. Dabei bedeutet ein + das der Anteil erhöht und das – das der Anteil verringert wurde. [Römisch; Valentin (2009)]

Tabelle 4 normale Menge die den Zentralpunkten entspricht

AQ Plus	Leinschrotprotein	Wasser
37,5g	26,25g	1533ml

Tabelle 5 Versuchsparameter

Versuch 1 ---	AQ Plus -10%	Leinschrotprotein -14%	Wasser -15ml
Versuch 2 +--	AQ Plus +10%	Leinschrotprotein -14%	Wasser -15ml
Versuch 3 +-+	AQ Plus -10%	Leinschrotprotein +14%	Wasser -15ml
Versuch 4 ++-	AQ Plus +10%	Leinschrotprotein +14%	Wasser -15ml
Versuch 5 --+	AQ Plus -10%	Leinschrotprotein -14%	Wasser +15ml
Versuch 6 +++	AQ Plus +10%	Leinschrotprotein -14%	Wasser +15ml
Versuch 7 -++	AQ Plus -10%	Leinschrotprotein +14%	Wasser +15ml
Versuch 8 +++	AQ Plus +10%	Leinschrotprotein +14%	Wasser +15ml

Die Teige wurden alle unter gleichen Bedingungen hergestellt. Nach dem Knetvorgang, wurden die Teige mit Hilfe des Textur Analyzers auf ihre Massenviskosität geprüft.

Es wurden nach der Versuchsreihe auch noch sechs Nullversuche durchgeführt. Das bedeutet, es wurden sechs Teige/Brote hergestellt, welche der Grundrezeptur entsprechen, ohne jegliche Veränderungen. Die aus diesen Broten gewonnen Daten dienen später der statistischen Auswertbarkeit. Zusätzlich dienen sie der Überprüfung zur Reproduzierbarkeit. Das heißt, es soll geprüft werden, ob der Versuchsaufbau verlässliche Ergebnisse liefert.

Die Lagerversuche der Brote, Versuchsreihe und Nullversuche, erstreckten sich über 5 Tage. Nach einem Tag wurde die erste sensorische Verkostung durchgeführt, bei welcher das Aroma, die Saftigkeit und die Krume bewertet wurden. Dies erfolgte jedoch nach keinem sensorisch vorgeschriebenen Muster oder DLG-Schema, sondern unter Absprache mit sensorisch geschulten Personen. Dafür wurde ein eigener Prüfplan entwickelt in dem das Aroma, die Krumenelastizität und die Saftigkeit der Brote mit Ziffern von eins bis fünf bewertet wurden, wobei die 5 das beste Ergebnis darstellt. Daraus folgte die sensorische Bewertungsnote von eins bis fünf, wobei die fünf ebenfalls für das beste sensorische Gesamtpaket steht.

4 Geräte und Material

4.1 Geräte zur Herstellung der Brote

Vorversuche in Werder (Havel)

Löffel, Messer, Spatel, Brett, Brotbackformen, Waage

Knetter der Firma BEEM (Germany) Modellnummer : KM-1700S

Thermomixer : Thermomix der Firma VORWERK

Elektroherd: der Firma MIELE Model : H4540 , H4640

Trockenschrank/ Gärschrank: der Firma Heraeus Name kelvitron R t

Versuchsreihe

Löffel, Messer, Spatel, Brett, Brotbackformen, Waage

Thermomixer :

Thermomix TM 31 der Firma VORWERK

Füllmenge: 2 Liter

Motorleistung: 500W

Geschwindigkeitsstufen: 10+Turbo+Kneten



Abbildung 1 Thermomix der Firma VORWERK

Ofen:

MIWE electro der Firma MIWE

Type: EL 4.0616

Herstellungsjahr: 2006

rated Voltage: 400/230V 3/N/PE



**Abbildung 2 Versuchsbackofen
der staatlichen Fachschule für
Lebensmitteltechnik Berlin**

Gärschrank:

Firma: MIWE

Type: garomat

Herstellungsjahr: 2006

Textur Analyzer:

Textur Analyzer TA.XT.plus der Firma Staple Micro Systems

Volumenmessgerät:

BreadVolScan der Firma Pregesbauer



Abbildung 3 BreadVolScan

Knetter:

DIOSNA Laborspiralknetter der Firma DIOSNA Dierks Söhne GmbH.

Type: SPA 12-2

Teigleistung in kg: 12

Bottichinhalt: 22l

Die vier Knetter laufen alle gleich. Das bedeutet, dass sie zur gleichen Zeit anfangen und aufhören zu kneten und mit derselben Leistung arbeiten.



Abbildung 4 DIOSNA Laborspiralknetter

4.2 Material

Reismehl

Als Mehl wurde das Reismehl RM110 der Firma Müller's Mühle verwendet. Dies ist ein konventionelles Mahlprodukt, hergestellt aus trocken gereinigtem, geschliffenem und poliertem Weißreis aus den Ursprungsländern Südeuropa, Südamerika und Asien. Der Reis wird vermahlen und fraktioniert. Das Produkt wird aus ausgewählten Rohstoffen hergestellt, frei von lebenden oder toten Schädlingen, enthält keine Zusatzstoffe und ist von Natur aus gluten- und lactosefrei. Das Produkt ist nativ.

Tabelle 6 physikalische Daten Reismehl RM 110

Aussehen / Beschaffenheit	feines frei fließendes, weiß-cremig Pulver	
Geruch / Geschmack	frisch, neutral, ohne Fremdkomponente	
Feuchtigkeit (Gew.-%)	max. 15	
Fremdbesatz (FB) (Gew.-%)	max. 0,1	
Mineralischer FB (Gew.-%)	max. 0,01	
Weißgrad (KETT)	mind. 70	
Korngrößen-Verteilung	> 315 µm	max. 1,0 Gew.-%
	< 315 µm	max. 99,0 Gew.-%

Nährwerte: Angaben für 100g Trockenprodukt

Tabelle 7 Nährwertangaben Reismehl RM 110

Brennwert (kJ) / (kcal)	1472 / 347
Eiweiß (g)	7,3
Kohlenhydrate (g)	77,3
Fett (g)	0,9

Die Nährwerte unterliegen den natürlichen Schwankungen eines Naturproduktes.

Herbacel AQ Plus Apfel

Ein Ballaststoff aus Äpfeln, hergestellt von der Firma Herbafood Ingredients GmbH. Es ist ein beige bis hellbraunes, feines Pulver mit gutem Quellvermögen und einer hohen Wasserbindung. Inhaltsstoff ist 100% Zellwandmaterial von ausgesuchten Äpfeln durch wässrige Extraktion von Nicht-Ballaststoffen.

Tabelle 8 analytische Daten Herbacel AQ Plus Apfelfaser

Ballaststoffe / davon löslich	ca. 85% / ca. 20%
Asche	ca. 2%
Feuchte	max. 10%
Partikelgröße (90%)	max. 250 µm
Wasserbindungskapazität	ca. 20 g/g

Leinsamen Protein Konzentrat

Über dieses Produkt liegen keine weiteren Spezifikationen vor.

