DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades Dipl.-Ing.

Entwicklung pikanter Müsliriegel

eingereicht von

Pia Raphaela Wernig, Bakk.techn.

durchgeführt am

Institut für Lebensmitteltechnologie

des Departments für Lebensmittelwissenschaften und -technologie

der Universität für Bodenkultur, Wien

betreut von

Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Dietmar Haltrich

DI Dr. Angelika Petrasch

Wien, im November 2012

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1

2 Allgemeines 2

2.1 Definition 2

2.2 Geschichte 2

2.3 Gesunder Snack oder Kalorienbombe? 3

2.4 Der Müsliriegel als funktionelles Lebensmittel 4

2.4.1 „Lunabar“ – der maßgeschneiderte Müsliriegel für die Frau 5

2.4.2 Ballaststoffreiche Müsliriegel 6

2.4.3 Probiotika in Müsliriegel 7

2.4.4 Protein- und Energieriegel 8

2.5 Wirtschaftliche Situation 8

2.6 Einteilung 11

2.6.1 Textur 11

2.6.1.1 Weiche Müsliriegel und Chewy-Granola-Typen 11

2.6.1.2 Harte Müsliriegel 11

2.6.2 Bindemittel 12

2.6.2.1 Riegel mit Fettbinder 12

2.6.2.2 Riegel mit Teigbinder 12

2.6.2.3 Riegel mit Zuckerbinder 12

2.6.3 Mehrschichtige Riegel 13

2.7 Zusammensetzung 13

2.7.1 Müsli 14

2.7.2 Süßende Zutaten 15

2.7.3 Bindemittel 16

2.7.3.1 Pektin 18

2.7.3.2 Gelatine 19

2.7.3.3 Stärke 22
2.7.3.4 Gummi arabicum 24
2.7.4 Zusatzstoffe 25
2.8 Herstellung 27
2.8.1 Verfahrensablauf 27
2.8.2 Produktionsschritte 27
2.8.2.1 Massenaufbereitung 28
2.8.2.2 Zuführ-, Dosier- und Mischprozess 29
2.8.2.3 Formen des Produktteppichs 31
2.8.2.4 Kühlen oder Backen der ausgeformten Masse 34
2.8.2.5 Schneiden der Riegel 35
2.8.2.6 Spreizen der Riegel 36
2.8.2.7 Überziehen der Riegel mit Schokolade 36
2.8.2.8 Verpackung 37
2.8.3 Anlagen 38
3 Aufgabenstellung 40
4 Material und Methoden 41
4.1 Rohstoffe 41
4.1.1 Trockenstoffe 41
4.1.2 Bindemittelzutaten 42
4.1.3 Pikante Zutaten 45
4.2 Geräte 47
4.3 Physikalische und sensorische Methoden 49
4.3.1 Texturmessung 49
4.3.2 a_w-Wert-Messung 51
4.3.3 Beliebtheitstest 54
4.4 Statistische Methoden 56
4.4.1.1 Ausreißeridentifizierung 56

4.4.1.2 Box-Whisker-Plot ... 57
4.4.1.3 Testen von Hypothesen ... 58
4.4.1.4 Varianzanalyse (ANOVA) ... 59
4.4.1.5 Duncan-Multiple-Range-Test ... 60
5 Versuchsdurchführung, -ergebnisse und Diskussion ... 61
5.1 Vorversuche ... 61
5.1.1 Entwicklung der Basismischung ... 61
5.1.2 Entwicklung des Bindemittels ... 62
5.1.2.1 Gelatine ... 62
5.1.2.2 Hühnereiweiß ... 73
5.1.2.3 Hühnereiweiß und Linsenmehl als Bindemittelkombination ... 74
5.1.2.4 Hühnereiweiß und Quinoa als Bindemittelkombination ... 77
5.1.2.5 Gummi arabicum ... 79
5.1.2.6 Agar-Agar ... 81
5.1.2.7 Molinon® Instant B ... 82
5.2 Hauptversuche ... 84
5.3 Herstellung der Proben ... 85
5.3.1 Eiweiß-Quinoa-Riegel ... 85
5.3.2 Gelatine-Riegel ... 86
5.4 Ergebnisse ... 87
5.4.1 Texturmessung ... 87
5.4.1.1 Eiweiß-Quinoa-Riegel ... 87
5.4.1.2 Gelatine-Riegel ... 95
5.4.2 a_w-Wert-Messung ... 101
5.4.2.1 Eiweiß-Quinoa-Riegel ... 101
5.4.2.2 Gelatine-Riegel ... 109
5.4.3 Beliebtheitstest ... 116
6 Schlussfolgerungen ... 121

7 Zusammenfassung 124
8 Summary 125
9 Literaturverzeichnis 126
10 Anhang 131
11 Lebenslauf 133

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Fließschema zur Herstellung von Müsliriegel 28
Abb. 2: Conbar® Walzenformer der Fa. Sollich (ANONYM K, 2012) 32
Abb. 3: Glattwalzenformer Typ GP (HOFFMANN et al., 2002) 32
Abb. 4: Arbeitsschema einer Drehstabwalzenpresse der Type DP (li.) und der Type DDP (re.) nach ALTVATER, 1986 33
Abb. 5: Dreifach-Drehstab-Walzenpresse DP/3 (HOFFMANN et al., 2002) 33
Abb. 6: Thermo–Flow Plus® Kühlkanal der Fa. Sollich (ANONYM K, 2012) 34
Abb. 7: Längsschneidemaschine der Fa. Sollich (ANONYM K, 2012) 35
Abb. 8: Spreizanlage der Fa. Sollich (ANONYM K, 2012) 36
Abb. 9: Überziehanlage der Fa. Sollich (ANONYM K, 2012) 36
Abb. 10: Schwingsieb zur Feststoff-abtrennung, Fa. Sollich (ANONYM K, 2012) 37
Abb. 11: Lagerstabilität von Lebensmitteln in Abhängigkeit von der Wasseraktivität (BELITZ et al., 2008) 52
Abb. 12: Aufbau der Messzelle (ANONYM L, 2006) 53
Abb. 13: Box-Whisker-Plot (SACHS, 1997) 58
Abb. 14: Ergebnis der Verkostung des Tomaten-Basilikum-Riegels mit Gelatine und Gelatinehydrolysat als Binder 72
Abb. 15: Eiweiß-Quinoa-Riegel: gepaarter Boxplot der Daten von F_{max} [N] nach der Produktion und nach der Lagerung 88
Abb. 16: Standardisiertes Pareto-Diagramm: F_{max} nach der Produktion 89
Abb. 17: Haupteffekt-Diagramm: F_{max} [N] nach der Produktion 90
Abb. 18: Zielgrößen-Diagramm: F_{max} [N] nach der Produktion 91
Abb. 19: Standardisiertes Pareto-Diagramm: F_{max} nach der Lagerung 91
Abb. 20: Haupteffekt-Diagramm: F_{max} [N] nach der Lagerung 92
Abb. 21: Zielgrößen-Diagramm: F_{max} [N] nach der Lagerung 93
Abb. 22: Zunahme von F_{max} in Abhängigkeit vom Eiweißgehalt und 36,8 % Quinoa 93
Abb. 23: Gelatine-Riegel: gepaarter Boxplot der Daten von F_{max} [N] nach der Produktion und nach der Lagerung 96
Abb. 24: Mittelwertanalyse-Diagramm mit 95 % Entscheidungsgrenzen: F_{max} [N] nach der Produktion (UDL = upper decision line, CL = center line, LDL = lower decision line) 97
Abb. 25: Boxplots: F_{max} [N] nach der Lagerung 99

Abb. 26: Eiweiß-Quinoa-Riegel: gepaarte Boxplots der Daten des a_w-Werts nach der Produktion und nach der Lagerung 102
Abb. 27: Eiweiß-Quinoa-Riegel: a_w-Wert nach der Produktion, nach zwei und vier Wochen Lagerung. 103
Abb. 28: Standardisiertes Pareto-Diagramm: a_w-Wert nach der Produktion 104
Abb. 29: Haupteffekt-Diagramm: a_w-Wert nach der Produktion 104
Abb. 30: Zunahme des a_w-Werts nach der Produktion in Abhängigkeit vom Eiweißgehalt. 105
Abb. 31: Zielgrößen-Diagramm: a_w-Wert nach der Produktion 105
Abb. 32: Standardisiertes Pareto-Diagramm: a_w-Wert nach der Lagerung 106
Abb. 33: Haupteffekt-Diagramm: a_w-Wert nach der Lagerung 107
Abb. 34: Zielgrößen-Diagramm: a_w-Wert nach der Lagerung 107
Abb. 35: Zunahme des a_w-Werts nach der Lagerung in Abhängigkeit vom Eiweißgehalt. 108
Abb. 36: Gelatine-Riegel: gepaarte Boxplots der Daten des a_w-Werts nach der Produktion und nach der Lagerung 110
Abb. 37: Gelatine-Riegel: a_w-Wert nach der Produktion, nach zwei und vier Wochen Lagerung 110
Abb. 38: Boxplots: a_w-Wert nach der Produktion 112
Abb. 39: Boxplots: a_w-Werte nach der Lagerung 113
Abb. 40: Splittung der Prüfpersonen nach dem Alter 116
Abb. 41: Splittung der Prüfpersonen nach dem Geschlecht 116
Abb. 42: Verzehrshäufigkeit von Müsliriegeln 117
Abb. 43: Konsumentenakzeptanz gegenüber pikante Müsliriegel 118
Abb. 44: Spiderplot der Attribute 119
Abb. 45: Top-3-Box der Attribute 119
Abb. 46: Beliebtheitsurteil der Prüfpersonen 120
Abb. 47: Produktentwicklung 121

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Vergleich Chargen- und kontinuierlicher Mischprozess (KRUSE, 2003) 30
Tab. 2: 9-Punkt-Hedonik-Skala (ELLERT, 2006) 56
Tab. 3: Zusammensetzung der Vorversuche mit Gelatine als Binder 63
Tab. 4: Zusammensetzung der Optimierungsversuche mit Gelatine (a) 64
Tab. 5: Zusammensetzung der Optimierungsversuche mit Gelatine (b) 65
Tab. 6: Zusammensetzung der Optimierungsversuche mit Gelatine, Glucosesirup und Maiskeimöl (c) 66
Tab. 7: Rezeptur des Gelatine-Tomaten-Basilikum-Riegels 67
Tab. 8: Zusammensetzung der Basismischung 67
Tab. 9: Zusammensetzung der Vorversuche mit Gelatinehydrolysat 69
Tab. 10: Zusammensetzung der Optimierungsversuche mit Gelatinehydrolysat (a) 70
Tab. 11: Zusammensetzung der Optimierungsversuche mit Gelatinehydrolysat (b) 71
Tab. 12: Zusammensetzung der Proben für die Verkostung 72
Tab. 13: Zusammensetzung der Vorversuche mit Trockeneiweiß 73
Tab. 14: Zusammensetzung der Eiweiß-Extrudat-Vorversuche 74
Tab. 15: Zusammensetzung der Linsenmehl-Eiweiß-Versuche (a) 75
Tab. 16: Zusammensetzung der Linsenmehl-Eiweiß-Versuche (b) 75
Tab. 17: Zusammensetzung der Linsenmehl-Eiweiß-Versuche (c) 76
Tab. 18: Zusammensetzung der Optimierungsversuche mit Quinoa (a) 78
Tab. 19: Zusammensetzung der Optimierungsversuche mit Quinoa (b) 79
Tab. 20: Zusammensetzung der Gummi arabicum-Versuche 80
Tab. 21: Zusammensetzung der Gummi arabicum-Extrudat-Versuche 80
Tab. 22: Zusammensetzung der Versuche mit Agar-Agar 81
Tab. 23: Zusammensetzung der Versuche mit Molinon® Instant B 82
Tab. 24: Zusammensetzung der Basismischungen für den Gelatine- und Eiweiß-Quinoa-Riegel 83
Tab. 25: Rezeptur des Gelatine- und Eiweiß-Quinoa-Riegels 84
Tab. 26: Versuchspläne für den Eiweiß-Quinoa- und Gelatine-Riegel 85
Tab. 27: Eiweiß-Quinoa-Riegel: Vergleich der Mittelwerte von F_{max} [N] nach der Produktion und der Lagerung 87
Tab. 28: Eiweiß-Quinoa-Riegel: Varianzanalyse für F_{max} nach Produktion 89
Tab. 29: Eiweiß-Quinoa-Riegel: Varianzanalyse für F_{max} nach Lagerung 92

Tab. 30: Gelatine-Riegel: Vergleich der Mittelwerte von F_{max} [N] nach der Produktion und der Lagerung 95
Tab. 31: Multiple Range Test: F_{max} nach der Lagerung 99
Tab. 32: Eiweiß-Quinoa-Riegel: Vergleich der Mittelwerte vom a_w-Wert nach der Produktion und der Lagerung 101
Tab. 33: Eiweiß-Quinoa-Riegel: Varianzanalyse für a_w-Wert nach Produktion 104
Tab. 34: Eiweiß-Quinoa-Riegel: Varianzanalyse für a_w-Wert nach Lagerung 107
Tab. 35: Gelatine-Riegel: Vergleich der Mittelwerte vom a_w-Wert nach der Produktion und der Lagerung 109
Tab. 36: Multiple Range Test: a_w-Wert nach der Produktion 112
Tab. 37: Multiple Range Test: a_w-Wert nach der Lagerung 114

Danksagung

Meine erfolgreiche Studienzeit verdanke ich nicht nur meinen eigenen Leistungen, denn hinter diesem Erfolg stehen viele Menschen, die maßgeblich zum erfolgreichen Gelingen meines Studiums beigetragen haben.

Der größte Dank gilt meinen Eltern, Mag. Astrid und Mag. Gottfried Wernig, die mich immer unterstützt und mir den Rücken gestärkt haben. Ohne sie wäre diese Ausbildung nicht möglich gewesen.

Ein herzliches Dankeschön geht an Karl Pöcher, der mir stets zu Seite stand und mir sehr viel Kraft für die oft nicht leichte Studienzeit gegeben hat.

Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei Fr. Dipl.Ing. Dr. Angelika Petrasch für die Ermöglichung und die intensive Betreuung dieser Diplomarbeit. Sie konnte mir in zahlreichen Diskussionen durch ihr Fachwissen und ihre Anregungen sehr oft weiter helfen. Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei meinen Studienkollegen/innen, die mich durch bereichernde Gespräche und konstruktive Kritik vorwärts gebracht haben.

1 Einleitung

Müsliriegel erfreuen sich bereits über Generationen hinweg allgemeiner Beliebtheit. Verarbeitetes Getreide in Kombination mit verschiedenen Aufsatzkomponenten ermöglicht ein breites Spektrum an Produkten unterschiedlicher Geschmacksrichtungen. Ob als kleiner Snack für zwischendurch oder als Alternative zum klassischen Frühstück – ein Müsliriegel garantiert rasche Energiezufuhr bei gleichzeitigem Genuss. Durch seine kleine, handliche Form kann er leicht transportiert und ohne viel zu bröseln verzehrt werden. Überdies wird Müsli in Kombination mit Früchten häufig mit einer ausgewogenen Ernährung assoziiert. So werden Müsliriegel häufig statt Süßigkeiten konsumiert, da der Konsument davon ausgeht, dass sie nur Gesundes beinhalten.

Kritiker hingegen bezeichnen Müsliriegel als eine hoch verarbeitete Industrie-Süßigkeit, eine klebrig-süße Masse, die eher eine Zucker- und Fettbombe als eine nährstoffreiche Zwischenmahlzeit darstellt. Tatsächlich enthält dieses Produkt häufig viele verschiedene Zuckerarten und einen hohen Fettanteil, um einerseits eine Bindung der Komponenten zu gewährleisten und um andererseits dem Geschmack der Zielgruppe bestmöglich zu entsprechen.

Da vor allem süße Müsliriegel den Markt dominieren, basiert diese Diplomarbeit auf der Idee der Entwicklung eines pikanten Müsliriegels, in welchem auf die Verarbeitung großer Zucker- und Fettmengen weitestgehend verzichtet werden soll. Die Hauptaufgabe besteht darin, ein geeignetes Bindemittel zu finden, das den Anforderungen eines Binders genügt und eine pikante Geschmacksausprägung des Produktes erlauben soll. Das Ergebnis dieser Arbeit soll ein Produkt sein, welches die typischen Merkmale eines Müsliriegels in sich vereint, geschmacklich jedoch eine salzige Variante darstellt.

2 Allgemeines

2.1 Definition

Unter der Bezeichnung „Müsliriegel“, „Granolariegel“ oder „Cerealienriegel“ wird eine Gruppe von Produkten zusammengefasst, die aus typischen Müslikomponenten, verbunden durch eine Bindemasse, zu einem Riegel geformt werden (ALTVATER, 1986).

Demnach definiert TERNES et al. (1993) einen Müsliriegel oder Müslipressling als *„ein portionsverpacktes Komprimat aus kandierten oder nicht kandierten Getreideflocken, Ölsamen, Ölsaaten, Trockenfrüchten unter Zusatz von Emulgatoren, Glucosesirup, Aroma- und Konservierungsstoffen, vielfach entgegen den Erwartungen mit mittlerem bis geringem Ballaststoffgehalt, jedoch hohem Gesamtzuckergehalt mit Werten zwischen 20 – 54 %.“*

Die enorme Vielfalt einsetzbarer Zutaten und Bindemittel lässt erahnen, dass unterschiedlichen Produktkreationen keine Grenzen gesetzt sind und dass die Geschmacksrichtung der Produkte keinesfalls auf „süß“ beschränkt ist (STARK, 1985).

2.2 Geschichte

Vorreiter in der Produktion von Müsliriegeln sind die USA, wo „granola bars“ oder „cereal bars“ seit 1975 auf dem Markt sind und bisher hohe Zuwachsraten verzeichnen konnten. Die ursprüngliche Intention der Produzenten war es, die allgemein bekannten und beliebten Frühstückscerealien auch in Riegelform zu vermarkten. Hier zu Lande waren Müsliprodukte nur aus dem Reformmarktbereich bekannt, welche sich aufgrund spezieller Vertriebswege nur schwer durchsetzen konnten. In den USA wurde durch die Vermarktung mehrschichtiger und/oder mit Schokolade überzogener Riegel eine Marktlücke gefüllt, wodurch extrem hohe Zuwachsraten erzielt werden konnten (ALTVATER, 1986).

Wer als Erfinder des Müsliriegels gilt, ist umstritten. Einerseits behauptet Herrick Kimball, dass er 1975 einen Brief an „The Idea Marketplace“ geschickt hat, in dem er seine Erfindung beschreibt. Bei „The Idea Marketplace“ handelt es sich um eine Organisation, die die Kontaktaufnahme zwischen Erfinder und

interessierten Unternehmen ermöglicht. Laut KIMBALL (2007) wurde seine Idee unrechtmäßig plagiiert und erfolgreich von einem Unternehmen auf den Markt gebracht, ohne jeglicher Honorierung seiner Idee. Andererseits soll die Schöpfung des Müsliriegels auf den amerikanischen Erfinder Stanley Mason (1921 – 2006) zurückgehen.

2.3 Gesunder Snack oder Kalorienbombe?

Müsliriegel erfreuen sich als Alternative zum Frühstück, als Snack in der Pause oder als Reiseproviant allgemeiner Beliebtheit. Seine praktische Darreichungsform, gute Haltbarkeit und leichte Transportierbarkeit sind nur einige Vorteile, die dieses Produkt vorzuweisen hat. Er besitzt einen hohen Nährwert, viele wertvolle Vitamine, sowie Mineral- und Ballaststoffe. Das Produkt „Müsliriegel“ besitzt ein natürliches Image und wird automatisch mit einer gesunden, ausgewogenen Ernährung assoziiert (CAPPELMANN, 2001). Laut ALTVATER und STARK (1987) sind die wichtigsten Faktoren für die Produktattraktivität das zunehmende Gesundheitsbewusstsein in der Ernährung und die Nachfrage nach natürlichem, unverfälschtem Geschmack und ursprünglicher Frische. Dieser Entwicklung steht jedoch der Trend zu Convenience-Produkten gegenüber. „Convenience Food“, wörtlich übersetzt „bequemes Essen“, sind zum Teil fertig zubereitete Erzeugnisse, die dem Verbraucher neben einer gesicherten Nährstoffzufuhr eine zusätzliche Zeitersparnis bieten. Inwiefern sich Convenience-Produkte mit den geforderten Eigenschaften „frisch“, „natürlich“ und „ausgewogen“ vereinbaren lassen, wird in Frage gestellt.

Die oben genannten Vorzüge des Müsliriegels werden durch Meinungen von Kritikern wieder kompensiert. Nach DEHNE und HOFFMANN (1988) handelt es sich bei einem Müsliriegel nicht, wie von den Produzenten häufig postuliert, um einen gesunden Snack. Vielmehr ist dieser als Süßigkeit einzuordnen, dessen Konsum auf ein akzeptables Maß reduziert werden sollte. Der hohe kalorische Nährwert resultiert aus der Notwendigkeit eines geeigneten Bindemittelsystems, welches meist aus verschiedenen Zuckerarten, Stärke, Honig etc. sowie Fett besteht. Müsliriegel mit einem hohen Fettgehalt in der Bindemittelmasse haben

überdies einen hohen Anteil an ungesunden gesättigten Fettsäuren. Für einen optimalen Zusammenhalt der Getreiderohstoffe werden zwischen 40 und 60 % Bindemittelmasse benötigt, sodass diese bis zur Hälfte des Riegels ausmachen kann. Neben dem hohen Kaloriengehalt ergibt sich überdies das zahnmedizinische Problem der Kariesbildung durch Kohlenhydrate.

