

**Staatliche Fachschule für Lebensmitteltechnik Berlin**

**Technikerarbeit**

## **Einsatz von Inulin in Mürbeteigen**

**Einfluss auf die rheologischen und backtechnischen  
Eigenschaften, bei der Herstellung, Lagerung  
und Weiterverarbeitung**

vorgelegt von

Stefan Francke

Stefan Francke  
Oldenburger Str. 28  
10551 Berlin

Berlin, 12. Mai 2007



# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. EINLEITUNG</b>	<b>4</b>
<b>2. ALLGEMEINER TEIL</b>	<b>5</b>
2.1 Struktur, Eigenschaften und Vorkommen von Inulin	5
2.2 Ernährungsphysiologische Bedeutung	6
2.3 Einsatz in Lebensmitteln	7
2.4 Grundlagen zur Herstellung von Mürbeteigerzeugnissen	10
<b>3. MATERIAL UND METHODEN</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Rohstoffe</b>	<b>13</b>
<b>3.2 Technische Geräte und Hilfsmittel</b>	<b>13</b>
<b>3.3 Viskositätsmessung der Mürbeteige</b>	<b>13</b>
3.3.1 Penetrometer	14
3.3.2 Texture Analyser - Penetrationstest	15
3.3.3 Texture Analyser - Bruchtest	16
<b>4. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG</b>	<b>17</b>
<b>4.1 Rezepturgestaltung</b>	<b>18</b>
<b>4.2 Teigherstellung</b>	<b>19</b>
<b>4.3 Aufarbeitung</b>	<b>20</b>
<b>4.4 Backen</b>	<b>20</b>
<b>5. ERGEBNISSE</b>	<b>21</b>
<b>5.1 Schwerer Mürbeteig</b>	<b>21</b>
<b>5.2 Leichter Mürbeteig</b>	<b>26</b>
<b>5.3 Diskussion der Ergebnisse</b>	<b>30</b>
<b>6. FAZIT</b>	<b>32</b>
<b>7. ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>33</b>
<b>8. SUMMARY</b>	<b>34</b>
<b>9. QUELLEN UND LITERATUR</b>	<b>36</b>

# 1. Einleitung

Erzeugnisse aus Mürbeteig wie diverse Kekse oder andere regionale Spezialitäten erfreuen sich nach wie vor einer großen Beliebtheit beim immer anspruchsvoller werdenden Verbraucher. Ein wachsendes Gesundheitsbewusstsein der Bevölkerung in den vergangenen Jahren lässt in zunehmendem Maße die Forderung nach Lebensmitteln laut werden, die über ihren Nährwert hinaus einen Beitrag zur Aufrechterhaltung der Gesundheit und Verbesserung des menschlichen Wohlbefindens leisten. Insbesondere Süß- und Feinbackwaren werden aufgrund ihrer hohen Anteile an Fett und Zucker von den Verbrauchern aus einem kritischen Blickwinkel betrachtet. Die Lebensmittelindustrie muss auf die Nachfrage nach gesünderen Produkten entsprechend reagieren können.

Diese Arbeit möchte mit ihren Untersuchungen zum Einsatz von Inulin als präbiotischen Ballaststoff in Mürbeteigen einen Beitrag zu diesem aktuellen Entwicklungstrend leisten. In verschiedenen Versuchsreihen werden zwei klassische Mürbeteigarten mit variierenden Mengen eines Inulinpräparats versetzt und auf ihre teigrheologischen und backtechnischen Eigenschaften hin untersucht. Die einzelnen Mürbeteige werden hierzu handwerklich hergestellt. Zur Untersuchung wird ein Penetrometer und der Texture Analyzer eingesetzt, außerdem wird eine sensorische Untersuchung der Teige und Backproben erfolgen.

Aufgrund der Löslichkeit von Inulin, ist mit zunehmender Inulinmenge eine deutliche Teigerweichung bzw. eine Viskositätsabnahme zu erwarten. Dies könnte zu Schwierigkeiten und Fehlern bei der Weiterverarbeitung der Mürbeteige führen. Es ist bekannt dass Fructose in Backwaren zu einer stärkeren Bräunungsreaktion beim Backen führt als Haushaltszucker. Da das Inulinmolekül hauptsächlich aus Fruktose aufgebaut ist, wird es bei höherer Inulinzugabe auch zu stärkeren Bräunungseffekten der Gebäcke kommen. Desweiteren sollen mit Hilfe sensorischer Untersuchungen Einflüsse auf die Krumen und

Porenbeschaffenheit sowie Veränderungen im Geschmack und beim Bruch der Gebäcke festgestellt werden.

Das Ziel der Arbeit ist es den aktuellen Kenntnisstand zum Inulineinsatz in Nahrungsmitteln speziell im Bereich der Mürbeteigbackwaren auszudehnen und eine neue Möglichkeit einer gesünderen Zusammensetzung der Mürbeteige aufzuzeigen.

## 2. Allgemeiner Teil

### 2.1 Struktur, Eigenschaften und Vorkommen von Inulin

Im Folgenden soll näher auf die Eigenschaften und ernährungsphysiologischen Bedeutungen von Inulin eingegangen werden. Inulin hat in den letzten Jahren vor allem als Präbiotikum an Bedeutung gewonnen und wird heute nicht zuletzt wegen seiner vielfältigen technologischen Anwendungsmöglichkeiten geschätzt. Das zu den Fructosanen zählende Reservekohlenhydrat ist chemisch betrachtet ein Polysaccharid und fast ausschließlich aus  $\beta$ -1,2-glycosidisch verknüpften D-Fructosemonomeren aufgebaut.

Wie in Abbildung 1 ersichtlich sind die unterschiedlichen Moleküle glycosidisch miteinander verknüpft. Ferner können aber auch  $\beta$ -2,6-Verzweigungen vorkommen. In der Regel schließt eine Glucoseeinheit an den Enden die durchschnittlich etwa 40 Fructosemoleküle lange Kette ab. Die relative Molekülmasse von Inulin bewegt sich in Größenordnungen zwischen 200.000 und mehreren Millionen Dalton.

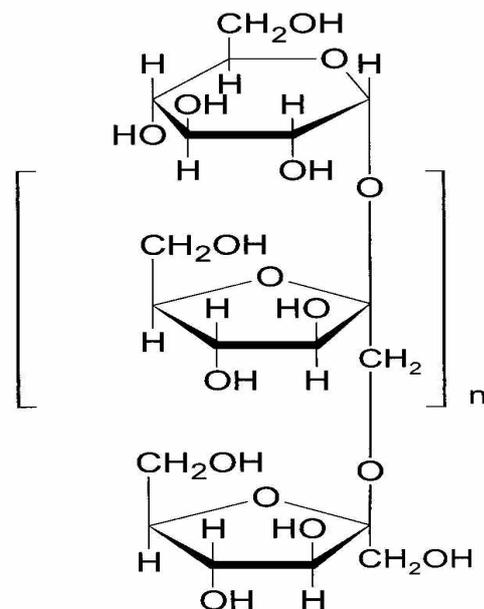


Abb.1: Chemische Struktur von Inulin

Da unter anderem die Kettenlänge von Molekülen ihre Löslichkeit bestimmt, ergibt sich für Inulin bei einer Länge von 40 Molekülen eine relativ gute Löslichkeit, die mit steigender Kettenlänge abnimmt. Desweiteren werden die Lösungseigenschaften von Inulin durch seine kristalline Struktur beeinflusst, welche der farblosen Substanz im warmen Wasser gute und im kalten Wasser schlechtere Löslichkeit verleiht.

Inulin bildet in Verbindung mit Wasser kolloidale Lösungen, was zu einer gelartigen Lösung mit erhöhter Viskosität führt.

Die Zersetzung des Inulins findet beim Erreichen des Schmelzpunktes von 180 °C statt (Schütz 2006).

Inulin wird hauptsächlich in der Artischocke, Chicoree, Zichorienwurzel und Topinamburknolle synthetisiert, und kommt außerdem in vielen Bakterien, Pilzen, Hefen und Algen vor. Die Gewinnung erfolgt durch eine Heißwasserextraktion aus der betroffenen Pflanze. Dieses Verfahren ist vergleichbar mit dem Extraktionsverfahren zur Zuckergewinnung.

## **2.2 Ernährungsphysiologische Bedeutung**

Als Präbiotikum wird Inulin zu den unverdaulichen Lebensmittelbestandteilen gezählt, die verschiedenen Darmbakterien als Substrat dienen und deren Vermehrung oder Aktivität stimulieren. Dabei handelt es sich in der Regel um Mikroorganismen wie Lactobazillen, Eubakterien und/oder Bifidobakterien.

Menschen und Säugetieren fehlt es an Verdauungsenzymen, welche die  $\beta$ -1,2-Bindungen der Inulinmoleküle spalten können. Es erfolgt im Magen und im Dünndarm also keine Zerlegung (Hydrolisierung) der Molekülketten und Resorption der Bestandteile, so dass das Inulin fast unversehrt in den Dickdarm gelangt, was die Voraussetzung für den „präbiotischen Effekt“ des Inulins bildet/ausmacht (Biesalski & Grimm 2002). Im Dickdarm steht es dann den Milchsäurebakterien wie Lactobazillen und Bifidobakterien als Substrat zur Verfügung. Diese Mikroorganismen synthetisieren das Enzym  $\beta$ -Fructosidase, welches in

der Lage ist die  $\beta$ -1,2-Bindungen der Inulinmoleküle zu spalten. Versuche an der TU-Dresden (Mehrere Versuche mit Fructooligosacchariden) haben gezeigt, dass durch Fructooligosaccharide das Wachstum von Bifidobakterien stimuliert wird, während gleichzeitig das Wachstum pathogener Organismen wie Clostriden, Escherichia coli und Bacteroiden gehemmt wird. Die Vermehrung der Bakterienmasse zusammen mit dem Wasserbindevermögen des Inulins trägt zur Erhöhung des Stuhlgewichts, und damit zur Anregung der Darmperistaltik bei, und verkürzt so die Transitzeit des Darminhalts. Auf diese Weise tragen Präbiotika zu einer gesünderen Dickdarmflora und einer allgemeinen besseren Befindlichkeit des Verzehrs bei.