Weitere Materialien

Reis : Parboild Langkornreis der Firma Müller`s Mühle

Vollei : pasteurisiert/homogenisiert flüssiges Vollei der Firma OVOBEST

Magermilchpulver: der Firma condigel

Guarkernmehl : Guar 5000 F21 der Firma Herbafood Ingredients GmbH

Pflanzenöl : Sonnenblumenöl von Kaufland (K-Classic)

Apfelextrakt : Herbarom AF 01 von der Firma Herbafood Ingredients GmbH

Backhefe frisch: Backhefe DHW VITAL GOLD

Trockenbackhefe : von der Firma Seitenbacher

Kochsalz : Marken Jodsalz der Firma Bad Reichenhaller (jodiertes Speisesalz)

Zitronensaft: 100% direkt gepresst von der Firma HITCHCOCK

Wasser

5 Versuchsaufbau und Parameter

Hier wird beschrieben, wie der Ablauf zur Herstellung der Teige sowie die weiteren Untersuchungen stattgefunden haben. Da die Vorversuche nur zur ungefähren Bestimmung des Wassergehaltes dienten, wird darauf nicht eingegangen. Es handelt sich im Folgenden um den Ablauf während der Hauptversuchsreihe.

5.1 Versuchsaufbau und Durchführung

Nachdem die Grundrezeptur feststand wurden die Versuchsparameter für die Versuchsreihe festgelegt. Diese sehen wie folgt aus:

Tabelle 9 Versuchsparameter der Versuchsreihe

Versuch 1 ---	AQ Plus (-10%)	Leinschrotprotein (-14%)	Wasser (-15ml)
	33,75g	22,5g	1518ml
Versuch 2 +--	AQ Plus (+10%)	Leinschrotprotein (-14%)	Wasser (-15ml)
	41,25g	22,5g	1518ml
Versuch 3 -+-	AQ Plus (-10%)	Leinschrotprotein (+14%)	Wasser (-15ml)
	33,75g	30g	1518ml
Versuch 4 ++-	AQ Plus (+10%)	Leinschrotprotein (+14%)	Wasser (-15ml)
	41,25g	30g	1518ml
Versuch 5 --+	AQ Plus (-10%)	Leinschrotprotein (-14%)	Wasser (+15ml)
	33,75g	22,5g	1548ml
Versuch 6 +++	AQ Plus (+10%)	Leinschrotprotein (-14%)	Wasser (+15ml)
	41,25g	22,5g	1548ml
Versuch 7 -++	AQ Plus (-10%)	Leinschrotprotein (+14%)	Wasser (+15ml)
	33,75g	30g	1548ml
Versuch 8 +++	AQ Plus (+10%)	Leinschrotprotein (+14%)	Wasser (+15ml)
	41,25g	30g	1548g

Die Apfelfaser wurde mit dem Wasser zusammen mit Hilfe des Thermomixers auf Stufe zehn, manuell eingestellt, bei 10200U/min zwei Minuten aufgeschert. Die entstandene Paste wurde dann zu den restlichen Zutaten im Knetter gegeben. Es liefen immer 4 Versuche gleichzeitig, da nur vier DIOSNA Spiralknetter zur Verfügung standen, welche man parallel laufen lassen kann. Dadurch können identische Versuchsbedingungen geschaffen werden. Nach kurzer Knetphase wurden die Knetter geöffnet und der Teig wurde vom Kneterrand abgeschabt, damit sich ein gleichmäßiger Teig bildet. Nach dem Ende des Knetvorgangs wurde ein kleiner Teil des Teiges abgenommen und mit Hilfe des Textur Analyzers in Bezug auf seine Massenviskosität gemessen. Der Knetvorgang besitzt eine langsame und schnelle Knetphase. Die langsame Knetphase betrug 3 min bei 25Hz und die schnelle 3min bei 50Hz. Der restliche Teig wurde dann einmal 1min bei 60Hz schnell geknetet, um das eventuell gebildete Kohlendioxid wieder entweichen zu lassen. Aufgrund der verstrichenen Messzeit und der weiteren Kohlendioxidproduktion sollte eine gleiche Ausgangssituation für den Gärprozess geschaffen werden. Danach wurde der Teig in Kastenbrotformen gefüllt, gewogen und auf Gare gestellt. Das Teigeinwaagegewicht betrug 1000g. Die Brote sind dann bei voller Gare, nach 30 Minuten bei 32°C und 75% relativer Luftfeuchte, mit Dampf geschoben worden. Sie wurden nach einer Backzeit von 55 min, bei 220°C Ober- und Unterhitze, aus den Kästen genommen und weitere 15 min frei gebacken.

Nachdem die Brote ausgebacken waren, sind sie ausgekühlt und danach gewogen worden. Anschließend wurde mit Hilfe des Volumenmessgerätes BreadVolScan das Volumen gemessen. Im Volumenscanner wurden die Parameter für Form auf Kasten und die Messschrittweite auf mittel eingestellt. Dann wurden die Brote in Plastiktüten verpackt. Dies sollte das Austrocknen für die späteren Verkostungen verhindern.

Einen Tag nach dem Backen wurden jeweils die ersten Verkostungen durchgeführt. Der Geschmacks- und Krumentest wurde an den drei darauf

folgenden Tagen wiederholt. Hierfür standen jeweils zwei sensorisch geschulte Personen zur Verfügung.

Die Messung der Krumenelastizität wurde ebenfalls an den folgenden vier Tagen nach dem Ausbacken der Brote durchgeführt. Hierfür wurde ebenfalls der Textur Analyser verwendet.

5.2 Textur Analyser

5.2.1 Krumenelastizität/ AACC Methode

Die AACC Methode wurde für die Krumenelastizitätsmessungen verwendet. Informationen zu diesem Programm sind im Folgenden aufgeführt. Die Brotscheiben hatten eine Dicke von 12,5mm. Zu der Probenvorbereitung sei gesagt, dass aus immer 2 Scheiben übereinander gemessen wurden. Es wurde aus beiden Scheiben in der Mitte ein rundes Stück, etwa 3cm im Durchmesser, ausgestochen und übereinander gelegt und so gemessen.

Product: BREAD

Objective: Determination of bread firmness using the AACC (74-09)
Standard method

TA Settings: Mode: Measure Force in Compression

Option: Return To Start

Pre-Test Speed: 1.0 mm/s

Test Speed: 1.7 mm/s

Post-Test Speed: 10.0 mm/s

Strain: 40%

Trigger Type: Auto - 5g

Tare Mode: Auto

Data Acquisition Rate: 250pps

Accessory: AACC 36mm cylinder probe with radius* (P/36R) using 5kg load cell

Edges of the cylinder are 'rounded' to remove sharpness of the perimeter of the probe, hence reducing tendency of the probe to cut the sample upon penetration.

Sample Preparation: Slice the loaves either mechanically or by hand into equal slice thickness' e.g. 25mm or 12.5mm thick. For 12.5mm (0.5inch) thick slices two slices should be stacked together for each test, discarding two or three end slices and end crust slices of loaf. For 25mm (1 inch) thick slices one slice for each test sample is used and the end crust slices of the loaves should be discarded.

Probe Calibration: Before carrying out the test using '% strain' measurement one must calibrate the probe to acknowledge the texture analyser test surface (which is recorded as 100% strain). To do this, lower the probe, so that it is close to the test surface. Click on T.A. (in the menu bar) then CALIBRATE PROBE and specify the distance that you want the probe to return to, after sample compression, for each test - e.g. 30mm is suggested. Within the 'Run a Test' window, also check (X) the Auto height box before commencing the tests.