Ein weiterer Kritikpunkt ist das Problem der Verbrauchertäuschung. Bei der Vermarktung der Produkte werden diese häufig als gesunde, bekömmliche Zwischenmahlzeiten bzw. als gesunde Alternative zu Süßigkeiten angepriesen. Der Käufer erhält durch die Werbung den Eindruck, er tue sich und seiner Gesundheit durch den Konsum etwas Gutes. Ein Blick auf die Nährwertangabe verrät jedoch, dass sich hinter diesem vermeintlich gesunden Snack häufig eine geballte Ladung an Kalorien versteckt. Wegen seines hohen Gehalts an Vitaminen, Ballaststoffen und Mineralstoffen ist der Müsliriegel sicherlich eine gute Alternative zu herkömmlichen Schokoladeriegeln, der aufgrund hoher Zucker- und Fettgehalte jedoch in Maßen verzehrt werden sollte (BLEIER, 2008).

2.4 Der Müsliriegel als funktionelles Lebensmittel

Ein zunehmendes Interesse der Bevölkerung an einer gesundheitsbewussten Ernährung und der Wunsch nach einer verbesserten Lebens(mittel)qualität führten zur Entwicklung sogenannter „funktioneller Lebensmittel“. Bislang existiert keine einheitliche Definition für „Functional Food“, Experten sind sich dennoch einig, dass diesen Lebensmitteln bzw. deren Inhaltsstoffen eine positive Wirkung auf den Gesundheitsstatus bzw. eine Reduktion von Krankheitsrisiken nachgewiesen werden muss. Die Konzentration eines Wirkstoffs kann im Lebensmittel durch technologische Anreicherungsverfahren oder durch Zugabe des Syntheseproduktes erhöht werden (SCHIEBERLE, 2001). Nach HAMM (2003) zählen zu diesen ernährungsfunktionellen Komponenten:

- Ballaststoffe
- Antioxidative Vitamine
- Folsäure
- Einfach und mehrfach ungesättigte Ω-3- und Ω-6-Fettsäuren, sowie bestimmte Phospholipide
- Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe

- Pre- und Probiotika
- Proteine, Peptide und Aminosäuren
- Zink, Selen und gut bioverfügbare Calciumquellen in Verbindung mit natürlichen Promotoren

2.4.1 „Lunabar“ – der maßgeschneiderte Müsliriegel für die Frau

Auch heute sind es primär Frauen, die für die Nahrungsmittelversorgung und -zubereitung in der Familie verantwortlich sind. Die Emanzipation der Frau führt jedoch unweigerlich zu einer Abnahme des „Familienessens“ und zu einem vermehrten „Außer-Haus-Verzehr“. Aufgrund straffer Tagesabläufe ist ein Trend zu Convenience- und Fertigprodukten zu beobachten. Häufig erfahren Frauen dadurch einen Mangel an wichtigen Vitaminen und Mineralstoffen, sodass Lebensmittel entwickelt wurden, die den individuellen Nährstoffbedarf einer Frau ideal abdecken können. Es wurden neben der Werbung, Marke und Verpackung speziell die Inhaltsstoffe dieser Produkte auf die weibliche Zielgruppe und deren Bedürfnisse abgestimmt. Ziele sind die Reduktion von Krankheiten, wie beispielsweise Osteoporose, Krebs- oder Herzerkrankungen sowie die Reduktion aller Begleiterscheinungen während des Klimakteriums. Als Ergebnis wurden im Jahr 2000 in den USA 29 neue gesundheitsfördernde Produkte speziell für Frauen auf den Markt gebracht (HOLLINGSWORTH, 2002a). Neben Frühstückscerealien und Getränken ist darunter auch ein Müsliriegel in zehn unterschiedlichen Geschmacksvariationen zu finden, der vergleichsweise arm an Fett und Kalorien ist. Überdies enthält der sogenannte „Lunabar“ 35 % der empfohlenen Tagesdosis an Calcium (zur Stärkung der Knochen und Zähne), 9 g Sojaprotein (zur Stärkung der Knochen und Erhöhung der Herz- und Brustgesundheit), 400 µg Folsäure (zur Förderung der Embryonalentwicklung im Falle einer Schwangerschaft) und 35 % der empfohlenen Tagesdosis an Eisen, wodurch der Bedarf für Frauen in der Menopause berücksichtigt wird. „Lunabar“ war der erste für Frauen entwickelte Müsliriegel, der laut amerikanischen Hersteller, Clif Bar Inc., im November 2001 zur umsatzstärksten Handelsmarke im Bereich Riegelherstellung wurde (MERMELSTEIN, 2002).

2.4.2 Ballaststoffreiche Müsliriegel

Unter dem Begriff „Ballaststoffe“ werden Nahrungsbestandteile zusammengefasst, die nur in pflanzlichen Lebensmittel vorkommen und durch die Verdauungsenzyme des menschlichen Körpers nicht oder nur unzureichend aufgespalten werden können. Zu den für die Gesundheit wichtigsten unverdaulichen Nahrungsbestandteilen gehören Zellulose, Hemizellulosen, Pektin und Lignin. Was ursprünglich als unverdaulicher „Ballast“ abgetan wurde, wirkt sich nach heutigem Wissensstand als externer Regulator günstig auf die Darmtätigkeit, den Sättigungsvorgang sowie den Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel aus. Sie entlasten den Darm und regulieren einen erhöhten Cholesterinspiegel durch Bindung und anschließender Ausscheidung von Gallensäuren. Die empfohlene Tagesdosis liegt bei 30 g pro Tag, durchschnittlich wird dieser Richtwert nur bis zu zwei Drittel erreicht (HAMM, 2003). Dem soll durch die gezielte Verarbeitung ballaststoffreicher Rohstoffe in Lebensmitteln entgegengewirkt werden. So wurde in einer Studie des deutschen Bundesministeriums für Wissenschaft und Forschung der Einsatz von Topinambur in Müsliriegeln untersucht. Topinambur (lat. *Helianthus tuberosis*) enthält das Reservekohlenhydrat Inulin, welches sich als präbiotischer Wirkstoff günstig auf die Darmflora auswirkt. Demnach lautete die Fragestellung, ob und welche biologische Wirkung Topinambur nach dem Backprozess noch aufweist. Im ersten Teil der Studie wurde die Wirkung von Inulin in vitro mittels einer künstlich erzeugten Darmflora geprüft und mit der von Inulin anderer Herkunft verglichen. Im zweiten Teil wurde Schweinen im Zuge der Umstellung von Muttermilch auf Futter Topinambur zugefüttert. Das Ergebnis zeigte, dass sich die Darmflora dieser Schweine schneller einspielte und dass sie schneller an Statur gewannen. Abschließende Untersuchungen wurden an 45 Studenten durchgeführt, die über einen Zeitraum von drei Wochen inulinhältige Riegel verzehrten. In regelmäßigen Abständen wurden Stuhlproben genommen und analysiert, sowie Fragebögen zu deren Verdauung erhoben. Durch die Supplementierung von Inulin konnte eine Vermehrung der Dickdarmmikrobiota nachgewiesen werden (ANONYM A, 2006).

2.4.3 Probiotika in Müsliriegel

Probiotika sind lebende, nicht pathogene Mikroorganismen, die einen präventiven oder therapeutischen Effekt auf den menschlichen Organismus haben, wenn sie in ausreichender Menge verabreicht werden. Am bekanntesten sind Probiotika aus der Gruppe der Milchsäurebakterien, darunter bestimmte Stämme der Gattungen *Lactobacillus* oder *Bifidobacterium*. In Abhängigkeit davon welche Stoffwechselleistung der probiotische Organismus erbringt, welche Stoffe er sekretiert und welche Oberflächenmoleküle exprimiert werden, trägt er unterschiedlich zur Krebsprävention, Infektabwehr und Stabilisierung des intestinalen Gleichgewichts zwischen Mikroflora und Wirt bei (ÖLSCHLÖGER und HACKER, 2009).

Vorzugsweise werden Milchprodukte mit probiotischen Bakterien angereichert. Da diese Erzeugnisse eine kühle Lagerung bzw. einen gekühlten Transport erfordern und eine eher begrenzte Haltbarkeit aufweisen, war es die Intention von OUWEHAND et al. (2004) Probiotika in einer trockenen Lebensmittelmatrix (Müsliriegel auf Haferbasis) einzuarbeiten. Dazu wurden zehn Freiwillige rekrutiert, die über einen Zeitraum von sieben Tagen je einen mit dem Stamm *Bifidobacterium lactis* Bb-12 angereicherten Müsliriegel verzehrten. Nach 7, 11 und 14 Tagen wurden Kotproben genommen und deren Keimzahlen mittels Fluoreszenz-in situ-Hybridisierung (FISH) bestimmt. Nach sieben Tagen konnte *Bifidobacterium lactis* Bb-12 bei vier Testpersonen mit Keimzahlen zwischen $1{,}8*10^6$ und $6{,}4*10^6$ KbE/g nachgewiesen werden, ähnlich waren die Ergebnisse nach 11 und 14 Tagen. Bei drei Testpersonen konnte während des ganzen Versuches *Bifidobacterium lactis* Bb-12 nicht nachgewiesen werden. Dies könnte jedoch an der begrenzten Nachweisfähigkeit des Systems liegen, da Keimzahlen unter der Nachweisgrenze von ca. 10^6 KbE/g mit FISH nicht erfasst werden können. Um dies auszuschließen, müssten alternative Methoden zur Bestätigung herangezogen werden. Diese Studie zeigt, dass der Einsatz von Probiotika in flüssigen und trockenen Lebensmitteln möglich ist, woraus Vorteile für die Lagerung bzw. Transport, sowie für die Haltbarkeit probiotischer Produkte resultieren.

2.4.4 Protein- und Energieriegel

Produzenten und Konsumenten suchen ständig nach neuen funktionellen Inhaltstoffen, die das Produkt in ihrem ernährungsphysiologischen Wert zu steigern vermögen. Dieses soll nicht nur ballaststoffreich, kalorienarm sein und überdies auch noch gut schmecken, sondern auch mit gesundheitsfördernden Zusätzen angereichert sein. Energieriegel sind reich an Protein und Kohlenhydraten, die besonders Sportlern im Training oder Wettkampf eine rasche Energiezufuhr ermöglichen. In den eher kalorienreichen Riegeln sind Fette, wie beispielsweise essentielle Ω-3- und Ω-6-Fettsäuren aus Seetang oder Fischölen zu finden. Dabei handelt es sich um mehrfach ungesättigte Fettsäuren, welche vom menschlichen Körper selbst nicht synthetisiert werden können und daher mit der Nahrung in ausreichenden Mengen aufgenommen werden müssen. Bei der Verarbeitung von Nüssen muss deren Allergiepotential berücksichtigt werden, sodass häufig auf deren Einsatz verzichtet werden muss. Als Alternative für den Ersatz der wertvollen Proteine, werden vermehrt Molken- und Sojaprotein verarbeitet. Die Proteinzufuhr fördert nicht nur den Muskelaufbau, sondern auch die Sättigung, sie gleicht den Blutzuckerspiegel aus und ermöglicht außerdem eine knusprige Textur ohne den Einsatz von zusätzlichem Fett. Weiters reduziert Sojaprotein das Krebsrisiko, den Blutdruck und die Gefahr an Typ 2 - Diabetes zu erkranken (ADDY, 2009). Molkenprotein ist eine wichtige Quelle für BCAAs (branched-chain amino acids), zu welchen die essentiellen Aminosäuren Isoleucin, Leucin und Valin gehören. Diese werden direkt über den Darm verstoffwechselt, fördern die rasche Energiebereitstellung und unterstützen die Muskelproteinsynthese, was speziell für Sportler im Training von Interesse ist. Die Verarbeitung von funktionellen Nahrungsmittelkomponenten ist nicht nur sehr kostspielig, sondern auch mit dem Risiko einer Überdosierung verbunden. Besonders gefährdet sind hier Sportler, die zwei oder drei Riegel pro Tag verzehren (DECKER, 2002).

2.5 Wirtschaftliche Situation

Weltweit betrug der Absatz für Müsliriegel rund 1,3 Milliarden US-Dollar im Jahr 2007, was einem Zuwachs von 43 % seit 2002 entspricht. Zu den führenden

Herstellungsunternehmen zählen „Kellogg´s“, “General Mills“ und „Quaker Oats“, welche weltweit 70 % des Absatzes erwirtschaften (ANONYM B, 2008). Derzeit beträgt der Marktwert für Müsliriegel in Großbritannien 322 Millionen britische Pfund, was wiederum einem Zuwachs von 4 % gegenüber dem Vorjahr entspricht. Im Vergleich dazu belaufen sich die Verkaufszahlen bei Süßwaren auf 4,9 Milliarden britische Pfund (ANONYM C, 2010).

Schweden weist mit einem Pro-Kopf-Verbrauch von 3,5 kg im Jahr 2001 weltweit den höchsten Müsliriegelkonsum auf. Folglich wurde dort der Marktwert auf rund 159 Millionen US-Dollar für 2006 prognostiziert, was wiederum einen Zuwachs von 12,8 % seit 2002 entspricht (ANONYM D, 2003). Im Vergleich dazu, liegt der Pro-Kopf-Verbrauch von Frankreich, Deutschland und Großbritannien weit unter 1 kg. In Österreich wurden im Jahre 2000 681 t Müsliriegel mit einem Wert von 7,56 Millionen Euro verkauft und im Jahre 1999/2000 stiegen die Verkaufszahlen der Müsliriegel mit 8,9 % stärker als der Müsliabsatz (7,1 %). Der Grund hierfür ist vermutlich, dass der Müsliriegel das ursprüngliche Produkt Müsli um einen zusätzlichen Convenience-Faktor erweitert. Sie sind einzeln verpackt und daher leicht zu transportieren. Zudem müssen sie nicht wie das Müsli erst mit Milch oder Joghurt zubereitet werden, sondern sind eine praktische Außer-Haus-Mahlzeit, die immer und überall verzehrt werden kann (WAGNER et al., 2003). In Anbetracht der Tatsache, dass das Essen im Auto zu einer der häufigsten Essgewohnheiten in den USA zählt, spielt der Convenience-Faktor bei der Kaufentscheidung eine wesentliche Rolle. Rund ein Fünftel aller Mahlzeiten werden dort „auf der Straße“ konsumiert, was durch den einhändigen Verzehr und das praktische Format dieser Produkte begünstigt wird (HOLLINGSWORTH, 2002b). Dazu kommt, dass die Nahrungsaufnahme nicht mehr auf drei Mahlzeiten pro Tag begrenzt ist. Studien haben gezeigt, dass neun von zehn Konsumenten in Großbritannien zumindest eine Zwischenmahlzeit zu sich nehmen, wobei es sich hier mit 55 % meist um frische Früchte handelt. Frauen nehmen diese meist zu Hause, Männer vor allem in der Arbeit zu sich. Einer von fünf Erwachsenen und nur ein Drittel der Kinder verzehren als Zwischenmahlzeit einen Müsliriegel. Erwachsene konsumieren diese primär aufgrund der raschen Energiezufuhr und weniger aus Genuss. 63 % der Kinder essen sie aus Hunger und rund die Hälfte der befragten Kinder mögen diese auch. Nur wenige von ihnen würden ihr Geld für den Konsum von Müsliriegel ausgeben (ANONYM C, 2010).

Neben Gesundheit und Bequemlichkeit spielen sensorische Attribute eine ungemein wichtige Rolle. Demzufolge ist der Geschmack des Riegels das Hauptkriterium für die Kaufabsicht, gefolgt von Textureigenschaften, Preis und Aussehen. Das Gesundheitsimage wird zwar berücksichtigt, jedoch sind die beliebtesten Riegel nicht immer die gesündesten. Interessant ist, dass ein gesundes Image häufig mit der Anwesenheit von Früchten bzw. der Abwesenheit von Schokolade assoziiert wird (BOWER und WHITTEN, 2000).

In den letzten Jahren gab es Ansätze, in denen typische Müsliriegelkomponenten durch eher unübliche ersetzt wurden um einerseits die Nährstoffzusammensetzung zu optimieren und um andererseits sich in pikanten Geschmacksvariationen zu versuchen. So beschreiben MAURER et al. (2005) in einer Publikation Müsliriegel, die auf Bohnen basieren und somit eine gute Quelle für Protein, Ballaststoffe und Folsäure darstellen. Die Ergebnisse der Texturmessung und Wasseraktivität waren mit den kommerzieller Produkte vergleichbar, sensorische Untersuchungen ergaben eine höhere Präferenz für Produkte, in denen rote Bohnen verarbeitet wurden. Müsliriegel mit schwarzen Bohnen wurden von Testpersonen aufgrund des ungewöhnlichen Erscheinungsbildes abgelehnt. Eine weitere Publikation behandelt die Verwendung von feinstvermahlenen Linsen anstelle von Hafer in der Müsliriegelproduktion (RYLAND et al., 2009). Aus ernährungsphysiologischer Sicht besitzen Linsen mehr Ballaststoffe, Eiweiß und Eisen und weniger Fett als die entsprechenden Haferriegel. Der größte Unterschied war im Gehalt an Folsäure zu finden, da dieser um 8 – 10 % höher lag.

Ein Beispiel für einen pikanten Müsliriegel ist „Marmite Cereal bar“ von Unilever, der bereits in Großbritannien auf dem Markt ist. Mit der aus Hefeextrakt gewonnenen Gewürzmischung verspricht dieser Riegel wenig Kalorien und einen hohen Gehalt an B-Vitaminen (ANONYM E, 2012). Vor allem in den USA und Großbritannien existieren noch weitere pikante Müsliriegel wie beispielsweise der „Veatable bar“ (ANONYM F, 2012), „Gardenbar“ (ANONYM G, 2012) oder „Organic Veg and Oat bar“ (ANONYM H, 2012).

2.6 Einteilung

2.6.1 Textur

2.6.1.1 Weiche Müsliriegel und Chewy-Granola-Typen

Weiche Müsliriegel zählen zu den Soft-Granolatypen. Hier wird ein Binder mit höherem Wasseranteil eingesetzt, sodass das Produkt eine weiche, kaufreundliche Struktur aufweist, die durch das englische Wort „chewy“ beschrieben wird (STARK, 1985). Das Bindemittel besteht aus einer niedriggekochten Zucker-/Glucose-Fettmischung, die für die weiche Textur und damit für seine Beliebtheit verantwortlich ist (RIDDERBUSCH, 1988).

Die Herstellung von Chewyriegeln erfolgt aus unterschiedlichen Cerealien-Kombinationen unter Verwendung eines niedrig gekochten Bindemittels. Werden dieser niedrig gekochten Bindemasse Gelatine, Gummi arabicum Eiweißhydrolysat, Geliermittel oder ähnliche Stoffe zugesetzt, so ergeben sich die für diesen Müsliriegel charakteristischen Chewy-Eigenschaften (ALTVATER und STARK, 1987).

2.6.1.2 Harte Müsliriegel

Das Produkt erhält bei höheren Zuckerkonzentrationen eine harte, knusprige Textur. Zu dieser Gruppe werden typischerweise Hartgranolas und gebackene Granolatypen gezählt (ALTVATER, 1986). Letztere bestehen aus typischen Müslibestandteilen mit einem hohen Anteil an Hafer- und Weizenflocken. Als Bindemittel werden bevorzugt Zucker- und Stärkemischungen eingesetzt. Nach Mischung der Rohstoffe erfolgt das Backen auf dem Stahlband eines Bandofens. Der Masseteppich kann entweder vor dem Backen, nach ca. zwei Drittel der Backzeit oder am Auslauf des Backofens auf die gewünschte Länge und Breite geschnitten werden. Müsliriegel mit harter, krokantartiger Textur sind im Vergleich zu den Soft-Granolatypen nur wenig populär (RIDDERBUSCH, 1988).

2.6.2 Bindemittel

2.6.2.1 Riegel mit Fettbinder

Als Bindemittel wird hier hauptsächlich eine Fettmischung mit Zusätzen von Schokolade oder einer kakaohaltigen Compoundmasse verwendet. Häufig werden die Massen mit Haselnuss-, Mandelnougat oder auch Erdnusspaste versetzt. Müsliriegel mit Fettbinder können eine harte bis weiche Struktur aufweisen (ALTVATER und STARK, 1987). Eine der häufigsten Bestandteile ist expandierter Reis. Bei der Produktion wird die fertige Mischung zu einem Teppich ausgeformt und anschließend in einem Kühltunnel gekühlt. Nach Kühlung ist die Masse hart und brüchig, was das Schneiden der Riegel erschwert. Aus Gründen der Haltbarkeit werden Riegel mit Fettbinder häufig mit Fettglasur oder Kuvertüre überzogen (RIDDERBUSCH, 1988).

2.6.2.2 Riegel mit Teigbinder

Riegel auf Teigbasis werden gebacken oder getoastet. Unter der „Teigbindung“ sind jene Veränderungen in wässrigen Stärken, verschiedenen Zuckerarten (z.B. Bindung durch geschmolzene Zucker) und Eiweißbindertypen zu verstehen, die während des Backvorgangs stattfinden (ALTVATER, 1986).