Zusätzlich haben Untersuchungen der Arbeitsgruppe um Professor Henle an der TU- Dresden gezeigt, dass beim Erhitzen während des Backprozesses Spaltprodukte des Inulins, sog. Difruktosedianhydride entstehen, die noch positivere Auswirkungen auf die Darmbakterien zeigen, da sie von ihnen noch einfacher verwertet werden können als der Ausgangstoff, das Inulin selbst.

Desweiteren konnte eine bessere Mineralstoffaufnahme bei den Probanden beobachtet werden. In erster Linie zeigte sich hier eine merklich erhöhte  $\text{Ca}^+$ - Resorption. Bei regelmäßigem Verzehr von Inulin stellte sich außerdem eine Senkung des Lipoprotein- sowie des Cholesterinspiegels ein, wodurch das Risiko einer Herz- Kreislauferkrankung vermindert werden könnte. Allerdings ist in Bezug hierauf anzumerken, dass bis zum heutigen Zeitpunkt keine Untersuchungen bekannt sind, die langfristig positive gesundheitliche Auswirkungen durch die regelmäßige Einnahme von Präbiotika belegen.

### **2.3 Einsatz in Lebensmitteln**

Inulin bietet aufgrund seiner unterschiedlichen funktionellen Eigenschaften vielfältige Einsatzmöglichkeiten in der Lebensmittelindustrie. Zu den wichtigsten zählt der Einsatz als

Präbiotikum und Ballaststoff in einer ganzen Reihe von Nahrungsmitteln.

Da Inulin die Fähigkeit besitzt Mikrokristalle zu bilden, vermittelt es in Milch oder Wasser dispergiert ein cremiges fettartiges Mundgefühl, wodurch ein vielfältiger Einsatz als Fettersatzstoff z.B. in Milchprodukten, Brotaufstrichen und Salatdressings ohne sensorische Einbußen möglich wird und eine deutliche Kalorienreduktion erzielt werden kann. Durch die gute Löslichkeit ist auch die Einarbeitung von Inulin in wässrige Systeme wie Getränke und Milchprodukte unproblematisch.

Bei guter Homogenisierung in Wasser bildet Inulin ein dreidimensionales Netzwerk aus, welches in der Lage ist größere Wassermengen zu immobilisieren, und dadurch zur Stabilität von Schäumen und Emulsionen beitragen kann. Insgesamt führt Inulin bei einer Vielzahl von Lebensmitteln zu einer Verlängerung der Strukturstabilität.

Ferner werden Inulin und andere Fructooligosaccharide auch in Kombination mit Süßstoffen als Zuckerersatzstoff verwendet, obwohl sie nur eine sehr geringe Süßkraft besitzen. Auch der Einsatz von Inulin in Diabetikerprodukten ist möglich, da der Blutglucosespiegel durch die Aufnahme nicht erhöht wird (Ternes 1998).

Nachfolgend sind noch einmal die wichtigsten Einsatzmöglichkeiten des Inulins in Lebensmitteln mit ihren jeweiligen Eigenschaften und Funktionen und ungefähren Mengenangaben in tabellarischer Form zusammengefasst aufgeführt.

Lebensmittel	Funktion	Zugabemege [%]
Milchprodukte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fettaustausch</li> <li>• Mundgefühl</li> <li>• Stabilisator</li> <li>• Ballaststoff, Präbiotika</li> </ul>	2-10
Eiscreme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fettaustausch</li> <li>• Texturverbesserung</li> <li>• Schmelzverhalten</li> <li>• Kalorienreduktion</li> </ul>	2-10
Brotaufstriche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fettaustausch</li> <li>• Texturverbesserung</li> <li>• Streichverhalten</li> <li>• Stabilisator</li> <li>• Ersatz von Gelatine</li> <li>• Ballaststoff, Präbiotika</li> </ul>	2-10
Backwaren Frühstückscerealien Extrudierte Snackartikel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ballaststoff, Präbiotika</li> <li>• Kalorienreduktion</li> <li>• Knusprigkeit, Volumen</li> </ul>	2-15
Füllungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fettaustausch</li> <li>• Texturverbesserung</li> </ul>	2-30
Salatdressings Soßen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fettaustausch</li> <li>• Mundgefühl</li> <li>• Stabilisator</li> </ul>	2-10
Fleischprodukte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fettaustausch</li> <li>• Texturverbesserung</li> <li>• Ballaststoffe</li> </ul>	2-10
Diätprodukte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fettaustausch</li> <li>• Mundgefühl</li> <li>• Ballaststoffe</li> <li>• Kalorienreduktion</li> </ul>	2-15
Schokolade	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zuckerersatz</li> <li>• Ballaststoffe</li> <li>• Hitzestabilität</li> </ul>	5-30

**Tab. 1: Einsatzmöglichkeiten von Inulin in der Lebensmittelherstellung (nach Franck u. de Leenheer 2002)**

## 2.4 Grundlagen zur Herstellung von Mürbeteigerzeugnissen

Alle Mürbeteige bestehen aus den Hauptzutaten Weizenmehl, Fett und Zucker. Um Veränderungen bei der Geschmacksgebung sowie der Konsistenz zu erzielen, können zusätzlich auch Kochsalz, Vollei, Eidotter, Milch sowie diverse Aromen zugesetzt werden. Ferner können sie auch durch die Zugabe von chemischen Triebmitteln gelockert werden, wie es z.B. bei Spekulatius der Fall ist.

Mürbeteigerzeugnisse sollten mürb-zart sowie von brüchiger Beschaffenheit sein. Aufgrund ihrer geringen Lockerung haben sie ein geringes Volumen und zeichnen sich durch ihre trockene Beschaffenheit mit einer langen Haltbarkeit aus.

Die klassischen Mürbeteigarten werden auf der Grundlage des Verhältnisses ihrer Hauptzutaten zueinander unterschieden. In der nachstehenden Tabelle sind die drei Mürbeteiggrundarten vergleichend nach ihrer Zusammensetzung dargestellt. Zusätzlich werden jeweils beispielhaft Produkte angegeben.

	<b>schwerer Mürbeteig</b> (1:2:3)	<b>leichter Mürbeteig</b> (1:1:2)	<b>Spritzmürbeteig</b> (1:2:2)
Zusammensetzung	1 Teil Zucker, 2 Teile Fett und 3 Teile Weizenmehl	1 Teil Zucker, 1 Teil Fett und 2 Teile Weizenmehl	1 Teil Zucker, 2 Teile Fett und 2 Teile Weizenmehl
Erzeugnisse	Kekse ausgestochenes und eingelegtes Teegebäck Waffeln Böden Torteletts	Spekulatius Böden Streusel	Spritzgebäcke

**Tab. 2: Überblick über die Zusammensetzung der bekanntesten Mürbeteigarten und deren Verwendungsmöglichkeiten**

Die verschiedenen Zutaten üben wie nachfolgend erläutert aufgrund ihrer Eigenschaften unterschiedliche Einflüsse auf die Teig- und Gebäckbeschaffenheit aus. Betrachtet man die in Tabelle 2 aufgeführten Teigzusammensetzungen wird deutlich, dass ein klassischer Mürbeteig plastisch sein sollte, während elastische Eigenschaften unerwünscht sind. Hierzu muss beim Mürbeteig im Gegensatz zum Hefeteig die Verquellung des Weizenklebers weitestgehend vermieden werden. Daher wählt man in der Regel ein stärkereiches und kleberarmes Mehl der Type 405 oder 550.

Da das Mehl die Flüssigkomponenten wie Milch und Ei zum größten Teil bindet, ist bei teilweisem Ersatz durch Inulin in den Versuchen zu dieser Arbeit zu beobachten, inwiefern das Inulin diese Aufgabe des Mehls übernimmt.

Als Fette können in Mürbeteigen sowohl Butter als auch verschiedene Backmargarinen verwendet werden. Aufgrund der festeren Konsistenz und der geringeren Knetempfindlichkeit eignet sich Backmargarine besonders gut. Die Verwendung von Butter ist etwas aufwändiger, da sie durch den hohen Anteil an niedrig schmelzenden Fettfraktionen sehr temperaturempfindlich ist und daher gut gekühlt verarbeitet werden muss, wodurch unter Umständen eine Verkürzung der Knetzeit in Kauf genommen werden muss. Dies kann zu Problemen bei der Vermischung der Teigbestandteile führen, was eine mangelhafte Homogenität des Teiges zur Folge hat.

Das Fett gewährleistet die Bindigkeit, Gleitfähigkeit und Dehnbarkeit des Mürbeteiges, da es im kalten Zustand die Mehlpartikel umschließt und an ihrer Oberfläche in relativ dicken Schichten haftet. Durch intensives Kneten jedoch zerfallen diese Partikel in kleinere Bruchstücke, wodurch eine vergrößerte Gesamtoberfläche entsteht. Entsprechend werden die Fettschichten, welche die Mehlpartikel umschließen, immer dünner und die Bindigkeit lässt nach. Der Mürbeteig wird „kürzer“ und reißt beim Ausrollen, er ist „brandig“.

Der Fettbegleitstoff Lecithin, wovon im Eidotter besonders viel enthalten ist, besitzt aufgrund seiner polaren Struktur und fettähnlichen Verbindungen eine hervorragende emulgierende Wirkung und sorgt im Mürbeteig für eine bessere Verteilbarkeit des Fettes. Allerdings ist Lecithin (E 322) ein für Lebensmittel nur begrenzt zugelassener Zusatzstoff.

Die Zuckerkrystalle im Mürbeteig können aufgrund des geringen Wasseranteils nur unvollständig bzw. schwer gelöst werden. Deshalb werden in der Regel feinkörnige Zuckersorten oder Puderzucker verwendet. Eine bessere Lösung des Zuckers kann bei fettreichen Teigen auch durch ein Abstehenlassen des Teiges zwischen Herstellung und Aufarbeitung erreicht werden. Dieser Schritt ist dringend zu empfehlen, da ungelöste Zuckerkrystalle zur Folge haben können, dass der Teig beim Backen breit läuft, was auf das hohe spezifische Gewicht des geschmolzenen Zuckers zurückzuführen ist. Außerdem kann es durch die ungleichmäßig verteilten und ungelösten Zuckerkrystalle zu einer ungleichmäßigen Bräunung der Gebäckoberfläche kommen.

Als problematisch ist auch ein zu hoher Zuckeranteil im Mürbeteig zu betrachten, da hierdurch beim Backen Karamelschichten entstehen und man Gebäcke von harter und splittiger Beschaffenheit erhält.