Test Set-Up: Place the sample centrally under the cylinder probe, avoiding any irregular or non-representative areas of crumb. Commence the test.

5.2.2 Massenviskosität

Für die Messung der Massenviskosität mittels Textur Analyzer wurde ein Projekt entwickelt. Für die Messung ist direkt nach dem Knetvorgang etwas Teig beziehungsweise Masse in einen kleinen Messbecher gegeben worden. Die Höhe des Messbechers beträgt 70mm und der Innendurchmesser 50mm. Der überstehende Rand wurde abgestrichen. Des Weiteren ist darauf geachtet worden, dass sich keine Luftblasen in der Masse innerhalb des Bechers befinden, da dies die Ergebnisse beeinflussen und verfälschen könnten.

Der Messkörper, welcher einen Durchmesser von 45mm besitzt und flach ist, wurde nach der Kalibrierung der Sondenhöhe auf 40mm Höhe heruntergefahren und hat die Masse so komprimiert. Dann wurde mit der Messung begonnen. Dabei ist der Messkörper 20mm tief in die Masse eingedrungen und es wurde die dabei benötigte Kraft gemessen.

Das Textur Analyzer Setting ist wie folgt

Pre-Test-Speed	5mm/sec
Test Speed	2mm/sec
Post-Test-Speed	10mm/sec
Distance	20mm



Abbildung 5 Messkörper für die Massenviskosität

6 Ergebnisse

6.1 Ergebnisse der Versuchsreihe sowie der Nullversuche

Volumen der Brote der Versuchsreihe

Tabelle 10 Volumen der Brote der Versuchsreihe und der Durchschnitt der Nullversuche in ml

	Volumen in ml
Versuch 1 ---	1501
Versuch 2 +--	1453
Versuch 3 --+	1486,5
Versuch 4 ++-	1470
Versuch 5 ---	1393
Versuch 6 +++	1385
Versuch 7 -++	1455,5
Versuch 8 +++	1413
Durchschnitt der 0-Versuche	1496,1

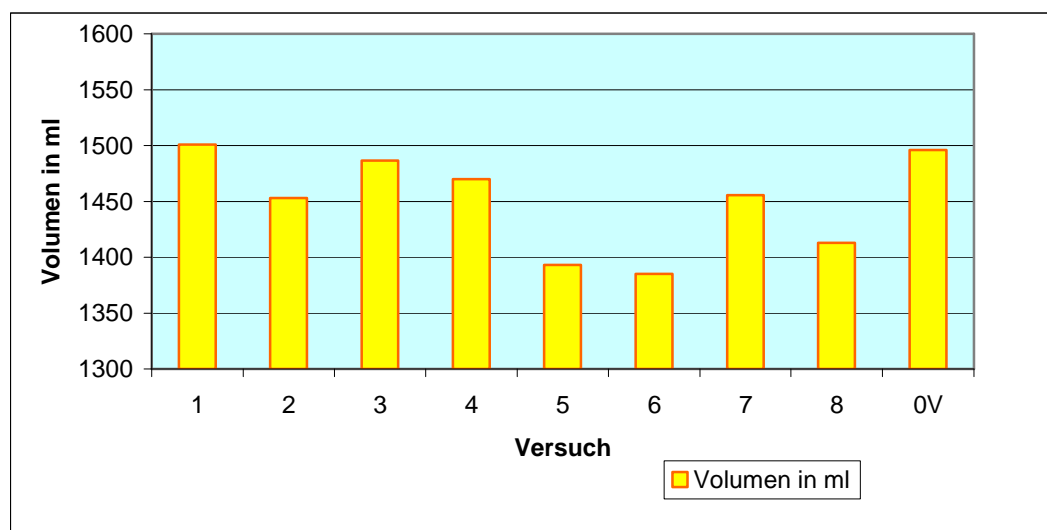


Abbildung 6 Volumen der Brote der Versuchsreihe und der Durchschnitt der Brote der Versuchsreihe in ml

Volumen der Brote der Nullversuche

Tabelle 11 Volumen der Brote der Nullversuche in ml

	Volumen in ml
Versuch 1	1509
Versuch 2	1493,5
Versuch 3	1473
Versuch 4	1459
Versuch 5	1536,5
Versuch 6	1505,5
Standardabweichung	27,6

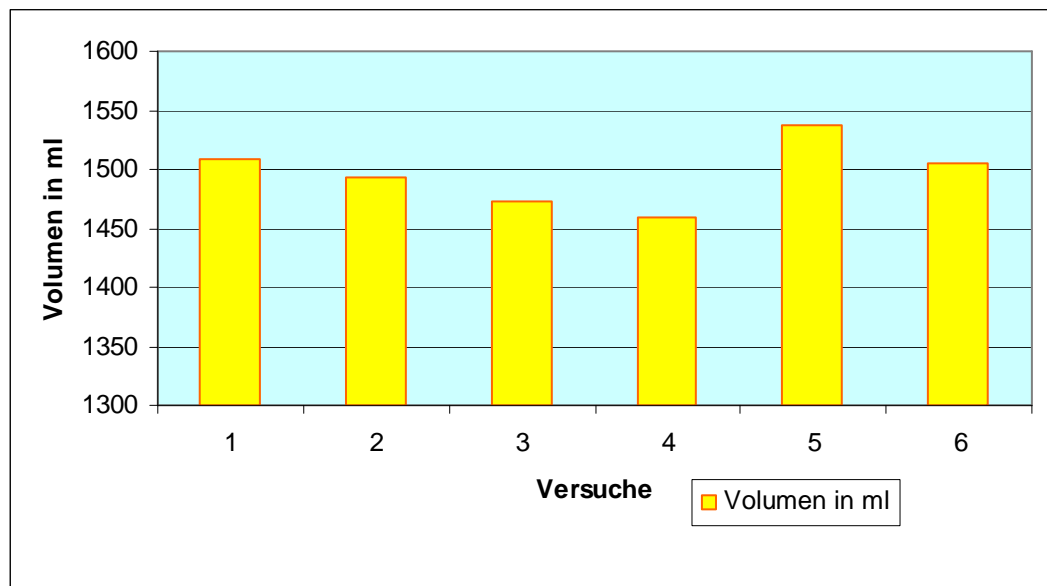


Abbildung 7 Volumen der Brote der Nullversuche in ml

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Versuchsreihe sowie anschließend die der 0-Versuche aufgezeigt.

Der Geschmack beziehungsweise die sensorische Prüfung wurde mit Zahlen von 1 bis 5 bewertet, wobei die Zahl 5 für das beste Brotaroma

steht. Entscheidende Parameter waren das Aroma, die Saftigkeit und die Krumenelastizität.

Bei der Krumenelastizität in g wurde die Komprimierbarkeit gemessen. Es handelt sich dabei jeweils um den Mittelwert der gemessenen Daten.