Je nach Wasseranteil in der Masse, Hitzeintensität und Verweilzeit im Backofen kann der Stärkeanteil beliebig stark aufgeschlossen werden. Es entstehen beispielsweise gehaltvolle Vollkornbindungen oder unter Kochextrusionsbedingungen luftige Leichtstrukturen. Bei gleichzeitiger Variation des Zuckergehalts können so vielfältigste Grundstrukturen erzielt werden (STARK, 1985).

2.6.2.3 Riegel mit Zuckerbinder

Als Bindemittel wird ein Zuckermischsirup verwendet, der nach dem Kochprozess mit dem angewärmten Trockengemisch vermischt und als Strang oder Teppich ausgeformt wird. Riegel mit Zuckerbinder bestehen oft aus einem Schokoladenboden, selten werden sie mit einem Vollüberzug aus Schokolade

veredelt. Je nach Kochgrad der Zuckerlösung entsteht ein harter oder weicher Riegel (CAPPELMANN, 2001).

2.6.3 Mehrschichtige Riegel

Anfänglich waren es vor allem Müsliproduzenten, die Müsliprodukte in Riegelform vermarkteten. Im Laufe der Zeit entwickelte sich zunehmend eine Symbiose zwischen Müsliproduzenten und Süßwaren- bzw. Schokoladehersteller, die ihre Produkte mit den verschiedensten Cerealien zu neuen innovativen Produkten verbinden, um den Geschmackswünschen der Konsumenten besser zu entsprechen. Ergebnis dieser Zusammenarbeit sind mehrschichtige Riegel, die aus Cerealien-Schichten und aus süßen Pasten oder Füllungen bestehen. Denkbar sind hier Nuss-, Fruchtpasten, Schaumnougat oder Karamell (RIDDERBUSCH, 1988). Mehrschichtige Riegel werden mittels Formpresse zu einem Strang mit Vertiefung ausgeformt, welcher anschließend gebacken wird. Nach dem Backvorgang und der darauf folgenden Kühlung wird die Vertiefung des Stranges mit einer Fettcreme gefüllt, mit Streugut versehen und bei Bedarf mit einer Karamellcreme überzogen. Mehrschichtige Riegel werden häufig mit einem Schokoladeüberzug veredelt (CAPPELMANN, 2001).

2.7 Zusammensetzung

Müsliriegel als junge Produktgruppe bieten ein breites Spektrum an Zutaten. Prinzipiell kommen all jene Rohstoffe in Betracht, die den Konsumentenerwartungen entsprechen und eine technologische Realisierung des Produktes zulassen.

Zu den wesentlichen Bestandteilen zählen nahezu alle Cerealien- bzw. Getreidearten, insbesondere Weizen, Hafer, Reis und Mais. Diese Produkte werden oft in aufgeschlossener (z.B. mittels Kochextruder und Mikronizer) oder in gepufferter Form eingesetzt. Zur Erhöhung des Ballaststoffanteils finden auch Weizenkeime oder Kleie als Rohstoffe Anwendung. Neben den Getreideprodukten werden Früchte mit geringem Wassergehalt, wie beispielsweise Rosinen, Datteln, Äpfel, Pflaumen, sowie Mandeln, Kokosflocken und verschiedene Nüsse eingesetzt. Zur Verlängerung der Haltbarkeit müssen die Früchte bzw.

Fruchtanteile vor deren Verwendung zur Senkung des a_w-Wertes getrocknet werden. Aus dem Bereich der klassischen Süßwaren kommen Milch- und Sahneprodukte und die sogenannten Schokoladenchips. Interessanterweise basiert die Zusammensetzung einiger Müsliriegel nach wie vor auf den typischen Bestandteilen des Bircher Müslis, was zeigt, dass das altbewährte Rezept auch heute noch den Geschmacksvorstellungen der Zielgruppe entspricht (ALTVATER und STARK, 1987). Für die Herstellung von Riegel, die knusprig, schmackhaft und hochwertig sein sollen, müssen die verarbeiteten Cerealien keimfrei sein und durch das Herstellungsverfahren die biologisch wertvollen Bestandteile erhalten bleiben (CAPPELMANN, 2001).

2.7.1 Müsli

Das zunehmende Ernährungsbewusstsein der Konsumenten lässt den Absatz von Müsli und den sich davon ableitenden Produkten in die Höhe schnellen. Vom Frischkornbrei bis zum Fertigmüsli mit zugesetztem Zuckeranteil sind die Endprodukte äußerst variantenreich. Es handelt sich im Allgemeinen um eine Mischung aus geschroteten, gequetschten, flockierten und/oder expandierten Getreideprodukten, vermischt mit Trockenfrüchten oder Ölsaaten, die sich vom „Bircher Müsli“ ableiten (KLINGLER, 1995). Dieses geht auf den Schweizer Arzt und Ernährungswissenschaftler Maximilian Bircher-Benner zurück, welcher bereits im frühen 20. Jahrhundert wichtige Erkenntnisse über Vollwert- und Rohkosternährung gewonnen hat. Bircher´s Vorstellung eines Müslis bestand aus einem Obstgericht aus beispielsweise geriebenen Äpfeln mit Vollkornhaferflocken und einem Milchprodukt. Im heutigen Müsli dominieren roh geschrotete und eingeweichte Körner sowie durch Wärmeanwendung länger haltbar gemachte Vollkornflocken. Entscheidend ist hier das Attribut „Vollkorn“. Vollkornprodukte weisen einen hohen Gehalt an Ballaststoffen, Mineralstoffen, Vitaminen und essentiellen Fettsäuren auf und gelten daher aus ernährungsphysiologischer Sicht als besonders wertvoll. Als gesundes Süßungsmittel empfehlen sich frische Obstsorten der Saison, aber auch getrocknete Früchte (HAMM, 2003). Zum Fruchtgehalt des Müslis zählen neben Trockenfrüchten auch Fruchtanteile und Fruchtzubereitungen von kandierten Früchten sowie Orangeat und Zitronat (ANONYM I, 2012).

Bei Fertigmüslis, welche häufig mit Honig oder anderen Zuckerarten gesüßt werden, ist auf die Höhe des zugesetzten Zuckeranteils zu achten. Durch Zusätze wie Nüsse oder Schokoladestücke kann der Fettgehalt und damit der Nährwert des Müslis beträchtlich gesteigert werden (HAMM, 2003).

VOLLMER et al. (1990) weisen darauf hin, dass die in der Kennzeichnung erwähnten Zutaten in ernährungsphysiologisch wertbestimmender und/oder sensorisch deutlich wahrnehmbarer Menge vorkommen müssen. Besteht nun ein Produkt aus überwiegendem Anteil aus einer Getreideart, so kann der Name der Getreideart in der Verkehrsbezeichnung verwendet werden (ANONYM I, 2012). Anderenfalls entspräche dies einer Irreführung des Konsumenten, was eine Beschränkung des freien Warenverkehrs rechtfertigen würde.

Bei der Rohstoffauswahl sind neben Aussehen und Geschmack die biologische und mikrobiologische Qualität bedeutend. Die Herstellung des Müslis erfolgt durch einen Mischprozess der Rohstoffe. Durch die verschiedenen Dichten und Teilchengrößen der einzelnen Komponenten kann es in den Packungen zu Entmischungsvorgängen und Inhomogenitäten kommen. Besonders in Produkten, die mit Ballaststoffen angereichert werden, liegt der Kleieanteil meist separiert vor. Dieses Problem kann umgangen werden, indem die Kleiepartikel auf eine Trägerkomponente aufgebracht werden. Müslierzeugnisse sind bei richtiger Lagerung vergleichsweise lange haltbar (sechs – neun Monate), danach treten Geschmacksabweichungen aufgrund oxidativer Prozesse auf (KLINGLER, 1995).

2.7.2 Süßende Zutaten

Bei der Produktion von Müsliriegeln werden eine Reihe von Süßungsmitteln, darunter verschiedene Mono- und Disaccharide, Zuckeralkohole und Zuckeraustauschstoffe eingesetzt. Ihre Funktionen konzentrieren sich auf drei bedeutsame Punkte:

- Geschmacksgebung
- Form- und Texturgebung als integraler Bestandteil des Bindemittels
- Bindung des frei verfügbaren Wassers zur Verlängerung der Haltbarkeit

Ein beliebtes Süßungsmittel stellt Bienenhonig dar. Es wird darunter jene süß schmeckende Verbindung verstanden, die Honigbienen aus Blütentrachten durch Hinzufügen körpereigener Stoffe bereiten. Hauptbestandteil von Honig ist

Invertzucker (Invertose), ein Gemisch aus Glucose und Fruktose. Farbe, Geruch und Geschmack hängen vom Ausgangsprodukt, der Blütentracht, ab. Den Aromastoffen wird eine appetitanregende Wirkung zugeschrieben. Die Nährstoffdichte unterscheidet sich praktisch nicht von der des Haushaltszuckers und auch der Gehalt an Vitaminen und Mineralstoffen ist überaus gering (HAMM, 2003).

Alternativ wird Fruktose (Fruchtzucker) als Süßungsmittel eingesetzt. Dabei handelt es sich um ein Monosaccharid mit hoher Süßkraft, dessen Geschmacksintensität stark temperaturabhängig ist. Beim Einsatz von Fruktose ergibt sich überdies ein ernährungsphysiologischer Vorteil: Diese wird insulinunabhängig verwertet und beeinflusst den Blutzuckerspiegel nur in geringem Ausmaß, sodass Fruktose als Süßstoff für Diabetiker geeignet ist (BELITZ et al., 2008).

Vor allem in Sportriegeln kommen Maltodextrine zur Anwendung. Diese sind Kohlenhydratgemische, die zwar eine geringere Süßkraft aufweisen, jedoch eine Steigerung der Viskosität und eine Reduktion des a_w-Wertes bewirken. Zuckeralkohole wie Maltitol und Maltitolsirup haben eine ähnliche Süßkraft wie Zucker, sind nicht kariogen, besitzen aber bei größeren Verzehrsmengen einen laxativen Effekt. Erwachsene sollten die Menge an konsumierten Maltitol bzw. Maltitolsirup auf 50 – 80 g/Tag beschränken (O´CARROL, 2000).

2.7.3 Bindemittel

Um die für Müsliriegel charakteristische, bequeme Darreichungsform zu ermöglichen, bedarf es eines geeigneten Bindemittels zum Zusammenfügen der Trockenstoffe. Je nach verwendetem Bindemittel werden die Art, Textur und Zusammensetzung des Müsliriegels bestimmt. Hinsichtlich der dominierenden Hauptkomponenten lassen sich Bindemittel wie folgt einteilen (ALTVATER, 1986):

- Pflanzenfette: wie bereits unter 2.6.2.1 beschrieben, werden hier Haselnuss- oder Mandelpasten, Erdnussbutter und Kakaomassen als Binder verwendet.
- Teigbindung: Riegel auf Teigbasis werden gebacken oder getoastet. Unter „Teigbindung“ sind die während des Backvorganges stattfindenden

Prozesse zu verstehen. Dabei kommt es zur Verschmelzung von Zuckern und zur Modifikation von Klebern und Eiweißbindertypen.

- Zuckermischsirupe
- Geliermittel oder Binder auf natürlicher Fruchtfleischbasis: zu dieser Gruppe von Bindemittel zählen Fruchtpasten, Agargelee sowie Apfel- und Fruchtpektine. Natürliche Fruchtkonzentrate sind vollaromatisch und bei richtiger Produktlagerung lange haltbar. Grund für die gute Haltbarkeit ist die Senkung des Wassergehalts durch Sprühverfahren oder (Gefrier)Trocknungsverfahren. Die mit diesem Bindemittel gewonnenen Endprodukte besitzen eine weiche „chewy“-Textur.
- Abschließend sind noch jene Bindemittel zu nennen, die einen Anstieg der Viskosität bewirken. Hierzu gehören vor allem kaltquellende Stärken, Quellstoffe wie Gummi arabicum, Guarkernmehl, Johannesbrotkernmehl und bestimmte Gelatinetypen. Die Endprodukte besitzen „chewy“-Eigenschaften.

Die Grenzen zwischen den einzelnen Bindemitteln sind fließend, eine Abgrenzung ist kaum möglich. Vielmehr entstehen durch die Kombination mehrerer Bindemitteltypen mehrphasige Mischsysteme mit spezifischen Eigenschaften (ALTVATER, 1986).

Wegen des immer stärker werdenden Ernährungsbewusstseins der Konsumenten werden Industrie und Wissenschaft vor die Herausforderung gestellt, Bindemittel zu entwickeln, die ideale technologische Eigenschaften aufweisen und zu einem ausgewogenen Nähwertprofil beitragen. Aus dieser Problemstellung heraus entwickelten sich einige alternative Bindemittel, die die strengen Forderungen seitens der Industrie und des Marktes erfüllen konnten. Um den ernährungsphysiologischen Anforderungen gerecht zu werden, wurden verschiedene Ansätze zur Entwicklung neuer Bindemittelsysteme durchgeführt, die folgende wichtige Erkenntnisse mit sich brachten (DEHNE und HOFFMANN, 1988).

Wichtig ist es, die Kariesbildung zu reduzieren, indem kariogene Zuckeraustauschstoffe, wie beispielsweise Sorbit, anstelle von kariesfördernden Zucker bzw. Kohlenhydraten eingesetzt werden. Dadurch wird zwar der Kariesbildung entgegengewirkt, das Problem des Energiewertes bleibt jedoch weiterhin ungelöst. Die alternative Verwendung verschiedener Gelier- und

Dickungsmittel bringt einige technologische Schwierigkeiten mit sich. Neben einer geringen Klebekraft dieser Stoffe sind hier außerdem spezielle Auflösungsmethoden erforderlich. Die Berücksichtigung der pH-Abhängigkeit, des Viskositäts- und Erstarrungsverhaltens resultiert eher in einer verfahrenstechnischen Erschwerung als in einer Vereinfachung des Prozessablaufs und Optimierung des Produktes. Die Nutzung von Proteinen ist wegen ihrer geringen Klebekraft als alleiniges Bindemittel in der Riegelproduktion ungeeignet. Zudem zeigen Proteine in höheren Konzentrationen nachteilige Eigenschaften bezüglich Geschmack, Löslichkeit und Viskosität (DEHNE und HOFFMANN, 1988).

2.7.3.1 Pektin

Pektin ist als Polysaccharid am Zellwandaufbau von Stielen und Früchten beteiligt und daher in Pflanzen ubiquitär verbreitet. Die Gewinnung erfolgt aus pektinreichen Rohstoffen wie Citrus-, Apfel- und Rüben-Trestern. Hauptbestandteil des Pektins ist die α-D-Galacturonsäure, welche durch α-1,4-glycosidische Bindungen ein lineares Kettenmolekül bildet. Die Carboxylgruppen sind in unterschiedlichem Ausmaß mit Methanol verestert, während unveresterte Gruppen mit zweiwertigen Kationen, wie beispielsweise Ca^{2+} oder Mg^{2+} zu schwerlöslichen Salzen reagieren (BALTES und MATISSEK, 2011).

Die Extraktion der wasserlöslichen Substanzen erfolgt bei einem pH-Wert von 1,5 – 3 und Temperaturen von 60 – 100 °C. Sehr reines Pektin wird durch Fällung mit Ionen, welche unlösliche Salze bilden, erhalten. Zur Abtrennung der Ionen erfolgt anschließend das Waschen mit angesäuertem Alkohol oder eine Fällung mit Isopropanol oder Ethanol (BELITZ et al., 2008).

Pektin ist für die Lebensmittelindustrie deshalb von Bedeutung, weil es bei einem pH-Wert von ca. drei, aber auch bei höheren pH-Werten in Gegenwart von Calciumionen, thermoreversible Gele bildet. Die Fähigkeit der Pektine, Gele zu bilden ist dabei direkt proportional zum Molekulargewicht und umgekehrt proportional zum Veresterungsgrad. Zusätzlich nimmt die räumliche Verteilung der Estergruppen im Molekül auf das Gelbildungsvermögen Einfluss. Je nach verwendetem Rohstoff, Art der Gewinnung und Reaktionsbedingungen können die Endprodukte in ihrem chemischen Aufbau und Eigenschaften variieren.

Hochveresterte Pektine gelieren generell schneller als niedrigveresterte, benötigen aber mit zunehmenden Veresterungsgrad eine höhere Zuckerkonzentration für die Gelbildung. Niedrigveresterte Pektine gelieren bei einer relativ niedrigen Zuckerkonzentration, dies jedoch nur bei niedrigen pH-Werten und/oder in Anwesenheit von Calciumionen (BELITZ et al., 2008).

Die Stabilisierung, Verdickung und Gelierung von Lebensmitteln ist ein wesentlicher Punkt in der Nährstoffindustrie, sodass Pektin als Gelbildner breite Anwendung findet. Durch sein Gelbildungsvermögen wird es vor allem in Konfitüren oder Gelees verarbeitet. In Joghurts, angesäuerten Milchgetränken und Eiscremes wird es zur Stabilisierung eingesetzt. Bei Erzeugnissen mit geringem Zuckergehalt werden niedrigveresterte Pektine gemeinsam mit Calciumionen verwendet (BELITZ et al., 2008).

2.7.3.2 Gelatine

Die in der Lebensmittelindustrie verwendete Gelatine wird als Biopolymer aus nativem Kollagen gewonnen. Kollagene gehören zu den Skleroproteinen, welche den Großteil an Protein im Bindegewebe von Säugetieren ausmachen. Drei Polypeptidketten sind zu einer Tripelhelix ineinander gewunden, welche für die mechanische Stabilität verantwortlich ist (SCHOTT, 2001). Die industrielle Herstellung von Gelatine erfolgt aus kollagenreichen Rohstoffen wie Schweineschwarten, Rinderspalthäute oder frischen Knochen. Die Knochen werden entfettet und mit Salzsäure entmineralisiert. Um die Quervernetzung des Kollagens zu lösen, müssen die Knochen und die Rinderspalthäute für sechs Monate in eine Calciumhydroxidlösung eingelegt werden. Bei Schweineschwarten ist die Aufbewahrung in Salzsäure für 24 h bereits ausreichend, damit der gewünschte Effekt eintritt. Anschließend erfolgt die stufenweise Extraktion der Gelatine mit Trinkwasser steigender Temperatur. Die Lösung wird schließlich noch gereinigt, eingedickt, getrocknet und gemahlen. Zur Bleichung des Erzeugnisses und zur Reduktion der Keimzahl, die unter 10.000 KbE/g liegen soll, ist die Verwendung von Schwefeldioxid als Konservierungsmittel zulässig. Die in Gelatine vorherrschenden Aminosäuren sind Glycin (27 %), Prolin (16 %), Hydroxyprolin (13,8 %), Glutaminsäure (11,4 %) und Alanin (11 %) (BALTES und MATISSEK, 2011). Die Hauptbestandteile sind reines Bindegewebseiweiß,

Wasser und geringe Mengen an Mineralsalzen. Je nach verwendetem Rohstoff, Vorbehandlung und Hydrolysegrad werden unterschiedliche Arten von Gelatine mit verschiedenen Eigenschaften gewonnen. Die vielfältige Anwendung von Gelatine in der Lebensmittelindustrie wird dadurch erklärt, dass sie neben günstigen technologischen Eigenschaften auch eine essentielle Proteinquelle für den menschlichen Organismus darstellt. Gelatinhaltige Lebensmittel versorgen den Körper mit essentiellen Aminosäuren, die für die Synthese des Kollagens benötigt werden. Typische Mangelerscheinungen sind brüchige Nägel, dünne Haare und Gelenksbeschwerden (SCHOTT, 2001).

Entsprechend der Primärstruktur, der räumlichen Anordnung der Moleküle, des pH-Wertes, der Ionenstärke und intermolekularer Wechselwirkungen ergibt sich ein unterschiedliches Verhalten in den chemischen und physikalischen Eigenschaften. Daraus ergeben sich folgende für die Lebensmittelindustrie nützliche Funktionen (SCHOTT, 2001):

- Gelbildung
- Verdickungsmittel
- Emulgator
- Schaumbildner
- Stabilisator
- Filmbildner

Eine der wichtigsten Qualitätsmerkmale von Gelatine ist es, thermoreversible Gele zu bilden. In kalten Flüssigkeiten kommt es zur Quellung, indem das fünf- bis zehnfache Volumen an Wasser absorbiert wird. Bei Temperaturen um die 50 – 60 °C geht sie in Lösung und erstarrt bei Abkühlung wieder. Die temperaturabhängige Sol-/Gelbildung ist reversibel und kann einige Male wiederholt werden. Die Gelierkraft von Gelatine wird durch den sogenannten Bloomwert angegeben, der die Festigkeit eines standardisierten Gels unter definierten Bedingungen beschreibt. Bei handelsüblicher Gelatine liegt dieser üblicherweise zwischen 80 und 300 g. Der Bloomwert von Gelatinhydrolysaten beträgt 0 g, sie besitzen keine Gelierkraft und sind wasserlöslich. Sie sind geruch- und geschmacklos, besitzen ähnlich günstige Eigenschaften wie Gelatine und werden häufig in Nahrungsergänzungsmitteln und kalorienreduzierten Lebensmitteln eingesetzt (SCHOTT, 2001).