Die Verwendung von Milch in Mürbeteigen kann eine Kleberbildung im Teig bewirken. Man erhält dadurch einen etwas zäheren Teig der im ausgebackenen Zustand weniger Bruchempfindlichkeit aufweist als Gebäcke die ohne Teigflüssigkeit hergestellt wurden. Solche Gebäcke werden in der Regel mit Hilfe von chemischen Triebmitteln gelockert, da sie sonst eine zu harte und unzureichend mürbe Beschaffenheit aufweisen würden.

## **3. Material und Methoden**

### **3.1 Rohstoffe**

- Weizenmehl der Type 405 (Schütt-Mühle Berlin)
- Backmargarine - Meister Goldback (Meistermarken Bremen)
- Inulintyp - Inulin 100, löslicher pflanzlicher Ballaststoff (Multi-Food GmbH Hollenstedt)
- Kristallzucker
- Vollei
- Kochsalz

### **3.2 Technische Geräte und Hilfsmittel**

- Sartorius - A200S Analysewaage
- MIWE electro - Etagenofen
- testo term - testo 920 Digitalthermometer
- Sartorius - MA 30 Moisture Analyser
- SEEWER RONDO - Ausrollmaschine
- Stable Micro Systems - TA.XT.plus Texture Analyser (TEE 32)
- Kitchen Aid - Heavy Duty, Modell 5K5SS Knetter
- Sommer und Runge - PNR 6 Penetrometer

### **3.3 Viskositätsmessung der Mürbeteige**

Es ist zu erwarten, dass die Löslichkeit und das Quellverhalten von Inulin die Konsistenz der Mürbeteige beeinflussen wird. Aufgrund der Gelbildung des Inulins mit Flüssigkeiten ist davon auszugehen, dass die Teige mit zunehmendem Inulingehalt weicher werden. Im Folgenden Teil sollen die verwendeten Methoden zur Viskositätsmessung in Prinzip und Durchführung etwas genauer beleuchtet werden.

### **3.3.1 Penetrometer**

#### Prinzip:

Mittels einer Kalotte wird innerhalb einer bestimmten Zeit und unter einer bestimmten Belastung die Weichheit bzw. Festigkeit einer bestimmten Probe ermittelt. Als Messeinheit der Eindringtiefe der Kalotte in die Probe wird 1 PE (Penetrometereinheit) = 0,1 mm verwendet.

#### Durchführung:

Es werden dreimal 30 g des zu untersuchenden Mürbeteiges abgewogen, zu einer Kugel geformt und etwas stehen gelassen bis die gewünschte Probentemperatur von 24 °C, bei der alle Messungen durchgeführt werden, erreicht ist. Anschließend wird der Fallstab mit den Gewichten und der Kalotte eingesetzt. Die Gesamtprüflast beträgt für alle Messungen 400 g. Die zur Kugel geformte Probe wird auf die Grundplatte des Penetrometers gelegt. Danach wird der Fallstab mit der Kalotte dicht über die Probenoberfläche herabgesenkt. Um eine bessere Einstellung der Kalotte zu erzielen, wird ein Kontaktfühler eingesetzt, der bei kleinster Berührung der Kalotte mit der Probenoberfläche sofort aufleuchtet. Hierdurch wird immer der exakt gleiche Abstand als Ausgangsposition erreicht. Nachdem der Zeiger der Messuhr auf „Null“ gestellt wurde, wird mit der Messung begonnen. Durch das anschließende Nachführen des Fallstabes an der Messuhr, wird die Kompressionstiefe in Penetrometereinheiten abgelesen. Abschließend wird aus den drei erzielten Werten der Mittelwert errechnet.



Abb.2: Penetrometer

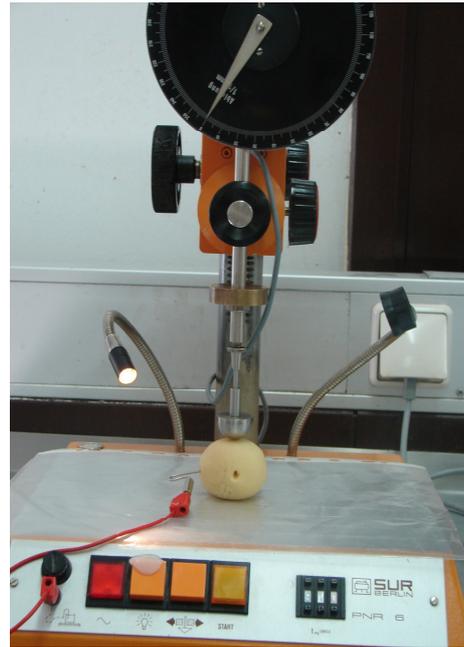


Abb.3: Penetrometermessung

### 3.3. 2 Texture Analyser - Penetrationstest

#### Prinzip:

Der Penetrations- oder Puncturetest mit dem Texture Analyser, ermittelt die benötigte Kraft, die zum Erreichen einer bestimmten Penetrationstiefe, unter konstanten Bedingungen benötigt wird. Diese wird in einem Kraft-Zeit-Diagramm grafisch dargestellt. Die Kraft wird dann als Index für Härte, Festigkeit, Widerstandskraft oder andere strukturelle Eigenschaften eines Lebensmittels verwendet.

#### Durchführung:

Es werden drei Kugeln des Probenmaterials zu je 25 g hergestellt. Die Probentemperatur beträgt 24 °C. Als Penetrationskalotte wird das Bauteil „P1/S; 1“ BALL STAINLESS“ verwendet. Dieses wird nun an der Schraubvorrichtung angebracht. Folgende Messeinstellungen müssen im Menü unter „T.A. Settings“ vorgenommen werden:

Test Mode (Art der Messung):	Compression
Test Speed (Geschwindigkeit):	2,00 mm/sec
Target Mode (zu messende Größe):	Force
Distance (Penetrationstiefe):	5,00 mm

Anschließend wird die Probe mittig auf der Untersuchungsfläche platziert. Die Kalotte wird nun kurz über die Probe bewegt. Mit dem Befehl „Run a test“ wird dann die Messung gestartet. Kraft und Zeit, die zum Erreichen der definierten Penetrationstiefe benötigt wurden, werden abschließend in einem Kraft-Zeit-Diagramm dargestellt. Die einzelnen Werte werden dabei von der Software auch in Form einer Excel-Tabelle zur Verfügung gestellt.

### **3.3. 3 Texture Analyser - Bruchtest**

#### Prinzip:

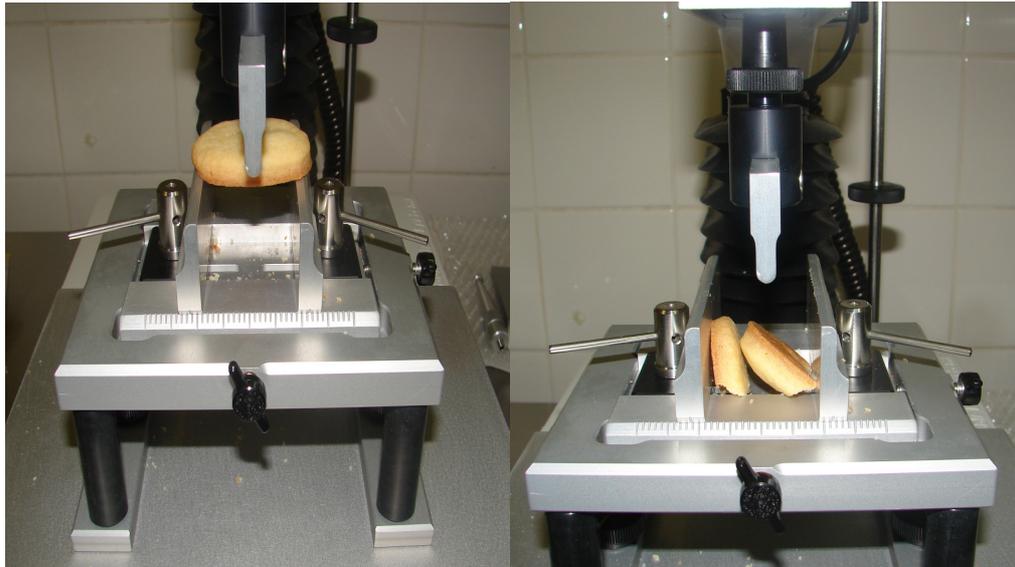
Der Messparameter für den Bruchtest ist der Bruch, die Sprödigkeit bzw. die Mürbigkeit. Hierbei wird der Prüfkörper mit Hilfe eines Bruchschneiders bis zum Zerbrechen belastet. Im Gegensatz zum Penetrometer sind hier Weg und Zeit die beiden Konstanten. Die Variable ist somit die Kraft, die zum Zerbrechen der Probe benötigt wird.

#### Durchführung:

Am Texture Analyser wird eine spezielle Auflagevorrichtung befestigt. Als Prüfwerkzeug wird ein spezieller Bruchschneider „HDP/3PB; THREE POINT BEND RIG“ verwendet. Folgende Einstellungen werden im Menü „T.A. Settings“ vorgenommen:

Test Mode:	Compression
Test Speed:	2,00 mm/sec
Target Mode:	Distance
Distance:	5,00 mm

Anschließend wird die Probe gleichmäßig auf die Auflage gelegt. Wiederum wird mit dem Befehl „Run a test“ die Messung gestartet und Kraft und Zeit, die zum Erreichen der definierten Penetrationstiefe benötigt wurden, werden in einem Kraft-Zeit-Diagramm dargestellt, wobei die einzelnen Werte auch als Excel-Tabelle vorliegen.



**Abb.3 u. 4: Durchführung einer Bruchtestmessung mit dem TEE 32**

## **4. Versuchsdurchführung**

Im Laufe der Untersuchungen werden insgesamt vier Versuchsreihen durchgeführt. Dabei werden in zwei Versuchsreihen jeweils vier schwere Mürbeteige (1:2:3) hergestellt und in den zwei weiteren Versuchsreihen jeweils vier leichte Mürbeteige (1:1:2). Die beiden Versuchsreihen werden pro Mürbeteigart in jeweils einen „Frischteig“, der direkt nach der Herstellung weiterverarbeitet wird, und einen „Lagerteig“, der nach einer Lagerzeit von 24 Stunden weiterverarbeitet wird, unterteilt. Durch die längere Zeitspanne zwischen Teigherstellung und Weiterverarbeitung kommt es in den Lagerteigen zu einer stärkeren Lösung der Zuckerkristalle. Hierdurch erhält man zwei Teige unterschiedlicher Struktur. Jede Versuchsreihe beinhaltet einen

Nullversuch ohne Inulin und drei weitere Versuchsteige mit unterschiedlichen Inulingehalten.