Versuch 1

Hergestellt am 07.09.2009

Versuch 1 ---

	AQ Plus (-10%) 33,75g	Leinschrotprotein (-14%) 22,5g	Wasser (-15ml) 1518ml
Massenviskosität Kraft in g	832,9		
Volumen in ml	1501		
	Krumenelastizität Kraft in g	Geschmack	
nach 1 Tag	1571,85	5	
nach 2 Tag	2202,35	4	
nach 3 Tag	2772,6	3	
nach 4 Tag	2231,45	2	

Versuch 2

Hergestellt am 07.09.2009

Versuch 2 +--

	AQ Plus (+10%) 41,25g	Leinschrotprotein (-14%) 22,5g	Wasser (-15ml) 1518ml
Massenviskosität Kraft in g	1072		
Volumen in ml	1453		
	Krumenelastizität Kraft in g	Geschmack	
nach 1 Tag	2086,15	5	
nach 2 Tag	2368,2	3	
nach 3 Tag	2948,3	3	
nach 4 Tag	2250,85	2	

Versuch 3

Hergestellt am 07.09.2009

Versuch 3 -+-

	AQ Plus (-10%)	Leinschrotprotein (+14%)	Wasser (-15ml)
	33,75g	25,71g	1518ml
Massenviskosität Kraft in g	828,6		
Volumen in ml	1486,5		
	Krumenelastizität Kraft in g	Geschmack	
nach 1 Tag	1877,25	5	
nach 2 Tag	1967,65	4	
nach 3 Tag	2199,35	3	
nach 4 Tag	2337,85	2	

Versuch 4

Hergestellt am 07.09.2009

Versuch 4 ++-

	AQ Plus (+10%)	Leinschrotprotein (+14%)	Wasser (-15ml)
	41,25g	25,71g	1518ml
Massenviskosität Kraft in g	1297,6		
Volumen in ml	1470		
	Krumenelastizität Kraft in g	Geschmack	
nach 1 Tag	2146,8	5	
nach 2 Tag	2027,6	3	
nach 3 Tag	2767,3	3	
nach 4 Tag	2435,6	2	

Versuch 5

Hergestellt am 08.09.2009

Versuch 5 --+

	AQ Plus (-10%) 33,75g	Leinschrotprotein (-14%) 22,5g	Wasser (+15ml) 1548
Massenviskosität Kraft in g	720,1		
Volumen in ml	1393		
	Krumenelastizität Kraft in g	Geschmack	
nach 1 Tag	1760,95	5	
nach 2 Tag	2017,35	5	
nach 3 Tag	2258	4	
nach 4 Tag	2238,15	3	

Versuch 6

Hergestellt am 08.09.2009

Versuch 6 +-+

	AQ Plus (+10%) 41,25g	Leinschrotprotein (-14%) 22,5g	Wasser (+15ml) 1548ml
Massenviskosität Kraft in g	909,1		
Volumen in ml	1385		
	Krumenelastizität Kraft in g	Geschmack	
nach 1 Tag	1966,9	5	
nach 2 Tag	2014,35	5	
nach 3 Tag	2249,5	4	
nach 4 Tag	2364,75	3	

Versuch 7

Hergestellt am 08.09.2009

Versuch 7 -++

	AQ Plus (-10%) 33,75g	Leinschrotprotein (+14%) 30g	Wasser (+15ml) 1548ml
Massenviskosität Kraft in g	754,2		
Volumen in ml	1455,5		
	Krumenelastizität Kraft in g	Geschmack	
nach 1 Tag	1849,7	5	
nach 2 Tag	2004,8	5	
nach 3 Tag	1925,6	4	
nach 4 Tag	2022,15	3	

Versuch 8

Hergestellt am 08.09.2009

Versuch 8 +++

	AQ Plus (+10%) 41,25g	Leinschrotprotein (+14%) 30g	Wasser (+15ml) 1548g
Massenviskosität Kraft in g	920,1		
Volumen in ml	1413		
	Krumenelastizität Kraft in g	Geschmack	
nach 1 Tag	1889,5	5	
nach 2 Tag	2251,95	5	
nach 3 Tag	2423,35	4	
nach 4 Tag	2414,45	2	

0-Versuche

Brot 1

Hergestellt am 09.09.2009

Massenviskosität Kraft in g	883,5		
Volumen in ml	1509		
	Krumenelastizität Kraft in g	Geschmack	
nach 1 Tag	1792		5
nach 2 Tag	1945		4
nach 3 Tag	2014		4
nach 4 Tag	1996		3

Brot 2

Hergestellt am 09.09.2009

Massenviskosität Kraft in g	915,6		
Volumen in ml	1493,5		
	Krumenelastizität Kraft in g	Geschmack	
nach 1 Tag	1981		5
nach 2 Tag	1940		4
nach 3 Tag	2324		4
nach 4 Tag	2180		3

Brot 3

Hergestellt am 10.09.2009

Massenviskosität Kraft in g	765,1		
Volumen in ml	1473		
	Krumenelastizität Kraft in g	Geschmack	
nach 1 Tag	1642		5
nach 2 Tag	1863		4
nach 3 Tag	1895		4
nach 4 Tag	2210		3

Brot 4

Hergestellt am 10.09.2009

Massenviskosität Kraft in g	821,1
Volumen in ml	1459

	Krumenelastizität Kraft in g	Geschmack
nach 1 Tag	1649	5
nach 2 Tag	1816	4
nach 3 Tag	2377	4
nach 4 Tag	2185	3

Brot 5

Hergestellt am 10.09.2009

Massenviskosität Kraft in g	805,9
Volumen in ml	1536,5

	Krumenelastizität Kraft in g	Geschmack
nach 1 Tag	1862	5
nach 2 Tag	2131	4
nach 3 Tag	2178	4
nach 4 Tag	2160	3

Brot 6

Hergestellt am 10.09.2009

Massenviskosität Kraft in g	756,7
Volumen in ml	1505,5

	Krumenelastizität Kraft in g	Geschmack
nach 1 Tag	1622	5
nach 2 Tag	2155	4
nach 3 Tag	2109	3
nach 4 Tag	2328	3

Anhand der Werte für die Massenviskosität der Nullversuche, ist zu erkennen, dass trotz gleicher Versuchsbedingungen Unterschiede auftreten. Auch das Volumen ist unterschiedlich, jedoch nur in geringem

Maße. Bei diesen Versuchen wurde darauf Wert gelegt, zu überprüfen, wie die Reproduzierbarkeit ist. Da aber die Unterschiede nicht allzu groß sind, ist davon auszugehen, dass die Reproduzierbarkeit gegeben ist. Dies ist durch die Statistik abgesichert.

6.2 Bilder der Versuchsreihe



Abbildung 8 Scheibe von Brot 1 der Versuchsreihe



Abbildung 9 Scheibe von Brot 2 der Versuchsreihe



Abbildung 10 Scheibe von Brot 3 der Versuchsreihe



Abbildung 11 Scheibe von Brot 4 der Versuchsreihe



Abbildung 12 Scheibe von Brot 5 der Versuchsreihe



Abbildung 13 Scheibe von Brot 6 der Versuchsreihe

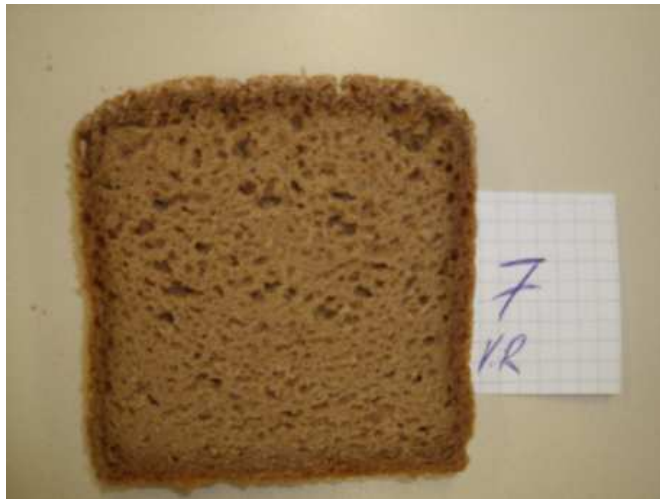


Abbildung 14 Scheibe von Brot 7 der Versuchsreihe



Abbildung 15 Scheibe von Brot 8 der Versuchsreihe

7 Auswertung

Durch Absprache führte das Unternehmen Herbafood Ingredients GmbH die Auswertung der Daten mit einem eigenen vorhandenen Programm durch. Das Programm trägt den Namen Design – Expert Software

In der Auswertung durch das Programm Design Expert 7.1.6/8.0.0 sind Auszüge aus der Auswertung durch die Firma Herbafood Ingredients GmbH enthalten, da das Unternehmen schon selbst einen Teil ausgewertet hat.