Wie bereits beschrieben, ist die Verwendung eines Bindemittels bei der Herstellung von Müsliriegel unumgänglich. Da diese Bindemittelkompositionen meist hohe Zucker- oder Fettgehalte aufzeigen, liegt es nahe, Gelatinehydrolysate einzusetzen, um Zucker und Fett zu senken. Durch die Verwendung des alternativen Bindemittels kann laut SCHOTT (2001) der Anteil an Trockenstoffen auf ca. 70 % angehoben und der Zuckeranteil entsprechend gesenkt werden. Der Austausch von Zucker durch Gelatinehydrolysat bietet Raum für neue, innovative Produktkreationen. Ein Ablösen der klassisch-süßen Müsliriegel durch ein breites Spektrum an würzig–pikanten Müsliriegeln mit breit gefächerten Geschmackskompositionen ist denkbar.

Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die Rohstoffe mit Gelatinehydrolysat anzureichern, um den Proteingehalt der Müsliriegel zu steigern. Folglich enthält ein Müsliriegel mit einem Nettogewicht von 50 g rund 10 g Gelatinehydrolysat, wodurch die empfohlene Tagesdosis zur Erhaltung der Gelenks- und Knochengesundheit gedeckt werden kann (SCHOTT, 2001).

DEHNE und HOFFMANN (1988) beschreiben ein Bindemittelsystem mit dem Markennamen Molinon® Instant B, welches ernährungsphysiologische Vorteile und verfahrenstechnische Vereinfachungen mit sich bringt. Dabei werden in einem speziellen Verfahren sehr gut löslicher, sprühgetrockneter Sorbit-Instant, fein gepulverte Fruktose und ein geeignetes Gelatinehydrolysat agglomeriert. Das Ergebnis zeigt eine auffallend gute Löslichkeit der Komponenten, sodass bereits die Zugabe von 15 – 20 % Wasser (bezogen auf die Bindemittelmenge) mit anschließender Erwärmung auf 75 °C ausreicht, um eine einheitliche, sirupähnliche Bindemittelmasse zu erhalten. Demnach ist das Aufkonzentrieren der Bindemittelmasse und/oder ein Nachtrocknen der Riegel nicht erforderlich, was wiederum Energie, Zeit und apparativem Aufwand spart. Die Menge an erforderlichem Bindemittel hängt sehr stark von den verwendeten Rohstoffen ab. Bei harten Riegeln oder Riegelmassen, die einen hohen Fruchtanteil oder weiches Getreide (z.B. Haferflocken) beinhalten, sind bereits 15 % an Bindemittel ausreichend. Rund 30 % Bindemittelmasse sind bei Rezepturen erforderlich, die überwiegend aus Wasser absorbierenden, harten Zutaten bestehen.

Ein weiterer Vorteil ist, dass diese Masse nur in einem Ansatz zubereitet wird (All-in-Verfahren), was je nach Wärmeübertragungsverhältnissen rund 20 – 30 min

in Anspruch nimmt. Ein separates Ansetzen, Dosieren, Lösen, Temperieren und Aufkonzentrieren einzelner Bestandteile entfallen daher und verringern den Reinigungsaufwand von Behältern und Apparaturen. Weiters kann das Risiko von Fehldosierungen und Lebensmittelkontaminationen durch das All-in-Verfahren auf ein Minimum reduziert werden (DEHNE et al., 1989).

Nachdem die fertige Bindemittelmasse mit den Müsli-Trockenstoffen vermengt wurde, ergeben sich gute Laufeigenschaften auf der Riegelanlage. Wegen der kurzen Abbindezeit ist der Riegelteppich nach Durchlaufen der Riegelanlage schnittfähig. Die Kühlung im Kühltunnel ist bei bestimmten Rezepturen nicht erforderlich. Neben einer Reihe technologischer Stärken, bringt Molinon® Instant B auch aus ernährungsphysiologischer Sicht einige Vorzüge: Aufgrund der reduzierten Menge an Bindemittel von durchschnittlich 50 auf 15 – 30 %, kann gleichzeitig der Kaloriengehalt gesenkt werden. Folglich kann der Gehalt an wertvollen Ballaststoffen und damit der qualitative Nährwert des Riegels angehoben werden. Durch die Senkung des Bindemittelanteils können neue Ingredienzien verwendet und ungewöhnliche Produktvariationen geschaffen werden. Die Geschmacksneutralität von Molinon® Instant B kommt dieser Entwicklung entgegen. Wegen dem Einsatz von Gelatinehydrolysat wird der bislang verwendete Zucker durch Eiweiß ersetzt, welches eine wichtige Proteinquelle darstellt. Auch auf die Verwendung von Fetten kann gewöhnlich verzichtet werden. Da Sorbit und Gelatine keine kariogenen Eigenschaften besitzen, wird auch von „zahnfreundlichen Riegeln“ gesprochen, was vor allem aus zahnmedizinischer Sicht bedeutsam ist. Die Riegel sind überdies als Diät-Riegel für Diabetiker geeignet (DEHNE und HOFFMANN, 1988).

Das Bindemittel Molinon® Instant B ist laut schriftlicher Auskunft von Frau Antje Kracker (2012), Rechtsanwältin der Firma Merck, inzwischen nicht mehr auf dem Markt. Gründe hierfür wurden keine genannt. Auf Gelatinehydrolysat basierende Erzeugnisse sind jedoch bei namhaften Gelatine-Herstellern weiterhin erhältlich.

2.7.3.3 Stärke

Als Reservekohlenhydrat ist Stärke in Pflanzen, hier vor allem in Knollen und Gräsern weit verbreitet. Es wird aus α-D-Glucose-Bausteinen aufgebaut, die über glycosidische Bindungen miteinander verbunden sind. Sind die Glucoseeinheiten

über α-1,4-glycosidische Bindungen verknüpft, so ergibt sich eine lineare Kettenstruktur, welche als Amylose bezeichnet wird. Die Kette ist schraubenförmig zu einer Helix verdrillt, wobei eine Windung durchschnittlich aus sechs bis sieben Glucoseeinheiten besteht. Die Konformation der Amylose ermöglicht die Einlagerung von Iodmolekülen und die Bildung einer blauen Farbe (Iod-Stärke-Reaktion), wenn das Molekül aus mehr als 50 Glucoseeinheiten besteht. Durch Lösung in heißem Wasser können Gele gebildet werden, welche jedoch in Abhängigkeit von der Temperatur wieder in den kristallinen Zustand übergehen können (Retrogradation). Durch zusätzliche α-1,6-glycosidische Bindungen an jedem 25. Monomer entstehen Verzweigungen, welche für das Amylopektin charakteristisch sind. Amylopektin beginnt bei Temperaturen über 60 °C zu quellen, geht jedoch nicht in Lösung. Die Tendenz zur Retrogradation ist bei Amylopektin weniger ausgeprägt als bei Amylose. Bei Zugabe einer Kaliumiodid-Lösung ist hier eine Rotfärbung zu beobachten (BALTES und MATISSEK, 2011).

99 % der weltweit erzeugten Stärke wird aus Mais, Weizen, Maniok und Kartoffeln gewonnen. Bei Rohstoffen, bei denen die Stärkekörner frei in der Zelle vorliegen, gestaltet sich die Isolierung relativ einfach. Der Rohstoff wird zerkleinert, und die Stärke mit Wasser ausgewaschen. Diese setzt sich dann aus der Stärkemilch ab und wird getrocknet. Bei Getreide ist die Stärke in einer Proteinmatrix im Endosperm eingeschlossen, was mit einem höheren Extraktionsaufwand verbunden ist. Stärke wird als Verdickungs- und Bindemittel vor allem in Backwaren, Soßen, Puddings und Suppen eingesetzt. Ein zusätzliches Potential für die Verwendung von Stärke in der Lebensmittelindustrie bieten sogenannte Modifizierte Stärken. Wie der Name vermuten lässt, handelt es sich hierbei um Stärke und seine Fraktionen, die durch chemische oder physikalische Abänderungen zu Produkten mit optimierten Eigenschaften modifiziert werden können. BELITZ et al. (2008) nehmen bei der Beschreibung Modifizierter Stärken eine Gliederung nach dem angewendetem Verfahren vor und definieren folgende Kategorien:

- Mechanisch beschädigte Stärke
- Extrudierte Stärke
- Dextrine
- Quellstärke
- Dünnkochende Stärke

- Stärkeether
- Vernetzte Stärke
- Oxidierte Stärke

Ein weiterer Aspekt der Verwendung von Stärke in der Lebensmittelindustrie ist der Einsatz in funktionellen Lebensmitteln als Resistente Stärke. Darunter wird jene Stärke und deren Abbauprodukte verstanden, die im Dünndarm nicht absorbiert werden, aber von den Bakterien des Dickdarms sehr wohl metabolisiert werden können. Dabei werden organische Säuren gebildet, die begünstigend auf das Zellwachstum des Darmepithels wirken. Insgesamt wird den Resistenten Stärken eine gesundheitsfördernde Wirkung nachgesagt. Die Einteilung Resistenter Stärken erfolgt in vier Klassen (BELITZ et al., 2008):

- Klasse I: in Zellen eingeschlossene Stärke (z.B. in Getreide)
- Klasse II: native Stärkegranula (z.B. in Bananen)
- Klasse III: durch Retrogradation gebildete Stärkefraktionen (z.B. in Brot)
- Klasse IV: modifizierte Stärke (z.B. durch Maillard-Reaktion)

2.7.3.4 Gummi arabicum

Gummi arabicum ist der getrocknete Pflanzensaft, auch als Exsudat bezeichnet, der aus tropischen Akazienarten der Familie *Leguminosae,* z.B. *Acacia senegal* gewonnen wird. Durch Anschneiden der Baumrinde tritt der Pflanzensaft an die Oberfläche, wo er erstarrt und gesammelt werden kann. Das Endprodukt ist ein gelblich-braunes Pulver (HOFFMANN et al., 2002).

Der Ertrag liegt durchschnittlich zwischen 900 und 2.000 g pro Baum und Jahr. Federführend in der Produktion von Gummi arabicum ist mit 60.000 t/a der Sudan, gefolgt von einigen anderen afrikanischen Staaten. Es ist ein Gemisch mehrerer Polysaccharide, wobei die Hauptkette aus β-1,3-glycosidisch gebundenen Galactopyranosylresten gebildet wird, die an Position 6 häufig Seitenketten trägt. Je nach Spezies variieren die Anteile an L-Arabinose, L-Rhamnose, D-Galactose und D-Glucuronsäure. Gummi arabicum zeigt eine sehr gute Wasserlöslichkeit, sodass Lösungen mit Konzentrationen bis zu 50 % hergestellt werden können. Bei Betrachtung der Viskosität in Abhängigkeit von der Konzentration fällt auf, dass die Viskosität erst bei hohen Konzentrationen sehr stark zunimmt. Im Vergleich zu

anderen Polysacchariden (Johannisbrotkernmehl, Guaran oder Carrageenan) ist dies eine Besonderheit, da diese bereits bei niedrigen Konzentrationen einen Viskositätsanstieg der Lösung bewirken. Zudem hat Gummi arabicum ausgeprägte emulgierende und filmbildende Eigenschaften. In der Lebensmitteltechnologie wird es vor allem als Verdickungsmittel, Emulgator oder Stabilisator zugesetzt. Es soll bei Süßwaren die Zuckerkristallisation und Fettabscheidung verhindern, in Eiscreme der Bildung von großen Eiskristallen entgegenwirken und bei Getränken den Schaum stabilisieren. Auch für die Herstellung von pulverförmigen Aromakonzentraten, den sogenannten „flavour fixatives“, wird das Polysaccharid verwendet. Hier werden ätherische Öle beispielsweise in einer Lösung bestehend aus Gummi arabicum emulgiert und nachfolgend sprühgetrocknet (BELITZ et al., 2008).

Gummi arabicum ist für diese Diplomarbeit von besonderem Interesse, da die Erfinder SCHUETTE und SHIRKE (2009) in einer US-amerikanischen Patentschrift ein Bindemittel auf Basis von Gummi arabicum beschreiben, welches speziell für pikante Müsliriegel entwickelt wurde. Diese Erfindung betrifft ein Bindemittelsystem mit einem niedrigen Zuckergehalt, welcher idealerweise unter 10 % liegt. Als Hauptbestandteile werden Fett, ein Hydrokolloid (vorzugsweise Gummi arabicum) und ein Nicht-Hydrokolloid (vorzugsweise Maissirup, Inulin, Maltodextrin oder eine Mischung daraus) genannt. Aus der Vielzahl einsetzbarer Hydrokolloide wird hier Gummi arabicum bevorzugt. Neben den bereits beschriebenen Eigenschaften ist es preisgünstig, zuckerfrei und für den Körper eine ideale Ballaststoffquelle.

Weitere häufig eingesetzte Bindemittel sind Johannesbrotkernmehl, Guarkernmehl, Agar, Carrageenan, Traganth, Xanthan, Cellulose und Eigelb, auf welche hier nicht näher eingegangen wird.

2.7.4 Zusatzstoffe

Gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 des europäischen Parlaments und Rates über Lebensmittelzusatzstoffe werden diese im Artikel 3 Ziffer 2 wie folgt definiert:

„[…] ein Stoff mit oder ohne Nährwert, der in der Regel weder selbst als Lebensmittel verzehrt noch als charakteristische Lebensmittelzutat verwendet wird

*und einem Lebensmittel aus technologischen Gründen bei der Herstellung, Verarbeitung, Zubereitung, Behandlung, Verpackung, Beförderung oder Lagerung zugesetzt wird, wodurch er selbst oder seine Nebenprodukte mittelbar oder unmittelbar zu einem Bestandteil des Lebensmittels werden oder werden können“ (*ANONYM J, 2008).

Die Zusatzstoffe werden im Anhang I dieser Verordnung in 26 Funktionsklassen gegliedert. Bei der Verwendung von Zusatzstoffen gilt das Verbotsprinzip, d.h. diese sind grundsätzlich verboten, außer sie sind ausdrücklich zur Verwendung in Lebensmitteln zugelassen. Voraussetzungen für ihre Zulassung sind, dass sie gesundheitlich unbedenklich, nicht irreführend und technologisch notwendig sind. Zugelassene Zusatzstoffe werden unter Angabe ihrer Verwendungsbedingungen in Positivlisten zusammengefasst. Den Einsatz und die Zulassung regelt das EG-Zusatzstoffpaket, welches mit Beginn 2009 in Kraft getreten ist und vier Verordnungen umfasst (KOßDORFF, 2011):

- Verordnung (EG) Nr. 1331/2008 über ein einheitliches Zulassungsverfahren
- Verordnung (EG) Nr. 1332/2008 über Lebensmittelenzyme
- Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 über Lebensmittelzusatzstoffe
- Verordnung (EG) Nr. 1334/2008 über Lebensmittelaromen

Bei Betrachtung der Zutatenangabe auf der Verpackung von Müsliriegeln, werden vor allem folgende Zusatzstoffe eingesetzt:

- Emulgatoren (z.B. Lecithin)
- Aromen (z.B. Vanillin)
- Farbstoffe (z.B. Carotinoide)
- Säuerungsmittel (z.B. Citronensäure)
- Feuchthaltemittel (z.B. Glycerin)
- Backtriebmittel (z.B. Natriumhydrogencarbonat)
- Geliermittel (z.B. Pektin)

Die Deklaration des verwendeten Zusatzstoffes kann durch Angabe der Funktionsklasse und E-Nummer oder durch die Funktionsklasse und dem Namen erfolgen.

2.8 Herstellung

Die Produktion von Müsliriegel mit unterschiedlicher Zusammensetzung führte zur Entwicklung verschiedener Herstellungsprozesse, vielfach unter Verwendung von Maschinen und Gerätschaften aus anderen Segmenten der Lebensmittelindustrie, besonders aus dem Süßwarenbereich (RIDDERBUSCH, 1985).

2.8.1 Verfahrensablauf

Es werden zunächst in produktschonender Weise die Trockenstoffe mit dem Bindemittelsystem vermengt. Diese Masse wird dann mit einer Walze oder einer vergleichbaren Einrichtung zu einem endlosen Teppich oder Strang der gewünschten Größe und Dichte geformt. Bei Bedarf kann hier nochmals nachegalisiert oder -geglättet werden. Nach der Ausformung erfolgt die Abkühlung, das Backen oder das Antrocknen des Masseteppichs. Längs- und Querschneidemaschinen schneiden diesen dann anschließend auf die gewünschte Produktgröße bzw. Produktform. Je nach Zusammensetzung kann hier auch ein Spreizen der Riegel in Längs- und Querrichtung erfolgen. Durch die Distanzierung wird einerseits ein Zusammenkleben verhindert, andererseits ein nachträglicher Überzug ermöglicht. Abschließend erfolgt die Verpackung der Produkte vorzugsweise in Dreier- oder Sechserkartons (ALTVATER und STARK, 1987). Überblicksweise ist der Prozess anhand eines Fließschemas in Abb.1 dargestellt.

2.8.2 Produktionsschritte

Die einzelnen Prozessschritte resultieren aus den Anforderungen der Rezeptur. Hier sind vor allem die Art der Bindemittelkomponenten, der verwendeten Cerealien und Fruchtbestandteile von Bedeutung. Die erforderlichen Aufbereitungssysteme hängen daher von den typischen Komponenten des Riegels ab (STARK, 1985).

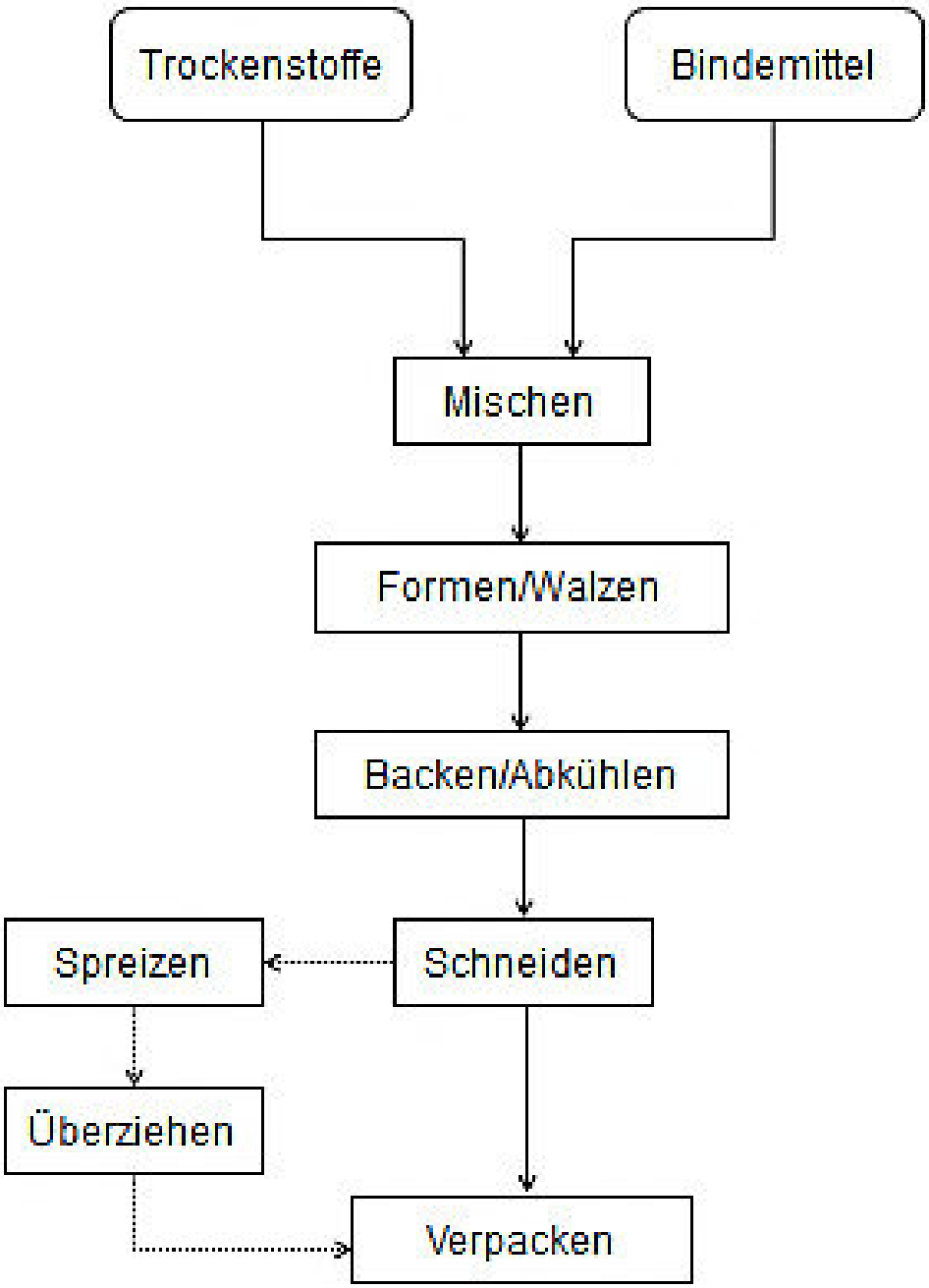

Abb. 1: Fließschema zur Herstellung von Müsliriegel

2.8.2.1 Massenaufbereitung

Zuckerbinder werden in Anlagen aufbereitet, wie sie für die Weich- und Hartkaramellherstellung bekannt sind. Der Zuckerbinder kann aus Kristallzucker, Wasser, Stärkesirup, Sorbit, Honig, Melasse, Invertzucker, sowie weiteren Zucker- und Siruparten hergestellt werden. Dafür eignet sich ein herkömmlicher Universalkocher, dem eine automatische Rohstoffdosierung vorgeschaltet werden

kann. Der Kochgrad für den sogenannten Soft- oder Chewy-Müsliriegel liegt in der Regel zwischen 105 bis 120 °C, woraus ein Restwassergehalt von ca. 8 bis 15 % resultiert. Im Vergleich dazu, liegt der Kochgrad bei den Hart-Granolatypen mit 135 °C entsprechend höher, woraus sich ein Gesamtwassergehalt von weniger als 8 % ergibt. Das weitere Vermischen der Zuckerlösung mit den Trockenstoffen muss produktschonend und äußerst gründlich erfolgen. Dabei kann die Mischungsanlage direkt über dem Trichter eines Glattwalzenformers installiert werden, sodass eine gleichmäßige Beschickung der Formanlage mit einer exakt temperierten und gründlich gemischten Masse gewährleistet wird. Beim Einsatz von Fettbindern werden ähnliche Anlagen zur Massenaufbereitung verwendet. Die Eigenart der Massenzusammensetzung und die Modifizierung von Strukturen verlangen eine individuell steuerbare Massenaufbereitung (ALTVATER und STARK, 1987).