#### 4.1 Rezepturgestaltung

Für alle Versuche werden die gleichen Rezepturbestandteile in Herkunft, Art und Beschaffenheit verwendet. Einzig der jeweilige Inulinanteil wird im Laufe der Versuchsreihe erhöht und in gleichen Anteilen gegen Weizenmehl ausgetauscht. Die durchgeführten Vorversuche haben gezeigt, dass im einfachen Mürbeteig nicht genügend freie Flüssigkeit zur Verfügung steht. Diese wird jedoch benötigt, um die wasserbindenden Eigenschaften des Inulins besser zur Geltung kommen zu lassen. Im Rahmen der Vorversuche wurden Mürbeteige nach Grundrezepturen (ohne zusätzliche Teigflüssigkeit) mit hohen Inulinmengen von bis zu 50% hergestellt. Das Ergebnis waren extrem feste Teige mit mangelnder Bindigkeit, wodurch eine Weiterverarbeitung nicht möglich war. Aus diesem Grund werden in allen Rezepturen zusätzlich 50 g Vollei zum Teig gegeben.

<b>Schwerer Mürbeteig</b>				
Versuchsnr.	<b>1 (Vergleichsteig)</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Versuchsparameter	ohne Inulin	20 g Inulin	40 g Inulin	60 g Inulin
Weizenmehl 405	300	280	260	240
Backmargarine	200	200	200	200
Zucker	100	100	100	100
Vollei	50	50	50	50
Salz	3	3	3	3

Tab. 3: Rezeptur - Schwerer Mürbeteig

<b>Leichter Mürbeteig</b>				
Versuchsnr.	<b>1 (Vergleichsteig)</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Versuchsparameter	ohne Inulin	13 g Inulin	26 g Inulin	40 g Inulin
Weizenmehl 405	200	187	174	160
Backmargarine	100	100	100	100
Zucker	100	100	100	100
Vollei	50	50	50	50
Salz	3	3	3	3

**Tab. 4: Rezeptur - Leichter Mürbeteig**

## **4.2 Teigherstellung**

Die Herstellung erfolgt nach dem herkömmlichen Verfahren. Es wird bei allen Versuchsteigen mit Backmargarine gearbeitet. Alle Rezepturbestandteile werden bei Raumtemperatur verarbeitet. Als Knetter wird der Heavy Duty von Kitchen Aid verwendet. Zunächst werden Backmargarine, Zucker und Salz bei langsamer Knetstufe zu einer homogenen Masse verarbeitet. Das Vollei wird nach und nach in diese Masse eingearbeitet. Ein zu intensives und zu langes Kneten sollte in dieser Phase unbedingt vermieden werden, um eine Erweichung durch einen zu starken mechanischen Energieeintrag zu vermeiden. Anschließend beginnt die zweite Phase des Knetprozesses mit der Zugabe des Mehles bzw. des Mehl-Inulin-Gemisches. Zunächst werden die Teigkomponenten bei langsamer Knetgeschwindigkeit grob vermengt. Dies geschieht um ein Aufstauben des Mehles und den damit verbundenen Materialverlust zu vermeiden. Nach dem groben Vermengen wird bei schneller Geschwindigkeit, bis zur gewünschten Teigkonsistenz weitergeknetet. Die Gesamtdauer der Knetzeit muss bei

jedem Versuch manuell geprüft werden, um gleichartige Teige zu erhalten. Danach erfolgt die sensorische Beurteilung der Teigbeschaffenheit, sowie die Ermittlung der Teigtemperaturen.

### **4.3 Aufarbeitung**

Bei zwei Versuchsreihen erfolgt die Aufarbeitung direkt nach der Teigbereitung. Bei den weiteren zwei Versuchsreihen wird der Teig 24 Stunden bei Raumtemperatur in einem verschlossenen Kunststoffbehälter gelagert. Direkt nach der Teigbereitung bzw. nach der Lagerung werden die Rheologiemessungen mittels Penetrometer und Texture Analyser durchgeführt. Die genaue Durchführung und das Prinzip dieser Methoden werden in **Kap. 3.3** ausführlich beschrieben. Anschließend werden die Teige mittels Ausrollmaschine auf 4 mm Dicke ausgerollt. Es wurden 4 mm als Ausrollstärke gewählt, um bei der sensorischen Prüfung eine bessere Untersuchung der Gebäckkrume zu ermöglichen. Es werden mit Hilfe eines Ringausstechers Ø 50mm jeweils 20 Teigstücke ausgestochen. Direkt nach dem Ausstechen wird das Teiggewicht der 20 Teigstücke ermittelt. Danach werden diese auf ein mit Silikonbackpapier ausgelegtes Schwarzblech aufgelegt.

### **4.4 Backen**

Nach einer Abstehtzeit von 10 Minuten werden die Teigstücke bei einer Oberhitze von 190 °C und einer Unterhitze von 180 °C gebacken. Die Backzeit richtet sich in jeder Versuchsreihe jeweils nach der beim Nullversuch benötigten Backzeit und wird in die drei Versuche mit Inulin übernommen, um die unterschiedlichen Backresultate direkt vergleichen zu können.

Nach einer Abkühlphase erfolgt die sensorische Beurteilung der Gebäcke. Folgende Punkte werden hierbei beurteilt:

- Form
- Oberflächenbeschaffenheit
- Farbe

- Krumenbeschaffenheit und Porung
- Kaueindruck (Brucheigenschaften)
- Geschmack

Im Anschluss wird der Bruchtest mittels Texture Analyser durchgeführt. Dabei wird das Gebäck bis zum Zerbrechen belastet und die dazu benötigte Kraft gemessen. Eine genauere Beschreibung dieser Untersuchung ist in **Kap. 3.3** aufgeführt.

## 5. Ergebnisse

Die Ergebnisdarstellung erfolgt für beide Mürbeteigarten getrennt, als Gegenüberstellung der Verarbeitungsmethoden, die im Folgenden als „Frischteige“ und „Lagerteige“ bezeichnet werden. Eine Differenzierung dieser beiden Mürbeteigarten ist notwendig, da sich die mengenmäßigen Rezepturzusammensetzungen beider Arten zu sehr voneinander unterscheiden.

### 5.1 Schwerer Mürbeteig

Beide Versuchsreihen zeigten, dass die Teige mit Inulin während und direkt nach dem Kneten eine deutlich weichere Konsistenz aufwiesen als die Nullversuche. Mit steigendem Inulinzusatz konnte jedoch ca. 10 bis 15 Minuten nach dem Ende des Knetvorganges eine zunehmende Verfestigung der Teige beobachtet werden. Es war deshalb problemlos möglich die inulinhaltigen Frischteige direkt nach der Teigherstellung weiterzuverarbeiten. Dagegen war ein Ausrollen des Nullversuches, aufgrund seiner sehr weichen und klebrigen Beschaffenheit, nur unter Verwendung von viel zusätzlichem Streumehl möglich. Die Verarbeitung der Lagerteige erwies sich mit steigender Inulinmenge zunehmend schwieriger, da die Festigkeit der Teige während der Lagerung stark zugenommen hatte. Die sensorisch gewonnenen Erkenntnisse korrelierten gut mit den anschließenden Penetrometermessungen. Allerdings waren bei den Penetrationsmessungen mit dem Texture Analyser einige

Abweichungen zu beobachten wie in Abbildung 7 ersichtlich wird. Im abgebildeten Kraft-Zeit-Diagramm liegen die beiden Penetrationskurven für den Nullversuch und den Versuch mit 20%igem Inulinzusatz fast aufeinander. Demnach wurde für beide Teige ein fast gleicher Widerstand ermittelt. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass der Texture Analyser besonders sensibel auf Hohlräume in den Teigen reagiert. So führten wohl schon kleinste Lufteinschlüsse zu Abweichungen bei den Messergebnissen. Im Verhältnis zum Nullversuch zeigte sich auch eine leichte inulinbedingte Aufhellung der Lagerteige.