Die Krumenelastizität und der Geschmack nach einem Tag konnten durch das Programm nicht ausgewertet werden. Dies liegt daran, dass das Programm die gewonnenen Daten als nicht signifikant eingestuft hat, sprich vermutlich keinen Zusammenhang in Bezug mit den anderen Zielgrößen feststellen konnte und der Geschmack nach einem Tag bei allen Versuchen gleich bewertet worden.

7.1 Auswertung durch das Programm Design Expert 7.1.6/8.0.0

Bei diesem Versuch wurden die Massenviskosität, das Volumen, die Krumenelastizität und die Geschmacksentwicklung eines Brotes in Abhängigkeit variierender Konzentrationen von AQ Plus Apfel, Leinschrotproteinen und Wasser gemessen. Die Planung und Auswertung des Versuches erfolgte mittels des Programms Design Expert 7.1.6/8.0.0 der Fa. Stat Ease. Die faktorielle Versuchsplanung mit 2 Stufen und Zentralpunkten wurde benutzt.

Es konnte die Massenviskosität, das Volumen und der Geschmack nach zwei, drei und vier Tagen ausgewertet werde. Der Geschmack nach

einem Tag und die Krumenelastizität konnten nicht analysiert werden, da das Modell als nicht signifikant eingestuft wurde. Der Geschmack nach einem Tag ist bei allen Versuchen gleich und zwischen den anderen Zielgrößen und der Krumenelastizität konnte kein Zusammenhang hergestellt werden. So konnten diese Modelle nicht für die Auswertung der Ergebnisse benutzt werden. Aus diesem Grund wurde die Auswertung der Krumenelastizität nicht durch das Unternehmen vorgenommen, sondern nur die Massenviskosität, das Volumen und der Geschmack ab dem zweiten Tag.

7.1.1 Massenviskosität

Hier gehören die Faktoren AQ Plus Apfel, Leinschrotproteine, Wasser und die Interaktion zw. Leinschrotproteinen und Wasser zu den signifikanten Faktoren, wobei die Interaktion zw. Leinschrotproteinen und Wasser laut dem F-Value den größten Einfluss auf die Zielgröße hat.

Design-Expert® Software

Massenviskosität

● Design Points

■ C- 1518.000

▲ C+ 1548.000

X1 = B: Leinschrotproteine

X2 = C: Wasser

Actual Factor

A: AQ Plus Apfel = 37.50

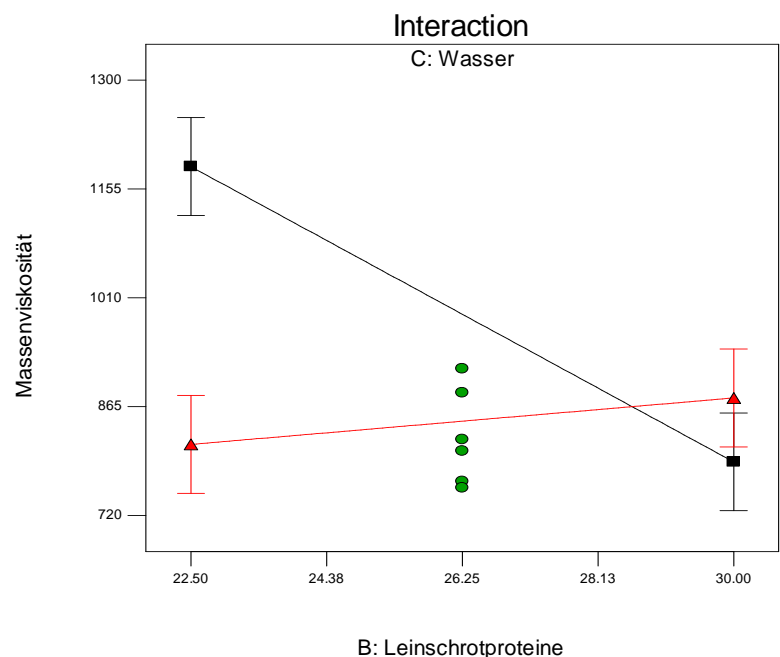


Abbildung 16 Interaktion: Massenviskosität [g] für die Backversuche: Leinschrotproteine in Abhängigkeit von Wasser

Beim Betrachten der schwarzen Linie in der Abbildung sieht man, dass die Massenviskosität bei den kleinsten Konzentrationen an Leinschrotproteinen und Wasser den höchsten Wert annimmt. Betrachtet man die schwarze Linie weiter, so sieht man, dass bei der kleinsten Konzentration des Wassers und der größten Konzentration an Leinschrotproteinen, der Wert am kleinsten ist (letzter Punkt der schwarzen Linie).

Betrachtet man nun die rote Linie der Grafik, sieht man am ersten Punkt die kleinste Konzentration der Leinschrotproteine und die größte Konzentration des Wassers. Dieser Wert liegt nur minimal höher als der kleinste Wert der schwarzen Linie (kleinste Konzentration des Wassers und größte Konzentration der Leinschrotproteine). Der weitere Verlauf der roten Linie zeigt, dass beim Einhalten der maximalen Konzentration des Wassers eine leichte Steigerung der Massenviskosität erreicht werden kann, wenn die Leinschrotprotein-Konzentration bis auf das Maximum gesteigert wird.

Der letzte Wert auf der roten Linie liegt leicht oberhalb vom niedrigsten Wert der schwarzen Linie, an der die Konzentration des Wassers den kleinsten Wert annimmt. Auf der roten Linie hat das Wasser die höchste Konzentration. Man kann somit feststellen, dass die Erhöhung der Wassermenge zu einem Absinken der Massenviskosität führt.