2.8.2.2 Zuführ-, Dosier- und Mischprozess

Bei der Herstellung homogener Mischungen aus Schüttgutmischungen mit heterogenen Partikelgrößen, -gewichten und -dichten werden hohe Anforderungen an die verwendeten Zuführ-, Dosier- und Mischsysteme gestellt.

Die Anlieferung der Rohstoffe erfolgt in Säcken, Kartons oder Schachteln, welche zunächst in Vorbehälter entleert werden. Klebrige Güter (z.B. Rosinen, Cranberries) liegen häufig als zusammengepresste Ballen im Karton vor und müssen manuell vorzerkleinert werden. Anschließend werden die Rohstoffe einem ersten manuellen Aufschlussprozess unterzogen, welcher für die stetige Befüllung der Dosierwaagen verantwortlich ist. Hinsichtlich der Dosierung müssen folgende Faktoren berücksichtigt werden (KRUSE, 2003):

- Leichte Reinigung der Maschinenteile
- Häufiger Rezept- und Produktwechsel
- Verschiedene Fließeigenschaften
- Breite Verteilung der Schüttdichten
- Aufschluss, Vereinzelung und Dosierung klebriger Rohstoffe

Im Allgemeinen erfolgt die Zufuhr von den Dosierstationen zum Mischer über Bänder und bei begrenzter Platzverfügbarkeit über Becherwerke, deren Verwendung mit einem höheren Reinigungsaufwand verbunden ist. Bei einem Rezepturwechsel ist der Reinigungsaufwand möglichst gering zu halten, sodass eine ideale Anordnung der Dosierstationen auf dem Weg zum Mischer empfohlen wird (KRUSE, 2003). Die Mischung aller Komponenten kann chargenweise oder kontinuierlich erfolgen. Ob die jeweiligen Vor- und Nachteile des chargenweisen oder kontinuierlichen Mischprozesses den Anforderungen des eigenen Produktionsprozesses genügen, muss in einer Analyse des Verfahrensablaufes festgestellt werden. Die nach KRUSE (2003) in Tab.1 aufgelisteten Kriterien dienen als Leitfaden zur leichteren Entscheidungsfindung.

Tab. 1: Vergleich Chargen- und kontinuierlicher Mischprozess (KRUSE, 2003)

Kriterien	Chargenmischprozess	Kontinuierlicher Mischprozess
Anzahl der Komponenten	beliebig	2 – 10, mehr Komponenten möglichst in einer Vormischung zusammenfassen
Häufigkeit des Rezeptwechsels	mehrmals pro Stunde	mehrere Stunden unverändertes Rezept
Häufigkeit der Reinigung, Stillstand	mehrmals täglich	einmal pro Tag oder seltener
Produktionsleistung, Durchsatz	alle Leistungen, beachte jedoch Raumbedarf bei großen Leistungen	mehr als 100 kg/h, Ausnahme: Beschickung von Laborextrudern
Entmischungsgefahr mit verbundenem Qualitätsverlust	vorhanden, deshalb kurze Transportwege vorsehen, wenig Zwischenspeicher, Gestaltung des Mischer-auslaufes beachten	geringe Gefahr bei direkter Zuführung zur nächsten Prozessstufe oder Abfüllung
Raumbedarf	größerer Raumbedarf bei Leistungen über 5.000 kg/h, Zwischenspeicher notwendig	geringer Raumbedarf selbst bei großen Durchsätzen
Apparative Aufwendungen	einfachere Chargendosierung, hohe Anforderungen an den Mischer inkl. Auslaufverhalten	genaue kontinuierliche Dosierung (Dosierwaage notwendig), geringere Anforderungen an den Mischer

Weiters gibt KRUSE (2003) zu bedenken, dass die Gefahr der Entmischung bei einer kontinuierlichen Prozessfahrweise deutlich minimiert werden kann. Ingredienzien mit unterschiedlichen Schüttdichten und Fließeigenschaften neigen dazu, sich beim Auslauf aus einem Chargenmischer oder Mischernachbehälter zu entmischen. Dem könnte zwar durch apparativem Mehraufwand entgegengewirkt werden, was wiederum mit hohen Investitionskosten verbunden ist. Als Vorzüge des kontinuierlichen Mischers sind hier der Verzicht eines Mischernachbehälters und sein kleines Mischervolumen bei gleichem Durchsatz zu nennen. Verfahrensschritte, die dem Mischer vor- oder nachgestellt sind, werden ebenfalls kontinuierlich betrieben, sodass ein Übergang vom chargenweisen zum kontinuierlichen Betrieb, verbunden mit Zwischenspeichern, vermieden werden kann. Weiters garantiert ein kontinuierliches Mischsystem eine gleichbleibende Produktqualität, da Zulauf und Entleerung kontinuierlich erfolgen.

Der Mischvorgang soll produktschonend erfolgen, um eine Zerkleinerung der Cerealien zu vermeiden. Vor Zugabe des Bindemittels werden die Trockensubstanzen dem Mischer zugeführt, welcher doppelwandig und mit Warmwasser beheizbar sein soll. Schokolade-Chips werden erst unmittelbar vor dem Walzenformer beigemengt oder auf den bereits gewalzten Podukteppich verteilt und eingepresst. Während dieser Prozessschritte ist eine konstante Temperatur bedeutend, da diese die Dichte bzw. das spezifische Gewicht des Produktes wesentlich beeinflusst. Aus diesem Grund werden Systeme verwendet, bei denen die Müslimischung direkt vom Mischer über einen Zuführtrichter auf einen Walzenformer geleitet wird (RIDDERBUSCH, 1988).

2.8.2.3 Formen des Produktteppichs

- *Glattwalzensysteme*

Der von der deutschen Firma Sollich produzierte Walzenformer „Typ WEB“ (Abb. 2) wurde ursprünglich für das Formen gekochter Zuckermassen und speziell für hochgekochte Krokant- oder Brittle-Massen entwickelt. Die Anordnung zweier glatter Formwalzen bewirkt eine schonende, annähernd drucklose Formgebung der Riegelmasse entlang der ganzen Teppichbreite. Die Produktdicke lässt sich stufenlos regulieren, wobei die Struktur empfindlicher Zutaten (z.B. Crisp Rice)

nicht zerstört wird (RIDDERBUSCH, 1985). Durch die Temperierung der doppelwandigen Walzen kann das Produkt bereits während der Formgebung gekühlt oder erhitzt werden, sodass die anschließende Kühlzeit reduziert werden kann. Während des Formens werden meist weiche Riegel gekühlt und harte Riegel erwärmt. Nach Betriebsschluss entleert sich die Maschine selbstständig, Produktverluste zu Beginn oder am Ende der Produktion treten nicht auf. Sämtliche Bauteile, die mit dem Produkt in Kontakt kommen, bestehen aus nichtrostendem Material (RIDDERBUSCH, 1985).

Die Festlegung der gewünschten Produkthöhe und Produktdichte erfolgt durch eine spezielle Andruckwalze. Diese verfügt über einen Doppelmantel zum Kühlen oder Heizen, einen stufenlos regelbaren Antrieb und eine exakte Höhenverstellung. Im Anschluss an das Kalibriersystem kann für eine zweite Produktschicht noch ein weiterer Walzenformer in Serie geschalten werden, wobei diese Produkte einen zusätzlichen Schokoladeüberzug erfordern (RIDDERBUSCH, 1988).

Abb. 2: Conbar® Walzenformer der Fa. Sollich (ANONYM K, 2012)

Eine Alternative ist das Glattwalzenformsystem „Typ GP“ der Firma Bepex-Hutt, dessen Arbeitsweise in Abb. 3 dargestellt ist. Sie wurde vor allem für Massen entwickelt, die leichte und stückige Bestandteile enthalten. Diese Anlage arbeitet drucklos, ein Pressdruck wird nicht erzeugt. Durch eine Schleppströmung wird die Masse schonend gewälzt, sodass die Produktstruktur gut erhalten bleibt. Falls erforderlich, können auch Formmassen, mit einem hohen Feststoffanteil von über 95 % T.S. verarbeitet werden. Sie ist für die Formgebung heißer und kalter Massen gleichermaßen geeignet. Während des Walzvorgangs kann das Produkt durch eine Kühl- und Heizeinrichtung thermisch kontrolliert und gegebenenfalls reguliert werden (STARK, 1985). Die Arbeitsbreite der drei Walzen liegt zwischen 100 und 1.300 mm (HOFFMANN et al., 2002).

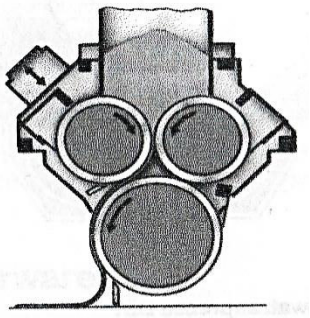

Abb. 3: Glattwalzenformer Typ GP (HOFFMANN et al., 2002)

- *Drehstabwalzensysteme*

Drehstabwalzenpressen, wie sie in Abb. 4 dargestellt sind, ermöglichen eine Strangformung der Produktmasse durch Variation der Düsenöffnung. So können unterschiedliche Querschnittprofile (Sechsecke, Rechtecke, Dreiecke, ovale, runde, halbrunde und U-förmige Profile) erzeugt werden. Die Produkte können einlagig, mehrlagig, gefüllt oder hohl ausgeführt werden. Die Stranganzahl wird durch den Abstand zwischen den Strängen und der Arbeitsbreite der Formpresse bestimmt. Auf einem Transportband werden die einzelnen Stränge ausgeformt und mit einem nachgeschalteten Schneidesystem auf die gewünschte Produktlänge geschnitten. Hier ist zu beachten, dass temperaturempfindliche Massen vor dem Schneiden in einem Kühlkanal abgekühlt werden müssen (ALTVATER und STARK, 1987).

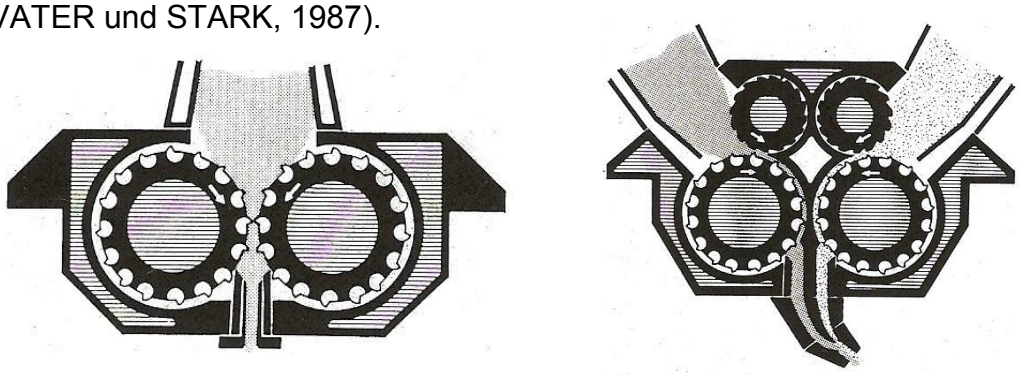

Abb. 4: Arbeitsschema einer Drehstabwalzenpresse der Type DP (li.) und der Type DDP (re.) nach ALTVATER, 1986

Ein weiteres Formpresssystem stellt die in Abb. 5 dargestellte Dreifach-Drehstab-Walzenpresse DP/3 dar. Sie ermöglicht nach HOFFMANN et al. (2002) folgende Ausformungen:

- Ein-, zwei- und dreifach gefüllte Stränge
- Ein-, zwei- und dreischichtige Produktteppiche
- Hohle, aber auch zwei- und dreischichtige Stränge

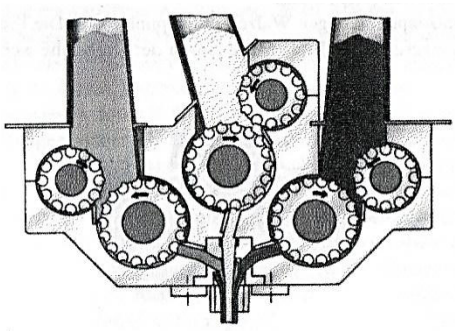

Abb. 5: Dreifach-Drehstab-Walzenpresse DP/3 (HOFFMANN et al., 2002)

Laut ALTVATER (1986) ist die Kombination beider Verfahren, also des Glattwalzen- und Drehstabwalzensystems, durchaus von Vorteil. Durch den Einsatz aller erdenklichen Produkt- und Massekombinationen können neben den

aus einer Masse bestehenden Müsliriegel auch zwei- und mehrschichtige Riegel produziert werden. Speziell weiche Massen, wie Fruchtpasten oder Weichkaramellmassen eignen sich als Haftgrund für das Bestreuen mit Nüssen oder Cerealien aller Art.

2.8.2.4 Kühlen oder Backen der ausgeformten Masse

Bei der Herstellung von weichen bzw. chewy-Müsliriegeln durchläuft der Produktteppich nach der Ausformung einen Kühltunnel, während harte Müsliriegel zuvor noch einem Backvorgang unterzogen werden (RIDDERBUSCH, 1985). Je nach Riegeldicke liegt die Kühlzeit für Weichriegel zwischen vier und acht Minuten (RIDDERBUSCH, 1988).

Durch die Abkühlung der Granolamassen in einem nachgeschalteten Kühlkanal wird eine geeignete Schnittkonsistenz erreicht. ALTVATER und STARK (1987) unterscheiden hier zwei Kühlkanalarten:

- Der Luftstrom wird quer zur Bandlaufrichtung mit kontrollierter Lufttrocknung und Bodenkontaktkühlung geführt (Querstrom).
- Der Luftstrom läuft gegen oder mit Bandlaufrichtung bei gleichzeitiger Bodenkontaktkühlung (Längsstrom).

Kontakt-Konvektions-Kühlkanäle, wie einer in Abb. 6 dargestellt ist, werden in der Produktion von Süßwarenriegel seit vielen Jahren erfolgreich eingesetzt. Für die Bodenkühlung wird Kaltwasser mit einer Temperatur von ca. 10 °C über Kühlplatten aus nicht rostendem Stahl geführt. Die Kühlung von oben erfolgt durch Konvektion, wobei die Luftgeschwindigkeit und -temperatur regulierbar sind. Im unteren Teil des Kühltunnels befinden sich die Kühlaggregate für Luft und Wasser.

Aus hygienischen Aspekten sollen alle Anlagenteile leicht zugänglich und aus nicht rostenden Werkstoffen bestehen (RIDDERBUSCH, 1988).

Abb. 6: Thermo–Flow Plus® Kühlkanal der Fa. Sollich (ANONYM K, 2012)

2.8.2.5 Schneiden der Riegel

Weiche mit Fett- oder Zuckerbinder produzierte Müsliriegel werden nach dem Abkühlen geschnitten. Gebackene Riegel können sowohl vor als auch nach dem Backen auf die gewünschte Produktgröße geschnitten werden (RIDDERBUSCH, 1985). Der endlose Masseteppich wird nach Passieren des Kühlsystems durch eine Schneidemaschine auf die gewünschte Produktgröße zugeschnitten. Dabei werden Schneidemaschinen unterschieden, die den Masseteppich entweder in Längs- oder Querrichtung zerteilen. Durch eine einfache Umrüstung der Schneidevorrichtung sind unter anderem auch quadratische, rechteckige oder dreieckige Schnittformen möglich. Für eine genaue Schnittführung muss die Schneidegeschwindigkeit in jedem Fall exakt mit der Bandgeschwindigkeit abgestimmt sein (STARK, 1985). Die Arbeitsgeschwindigkeit der Maschine und die Produktlänge, welche digital angezeigt wird, sind synchronisiert. Auf einer rotierenden Hackwalze wird das Produkt schließlich durch ein mechanisch oder pneumatisch betriebenes Hackmesser zerteilt, welches nach jedem Schnitt beidseitig mechanisch abgestreift wird. Spezielle Niederhaltwalzen sind dann für die korrekte Ausrichtung der Riegel verantwortlich. Von besonderer Bedeutung ist die richtige Führung des Masseteppichs bzw. einzelner Stränge durch die Längsschneidestation (Abb. 7), da hier Risse und Brüche im Produkt vermieden werden können. Der anfallende Kantenabschnitt wird über ein Transportband aus der Maschine befördert und wieder in den Mischer rückgeführt. Im Optimalfall kann durch eine ideale Führung die gesamte Breite zu Einzelsträngen geschnitten werden (RIDDERBUSCH, 1988). STARK (1985) betont besonders die Verwendung des richtigen Schneidesystems, speziell bei klebrigen Massen. Für einen störungsfreien Arbeitsablauf ist die Auswahl eines passenden Schneidesystems häufig noch wichtiger als die Bestimmung eines geeigneten Formsystems.

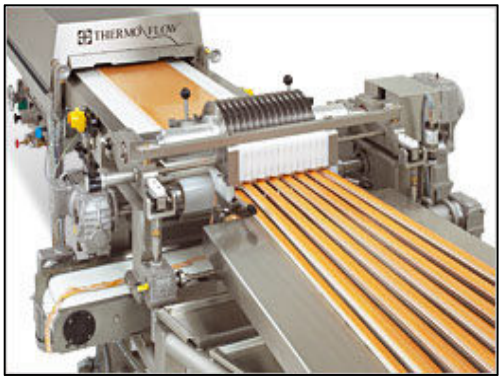

Abb. 7: Längsschneidemaschine der Fa. Sollich (ANONYM K, 2012)

2.8.2.6 Spreizen der Riegel

Nach dem Schneiden der Riegel gelangen diese in eine Spreizvorrichtung (Abb. 8), wo das Auffächern in die Breite erfolgt. Dies empfiehlt sich bei sehr klebrigen Massen und bei solchen, die noch mit einem Überzug veredelt werden sollen (RIDDERBUSCH, 1988).

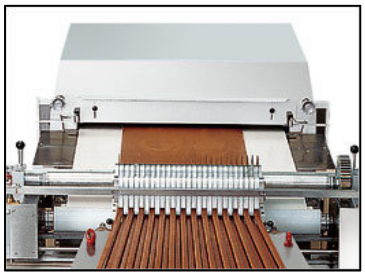

Abb. 8: Spreizanlage der Fa. Sollich (ANONYM K, 2012)

Dazu werden die Riegel auf einem Beschleunigungsband mittels Spreizriemen in Längsrichtung auseinander gezogen, bevor sie durch Quertransporte den Packmaschinen zugeführt werden. Jene Müsliriegel, die einen Schokoladeüberzug erhalten, werden auf einen überziehfähigen Abstand aufgespreizt. Dabei bleibt die Ausrichtung der einzelnen Riegelreihen erhalten, sodass der Transport zu den Packmaschinen reibungslos funktionieren kann (RIDDERBUSCH, 1985).

2.8.2.7 Überziehen der Riegel mit Schokolade

Der teilweise oder vollständige Überzug mit Schokolade ist ein häufig angewendeter Prozessschritt, der folgende Vorteile mit sich bringt: Die zusätzliche Geschmackskomponente wirkt sich positiv auf die potentielle Zielgruppe aus und ein Schokoladeüberzug bewirkt zudem eine Verlängerung der Produkthaltbarkeit. Aus technologischer Sicht stellt der Prozess jedoch hohe Anforderungen an die verwendete Überziehanlage (Abb. 9). Entscheidend ist die richtige Temperierung der Schokolade um ein gleichbleibendes Fließen zu gewährleisten. Dazu wird die etwa drei- bis fünffache Menge an temperierter Schokolade, bezogen auf den eigentlichen Verbrauch für den Überzug, der Maschine zugeführt. Die tatsächliche Menge ist von der Arbeitsbreite der Überziehmaschine und von der Art der Überzugsmasse (hell oder dunkel) abhängig und garantiert so ein gleichbleibendes Überzugsgewicht während der Produktion. Über eine

Abb. 9: Überziehanlage der Fa. Sollich (ANONYM K, 2012)

Rückförderpumpe wird die überschüssige Schokolade zurück in den Tank transportiert, wo sie nach Abtrennung von Fettkristallen über die Temperiermaschine wieder in die Überziehmaschine befördert wird. Im Zuge des Verfahrens werden unweigerlich kleine Stücke oder Krümel vom Riegel gelöst und gelangen so in die Überziehmaschine. Durch den kontinuierlichen Rückfluss der überschüssigen Schokolade werden die Feststoffe aus der Anlage ausgetragen und können über ein Schwingsieb (Abb. 10) abgetrennt werden.

Aufgrund ihrer porösen Struktur und ihrer unebenen Oberfläche ist die Umhüllung von Müsliriegel schwierig. Damit diese möglichst gleichmäßig und vor allem vollständig ist, wurde eine patentierte Schleierwalze entwickelt, mit der die Schokolade in die Poren einmassiert wird (RIDDERBUSCH, 1988).