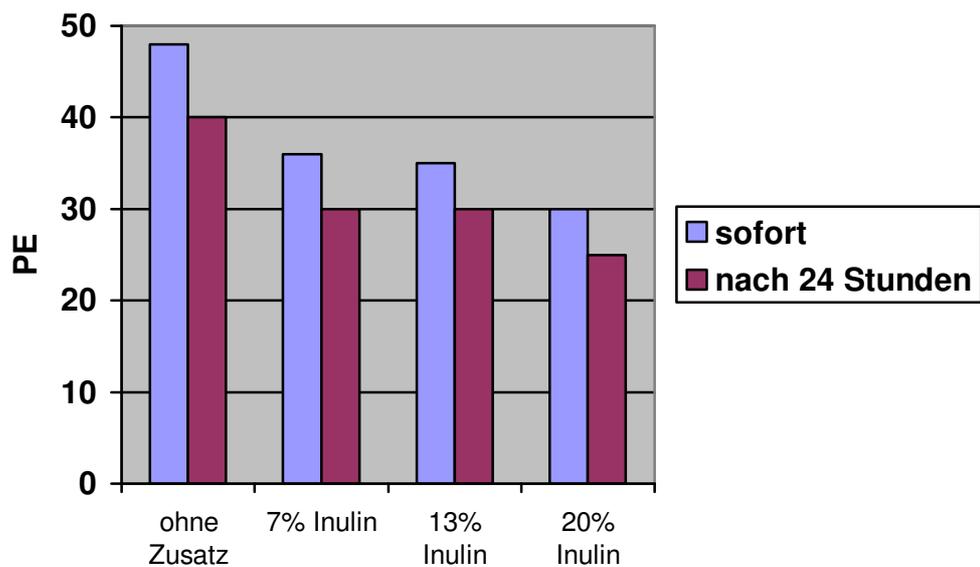


Abb. 5: Gegenüberstellung der Penetrometerwerte

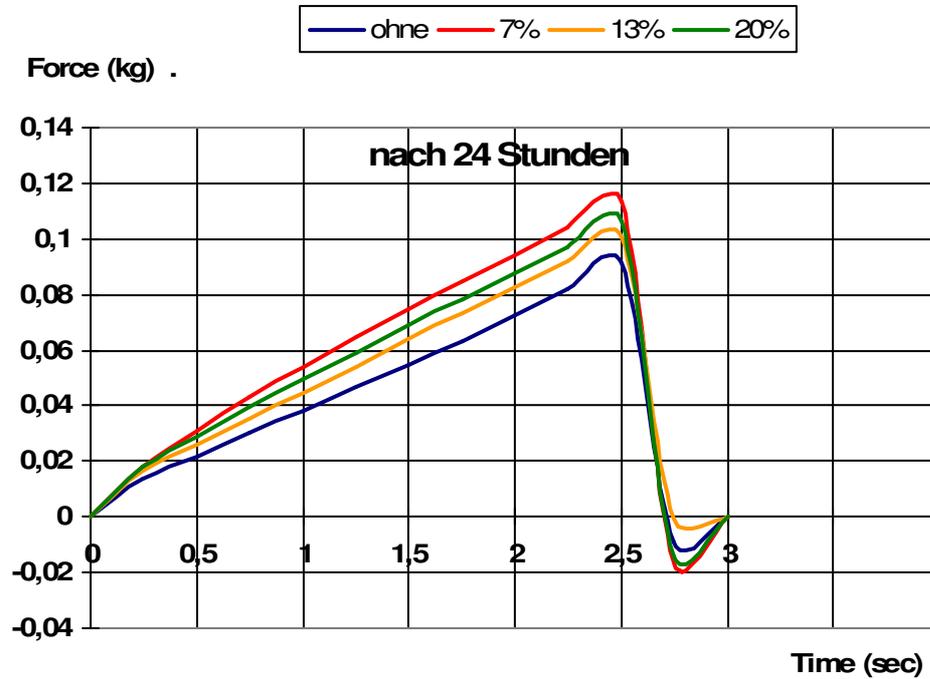


Abb. 6: Penetrationsmessung mit dem Texture Analyser - nach 24 h

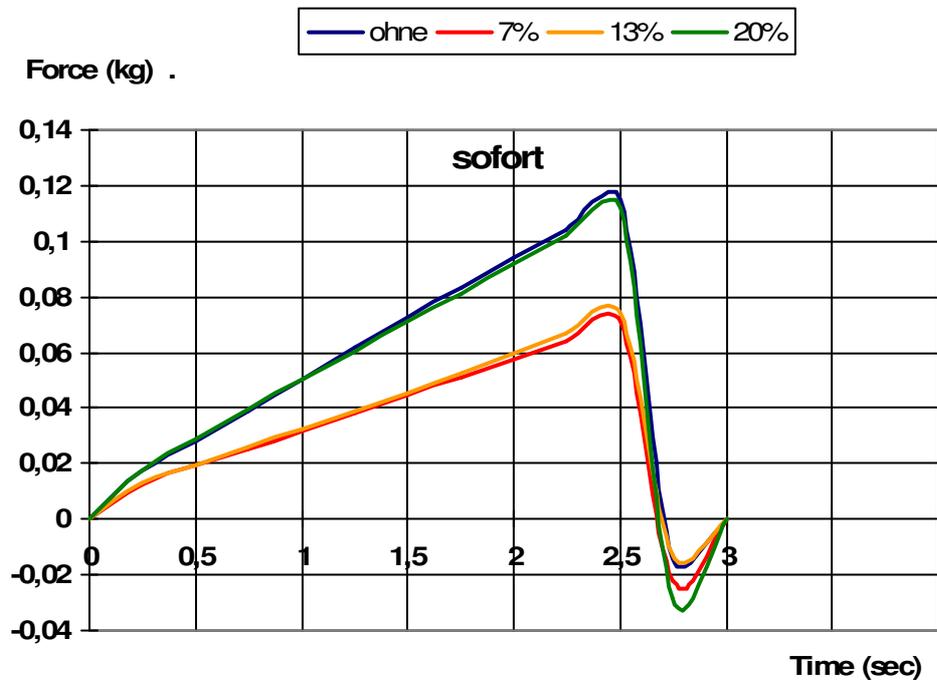
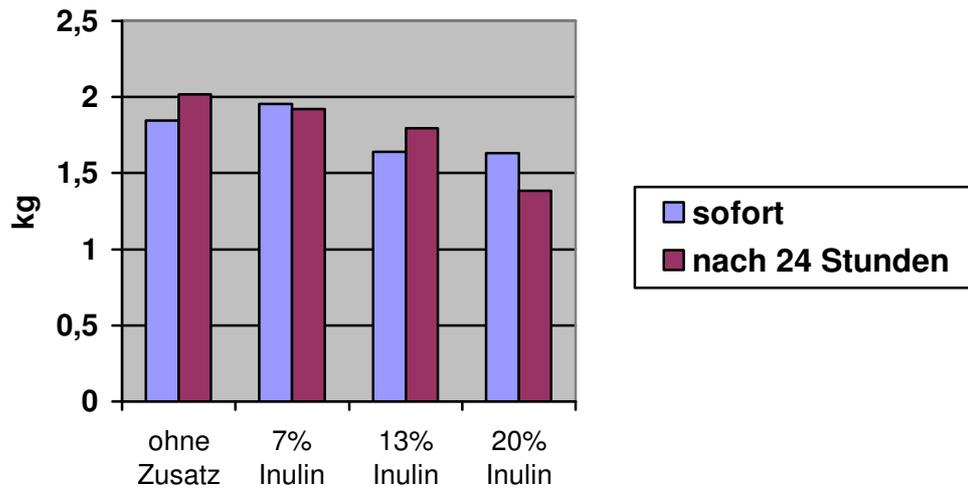


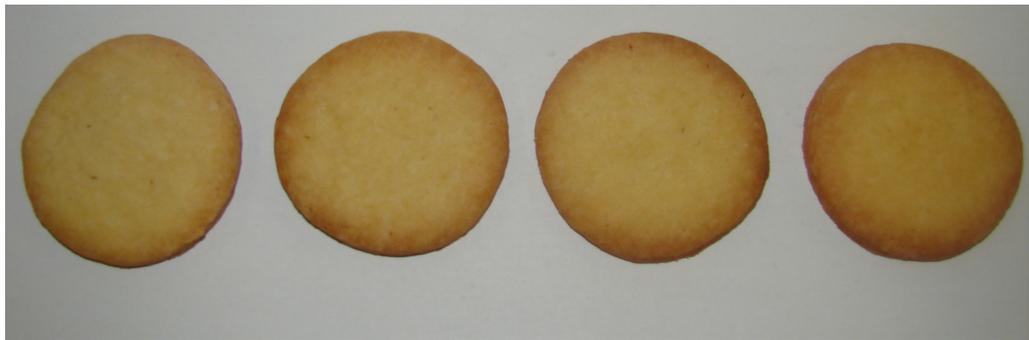
Abb. 7: Penetrationsmessung mit dem Texture Analyser - sofort

Trotz gleicher Backtemperaturen, musste für die Frischteigversuche eine Backzeit von 16 Minuten gewählt werden. Dagegen betrug die Backzeit der Lagerversuche nur 14 Minuten, da hier eine intensivere Bräunung zu beobachten war. Eine mögliche Erklärung hierfür ist, dass während der Lagerung ein geringer Flüssigkeitsverlust der Teige stattgefunden hat, wodurch einige bereits gelöste Zuckerkrystalle wieder auskristallisieren konnten, und so eine höherer Karamelisierungsgrad erreicht wurde.

Auffällig war auch der deutlich geringere Backverlust der Lagerversuchsreihe. Mit steigendem Inulinanteil war neben der stärkeren Bräunungsreaktion auch ein zunehmendes Breitlaufen der Gebäcke zu beobachten. Die Lagerversuche hatten eine wellige und zunehmend blasige Gebäckoberfläche, wogegen die Sofortbackversuche fast ausschließlich glatte Oberflächen aufwiesen. Gleichzeitig konnte auch mit zunehmender Inulinkonzentration eine unangenehme Süße festgestellt werden. Ebenso unangenehm fiel die Bildung eines seifig schmierigen Belages im Mund auf. Die Beschaffenheit der Gebäcke wurde sensorisch als zunehmend fester beurteilt. Die Versuche mit 20% Inulin wurden sogar als hart bewertet. Gleichzeitig war mit zunehmender Härte ein kürzerer Bruch festzustellen.



**Abb.8: Bruchtest mit dem Texture Analyser**



**Abb. 9: Lagerversuch in der Reihenfolge - ohne, 7%, 13%, 20%**



**Abb. 10: Sofortbackversuch in der Reihenfolge - ohne, 7%, 13%, 20%**

## **5.2 Leichter Mürbeteig**

Ähnlich wie in den anderen Versuchsreihen konnte nach einer weichen Konsistenz kurz nach dem Kneten eine schnelle Verfestigung der inulinhaltigen Teige beobachtet werden. Die Lagerteige wiesen nach 24 Stunden mit steigendem Inulinanteil eine sehr feste Beschaffenheit und damit äußerst negative Verarbeitungseigenschaften auf. Es handelte sich dabei um sehr kurze Teige die durch mangelnde Bindigkeit stark bröckelten. Die Frischteigversuche zeigten, wie schon die leichten Mürbeteige, hervorragende Eigenschaften bei der direkten Weiterverarbeitung. Obwohl der Zeitraum zwischen Teigherstellung und Verarbeitung nur wenige Minuten betrug, hatten die Teige eine hervorragende Bindigkeit ohne dabei weich und klebrig zu sein. Dies ist vermutlich auf eine schnelle Viskositätszunahme der kolloidalen Inulinlösungen zurückzuführen, welche durch die geringfügige Temperaturabnahme nach dem Kneten begünstigt wurde. Wie schon bei den schweren Mürbeteigen zeigten auch hier die Ergebnisse des Texture Analysers stärkere Abweichungen, als die mit dem Penetrometer ermittelten Messwerte.