Design-Expert® Software

Massenviskosität

● Design Points

■ B- 22.500

▲ B+ 30.000

X1 = C: Wasser

X2 = B: Leinschrotproteine

Actual Factor

A: AQ Plus Apfel = 37.50

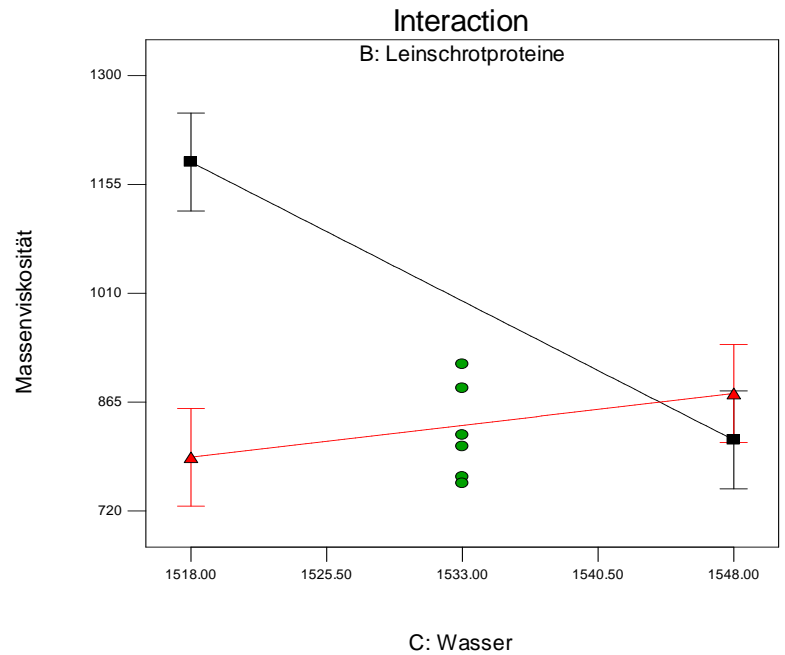


Abbildung 17 Interaktion: Massenviskosität [g] für die Backversuche: Wasser in Abhängigkeit von Leinschrotproteinen

Beim Betrachten dieser Abbildung erkennt man, dass die Konzentrationen der Leinschrotproteine auf beiden Linien jeweils konstant gehalten und die Menge des Wassers variiert wird. Dabei wird deutlich, dass das Absinken der Massenviskosität auch durch eine Konzentrationserhöhung der Leinschrotproteine bedingt wird.

7.1.2 Volumen

Bei dieser Zielgröße wurden außer dem Faktor Wasser keine weiteren Faktoren als signifikant angesehen. Auch hier hatte das Wasser einen negativen Effekt. Mit Zunahme der Konzentration des Wassers nahm das Volumen ab, was deutlich in der unteren Abbildung erkennbar wird.

Design-Expert® Software

Volumen

● Design Points

X1 = C: Wasser

Actual Factors

A: AQ Plus Apfel = 37.50

B: Leinschrotproteine = 26.25

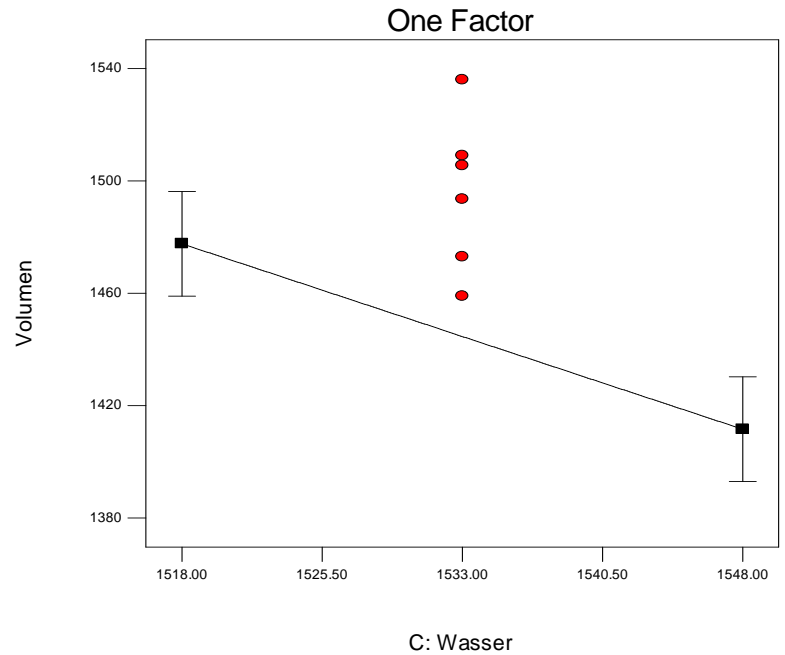


Abbildung 18 One Factor: Volumen [g] der Backversuche in Abhängigkeit von Wasser [g]

7.1.3 Geschmack

Die Zielgröße Geschmack nach einem Tag konnte von dem Programm nicht ausgewertet werden. Die Zielgrößen Geschmack nach zwei, drei und vier Tagen konnten ausgewertet werden.

Auch hier wurde außer dem Faktor Wasser kein weiterer Faktor als signifikant eingestuft. Dieser wiederum scheint einen positiven Effekt auf den Geschmack des Brotes zu haben. An allen drei Tagen wurde Broten mit dem höchsten Wassergehalt die beste Note für Geschmack vergeben. In der folgenden Abbildung sieht man die Grafik für den Geschmack nach zwei Tagen. Die Grafiken für den Geschmack nach drei und vier Tagen verhalten sich entsprechend.

Design-Expert® Software

Geschmack nach 2d

● Design Points

X1 = C: Wasser

Actual Factors

A: AQ Plus Apfel = 37.50

B: Leinschrotproteine = 26.25

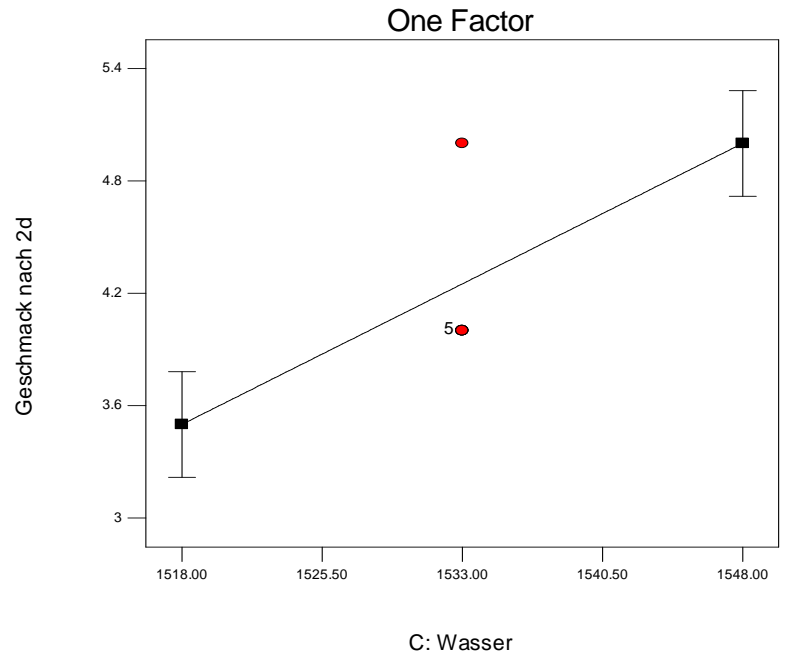


Abbildung 19 One Factor: Geschmack nach 2 Tagen in Abhängigkeit von Wasser [g]

7.1.4 Krumenelastizität

Diese konnte von dem Programm nicht ausgewertet werden. Vermutlich weil kaum ein Zusammenhang zwischen der Elastizität und den Inhaltsstoffen zu erkennen ist oder weil das Programm dies wie bereits erwähnt als nicht signifikant eingestuft hat.