Abb. 10: Schwingsieb zur Feststoffabtrennung, Fa. Sollich (ANONYM K, 2012)

2.8.2.8 Verpackung

Auf dem Weg vom Produzenten zum Verbraucher muss das Produkt transportiert und gelagert werden, wobei die Qualitätserhaltung des Lebensmittels an oberster Stelle steht. Dabei bietet die Verpackung Schutz vor mechanischer Beschädigung, vor Befall durch Insekten und Mikroorganismen, vor chemischen Verderb und vor dem Verlust wertvoller Inhaltsstoffe (PIRINGER, 1993). Aus wirtschaftlicher Sicht ermöglicht die Produktverpackung die Distributionsfähigkeit der Erzeugnisse, deren Kennzeichnung und eine Produktdifferenzierung und -identifizierung im Regal (WEIS, 1985).

Bei Verpackung der Riegel werden diese horizontal der Abpackstation zugeführt. Aus dem Hüllstoff wird über Formteile ein Schlauch gebildet, in welchem der Riegel mechanisch eingeschoben wird, bis eine querliegende Naht den Vorschub begrenzt. Je nach Maschinentyp können so bis zu 600 Riegel pro Minute verpackt werden. Verpackungen, die mittels thermoplastischer Stoffe verschlossen werden, benötigen Öffnungshilfen wie Einreißkerben oder Aufreißbändchen. Letztgenannte verlangsamen jedoch den Abpackprozess und sind mit hohen Kosten verbunden. Aufgrund ihrer guten Barrierewirkung und hohen Durchstoßfestigkeit finden vor allem Verbundpackstoffe aus Papier,

Kunststoff oder Aluminium Verwendung. Die Wasserdampfdichtigkeit gilt als eine der wichtigsten Packstoffeigenschaften, wobei die Barriereeigenschaft des Packstoffes immer mit den Anforderungen des Inhaltes abgestimmt werden muss. Bei der richtigen Verpackung eines Müsliriegels muss darauf geachtet werden, dass die Gleichgewichtsfeuchtigkeit aller Inhaltsstoffe erhalten bleibt. So muss ein harter Riegel vor Wasserdampfaufnahme und ein weicher Riegel vor dem Austrocknen geschützt werden. Für die Erhaltung des Aromas ist außerdem eine entsprechende Undurchlässigkeit der Verpackung erforderlich. Abgesehen von der sehr dichten Aluminiumfolie können nicht alle Kunststoffe als Aromabarrieren fungieren. Die Opazität des Packmaterials ist weiters von Bedeutung, da ein Lichtzutritt bei fetthaltigen Riegeln eine Fettoxidation induzieren kann. Dies hängt einerseits vom Anteil an freien Fetten ab, andererseits nehmen die Lagerbedingungen im Einzelhandel einen Einfluss darauf. Bei der Verpackung von Müsliriegel muss zusätzlich die Zerbrechlichkeit berücksichtigt werden. Dieser Herausforderung kann durch eine Umverpackung aus Hartpapier oder Karton begegnet werden. In einem Umkarton verpackte Ware zeigt an der Außenseite der Riegelverpackung eine Bedruckung, welche häufig überlackiert wird, um einen Abrieb auf schnell laufenden Abpackmaschinen zu verhindern. Eine zusätzliche Lackierung mit einem Zwei-Komponenten-Lacksystem soll die Leuchtkraft der Farben erhöhen (STEHLE, 1991).

2.8.3 Anlagen

Für die Produktion von Müsliriegeln sind Wissen und langjährige Erfahrung unerlässlich. STARK (1985) empfiehlt daher für die Entwicklung des Produktionsprozesses die Zusammenarbeit mit einem Spezialistenteam als günstigste Lösung. Dieses liefert konzentriertes Wissen und Kenntnisse über die Zusammenhänge unterschiedlichster Einflüsse auf die Produkte. In Kooperation kann so eine Anlagenkonzeption erstellt werden, die die Anforderungen eines individuellen Prozesses bestmöglich erfüllt.

Ausgehend von den USA entwickeln sich in diesem Segment ständig neue Produktkreationen innerhalb kürzester Zeit. Aufgrund der Schnelllebigkeit der Produkte sind Hersteller dazu gezwungen, rasch auf die Trends zu reagieren um so einen profitablen Anteil für sich gewinnen zu können. Die Flexibilität in der

Herstellung neuer Produkte ist jedoch an die Einsatzmöglichkeiten der Maschinen gebunden. Hier ist eine Tendenz weg von Einzweckmaschinen hin zu Maschinenkombinationen zu beobachten, welche schnell und kostengünstig auf neue Produktvariationen umgestellt werden können. Daraus ergibt sich eine große Nachfrage nach universell einsetzbaren Dosier-, Misch-, Form-, Kühl-, Back-, und Schneideanlagen. Die Anlagen sind sich relativ ähnlich, große Unterschiede ergeben sich in der Form- und Gewichtsgenauigkeit, dem Masseverschnitt bzw. -bruch, sowie in der Fertigung charakteristischer Produktstrukturen. Letztgenannte sind vor allem für den Geschmack und die Haltbarkeit der Produkte bedeutsam (ALTVATER und STARK, 1987). Zu den Hauptlieferanten von Cerealienriegel-Anlagen zählen die Firmen Bepex-Hutt, Sollich und Werner Lehara (ALTVATER, 1986).

RIDDERBUSCH (1985) stellt in seiner Publikation folgende Anforderungen an die Ausführung einer Granola-Anlage, um eine störungsfreie Produktion zu gewährleisten:

- Die Konstruktion der Anlage muss eine leichte Reinigung aller mit dem Lebensmittel in Berührung kommende Teile ermöglichen.
- Sämtliche Anlagenteile sollten aus lebensmittelgerechten Werkstoffen, wie z.B. Edelstahl oder zulässigen Kunststoffen bestehen.
- Einfache Umstellung der Produktlänge bzw. -dicke, ohne dass Anlagenteile gewechselt werden müssen.
- Leichter Produktwechsel, ohne dass die Anlage angehalten oder zeitintensiv gereinigt werden muss. Der Wechsel sollte ohne Masseverluste und Vermischung der Massen möglich sein.
- Gewährleistung gleichmäßiger Stückgewichte und Riegelabmessungen bei kontinuierlicher Beschickung der Riegelanlage.

3 Aufgabenstellung

- Ziel dieser Diplomarbeit war die Entwicklung eines pikanten Müsliriegels. Die Hauptaufgabe bestand darin, ein geeignetes Bindemittelsystem zu schaffen, das möglichst geschmacksneutral war und über eine hohe Bindekraft verfügen sollte.

- Die entwickelten Produkte wurden physikalischen und sensorischen Untersuchungen unterzogen, um jeweils ihre Eigenschaften, sowie deren Akzeptanz beim potentiellen Kundenkreis zu testen.

4 Material und Methoden

4.1 Rohstoffe

4.1.1 Trockenstoffe

- Bezeichnung: Flocken Basis Müsli
  Hersteller: Vita+ Naturprodukte AG
  Sportplatzweg 7
  A-6336 Langkampfen
  Chargennr.: LOT.2022835121
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Extrudate aus Buchweizen, Weizen und Weizen-Gerste
  Hersteller: Institut für Lebensmitteltechnologie, BOKU Wien
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Quinoa, Korn
  Hersteller: Caj. Strobl Naturmühle GesmbH
  A-4030 Ebelsberg
  Chargennr.: AT-BIO-301
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Sesam, geschält
  Verpacker: VOG AG
  Bäckermühlweg 44
  A-4030 Linz
  Chargennr.: L11333V417
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Sonnenblumenkerne, geschält
  Verpacker: VOG AG
  Bäckermühlweg 44
  A-4030 Linz
  Ursprungsland: Bulgarien

Chargennr.: L12207V006
Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Leinsaat, Natürlich Gold Pack
  Verpacker: VOG AG
  Bäckermühlweg 44
  A-4030 Linz
  Ursprungsland: Ukraine
  Chargennr.: L12062V515
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Leinsamen, geschrotet
  Hersteller: MARAP HandelsgesmbH.
  A-1020 Wien
  Chargennr.: 30275/08/08
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Haferflocken, extrazart
  Hersteller: H. & J. Brüggen KG
  Gertrudenstraße 15
  D-23568 Lübeck
  Lagerung: 4 °C

4.1.2 Bindemittelzutaten

- Bezeichnung: Gelatinepulver
  Hersteller: Anna Gold Handels GmbH
  Warneckerstraße 11
  A-1110 Wien
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Gelatinehydrolysat ASF/A
  Hersteller: Rousselot
  Avenue de l´Arche

F-92419 Courbevoie Cedex
Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Trockeneiweiß-Bodenhaltung
  Hersteller: Diamant Nahrungsmittel GesmbH & Co KG
  Maria-Theresia-Straße 41
  A-4600 Wels
  Art.nr.: 101788
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Eier aus Bodenhaltung
  Hersteller: Gnaser Frischei-Produktions Ges.m.b.H
  Burgfried 124
  A-8342 Gnas
  Chargennr.: AT60403
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Konditoreiweiß
  Hersteller: Eipro-Vermarktung GmbH&CO. KG
  Gewerbering 24
  D-49393 Lohne
  Chargennr.: L8887
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Agar-Agar
  Bezugsquelle: KuK Austria GmbH
  Auleiten 4
  A-4910 Ried
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Gummi arabicum
  Hersteller: Symrise Vertriebs GmbH
  Heiligenstädterstraße 31/3/701
  A-1190 Wien

Art.nr.: 158294
Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Molinon Instant B
  Hersteller: E. Merck
  D-64271 Darmstadt
  Chargennr.: 1.11352.
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Glucosesirup
  Hersteller: Anna Gold Handels GmbH
  Warneckerstraße 11
  A-1110 Wien
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Maiskeimöl
  Hersteller: Osana
  A-4600 Wels
  Chargennr.: L210400916
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Palmkernfett
  Hersteller: Nobler & Thoerl GmbH
  D-21079 Hamburg
  Chargennr.: 944/887
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Sorbitol
  Hersteller: unbekannt, aus den Beständen des LMT-Technikums
  Chargennr.: 16656
  Lagerung: 20 °C

- Bezeichnung: Weiße Bohnen
  Hersteller: unbekannt, aus den Beständen des LMT-Technikums

Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: weißes Bohnenmehl
  Hersteller: unbekannt, aus den Beständen des LMT-Technikums
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Rote Linsen
  Hersteller: Yayla Agro Gida Sanayive Nakliyat A.S. Saray Mahallesi
  Fatih Sultan Mehmet Bulvan No.: 327
  Kazan/Ankara-Türkei
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Linsenmehl
  Importeur: TRS wholesale CO.LTD.
  Middlesex, England
  Chargennr.: 12/025
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Lupinenmehl
  Hersteller: Caj. Strobl Naturmühle GesmbH
  Marktmühlgasse 30
  A-4030 Linz Ebelsberg
  Chargennr.: 300810
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Weizenmehl, Type 700, unbehandelt
  Hersteller: Dirnedermühle
  A-4320 Perg
  Lagerung: 4 °C

4.1.3 Pikante Zutaten

- Bezeichnung: Tomaten, getrocknet
  Hersteller: Bayer. Pilze und Waldfrüchte

Uwe Niklas GmbH
D-93426 Roding-Neubäu
Ursprungsland.: Türkei
Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Tomatenkonzentrat
  Hersteller: Interfood AussenhandelsgesmbH
  Im alten Dorfe 25
  D-22359 Hamburg
  Chargennr.: PV7M054
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Basilikum, gerebelt
  Hersteller: Fa. Kotanyi
  A-2120 Wolkersdorf
  Ursprungsland.: Ägypten
  Chargennr.: L1102091513
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Knoblauch, granuliert
  Hersteller: Fa. Kotanyi
  A-2120 Wolkersdorf
  Ursprungsland.: China
  Chargennr.: L1103032238
  Lagerung: 4 °C

- Bezeichnung: Salz, jodiert
  Hersteller: Salinen Austria
  A-4820 Bad Ischl
  Lagerung: 20 °C

4.2 Geräte

- Feuchtebestimmung: (Waage) Sartorius thermo control Typ: YTC01L.

- Küchenmaschine: Alexanderwerk AG
  Kippdorfstraße 6-24
  D-42857 Remscheid
  Typ: UGM
  Maschinennr.: 037-26050

- Backofen: Fa. Manz
  Typ: 60/3W
  Baujahr: 2007

- Tischwaage: Fa. Sartorius
  D-Göttingen
  Typ: BP 1200
  Baujahr: 1997
  Maximalgewicht: 12 kg
  Ablesegenauigkeit: 0,1 g

- Induktionskochplatte: Westfalia Werkzeugcompany
  Industriestraße 1
  D-58093 Hagen
  Typ: Laser 2000
  Art.Nr.: 665034S/N315654

- Induktionskochtöpfe: Kelomat Elegance
  stainless steel, 18/10
  FT 20 Ø 3,1 L und FT 24 Ø 5,4 L

- Pürierstab: Fa. BRAUN, Minipimer 5, Hand Processor
  Frankfurterstr. 145

D-61476 Kronberg

- Mixer: Fa. FIF
  Globaltronics GmbH u. CO. KG
  Damstraße 19
  D-20095 Hamburg
  Modell GT-HM.0,5s, 230V~50Hz

- Lackierpistole: erba-air, Hochleistungs-Farbspritzpistole
  Ø Edelstahldüse: 1,5 mm

- Vakuumierer: Fa. Vama Maschinenbau GmbH
  Ahornweg 2
  D-87448 Waltenhofen
  Typ: VP530S
  Maschinennr.: 8990-0513
  Einstellungen: Vakuum: 80, Gas: 40

- Umlufttrockenschrank: Fa. Memmert + Co.KG
  Äußere Rittersbacher Straße 38
  D-91126 Schwabach
  Typ: UFE600
  Fabrikationsnr.: G607.0756

- Korbpresse

4.3 Physikalische und sensorische Methoden

Für die physikalischen Untersuchungen (a_w-Wert- und Texturmessung) wurden die Proben aus dem Versuchsplan (Kapitel 5.2) herangezogen. Die einzelnen Chargen (Ch1 – Ch11 bzw. Pr1 – Pr15) wurden immer am selben Tag produziert und analysiert. Parallel dazu wurde ein Lagertest durchgeführt, d.h. jeweils die Hälfte der produzierten Proben wurden in Riegelform geschnitten, mit Stickstoff begast, vakuum-verpackt und für zwei Wochen bei 4 °C gelagert. Nach der zweiwöchigen Lagerdauer wurden die Proben geöffnet und hinsichtlich ihrer Textur- und a_w-Wert-Änderung analysiert. Dadurch konnte eingeschätzt werden, wie stark sich die Riegel in ihrer Textur und in ihrer Empfindlichkeit gegenüber mikrobiellen Befall nach der Lagerzeit veränderten.

4.3.1 Texturmessung

Die Textur von Lebensmitteln umfasst sensorisch wahrnehmbare, mechanische und geometrische Eigenschaften des Produktes. Sie leistet, neben der Farbe und dem Flavor, einen wesentlichen Beitrag zur sensorischen Gesamtqualität des Lebensmittels (FIGURA, 2004). Werden die Geruchs-, Geschmacks- und Farbwahrnehmung ausgeklammert, so lautet die Begriffsdefinition nach ESCHER (1986): *„Textur ist …*

… alles was Zunge und Gaumen erfassen, außer Geruch und Geschmack

… alles was das Auge erfasst, außer Farbe

… alles was der Tastsinn erfasst

… alles was das Gehör erfasst.“

Methodenprinzip

Zur instrumentellen Untersuchung texturaler Eigenschaften von Lebensmitteln eignet sich der Texture Analyser von Stable Micro System. In Abhängigkeit des Lebensmittels und den zu untersuchenden Parametern bieten sich eine Vielzahl an kombinierbaren Vorrichtungen und Messwerkzeugen an, die die Simulation eines möglichst realitätsnahen Prüfvorgangs ermöglichen. Bei der Messung senkt sich der Arm, an welchem der gewünschte Aufsatz fixiert ist, mit der definierten

Vor-Geschwindigkeit ab und dringt in die Probe ein. Sobald die gemessene Kraft die Auslösekraft erreicht hat, werden die Daten über die Messsonde mit definierter Datenrate aufgezeichnet, mittels Software ausgewertet und anhand eines Kraft-Zeit- oder Kraft-Weg-Diagramms graphisch dargestellt. Mit Hilfe der Software können so die gewünschten Parameter berechnet und in ein Datenverarbeitungsprogramm exportiert werden.

Materialien und Geräte

- Texture Analyzer TA-XT 2i von Stable Micro System, UK-Surrey
- Software: Texture Expert Version 1.22_de
- Kraftmessdose (25 kg)
- Probentisch („Heavy Duty Platform“) mit geschlitzter Platte
- Blade Set HDP
- Kalibrationsgewicht (5 kg)
- Reinigungspinsel

Geräteeinstellungen

- Messe Kraft in Druckrichtung
- Einfacher Test
- Vor-Geschwindigkeit: 3 mm/s
- Test-Geschwindigkeit: 3 mm/s
- Rück-Geschwindigkeit: 10 mm/s
- Weg*: 20 mm bzw. 25 mm
- Kraft: 10 N
- Zeit: 120 s
- Auslösewert: 0,2 N
- Messdatenrate: 200 pps
- Messzelle: 25 kg

*Für den Eiweiß-Quinoa-Riegel wurde ein Weg von 20 mm, für den Gelatine-Riegel wurde ein Weg von 25 mm gewählt.

Durchführung

Nach Öffnung des Programms erfolgte zunächst die Kalibration der Kraft (5 kg) und der Sondenhöhe (25 mm). Anschließend mussten die Einstellungen (siehe oben) geladen und der Speicherort definiert werden. Die Probe (6 cm x 2 cm x 1 cm) wurde in Längsrichtung auf die Arbeitsplattform gelegt, exakt unter der Schneide ausgerichtet und von dieser durchtrennt. Dabei wurde die Kraft gemessen, die notwendig war, um den Riegel zu durchschneiden. Aus der gewonnenen Messkurve wurde der Parameter „F_{max}“ bestimmt, welcher Rückschlüsse auf die Textur und damit auf die Festigkeit des Riegels erlaubte. Durch den Einsatz der stumpfen Schneide als Prüfwerkzeug konnte so der Biss eines Backenzahns auf den Riegel imitiert werden.

Jede Probe der zwei Versuchspläne wurde zehn Mal gemessen und mittels Statgraphics Centurion® XVI statistisch ausgewertet.

4.3.2 a_w-Wert-Messung

Die Haltbarkeit von Lebensmitteln ist nicht vom Wassergehalt, sondern von der Wasseraktivität abhängig. Die Beziehung zwischen dem Wassergehalt und der Wasseraktivität wird durch die Sorptionsisotherme eines Lebensmittels dargestellt. Die Wasseraktivität ist nach Gl. 1 wie folgt definiert (BELITZ et al., 2008):

$$a_w = \frac{p}{p_0} = \frac{RGF}{100} \qquad \text{(Gl. 1)}$$

p = Wasserdampfpartialdruck im Lebensmittel bei der Temperatur T
p_0 = Sättigungsdampfdruck von reinem Wasser bei gegebener Temperatur
RGF = Relative Gleichgewichtsfeuchtigkeit bei gegebener Temperatur

Der a_w-Wert ist bei der Lagerung von Lebensmitteln an deren Qualitätsveränderung maßgeblich beteiligt. Die meisten Bakterienarten zeigen ein Wachstum bis zu einem a_w-Wert von 0,9, Hefen bis zu einem a_w-Wert von 0,87. Auch unter trockeneren Bedingungen ist ein Wachstum von Hefen, Schimmelpilzen und einigen Bakterienarten möglich (BERGMAIR et al., 2004).

Der Einfluss der Wasseraktivität auf qualitätsmindernde Prozesse bei Lebensmitteln ist in Abb. 11 dargestellt. Eine Abnahme der Wasseraktivität bremst zunächst das Wachstum von Mikroorganismen, in weiterer Folge enzymatisch-katalysierte Reaktionen und die nicht-enzymatische Bräunung. Umgekehrt verhält sich die Autoxidation der Lipide, deren Geschwindigkeit bei niedrigem a_w-Wert wieder zunimmt (BELITZ et al., 2008).