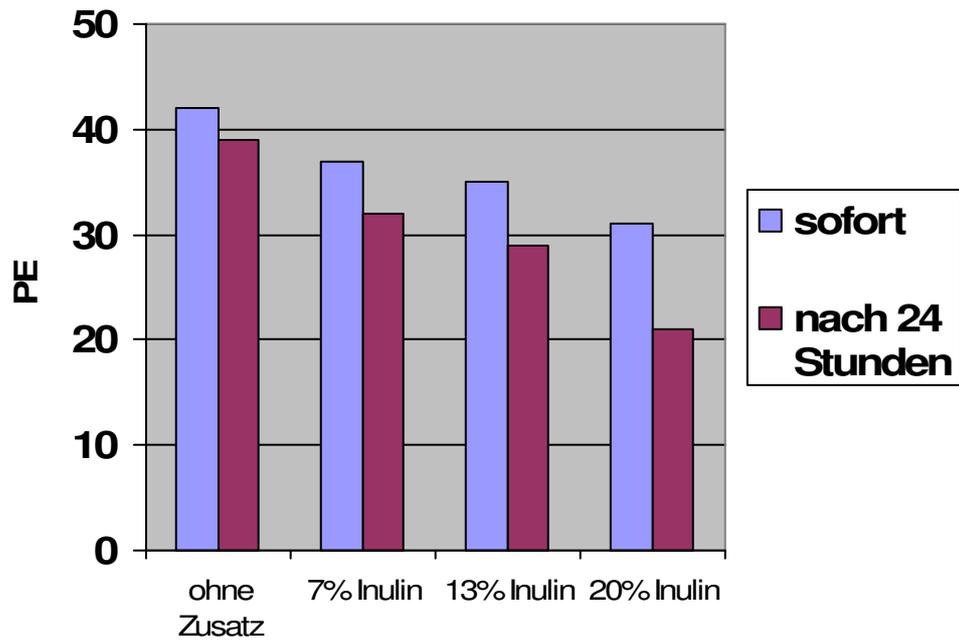


Abb. 11: Gegenüberstellung der Penetrometerwerte

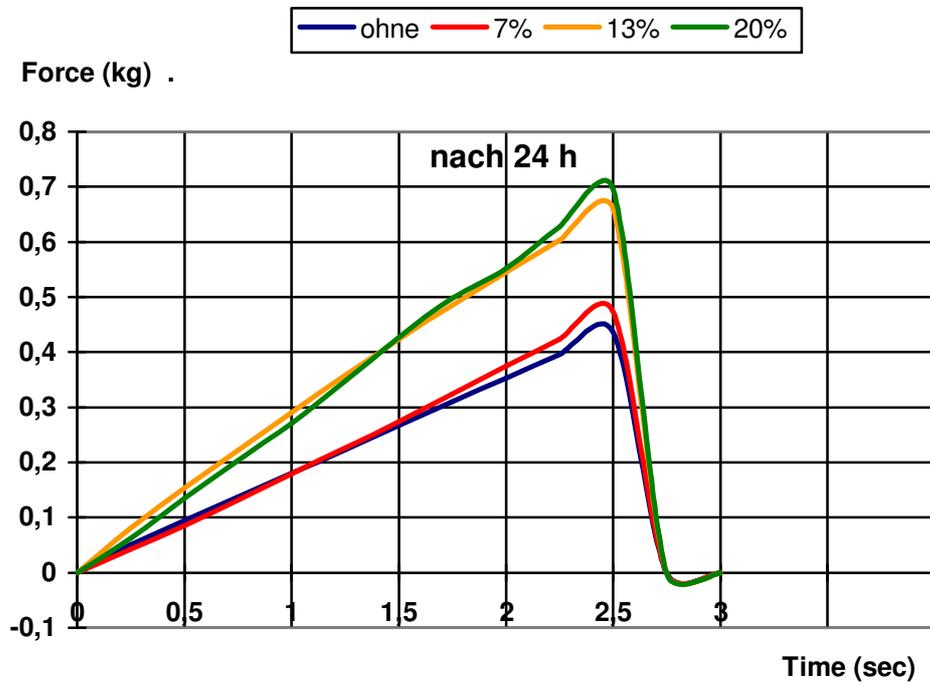


Abb. 12: Penetrationsmessung mit dem Texture Analyser - nach 24 h

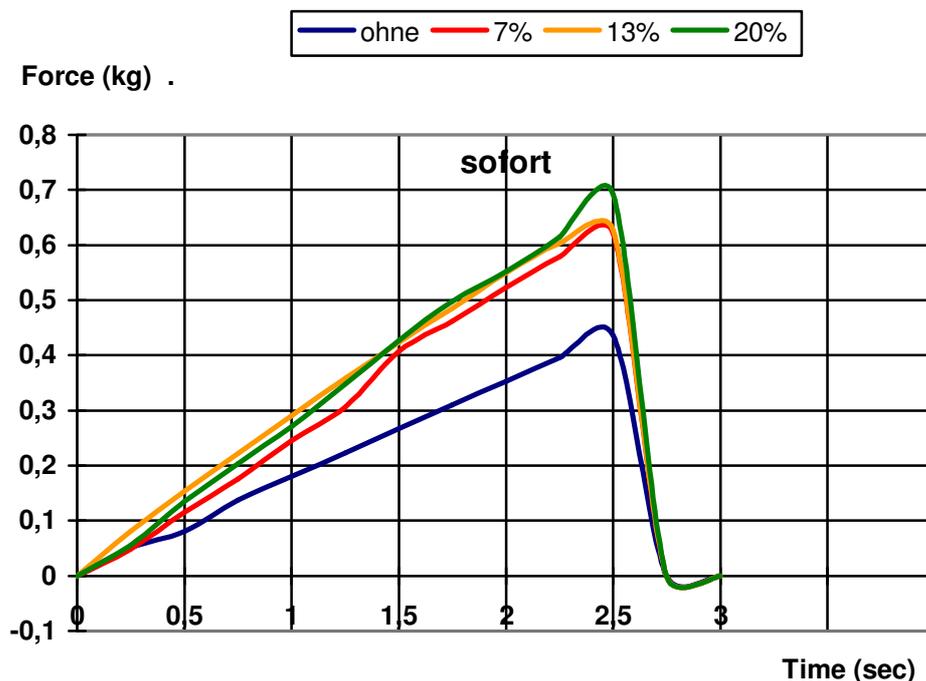


Abb. 13: Penetrationsmessung mit dem Texture Analyser - sofort

Neben der zunehmenden Bräunungsreaktion war auch hier wieder ein Breitlaufen der Gebäcke mit Inulin zu beobachten. Auch der Backverlust war bei den Lagerteigen wieder um 2% bis 3% geringer als bei den Frischteigen. Eine Ursache für diesen Backverlust könnte der zuvor bereits erwähnte Flüssigkeitsverlust des Teiges während der Lagerung sein, und der damit verbundene geringere Ausgangsgehalt an Flüssigkeit in den Lagerteigen.

Im Gegensatz zu den Versuchen mit schweren Mürbeteigen wiesen die Gebäcke zwar eine verhältnismäßig glatte Oberfläche auf, zeigten allerdings eine starke Rissbildung in den Randbereichen. Die unangenehme Süße sowie die Filmbildung im Mundbereich waren auch hier wieder vorhanden.

Der Bruch dieser Gebäcke wurde mit steigendem Inulinanteil als sehr fest bis hart empfunden. Die Messungen mit dem Texture Analyser haben gezeigt, dass die Gebäcke mit steigendem Inulinanteil einen festeren und gleichzeitig kürzeren Bruch aufweisen.