In der unteren Abbildung, ist die Krumenelastizität der acht Versuche innerhalb von vier Tagen zu erkennen. Als Werte dienten die Werte, welche auch für das Auswertungsprogramm verwendet wurden.

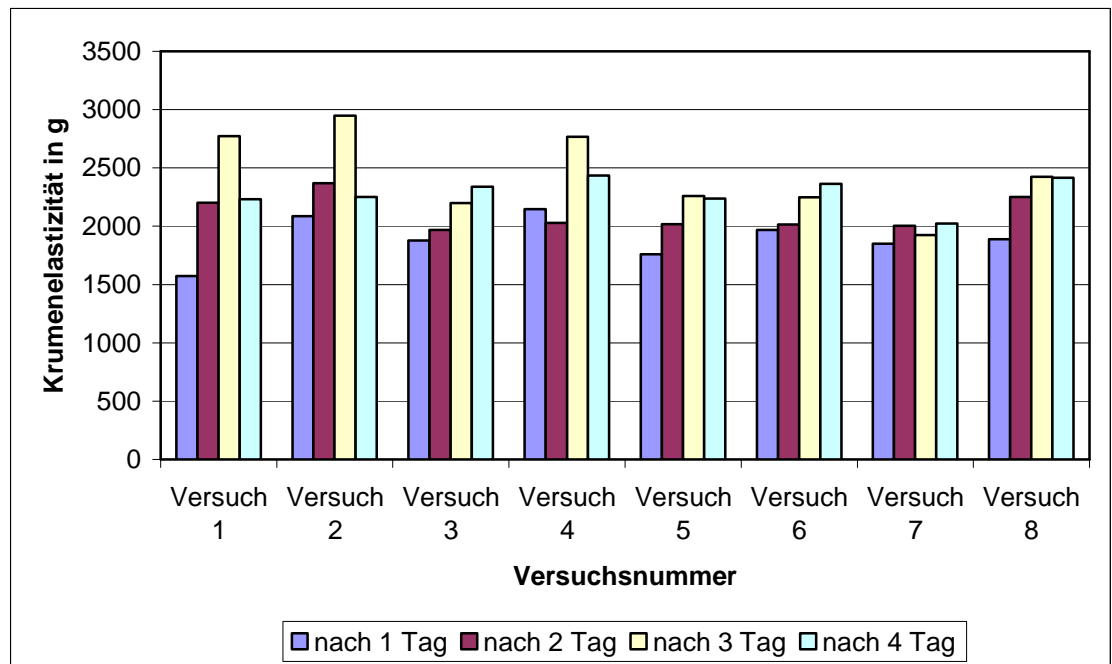


Abbildung 20 Krumenelastizität [g] der Brote der Versuchsreihe

Wie in der oberen Abbildung zu erkennen ist, hat die Krume bei den Versuchen eins, zwei und vier nach drei Tagen eine deutlich festere Struktur. Am vierten Tag ist die Krumenelastizität bei diesen Versuchen geringer. Es fällt auf, dass diese zu den Versuchen zählen, bei denen Wasser in verringerter Menge zugesetzt wurde. Bei Versuchsnummer zwei und vier, ist eine erhöhte Zugabe von Herbacel AQ Plus Apfel verwendet worden.

Bei den anderen vier Versuchen, bei denen das Wasser in erhöhter Menge zugegeben wurde ist keine signifikante Auffälligkeit zu erkennen. Bei Versuch fünf und acht ist nach drei Tagen die Krumenelastizität in g in etwa gleich der nach vier Tagen. Außerdem ist zu erkennen, dass bei Versuch fünf bis acht, sich die Krumenelastizität nach drei Tagen kaum noch verändert beziehungsweise annähernd gleich bleibt.

Des Weiteren ist in der Abbildung zu erkennen, dass die Krumenelastizität von Tag zu Tag steigt. Für das Weicherwerden der Krume nach vier Tagen in bestimmten Fällen, könnte die Apfelfaser entscheidend sein. Es

wäre durchaus möglich, dass diese nach bestimmter Zeit einen Teil des gebundenen Wassers wieder abgibt, da es zu eventuellen Abbauprozessen von bestimmten wasserbindenden Stoffen kommen kann. Ebenfalls könnte aber auch das Leinsamen Protein Konzentrat dafür verantwortlich sein. Über dieses Produkt liegen jedoch keine weiteren Informationen vor, weshalb keine genaue Aussage darüber getroffen werden kann.

7.2 Zusammenfassende Auswertung

Als erstes sei zu erwähnen, dass die Herstellung von glutenfreiem Brot unter Verwendung von Fruchtfasern und Proteinen möglich ist. Schon bei den ersten Versuchen zeigte sich, dass aufgrund der Apfelfaser ein besonders ansprechendes Aroma sowie Volumen der Brote erreicht wurde. Die optimierte Rezeptur ist ein guter Ausgangspunkt für nachfolgende Untersuchungen.

Die Auswertung der Messwerte hat ergeben, dass das Wasser den größten Einfluss auf Geschmack, Massenviskosität und Volumen hat. Bei höherem Wassergehalt, wurde der Geschmack als aromatischer empfunden. Auch die Massenviskosität wird vom Wassergehalt beeinflusst. Bei höherem Wassergehalt, sinkt die Massenviskosität sowie das Volumen.

Das Leinsamen Protein Konzentrat hatte lediglich Auswirkungen auf die Massenviskosität. Umso geringer der Leinschrotproteingehalt, desto höher ist die Massenviskosität.

Der Einfluss der Apfelfaser ist bei den aufgenommenen Messwerten nicht erkennbar. Tatsache ist, dass sie das Gebäck im Aroma, Volumen und der Krumenbeschaffenheit verbessert. Bei der sensorischen Prüfung ist festgestellt worden, dass ein leicht bitterer Geschmack durch das Apfelextrakt entstanden ist. Bei zukünftigen Versuchen müsste deshalb

auch der Einfluss auf den Geschmack untersucht werden. Es ist zu überlegen, ob das Apfelextrakt aufgrund dieser Erkenntnis nicht aus der Rezeptur gestrichen werden sollte. Bei der Teigherstellung ist aufgefallen, dass besonders durch die Aufscherung im Thermomixer eine bessere Verarbeitungs- und Wasserbindfähigkeit vorliegt.

Für weitere Versuche sollte der Gehalt in größeren Abständen untersucht werden um Klarheit darüber zu bekommen, wie viel Einfluss die Apfelfaser tatsächlich auf die Zielgrößen Volumen, Geschmack, Massenviskosität und Krumenelastizität hat.

Weiterhin ist zu erkennen, dass die Teige sehr weich gehalten sind was verfahrenstechnisch auch eine Rolle spielt, da überlegt werden sollte, ob die Teige beziehungsweise Massen eventuell durch den Einsatz von Pumpen zu transportieren und dosiert werden können. Dies würde den Aufwand im Vergleich zu einer Teigaufarbeitung, Teigteilung und anschließendem rund- und lang Wirken erheblich reduzieren.

8 Zusammenfassung

Für Menschen, die von der Krankheit Zöliakie betroffen sind, bleibt nur die Suche nach Lebensmitteln, welche kein Gluten enthalten. Dies macht sich insbesondere bei Brot bemerkbar, da Gluten essentiell für die Backfähigkeit von weizen- bzw. roggenbasierten Produkten ist. Da diese Lebensmittel oft qualitativ von glutenhaltigen Produkten abweichen, ist es von Bedeutung nach Möglichkeiten zur Verbesserung dieser Produkte zu forschen.