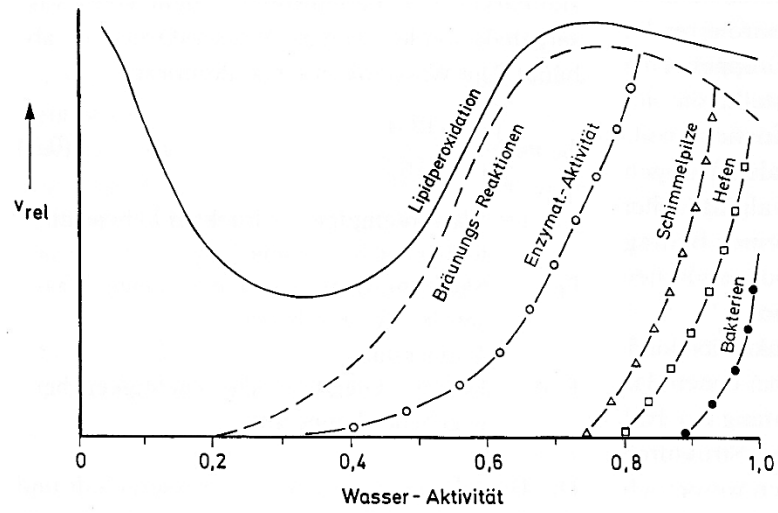

Abb. 11: Lagerstabilität von Lebensmitteln in Abhängigkeit von der Wasseraktivität (BELITZ et al., 2008)

Methodenprinzip

Die Standardmethode der Wasseraktivitätsmessung besteht darin, dass eine kleine Probenmenge des Lebensmittels in einer verschlossenen Probeschale gemessen wird. Dabei tauscht das Probengut so lange Feuchtigkeit mit der Luft in der Probeschale aus, bis die Relative Gleichgewichtsfeuchtigkeit erreicht ist. An diesem Punkt findet kein weiterer Feuchteaustausch des Produktes mit der umgebenden Luft mehr statt. Der Prozess des Feuchteaustausches und damit die Stabilität des Feuchte- und Temperatursignals werden durch einen Sensor permanent überwacht. Die Dauer der Messung hängt von der gewählten Betriebsart ab. Bei der Betriebsart „Standard A_w“ werden die Temperatur- und Feuchtesignale solange aufgezeichnet, bis die Probe die Gleichgewichtsfeuchte erreicht hat (nach ca. 40 - 60 min). Die Betriebsart „A_w Quick“ nutzt vorhandene Feuchtedaten, um mit Hilfe eines Algorithmus´ den Gleichgewichts-Endwert

innerhalb weniger Minuten zu projizieren. In Abb. 12 ist der Aufbau des Rotronic A_wVC-DIO Wasseraktivitätsfühlers schematisch dargestellt (ANONYM L, 2006).

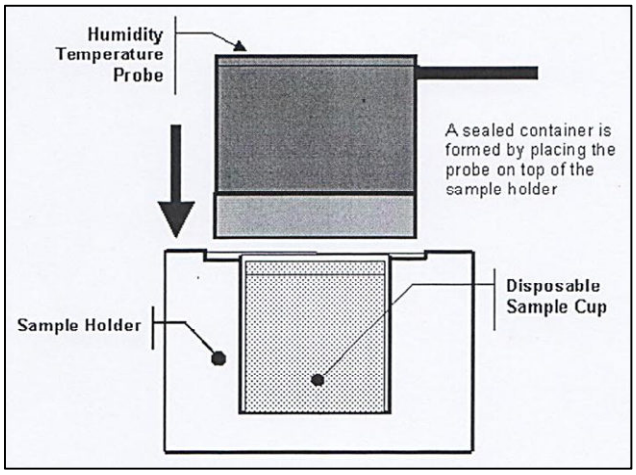

Abb. 12: Aufbau der Messzelle (ANONYM L, 2006)

Materialien und Geräte:

- a_w-Wert-Messgerät: Fa. Lufft, Kontrollhygrometer 5804
- a_w-Wert-Messgerät: Rotronic HW3 Hygrolab
  - Thermostat: Lauda Kühlthermostat RC6 mit Lauda Externregler R22 und Schieber
  - Messzellen: AW DIO Messfühler (2x)
  - Messdatenerfassungssystem: Intel Pentium 80 MB RAM, 1,6 GB
  - Software: HW3 Software+RS-Kabel
- Messgutbehältnisse: Kunststoffpetrischalen PS-40 (Ø 5,5 cm)
- Löffel und Pinzette

Durchführung

Aufgrund der starken Temperaturabhängigkeit des Sättigungsdampfdrucks mussten die Proben stets vor Messung auf Raumtemperatur gebracht werden. Für einen guten Feuchtigkeitsaustausch mit der Umgebungsluft musste die Probenoberfläche möglichst groß sein, sodass der Müsliriegel mit einem Löffel zerkleinert wurde. Der Thermostat wurde aktiviert, die Temperatur auf 20 °C justiert und das Programm HW 3 gestartet. Bei Klick auf das Symbolauge öffnete

sich das „Hygrodata Quick“-Fenster, wo der Speicherort und der Messmodus (A_w Quick) definiert werden konnte. Anschließend erfolgte die Beschickung der Probeschalen bis zu maximal einem Drittel des Bechers und deren Positionierung in den Messzellen. Durch den Befehl „Start“ wurden die Messung und damit die permanente Überwachung der Temperatur- und Feuchtesignale initialisiert. Nach rund fünf bis sieben Minuten stoppte die Messung automatisch und das Ergebnis wurde eingefroren. Die Bestimmung der Wasseraktivität erfolgte stets am selben Tag nach Produktion sowie nach zwei Wochen Lagerung. Jede Probe wurde in sechsfacher Wiederholung gemessen. Um einen Eindruck über den weiteren Verlauf des a_w-Wertes zu erhalten, wurde jeweils von den ersten vier Rezepturen der beiden Versuchspläne der a_w-Wert noch zusätzlich nach vier Wochen Lagerung bestimmt.

4.3.3 Beliebtheitstest

Die logische Konsequenz einer Produktentwicklung ist es, herauszufinden, wie das Produkt beim potentiellen Kunden ankommt und ob es Gefallen findet. Hier bietet sich als hedonisches Prüfverfahren die Beliebtheitsprüfung an, bei der die subjektive Wahrnehmung von Produkten durch ungeschulte Konsumenten ermittelt werden kann (DERNDORFER, 2012).

Methodenprinzip

Die Beliebtheit eines Produktes wird durch Befragung einer repräsentativen Stichprobe der Zielgruppe ermittelt. Nach Art der Beurteilung wird zwischen Akzeptanz- und Präferenztest unterschieden. Beim Akzeptanztest werden mehrere Akzeptanzen (Aussehen, Geruch, Geschmack, etc). oder einfach nur die Gesamtakzeptanz des Produktes erfragt. Der Präferenztest ermittelt die Präferenz für ein Produkt in Form eines Paarvergleichs (bei zwei Produkten) bzw. eines Rangordnungstests (bei mehr als zwei Produkten) (DERNDORFER, 2012).

Um die Beliebtheit der entwickelten Müsliriegel beim Konsumenten zu testen, werden Studenten und Mitarbeiter der Universität für Bodenkultur zur spontanen Verkostung eingeladen. Es werden ein Riegel mit Eiweiß/Quinoa und ein Riegel mit Gelatine als Binder verkostet. Dies sind jene Proben, die bei der Verkostung

im kleinen Kreis als Favoriten aus dem Versuchsplan hervorgegangen sind. Unter Berücksichtigung der guten Sensorikpraxis verkosten die Probanden die Proben und beurteilen diese intuitiv anhand einer Skala. Der Fragebogen beinhaltet Fragen, die sowohl für den Präferenztest als auch für den Akzeptanztest charakteristisch sind (siehe Anhang). Die gewonnenen Daten werden mit Excel ausgewertet und graphisch dargestellt, um vorhandene Präferenzen/Akzeptanzen aufzuzeigen.

Materialien und Geräte

- Sensorikkabinen
- Tabletts
- Pappteller
- Nummerncodes
- Fragebögen
- ein Glas Wasser pro Testperson (T~ 20°C)
- Schreibmaterial

Durchführung

Am Tag vor der Verkostung wurden rund 80 Proben produziert, vakuum-verpackt und im Kühlraum gelagert. Sie wurden auf Raumtemperatur gebracht, zugeschnitten, mit einer dreistelligen Zufallszahl versehen und auf den Tabletts platziert. Den Prüfpersonen wurde nach einer kurzen Einweisung das Tablett mit den zwei codierten Proben und ein Glas Wasser zur Geschmacksneutralisation gereicht. Im Anschluss bewerteten die Prüfpersonen die Proben entsprechend der Testanweisung. Sie gaben Auskunft, welches der beiden Produkte sie präferierten und wie sehr ihnen bestimmte Attribute der Produkte zusagten (siehe Fragebogen im Anhang). Für diese Bewertungen wurde die 9-Punkt-Hedonik-Skala verwendet (Tab. 2). Sie besteht aus neun Beliebtheitsfeldern, die sich in gleich viele positiven und negativen Urteilsmöglichkeiten, und in einem Neutralbereich in der Mitte untergliedert.

Tab. 2: 9-Punkt-Hedonik-Skala (ELLERT, 2006)

Beliebtheitswert		9-Punkt-Hedonik-Skala
9	Gefallenbereich	Gefällt außerordentlich
8		Gefällt sehr
7		Gefällt einigermaßen
6		Gefällt geringfügig
5	Neutralbereich	Weder gefällt noch missfällt
4	Missfallenbereich	Missfällt geringfügig
3		Missfällt einigermaßen
2		Missfällt sehr
1		Missfällt außerordentlich

4.4 Statistische Methoden

Sämtliche Auswertungen wurden mit Microsoft Excel 2012 und Statgraphics Centurion® XVI vorgenommen.

4.4.1.1 Ausreißeridentifizierung

Extrem hohe oder niedrige Werte innerhalb einer Messdatenreihe, von denen fraglich ist, ob sie unter den vorgegebenen Bedingungen möglich sind, dürfen unter gewissen Umständen vernachlässigt werden. Eine allgemeine Regel besagt, dass bei mindestens zehn Messdaten dann ein Wert als Ausreißer eliminiert werden darf, wenn er außerhalb des Bereiches $\bar{x} \pm 4s$ liegt, wobei Mittelwert und Standardabweichung ohne dem ausreißerverdächtigen Wert berechnet werden. Weiters darf er nur dann gestrichen werden, wenn wahrscheinlich ist, dass die vorliegenden Werte annähernd normalverteilt sind (SACHS, 1997).

Die Ausreißeridentifizierung erfolgte in dieser Arbeit mit dem Ausreißertest nach Grubbs. Bei diesem Test wird eine Prüfgröße berechnet, die den Abstand vom Mittelwert in Abhängigkeit von der Standardabweichung beschreibt (Gl. 2). Ist dieses Verhältnis größer als der jeweilige Vergleichswert aus der Tabelle für die Grubbs-Verteilung (in Abhängigkeit des Signifikanzniveaus und Stichprobenumfangs), so wird der Einzelwert als Ausreißer identifiziert und

eliminiert. Daraufhin werden neue Kennzahlen berechnet und der Test mit dem nächsten verdächtigen Messwert wiederholt (KANNING, 2012).

$$PG = \frac{|x_i - \bar{x}|}{s} \qquad \text{(Gl. 2)}$$

x_i = verdächtiger Wert

$\bar{x}$ = Mittelwert

s = Standardabweichung

Alle Messwerte dieser Arbeit wurden mit dem Grubbs-Test auf Ausreißer untersucht. Diese wurden als solche markiert und von den weiteren Auswertungen ausgeschlossen.

4.4.1.2 Box-Whisker-Plot

Zur Visualisierung von Daten werden häufig die von John Tukey entwickelten Box-Whisker-Plots (Abb. 13) verwendet. Auf einen Blick sind so Aussagen über Symmetrie, Schiefe, sowie Zahl und Lage extremer Beobachtungen möglich (SCHNELL, 1994).

Die Box erstreckt sich vom unteren bis zum oberen Quartil und repräsentiert die mittleren 50 % der Daten. Als Interquartilsabstand (IQR) wird der Abstand zwischen den Quartilen bezeichnet, welcher gleichzeitig der Breite der Box entspricht. Die vertikale Linie in der Box kennzeichnet den Stichproben-Median, welcher die Daten in zwei Hälften teilt. Entstammen die Daten einer symmetrischen Verteilung, so sollte die Gerade in der Mitte der Box liegen. Durch Mediankerben kann zusätzlich noch das Konfidenzintervall für den Median der Grundgesamtheit graphisch dargestellt werden. Neben dem Median wird noch der Mittelwert in Form eines Plus-Symbols innerhalb der Box dargestellt. Von den Quartilen zu den Extremwerten der Stichprobe erstrecken sich die sogenannten „Whisker“. Außerhalb der Box liegende Punkte werden in „milde“ und „extreme Ausreißer“ unterteilt. Erstere sind Datenpunkte, die mehr als den 1,5-fachen Quartilsabstand ober- oder unterhalb der Box liegen. Sie werden nicht als echte Ausreißer definiert. Extreme Ausreißer befinden sich mehr als den 3-fachen Quartilsabstand ober- oder unterhalb der Box und weisen auf „echte“ Ausreißer hin (ANONYM M, 2010).

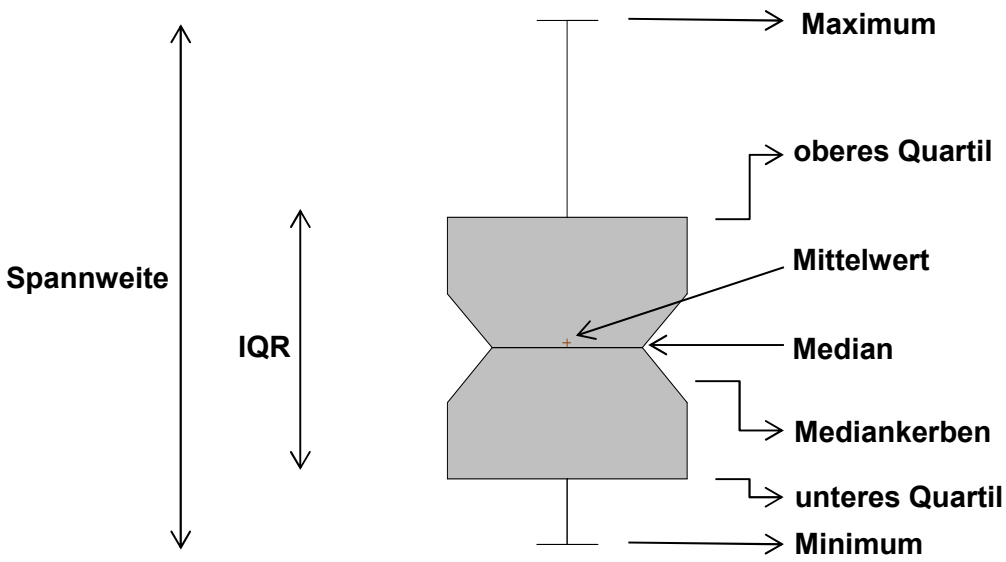

Abb. 13: Box-Whisker-Plot (SACHS, 1997)

4.4.1.3 Testen von Hypothesen

Die Überprüfung einer Hypothese über die Grundgesamtheit mit Hilfe einer Stichprobe wird als „Hypothesentest“ bezeichnet. Häufig ist es der Fall, dass auf Basis von Stichprobenergebnissen mit Hilfe von Hypothesen auf die Grundgesamtheit rückgeschlossen werden soll. Da Stichproben auf Teilinformationen basieren, ist es unmöglich mit Sicherheit festzustellen, ob die entsprechende Hypothese wahr oder falsch ist (ZUCCHINI et al., 2009).

Im Rahmen der Analysen werden zwei oder mehrere Proben hinsichtlich unterschiedlichster Eigenschaften untersucht und beurteilt. Aus der Fülle an Messergebnissen muss nun festgestellt werden, ob ein beobachteter Unterschied zwischen den Proben z.B. durch Messungenauigkeiten entstanden ist oder ob sich die Proben tatsächlich „signifikant“ unterscheiden. Beim statistischen Testen von Hypothesen wird zunächst angenommen, dass kein signifikanter Unterschied besteht (Nullhypothese). Das gegenteilige Ereignis wird als „Alternativhypothese“ bezeichnet. Es wird nun untersucht, ob die beobachteten Werte der Nullhypothese so stark wiedersprechen, sodass diese verworfen werden kann. Damit die Nullhypothese nicht fälschlicherweise abgelehnt wird, wird sie nur dann verworfen, wenn die Wahrscheinlichkeit für das Zustandekommen des beobachtbaren Ereignisses kleiner als ein bestimmter kritischer Wert ist (z.B. 5 %) (DERNDORFER, 2012). Dieser Wert wird als „α-Fehler“,

„Irrtumswahrscheinlichkeit“ oder als „Signifikanzniveau“ des Tests bezeichnet. Die Beibehaltung der Nullhypothese, obwohl diese falsch ist, beschreibt den „β-Fehler“ des statistischen Tests (QUATEMBER, 2005).

Zur Berechnung der Wahrscheinlichkeit für das Eintreten des jeweiligen Ereignisses wird in Abhängigkeit von der Methode, der Anzahl an Testpersonen und Proben ein standardisierter Wert mit bekannter Verteilung (Teststatistik) berechnet. Schließlich kann mit Hilfe der entsprechenden Verteilungstabelle die Wahrscheinlichkeit (p-Wert) bestimmt werden. Ist der p-Wert kleiner als der α-Fehler (meist 5 %), so wird die Nullhypothese verworfen und es besteht ein signifikanter Unterschied zum Niveau α zwischen den Beobachtungsmerkmalen (DERNDORFER, 2012).

In der Auswertung wurde zum Testen auf signifikante Unterschiede ein t-Test durchgeführt. Dieser basiert auf dem Vergleich zweier Stichproben hinsichtlich ihrer Mittelwerte, wobei die Messwerte aus einer normalverteilten Grundgesamtheit stammen müssen (ZÖFEL, 2001).

4.4.1.4 Varianzanalyse (ANOVA)

Bei der Varianzanalyse werden zwei oder mehrere Stichproben miteinander verglichen, um zu überprüfen, ob die Grundgesamtheit aus mehreren Teilgesamtheiten besteht, die sich bezüglich eines Merkmals signifikant unterscheiden (ZUCCHINI et al., 2009).

Die ANOVA testet die Hypothese gleicher Mittelwerte der Grundgesamtheiten und definiert die Nullhypothese ($\mu_1=\mu_2$) und die entsprechende Alternativhypothese ($\mu_1\neq\mu_2$). Die Ablehnung der Nullhypothese führt zu der Erkenntnis, dass die Stichproben aus Grundgesamtheiten stammen, deren Mittelwerte nicht alle gleich sind (ANONYM M, 2012). Es wird überprüft, ob die Varianz der Mittelwerte zwischen den Proben signifikant größer ist als die Varianz der Mittelwerte innerhalb der Proben. Werden diese Größen in Verhältnis zueinander gesetzt, ergibt sich der sogenannte F-Wert. In Abhängigkeit von den Freiheitsgraden und dem Signifikanzniveau (z.B. 5 %) lässt sich nun in Tabellen ermitteln, wie hoch der F-Wert für ein signifikantes Ergebnis mindestens sein muss. Alternativ kann eine Entscheidung auch anhand der Irrtumswahrscheinlichkeit p in Abhängigkeit des F-Wertes getroffen werden. Ist der

p-Wert größer als das Signifikanzniveau, bedeutet dies, dass die Varianz zwischen den Proben im Vergleich zur Varianz innerhalb der Proben nicht groß genug ist, um die Differenz der Mittelwerte auf die Unterschiedlichkeit der Proben zurückzuführen (QUADT et al., 2009).

4.4.1.5 Duncan-Multiple-Range-Test

Wurde bei der Varianzanalyse ein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten festgestellt, so kann mit Hilfe von „Post-Hoc-Tests“ („Tests nach dem Ereignis“) bestimmt werden, zwischen welchen Proben diese auftreten. Das Grundprinzip des Multiple-Range-Tests basiert auf der Berechnung eines Wertes, mit dem die jeweiligen Differenzen zweier Mittelwerte verglichen werden. Ist die Mittelwertsdifferenz größer als die errechnete Testgröße, so liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten vor. Die Darstellung der Signifikanzen erfolgt in der Regel durch Buchstabendiagramme. Dabei kennzeichnen unterschiedliche Buchstaben signifikante Unterschiede. Gleiche Buchstaben in einer Spalte bilden homogene Gruppen mit nicht signifikanten Mittelwertsdifferenzen (QUADT et al., 2009).

5 Versuchsdurchführung, -ergebnisse und Diskussion

5.1 Vorversuche

Die Vorversuche dienten zur Entwicklung und Produktion der fundamentalen Komponenten eines Müsliriegels, nämlich der Basismischung und des Bindemittelsystems. Unter dem Begriff „Basismischung“ werden all jene Rohstoffe zusammengefasst, die weder an der Bindung der Komponenten noch an der pikanten Geschmacksausprägung des Produktes beteiligt sind. Während das Bindemittel für den Zusammenhalt der Rohstoffe verantwortlich ist, definieren die Aufsatzkomponenten, wie beispielsweise getrocknete Tomaten, Gewürze etc. die individuelle Geschmacksrichtung des Produktes.

5.1.1 Entwicklung der Basismischung

Unter Berücksichtigung technologischer, ernährungsphysiologischer und wirtschaftlicher Aspekte wurden zahlreiche Versuche zur Auffindung der optimalen Basismischung unternommen. Begonnen wurde mit einem kommerziellen Müsli als alleinige Basis. Dieses bestand aus Weizen-, Hafer-, Gersten- und Dinkelflocken, Sesam, Leinsamen und Sonnenblumenkernen. Wurde das Fertigmüsli in den Versuchen zur Auffindung eines geeigneten Bindemittels eingesetzt (Kapitel 5.1.2), so wird es in der Rezeptur als *Müsli-Basis* bezeichnet.