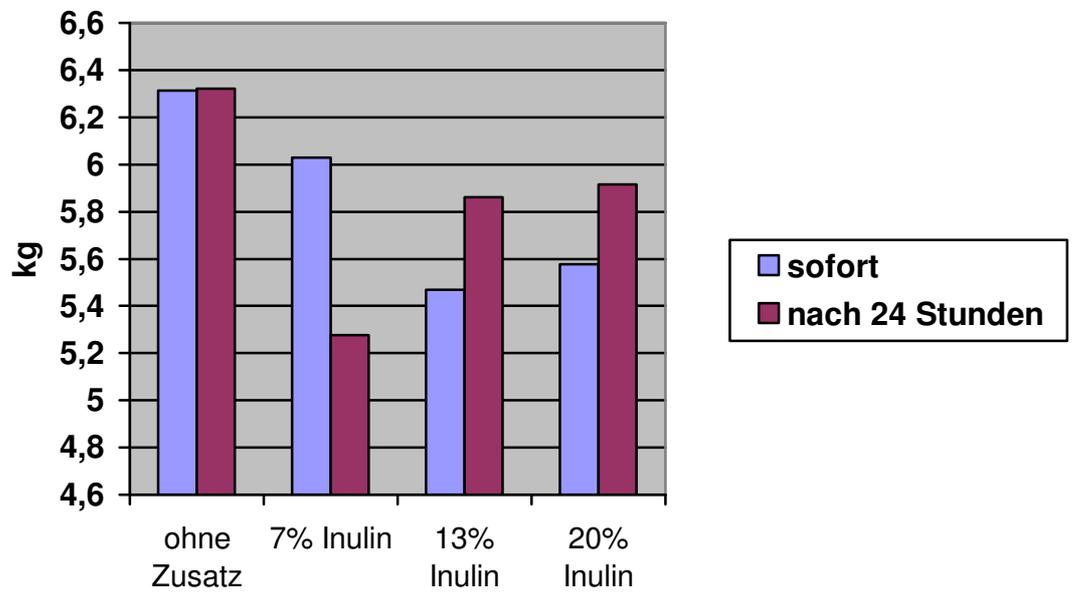


Abb. 14: Bruchtest mit dem Texture Analyser

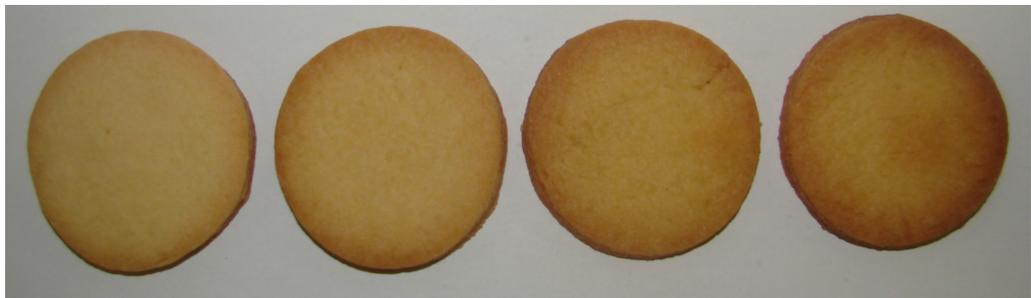


Abb. 15: Lagerversuch in der Reihenfolge - ohne, 7%, 13%, 20%

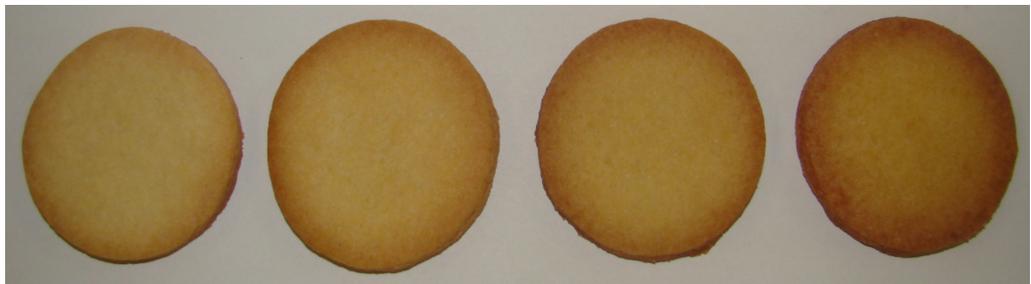


Abb. 16: Frischteigversuch in der Reihenfolge - ohne 7%, 13%, 20%

### 5.3 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Untersuchungen mit den beiden Mürbeteigarten (schwerer und leichter) mit unterschiedlichem Inulingehalt bestätigen einen starken Einfluss des Inulins auf die Teigbeschaffenheit bei Herstellung und Verarbeitung sowie auf die Gebäckbeschaffenheit. Im Einzelnen zeigen sich durch das Gelbildungsvermögen von Inulin deutliche Veränderungen der Teigfestigkeit direkt nach dem Kneten, und desweiteren nach einer bestimmten Lagerzeit. Direkt nach dem Knetprozess zeichnen sich die Teige mit Inulin durch eine sehr weiche Beschaffenheit aus, die sich durch ein schnelles Lösen der Inulinkristalle erklären lässt, und die durch den Temperaturanstieg beim Kneten begünstigt wird. Nach dem Kneten kommt es innerhalb weniger Minuten und gleichzeitiger Temperaturabnahme zur Bildung einer kolloidalen Lösung. Aufgrund ihres geringen Flüssigkeitsanteils weist sie eine relativ hohe Viskosität auf, welche wiederum als Ursache für die zunehmende Teigverfestigung zu betrachten ist. Zwischen den Messungen mit dem Penetrometer (Abb. 5) und den Penetrationsmessungen mit dem Texture Analyser (Abb. 7) sind einige Abweichungen aufgetreten. Die Balken im Diagramm der Messungen mit dem Penetrometer verdeutlichen die Abnahme des Widerstands mit zunehmendem Inulingehalt vom Nullversuch bis zu dem Versuch mit 20%igem Inulinzusatz. Im Diagramm für die Penetrationsmessungen mit dem TEE 32 dagegen verlaufen die Kurven für den Nullversuch und den Versuch mit 20% Inulin fast gleich, da sich für beide Teige ein fast gleicher Widerstand ergibt. Die Abweichungen bei den Messungen mit dem TEE 32 im Vergleich zu den Penetrometermessungen, können möglicherweise auf die höhere Messempfindlichkeit des TEE 32 zurückgeführt werden. Denn mit dem TEE 32 werden bereits kleinste Lufteinschlüsse oder Hohlräume äußerst sensibel erfasst. Ebenso können Temperaturschwankungen während der Messung eine Ursache für Messfehler sein, da beispielsweise eine Temperaturerhöhung zu

einer Viskositätsabnahme der gebildeten kolloidalen Lösungen, und dadurch zu einer Teigerweichung führt.

Desweiteren ergibt sich auch bei den Gebäckproben mit Inulin eine veränderte Gebäckbeschaffenheit. Mit zunehmendem Inulingehalt weisen die Gebäcke der Lagerversuche eine festere bis harte Beschaffenheit auf. Bei den Frischteigen wird in Bezug auf die Festigkeit der Gebäcke ein Widerspruch zwischen den Bruchtestmessungen und den sensorischen Eindrücken deutlich. Im Diagramm der Abbildung 8 ist abzulesen, dass die Nullversuche und die Proben mit 7% Inulin fester beschaffen sind als die beiden Gebäckproben mit 13% und mit 20% Inulin. Im Gegensatz dazu wirken die Gebäcke in den sensorischen Tests mit zunehmendem Inulinanteil fester. Diese Abweichung ist wahrscheinlich auf Messfehler zurückzuführen. In Bezug auf die Bruchtestmessung des Texture Analysers können diese darin begründet sein, dass genau an einer Stelle gemessen wird, an der sich zahlreichere Lufteinschlüsse befinden. Außerdem wurden für den Bruchtest und die sensorische Prüfung nicht dieselben Proben verwendet. Auch wenn hier penibel darauf geachtet wird, dass die Messproben möglichst gleich sind, können Fehler nicht ausgeschlossen werden.

Wie schon bei der Teig- und Gebäckfestigkeit zeigen sich auch die Bräunung sowie die Süßkraft der Gebäcke mit Inulin verändert. Die mit steigender Inulinmenge zunehmende Bräunung sowie die zunehmende Süßkraft sind auf den überwiegenden Fructosegehalt des Inulins zurückzuführen. Vor allem bei den Versuchen mit 20% Inulingehalt ist eine „spitze Süße“ besonders unangenehm aufgefallen.

Die Bindigkeit der Mürbeteige wird durch das Inulin beeinträchtigt. Dabei kommt es mit steigendem Inulinanteil zu einem starken Herabsetzen der Bindigkeit in den Teigen, was zu einem Reißen und Zerbröckeln der Teige bei Verarbeitung führt wie in Abbildung 17 beispielhaft dargestellt. Es kann vermutet werden, dass sich die kolloidale Inulinsuspension durch Oberflächenvergrößerung zwischen

den Fettschichten einlagert und diese somit unterbricht, was die mangelhafte Bindigkeit zur Folge hat.



**Abb. 17: Leichter Mürbeteig 20% Inulin (Lagerversuch) - mangelhafte Bindigkeit**

## **6. Fazit**

Die präbiotischen Substanzen Inulin und Oligofruktose werden schon seit einiger Zeit in einem größeren Rahmen bei der Herstellung von Lebensmitteln und pharmazeutischen Produkten eingesetzt. Vor allem im Bereich „Functional Food“ ist Inulin kein neuer Begriff. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen jedoch, dass der Einsatz von Inulin auch in Feinbackwaren eine interessante Alternative zu herkömmlichen Rezepturen darstellt. Insbesondere die Interaktion von Inulin mit anderen Rezepturbestandteilen ermöglicht sicherlich in verschiedensten Produkten interessante technologische Auswirkungen und Erkenntnisse.

Bei der Durchführung der Versuche ist einmal mehr deutlich geworden, dass Inulin aufgrund seiner hydrokolloidalen Eigenschaften einen erheblichen Einfluss auf die Teigkonsistenz hat. Dadurch ergeben sich durchaus neue verarbeitungstechnische Möglichkeiten wie zum Beispiel eine kontinuierliche Weiterverarbeitung der Teige, da mit erhöhtem Inulinzusatz eine Lagerung der Teige nicht mehr notwendig wird.

Der in den Ergebnissen erläuterte Widerspruch zwischen den Bruchtestmessungen mit dem TEE 32 und den sensorischen Eindrücken, der für die TEE-Messungen mit den Frischteigen (schwerer Mürbeteig) für den Nullversuch und den Versuch mit 7% Inulin eine höhere Festigkeit ergeben hatte als für 13% und 20% und für die sensorische Messung hingegen eine ansteigende Festigkeit mit Zunahme des Inulingehalts, macht deutlich, dass es nicht möglich ist den sensorischen Eindruck adäquat mit einem elektronischen Messgerät nachzuvollziehen. Im Endeffekt ist es immer der Mensch der die Beschaffenheit und den Geschmack eines Nahrungsmittels beurteilt.

Die zunehmend süßende Wirkung, die nach dem Backen hervortritt, begründet den Einsatz von Inulin als Zuckerersatzstoff in Feinbackwaren, der auch in Diabetikerprodukten möglich ist, da die Süße des Inulins größtenteils auf Fruktose beruht.

Neben den präbiotischen Eigenschaften des Inulins, ist auch die Fähigkeit Cholesterin oder andere unerwünschte organische Substanzen zu binden und so eine Resorption zu verhindern, als äußerst positiv zu bewerten. Gerade, weil es sich bei Mürbeteigen um Produkte mit einem außerordentlich hohen Fettanteil handelt.

Abschließend bleibt zu sagen, dass der Einsatz von Inulin in Mürbeteigen durchaus möglich und unter bestimmten Umständen auch sinnvoll ist.

## **7. Zusammenfassung**

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit den Einsatzmöglichkeiten von Inulin bei der Herstellung von Mürbeteigen. Es werden dabei verschiedene Mengen Inulin in einen Mürbeteig eingebracht und die daraus resultierenden teig- und gebäckrheologischen Eigenschaften untersucht.

Die durchgeführten Versuchsreihen haben gezeigt, dass die Verwendung von Inulin begrenzt durchaus sinnvoll sein kann. Je nach zugegebener Menge zeigen sich positive wie negative Eigenschaften hinsichtlich Teigkonsistenz, Backfähigkeit (speziell Bräunungsreaktion), Süßkraft und Brucheigenschaften.

Ebenfalls wird deutlich, dass die Verwendung von Inulin, insbesondere für eine kontinuierliche Weiterverarbeitung durchaus Vorteile mit sich bringt. Weitere Versuche in dieser Richtung mit Inulin und anderen Hydrokolloiden könnten durchaus neue Einsatzmöglichkeiten in der Lebensmittelindustrie hervorbringen. Dabei könnten Hydrokolloide mit einem geringen Brennwert, die Stärke als Wasserbindemittel mit hohem Brennwert ersetzen.

## **8. Summary**

This study takes a close look at the possible uses of inulin in the production of short-pastry. Therefore different amounts of inulin are used and in a next step the characteristics of the short-pastry are analyzed.