Ziel dieser Arbeit war es zu prüfen, ob ein bewährtes Rezept für glutenfreies Brot durch Austausch bestimmter Inhaltsstoffe, im Wesentlichen Apfelfaser und Leinsamen Protein Konzentrat, zu einer Optimierung des Produktes führt.

In Vorversuchen wurde eine Grundrezeptur entwickelt. Bei weiteren Versuchen wurde festgestellt: wird die Apfelfaser vor der Teigbereitung mit Wasser aufgeschert, bindet der Teig mehr Wasser und eine homogenere Masse entsteht. Für die Hauptversuchsreihe wurde ein faktorieller Versuchsplan mit 2 Stufen und Zentralpunkten entwickelt bei dem der Gehalt der Einflussfaktoren verringert oder erhöht ist. Zu diesen Faktoren zählen das Leinsamen Protein Konzentrat, Herbacel AQ Plus Apfel sowie Wasser. Zu den Zielgrößen gehören die Massenviskosität, das Volumen, der Geschmack sowie die Krumenelastizität. Die letzteren beiden wurden über eine Dauer von vier Tagen gemessen. Anhand der gemessenen Daten wurden Auswertungen vorgenommen bei denen festgestellt wurde, dass das Wasser einen großen Einfluss hat. Die Apfelfaser und das Leinsamen Protein Konzentrat wurden ebenfalls als signifikant eingestuft jedoch nicht so sehr, dass absolute Aussagen getroffen werden können. Jedoch ist aufgrund der Apfelfaser und des Proteins deutlich geworden, dass eine Optimierung vorliegt, da das Brot ein verbessertes Volumen und ein sehr angenehmes Aroma aufweist. Auch die Frische war sehr gut, da die Brote nach 4 Tagen immer noch genießbar waren und der qualitative Abfall nur gering eingetreten ist.

9 Summary

For people affected by celiac disease, there is often only the search for alternative foods that do not contain gluten. Since these foods often differ in quality from the original products, it is of importance to research ways to improve these products.

The aim of this study was to examine whether a proven recipe for gluten-free bread, through exchange of certain ingredients with mostly apple fiber and flax seed protein concentrate, leads to an optimization of the product.

In preliminary tests a basic recipe was developed. It was further noted that when the apple fiber was digested before the dough with water, the dough binds more water and creates a more homogeneous mass.

For the main test series, a statistical experimental plan was developed in which the content of the factors is reduced or increased. These factors include the flaxseed protein concentrate, Herbacel AQ Plus apple and water. The targets include the mass viscosity, volume, taste and the elasticity of the crumb. The latter two were measured over a period of 4 days.

Based on the measured data evaluations were carried out, showing that water has significant influence. Furthermore, apple fiber and flax seed protein concentrate were found to be significant but not to the degree of making final statements.

However, because of the apple fiber and protein, it appears that there is an optimization. The bread has a very good volume and a very pleasant aroma. The quality of the bread was very good. It was still fresh after 4 days and edible with a very low qualitative drop during this time frame.

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Grundrezept vom Max Rubner-Institut für glutenfreies Brot.....	11
Tabelle 2 Rezepte der Vorversuche im Unternehmen	12
Tabelle 3 grundlegende Rezeptur für Nullversuch	15
Tabelle 4 normale Menge die den Zentralpunkten entspricht.....	16
Tabelle 5 Versuchsparameter.....	16
Tabelle 6 physikalische Daten Reismehl RM 110	21
Tabelle 7 Nährwertangaben Reismehl RM 110	21
Tabelle 8 analytische Daten Herbacel AQ Plus Apfelfaser.....	22
Tabelle 9 Versuchsparameter der Versuchsreihe	24
Tabelle 10 Volumen der Brote der Versuchsreihe und der Durchschnitt der Nullversuche in ml	29
Tabelle 11 Volumen der Brote der Nullversuche in ml	30

11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Thermomix der Firma VORWERK	18
Abbildung 2 Versuchsbackofen der staatlichen Fachschule für Lebensmitteltechnik Berlin.....	19
Abbildung 3 BreadVolScan.....	19
Abbildung 4 DIOSNA Laborspiralkneter.....	20
Abbildung 5 Messkörper für die Massenviskosität	28
Abbildung 6 Volumen der Brote der Versuchsreihe und der Durchschnitt der Brote der Versuchsreihe in ml	29
Abbildung 7 Volumen der Brote der Nullversuche in ml	30
Abbildung 8 Scheibe von Brot 1 der Versuchsreihe	38
Abbildung 9 Scheibe von Brot 2 der Versuchsreihe	38
Abbildung 10 Scheibe von Brot 3 der Versuchsreihe	39
Abbildung 11 Scheibe von Brot 4 der Versuchsreihe	39
Abbildung 12 Scheibe von Brot 5 der Versuchsreihe	39
Abbildung 13 Scheibe von Brot 6 der Versuchsreihe	40
Abbildung 14 Scheibe von Brot 7 der Versuchsreihe	40
Abbildung 15 Scheibe von Brot 8 der Versuchsreihe	40
Abbildung 16 Interaktion: Massenviskosität [g] für die Backversuche: Leinschrotproteine in Abhängigkeit von Wasser	42
Abbildung 17 Interaktion: Massenviskosität [g] für die Backversuche: Wasser in Abhängigkeit von Leinschrotproteinen.....	44
Abbildung 18 One Factor: Volumen [g] der Backversuche in Abhängigkeit von Wasser [g]	45
Abbildung 19 One Factor: Geschmack nach 2 Tagen in Abhängigkeit von Wasser [g]	46
Abbildung 20 Krumenelastizität [g] der Brote der Versuchsreihe	47

12 Quellen- und Literaturverzeichnis

[herbafood]: Werbeprospekt, herbafood, Ballaststoffe für eine gesunde Ernährung

[Herbafood Ingredients GmbH]: E-Mail, Dr. Jürgen Fischer (Herbafood Ingredients GmbH)

[naturkorn mühle Werz]: Werbeprospekt, naturkorn mühle Werz: ZÖLIAKIE, Essen und Trinken bei Zöliakie

[Wikipedia (2010)]: <http://de.wikipedia.org/wiki/Zöliakie>, stand 22.03.2010

[Rezept aus Back Journal 9/2000]: Artikel „Glutenfreies Brot“ aus Back Journal Ausgabe 9/2000

[Römisch; Valentin (2009)]: Römisch, U., Valentin M. (2009): Vortrag an der Beuth Hochschule, 16.01.2009 „Anwendung von Methoden der statistischen Versuchsplanung zur Entwicklung glutenfreier Gebäcke“

Erklärung über die eigenständige Erarbeitung

Ich, Martin Müller, versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit („Optimierung von glutenfreiem Brot unter Verwendung von Fruchtfasern und Proteinen“) selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen benutzt habe. Sämtliche Stellen der Arbeit, die den benutzten Werken oder Quellen aus dem Internet im Ganzen oder im Wortlaut entnommen sind, habe ich durch Quellenangaben kenntlich gemacht.

Berlin, 16.04.2010 _____