The experiments have shown that the use of a limited amount of inulin can have a positive influence. Inulin has influence in consistence, baking quality (especially Maillard-reaction), sweetness and hardness of the short-pastry.

The use of inulin has a lot of advantages for the continuous producing process. Experiments with other hydrokolloids could show some other interesting and useful results.

## 9. Quellen und Literatur

- [1] Ternes, W.: Naturwissenschaftliche Grundlagen der Lebensmittelzubereitung, 2. neubearbeitete und aktualisierte Auflage; Behr's Verlag, 1994, 1998
- [2] Freund, W.: Bäckerei-Konditorei Management - Band 5 - Verfahrenstechnik Brot & Kleingebäck, 1. Auflage; Gildebuchverlag, 1995
- [3] Schünemann, C.; Treu, G.: Technologie der Backwarenherstellung, 8. Auflage; Gildebuchverlag, 2002
- [4] Arbeitsgruppe: Dr. Bernd Haber: „Fructooligosaccharide und Inulin, In: Ernährungs-Umschau, Nr. 10, Oktober 2003, S. 383 - 385
- [5] Prof. Dr. Herbert J. Buckenhüskes: Funktionelle Lebensmittel (Functional Food), Informations-Service: Gewürzmüller, Mai 2001
- [6] Schütz, K.: Wirkungen von Artischockeninhaltsstoffen, In: Ernährung im Fokus, Nr. 3, März 2006, S. 90 - 92
- [7] López-Molina, D.; Navarro-Martínez, M. D.; Melgarejo, F. R.; Hiner, A. N. P.; Chazarra, S.; Rodríguez-López, J. N.: Molecular properties and prebiotic effect of inulin obtained from artichoke (*Cynara scolimus* L.), Mai 2005  
[http://www.elsevier.com/locate/phytochem\\_home.html](http://www.elsevier.com/locate/phytochem_home.html)
- [8] Technische Universität Dresden, „Gesunde Kekse“ - Maßgeschneiderte Nahrung für Darmbakterien, März 2006  
[http://www.chm.tu-dresden.de/lemi/lemi\\_home.html](http://www.chm.tu-dresden.de/lemi/lemi_home.html)

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie die Zitate kenntlich gemacht habe.

Berlin, 12. Mai 2007

Stefan Francke

### 1. Versuchsreihe Schwerer Mürbeteig/Lagerversuche

Versuchsnr.	1 (Vergleichsteig)	2	3	4
Versuchsparameter	ohne Inulin	20 g Inulin	40 g Inulin	60 g Inulin
Weizenmehl	300	280	260	240
Backmargarine	200	200	200	200
Zucker	100	100	100	100
Vollei	50	50	50	50
Salz	3	3	3	3
Vanille	3	3	3	3
Knetzeit in Minuten	50/25	66/31	64/27	60/33
Teigtemperatur	23,7°C	24,0°C	24,3 °C	24,9°C
Teigbeschaffenheit - direkt nach Herstellung	etwas weich, normal	etwas fest	etwas fester als 2	wie 3
- nach 24 h	etwas weich	fest	fest	weicher als 3
Backtemperatur	190/180	190/180	190/180	190/180
Backzeit	14	14	14	14
Teiggewicht 20 Stk.	218 g	222 g	213 g	211 g
Gebäckgewicht	201 g	204 g	199 g	191 g
Backverlust in g	17 g	18 g	14 g	20 g
Backverlust in %	7,8%	8,1%	6,6%	9,5%
Form	normal, kaum Veränderungen zum Rohzustand	mit zunehmender Inulinmenge stärkeres Breitlaufen		
Oberfläche	glatt, eben, leicht glänzend	etwas wellig, leichte Blasenbildung, glänzend	wellig, blasig	stark wellig und blasig
Farbe	normal	etwas dunkler	etwas dunkler	dunkel
Krume/Porung	relativ fein, dicht	etwas gröber, leichte Schichtung	wie 2, etwas gröber als 2	grober als der Rest
Bruch	relativ weich	härter	härter als 2	wie 3
Geschmack	mürbe, arteigen	etwas süßer, leicht seifiger Eindruck am Gaumen	leichte geschmackliche Veränderung, zunehmend seifig, man hat Eindruck einer Volumenzunahme	stechend süß, stark seifiger Eindruck
Penetrometer 1.Tag 2.Tag	44 PE 40 PE	36 PE 30 PE	35 PE 30 PE	32 PE 25 PE

## 2. Versuchsreihe Leichter Mürbeteig/Lagerversuche

Versuchsnr.	1 (Vergleichsteig)	2	3	4
Versuchsparameter	ohne Inulin	20 g Inulin	40 g Inulin	60 g Inulin
Weizenmehl	300	280	260	240
Backmargarine	200	200	200	200
Zucker	100	100	100	100
Vollei	50	50	50	50
Salz	3	3	3	3
Vanille	3	3	3	3
Knetzeit in Minuten	65/47	61/53	60/40	60/39
Teigtemperatur	25,7 °C	25,1 °C	25,8 °C	26,4 °C
Teigbeschaffenheit - direkt nach Herstellung	etwas fest, trocken	weicher als 1	weicher als 2, etwas feucht	weich
- nach 24 h	fest, trocken	fester als 1	fester als 2, bröckelt leicht	sehr fest, sehr trocken
Backtemperatur	190/180	190/180	190/180	190/180
Backzeit	13 min	13 min	13 min	13 min
Teiggewicht 20 Stk.	245 g	241 g	244 g	235 g
Gebäckgewicht	220 g	216 g	221 g	212 g
Backverlust in g	25 g	25 g	23 g	23 g
Backverlust in %	10,2 %	10,4 %	9,4 %	9,8 %
Form	keine Veränderungen	etwas breit gelaufen, leicht geschnurrt	etwas breit gelaufen,	stärker breit gelaufen
Oberfläche	eben, glatt, feine Rissbildung	eben, glatt, kaum Risse	rau, ungleichmäßig, starke Rissbildung	rau, leichte Rissbildung
Farbe	normal	mit steigender Inulinzugabe stärkere Bräunung		
Krume/Porung	kompakt	leichte Schichtbildung	grob, Schichtbildung	sehr grob, deutliche Schichtung
Bruch	fest, knackig	wie 1	hart (untypisch)	hart (untypisch)
Geschmack	normal	etwas süßer	zunehmend süßer	unangenehm süß
Penetrometer 1.Tag	90,0 PE	76,0 PE	64,5 PE	59,0 PE
2.Tag	49,5 PE	47,0 PE	40,0 PE	25,0 PE

### 3. Versuchsreihe Leichter Mürbeteig/Frischteigversuche

Versuchsnr.	1 (Vergleichsteig)	2	3	4
Versuchsparameter	ohne Inulin	20 g Inulin	40 g Inulin	60 g Inulin
Weizenmehl	300	280	260	240
Backmargarine	200	200	200	200
Zucker	100	100	100	100
Vollei	50	50	50	50
Salz	3	3	3	3
Vanille	3	3	3	3
Knetzeit in Minuten	50/78	56/46	60/53	60/44
Teigtemperatur	22,1 °C	22,9 °C	23,0 °C	23,6 °C
Teigbeschaffenheit - direkt nach Herstellung	fest, trocken	weicher als 1	weicher als 2	sehr weich, leicht klebrig
Backtemperatur	190/180	190/180	190/180	190/180
Backzeit	13 min	13 min	13 min	13 min
Teiggewicht 20 Stk.	212 g	221 g	212 g	212 g
Gebäckgewicht	187 g	194 g	187 g	188 g
Backverlust in g	25 g	27 g	25 g	24 g
Backverlust in %	11,8 %	12,2 %	11,8 %	11,3 %
Form	leicht breit gelaufen	stark breit gelaufen	breit gelaufen	wie 3
Oberfläche	glatt, glänzend, sehr feine Risse	glatt mit leichten Unebenheiten	glatt, eben, kaum Unebenheiten	glatt, eben
Farbe	normal, hell	mit zunehmender Inulinmenge dunkler		
Krume/Porung	leichte Schichtung, dicht, kompakt	deutliche Schichtung, größere Porung	ausgeprägte Schichtung, größere Porung	Schichtung, sehr grobe Porung
Bruch	außen fest, innen weicher	fester als 1, knackiger Kaeindruck	hart	hart
Geschmack	arteigen	süßer, aromatischer (Röststoffe)	deutlich süßer, leicht seifig	deutliche geschmackliche Veränderung, sehr süß, seifig, unangenehm
Penetrometer 1.Tag 2.Tag	42,0 PE	37,0 PE	35,0 PE	31,0 PE

#### 4. Versuchsreihe Schwere Mürbeteig/Frischteigversuche

Versuchsnr.	<b>1 (Vergleichsteig)</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Versuchsparameter	ohne Inulin	20 g Inulin	40 g Inulin	60 g Inulin
Weizenmehl	300	280	260	240
Backmargarine	200	200	200	200
Zucker	100	100	100	100
Vollei	50	50	50	50
Salz	3	3	3	3
Vanille	3	3	3	3
Knetzeit in Minuten	82/53	75/42	84/42	80/43
Teigtemperatur	20,3 °C	20,9 °C	21,1 °C	21,8 °C
Teigbeschaffenheit - direkt nach Herstellung	fest, optimal für Weiterverarbeitung	weich	weich	fester als 3
Backtemperatur	190/180	190/180	190/180	190/180
Backzeit	15:35 min	15:35 min	15:35 min	15:35 min
Teiggewicht 20 Stk.	213 g	207 g	220 g	199 g
Gebäckgewicht	181 g	177 g	189 g	171 g
Backverlust in g	32 g	30 g	31 g	28 g
Backverlust in %	15 %	14,5 %	14,1 %	14,1 %
Form	normal	kaum breit gelaufen	etwas breit gelaufen	
Oberfläche	glatt, eben, glänzend, keine Risse	glatt, eben	leichte Unebenheiten	leichte Unebenheiten, feine Risse
Farbe	normal	zunehmend dunkler		
Krume/Porung	dicht, kompakt	leichte Schichtung, größere Porung	wie 2	sehr grob
Bruch	fest	fester	etwas weicher	wie 3
Geschmack	mürbe, arteigen	leicht süßer	süßer als 2, leicht seifig	deutlich süßer, seifig, unangenehm
Penetrometer 1.Tag 2.Tag	48,0 PE	36,0 PE	35,0 PE	30,0 PE