Weitere Versuche erfolgten mit Extrudaten und mit einer Mischung aus Extrudaten und der Müsli-Basis. Die Vorversuche haben gezeigt, dass die Interaktion Basismischung-Bindemittel stets von der Zusammensetzung der Basismischung abhängig gewesen ist. Eine geeignete Bindemittelrezeptur ließ sich nicht immer problemlos auf eine neue (erweiterte) Basismischung anwenden. Beispielsweise führte eine geringere Korngröße der Basismischung zu einer starken Oberflächenvergrößerung des Systems, sodass die zuvor erprobte Rezeptur plötzlich keine Bindung der Komponenten mehr zeigte und die Rezeptur neu überdacht werden musste. Zudem traten technologische Probleme, wie eine schlechte Mischbarkeit durch den Einsatz von Extrudaten, auf. Beim Einwiegen und Verrühren der Hauptkomponenten kam es zur vorübergehenden Entmischung und Bildung eines zweischichtigen Systems mit den leichten Extrudaten an der

Oberfläche und den Getreideteilchen am Gefäßboden. Dem konnte durch rasches Einrühren des Bindemittels entgegengewirkt werden. Auch ernährungsphysiologische Aspekte (z.B. die schlechte Verdaubarkeit roher Stärke in Haferflocken) mussten bei der Zusammenstellung der Basismischung bedacht werden. Die Getreideflocken im Fertigmüsli waren allesamt sehr groß, sodass letztendlich eine eigene Basismischung, bestehend aus feinen Haferflocken, Weizenextrudaten, Crispies (aus Gerste und Weizen), Sesam, Leinsamen und Sonnenblumenkernen, hergestellt wurde. Bei Verwendung dieser selbst gemischten Basis wird diese in den Rezepturen als *Basismischung* bezeichnet.

5.1.2 Entwicklung des Bindemittels

Die Entwicklung eines pikanten Müsliriegels erforderte ein geeignetes Bindemittelsystem mit möglichst hoher Bindekraft und Geschmacksneutralität. Um ein geeignetes Bindemittel zu finden, wurden mehrere Chargen mit jeweils einem anderen Bindemittel hergestellt. Dabei wurden mehrere Ansätze unter Variation des Bindemittelanteils, der Basismischung oder der physikalischen Parameter produziert. Die Eignung der verschiedenen Bindemittel wurde, wie bereits unter 5.1.1 erwähnt, mit der Müsli-Basis, Extrudaten und mit einer Mischung daraus getestet.

5.1.2.1 Gelatine

Erste Vorversuche haben die Anwendbarkeit von Gelatine auf Extrudate bzw. die Müsli-Basis als alleinige Zutat gezeigt. Ob sich Gelatine auch für eine Basis aus Extrudaten und der Müsli-Basis eignet, wurde anhand mehrerer Chargen in den nachfolgenden Untersuchungen erprobt. Die Zusammensetzung der Proben geben Tab. 3 – 6 wieder. Für deren Herstellung wurde die Gelatine in Wasser durch leichtes Erwärmen gelöst und mit der Basismischung gründlich vermischt. In einer Form wurde die Masse mittels Korbpresse gepresst und anschließend für 1 h bei 4 °C im Kühlraum gelagert. Abschließend wurde der Produktteppich zu Riegeln geschnitten und über Nacht im Trockenschrank bei 45 °C getrocknet.

Die Vorversuche 1 bis 4 beinhalteten je 100 g der Müsli-Basis. Variiert wurden der Extrudatanteil, sowie die Menge an Wasser und Gelatine. In den

Vorversuchen 1 bis 3 wurden Extrudate aus Buchweizen, im Vorversuch 4 wurden Extrudate aus Weizen verwendet.

Tab. 3: Zusammensetzung der Vorversuche mit Gelatine als Binder

	1		2		3		4	
Rohstoffe	g	%	g	%	g	%	g	%
Müsli-Basis	100	68,97	100	64,52	100	75,19	100	64,51
Extrudate	20	13,79	20	12,90	20	15,04	30	19,36
Gelatine	5	3,45	5	3,23	3	2,26	5	3,23
Wasser	20	13,79	30	19,35	10	7,51	20	19,90
Gesamt	145	100	155	100	133	100	155	100

Erwartungsgemäß konnte Gelatine als Binder wie in den Vorversuchen überzeugen. Lediglich Vorversuch 3 zeigte aufgrund der zu niedrig gewählten Mengen an Wasser und Gelatine keine Bindung. Vorversuch 1 und 2 wiesen einen guten Zusammenhalt der Rohstoffkomponenten auf. Letzterer war nach dem Kühlen etwas feuchter, was auf einen höheren Wasseranteil (19,3 %) in der Rezeptur zurückzuführen war. Nach dem Trocknen konnte hinsichtlich der Feuchte kein Unterschied mehr zwischen Vorversuch 1 und 2 ausgemacht werden. Beide Endprodukte waren trockene Riegel mit starrer Struktur und guter Bindung. Im Vorversuch 4 wurde der Extrudatanteil auf knapp 20 % erhöht, um beim Hineinbeißen die Struktur luftiger und knuspriger empfinden zu lassen. Dazu wurden anstelle der Buchweizenextrudate die etwas größeren, geschmacksneutraleren Weizenextrudate verwendet. Hier war zwar eine Bindung zu beobachten, jedoch stellte die Verarbeitung größerer Extrudate eine größere Herausforderung für die Bindeeigenschaften des Bindemittels dar. Nach dem Trocknen waren die Riegel luftig-leicht und äußerst knusprig. In den weiteren Versuchen wurden nun aufgrund des besseren Geschmacks stets Weizenextrudate eingesetzt.

Da die Vorversuche 1 - 4 mit Gelatine zufriedenstellende Ergebnisse lieferten, stand in weiterer Folge die Optimierung des Bindemittels im Mittelpunkt. Basierend auf den Erfahrungen aus den Vorversuchen konnte die Gelatine mit

Hauptaugenmerk auf Bindung, Textur und Optik bewusst variiert werden, um ein optimales Ergebnis zu erreichen. In den folgenden Optimierungsversuchen wurde der Anteil an Trockenstoffen und Wasser konstant gehalten, während die Gelatinemenge nach und nach reduziert wurde. Die Durchführung wurde am Beginn des Kapitels 5.1.2.1 bereits beschrieben.

Tab. 4: Zusammensetzung der Optimierungsversuche mit Gelatine (a)

	1a		2a		3a	
Rohstoffe	g	%	g	%	g	%
Müsli-Basis	100	60,61	100	61,35	100	62,50
Extrudate	25	15,15	25	15,33	25	15,63
Gelatine	10	6,06	8	4,91	5	3,12
Wasser	30	18,18	30	18,41	30	18,75
Gesamt	165	100	163	100	160	100

Eine stabile Bindung der Mischung war nach der Kühlung bei allen drei Optimierungsversuchen gegeben, sodass das Schneiden in Riegelform mühelos erfolgen konnte. Alle Optimierungsversuche zeigten nach dem Trocknen eine etwas zähe Konsistenz, was vermutlich auf den zu hohen Anteil an Wasser zurückzuführen ist. Bei Optimierungsversuch 3a, welcher am wenigsten Gelatine beinhaltete, konnte im Vergleich zu Optimierungsversuch 1a mit doppelt so viel Gelatine kein Unterschied in der Bindekraft festgestellt werden. Dies zeigte, dass der Einsatz von ca. 6 % Gelatine nicht erforderlich ist, um eine Bindung der Komponenten zu gewährleisten. Es galt daher herauszufinden, welche minimale Gelatinekonzentration für einen Zusammenhalt der Rohstoffe gerade noch erforderlich war (Tab. 5). Dazu wurde der Wasser- und Extrudatanteil reduziert und die Gelatinemenge von 5 g schrittweise auf 1 g gesenkt.

Tab. 5: Zusammensetzung der Optimierungsversuche mit Gelatine (b)

	1b		2b		3b		4b	
Rohstoffe	g	%	g	%	g	%	g	%
Müsli-Basis	100	68,97	100	69,44	100	69,92	100	70,42
Extrudate	20	13,79	20	13,89	20	13,99	20	14,09
Gelatine	5	3,45	4	2,78	3	2,10	2	1,40
Wasser	20	13,79	20	13,89	20	13,99	20	14,09
Gesamt	145	100	144	100	143	100	142	100

Die Optimierungsversuche 1b - 3b (Tab. 5) zeigten nach der Kühlung eine gute Bindung der Komponenten zu einem zähen Riegelteppich. Lediglich im Optimierungsversuch 4b war der Anteil an Gelatine mit 1,4 % zu niedrig gewählt, sodass die Masse brüchig war. Die restlichen Proben wurden für weitere 24 h im Trockenschrank bei 45 °C getrocknet und im Anschluss daran erneut beurteilt. Die Trocknung führte insgesamt zu trockenen und knusprigen Riegeln, die geschmacksneutral und nicht allzu hart waren. Hinsichtlich des Bindevermögens konnte zwischen Riegel 1b und 3b kaum ein Unterschied erkannt werden.

Zur weiteren Optimierung von Geschmack und Textur wurde die Rezeptur um die Komponenten Fett bzw. Öl und Glucosesirup erweitert. Hierzu wurden diese vorsichtig mit der Gelatine-Wasser-Mischung erwärmt und mit der Basismischung vermengt. Die restliche Vorgehensweise blieb unverändert. Hier galt es die Frage zu klären, ob sich eine oder gar beide dieser Zutaten positiv auf die Produkteigenschaften auswirken, um sie in weiterer Folge bei der Rezepturentwicklung nutzbringend einsetzen zu können. Dazu wurden mit Ausnahme der Trockenstoffe und des Maiskeimöls alle Komponenten variiert. Tab. 6 gibt die Zusammensetzung der Optimierungsversuche wieder.

Tab. 6: Zusammensetzung der Optimierungsversuche mit Gelatine, Glucosesirup und Maiskeimöl (c)

	1c		2c		3c	
Rohstoffe	g	%	g	%	g	%
Müsli-Basis	100	64,52	100	62,89	100	62,69
Extrudate	20	12,90	20	12,58	20	12,54
Gelatine	4	2,58	8	5,03	8	5,02
Wasser	10	6,45	10	6,29	20	12,54
Glucosesirup	10	6,45	10	6,29	-	-
Maiskeimöl	10	6,45	10	6,29	10	6,27
Salz	1	0,65	1	0,63	1,5	0,93
Gesamt	155	100	159	100	159,5	100

Wider Erwarten zeigte Optimierungsversuch 1c keine Bindung. Die Müslimasse zerbrach beim Entfernen aus der Form in mehrere Teile, sodass die Rezeptur überdacht werden musste. Im Optimierungsversuch 2c wurde die doppelte Menge an Gelatine eingesetzt, mit dem Ergebnis einer schmackhaften Masse, die sich problemlos zu Riegeln schneiden ließ. Selbst nach dem Trocknen war das Ergebnis zufriedenstellend, zudem die Riegel an Knusprigkeit zunahmen. Im Optimierungsversuch 3c wurde der Glucosesirup durch Wasser ersetzt, die Menge an Gelatine blieb unverändert. Diese Rezeptur bewirkte zwar einen guten Zusammenhalt der Rohstoffe, führte aber zu einer Riegelmasse mit harter, trockener Konsistenz.

Aufgrund des zufriedenstellenden Ergebnisses basierte die weitere Produktentwicklung mit Gelatine als Bindemittel auf der in Optimierungsversuch 2c angewendeten Rezeptur.

Die Zugabe geschmacksgebender Zutaten wurde in einem ersten Versuch getestet, um einen Eindruck über die Interaktionen einzelner Rohstoffe untereinander und mit dem Bindemittel zu bekommen. Mit Gelatine als Binder wurde mit den in Tab. 7 aufgelisteten Zutaten ein Tomaten-Basilikum-Riegel kreiert. Dazu wurde der Anteil an Müsli-Basis von 100 auf 65 g und der Anteil an Extrudaten von 20 auf 15 g reduziert, um Raum für geschmacksgebende Zutaten zu schaffen. Für deren Herstellung wurden die getrockneten Tomaten zerkleinert und mit den Trockenstoffen vermengt. Danach wurde diese Mischung gewürzt und

mit dem zuvor vorsichtig erwärmten Gemisch, bestehend aus Glucosesirup, Öl und Gelatine, zu einer Masse verarbeitet. Nach dem Pressen mittels Korbpresse erfolgte die Kühlung für 1 h im Kühlraum mit anschließender Trocknung für ca. 3 h bei 45 °C.

Tab. 7: Rezeptur des Gelatine-Tomaten-Basilikum-Riegels

Rohstoffe	g	%
Müsli-Basis	65	39,88
Extrudate	15	9,20
Tomaten	40	24,53
Gelatine	8	4,91
Wasser	10	6,14
Glucosesirup	10	6,14
Maiskeimöl	10	6,14
Basilikum	2	1,23
Tomatenpulver	1	0,61
Knoblauchpulver	1	0,61
Salz	1	0,61
Gesamt	163	100

In Kombination mit den geschmacksgebenden Zutaten stellte sich heraus, dass sich statt der Müsli-Basis eine selbst gemischte Basismischung besser eignen würde. Die Getreideflocken in dem Fertigmüsli waren sehr groß, sodass in der neuen Basismischung nur zarte Haferflocken und individuelle Mengen an Ölsamen, Extrudaten und Getreideflocken miteinander vermischt wurden (Tab. 8).

Tab. 8: Zusammensetzung der Basismischung

Basismischung	
Rohstoffe	%
Haferflocken (zart)	20
Weizenextrudate	30
Crispies (Gerste-Weizen)	15
Sesam, geschält	20
Leinsamen	15

Mit Ausnahme der Weizenextrudate wurden alle in Tab. 8 aufgelisteten Rohstoffe gekauft und ohne Vorbehandlung eingesetzt. Die Weizenextrudate wurden vor deren Einsatz mittels Alexanderwerk (Stufe 2, Einsatz Nr. 3) zerkleinert.

Beim Verkosten der Riegel wurde zudem eine Überdosierung der Zutaten festgestellt. Der Anteil an getrockneten Tomaten, Salz und Basilikum war zu hoch gewählt. Auf die Zugabe von Tomatenpulver konnte aufgrund seines starken Umami-Geruchs und -Geschmacks in weiteren Versuchen verzichtet werden. Zusätzlich wurde das Maiskeimöl durch Palmkernfett ersetzt. Zusammenfassend fand der Riegel mediterraner Art Anklang und wurde als Geschmacksrichtung für das Endprodukt festgelegt. In diesem Versuch wurden die selbst hergestellte Basismischung und die geschmacksgebenden Zutaten (getrocknete Tomaten und Basilikum) als Bestandteile der Rezeptur fixiert, während das Bindemittelsystem noch verbessert werden musste.

Verwendung von Gelatinehydrolysat

SCHOTT (2001) empfiehlt Gelatinehydrolysat als alternatives Bindemittel in Müsliriegel. Durch den Austausch klassischer Zuckerbinder durch geschmacksneutrales Gelatinehydrolysat können so würzig-pikante Geschmackskreationen realisiert werden.

Gelatinehydrolysat unterscheidet sich von der herkömmlichen Gelatine dadurch, dass es aus kürzeren Peptidketten aufgebaut und damit für den menschlichen Körper leichter verwertbar ist. Aus technologischer Sicht besitzt es keine Gelierfähigkeit, das Emulgieren, Binden oder Schäumen ist jedoch möglich (ANONYM N, 2012). Die Verarbeitung von Gelatinehydrolysat erfolgte in gleicher Weise wie die von Gelatine. Ausgehend von dem letzten Versuch mit Gelatine (Tab. 7), wurde diese durch das Hydrolysat ersetzt. Die Zusammensetzung der Vorversuche gibt Tab. 9 wieder.

Tab. 9: Zusammensetzung der Vorversuche mit Gelatinehydrolysat

	1		2	
Rohstoffe	g	%	g	%
Basismischung	90	56,25	90	62,07
Wasser	20	12,50	10	6,90
Glucosesirup	10	6,25	10	6,90
Gelatinehydrolysat	10	6,25	10	6,90
Palmkernfett	10	6,25	10	6,90
Basilikum	0,5	0,31	0,3	0,21
Knoblauchpulver	0,5	0,31	0,3	0,21
Salz	0,5	0,31	0,3	0,21
Tomaten	18,5	11,57	14,1	9,70
Gesamt	160	100	145	100

Vorversuch 1 zeigte eine schlechte Bindung und feuchte Struktur der Komponenten. Verglichen mit den Gelatineversuchen, war ein schlechter Geschmack bemerkbar, welcher das Tomatenaroma überdeckte. Im Vorversuch 2 wurde der Wasseranteil von 12,5 auf 6,9 % reduziert, was in einer besseren, wenn auch nicht optimalen Bindung der Komponenten resultierte. Sensorisch war auch hier ein Fehlgeschmack festzustellen. Um diesen zu minimieren, wurde in weiterer Folge Gelatine und Gelatinehydrolysat in unterschiedlichen Mengen eingesetzt.

Die Optimierung des Geschmacks erfolgte durch Vorbehandlung der getrockneten Tomaten und Variation der Gewürze. Da die gekauften, getrockneten Tomaten nur in gesalzener Form verfügbar waren, mussten diese vor Verarbeitung für ca. 45 min in Wasser eingelegt und anschließend getrocknet werden (50 °C, 4 h). Dadurch wurden sie milder im Geschmack und der Salzgehalt konnte reduziert werden.

Die folgenden Optimierungsversuche hatten zum Ziel, den Geschmack durch die Zugabe von Sorbit und/oder Tomatenkonzentrat abzurunden und durch den Verzicht auf Salz und Knoblauch zu optimieren. Beide Komponenten wurden in der jeweiligen Menge in Wasser angerührt, die restliche Durchführung blieb gleich. Gleichzeitig wurde das Bindemittelpaar in 2/3 Gelatine und 1/3 Gelatinehydrolysat gespalten um zu testen, wie weit der Hydrolysatanteil gesenkt werden kann, damit das Endprodukt trotzdem noch eine gute Bindung und die typische „chewy-Textur“

aufweist. Aus Tab. 10 und 11 geht die Zusammensetzung der Optimierungsversuche hervor.

Tab. 10: Zusammensetzung der Optimierungsversuche mit Gelatinehydrolysat (a)

	1a		2a		3a		4a	
Rohstoffe	g	%	g	%	g	%	g	%
Basismischung	90	56,25	90	56,25	90	51,43	90	53,89
Wasser	10	6,25	10	6,25	10	5,71	10	5,99
Glucosesirup	20	12,50	18	11,25	20	11,43	20	11,98
Gelatine	6,6	4,13	6,6	4,13	6,6	3,77	6,6	3,95
Gel.hydrolysat	3,3	2,06	3,3	2,06	3,3	1,88	3,3	1,98
Palmkernfett	10	6,25	10	6,25	10	5,71	10	5,99
Sorbit	-	-	2	1,25	-	-	2	1,19
Basilikum	0,5	0,31	0,5	0,31	0,5	0,29	0,5	0,29
Knoblauch	0,5	0,31	0,5	0,31	0,5	0,29	0,5	0,29
Salz	0,5	0,31	0,5	0,31	0,5	0,29	0,5	0,29
Tomaten	18,5	11,56	18,5	11,57	13,5	7,71	13,5	8,08
Tomatenmark	-	-	-	-	20	11,43	10	5,99
Gesamt	160	100	160	100	175	100	167	100

Tab. 11: Zusammensetzung der Optimierungsversuche mit Gelatinehydrolysat (b)

	1b		2b		3b	
Rohstoffe	g	%	g	%	g	%
Basismischung	90	56,25	90	56,25	90	56,25
Wasser	10	6,25	10	6,25	10	6,25
Glucosesirup	20	12,50	18	11,25	18	11,25
Gelatine	6,6	4,13	6,6	4,13	6,6	4,13
Gel.hydrolysat	3,3	2,06	3,3	2,06	3,3	2,06
Palmkernfett	10	6,25	10	6,25	10	6,25
Sorbit	-	-	2	1,25	2	1,25
Basilikum	0,5	0,31	0,5	0,31	0,5	0,31
Salz	0,5	0,31	0,5	0,31	-	-
Tomaten*	19	11,87	19	11,87	19,5	12,19
Gesamt	160	100	160	100	160	100

* Im Versuch 2b wurden vorbehandelte Tomaten eingesetzt

Bei den Optimierungsversuchen 1a – 4a und 1b – 3b konnte festgestellt werden, dass auf Knoblauch als Gewürz vollständig verzichtet werden konnte. Der Basilikum musste in weiteren Versuchen mit dem Mörser zerkleinert werden, um eine bessere Verteilung in Produkt gewährleisten zu können. Die Zugabe von Salz war umstritten und musste in einer Verkostung mit Studierenden als Probanden näher untersucht werden. Sorbit rundete den Geschmack ab und wurde als angenehm empfunden. Der Einsatz von Tomatenkonzentrat führte zu einer ansprechenden Färbung des Riegels, jedoch geschmacklich bei zu großen Mengen zu einer Überlagerung des Tomaten-Basilikum-Aromas.

Verkostung

Wie zuvor erwähnt, wurde in einer Verkostung mit Studenten/innen getestet, ob ein Einsatz von Salz in der Rezeptur tatsächlich erforderlich war. Dazu wurden vier codierte Proben mit bzw. ohne Salz und Tomatenmark den Probanden/innen auf einem Teller serviert und sie mussten entscheiden, welche Probe ihnen am besten schmeckte. Die unterschiedlichen Rezepturen gibt Tab. 12 wieder, das Ergebnis der Verkostung ist in Form eines Balkendiagramms in Abb. 14 zu sehen.

Tab. 12: Zusammensetzung der Proben für die Verkostung

	A		B		C		D	
Rohstoffe	g	%	g	%	g	%	g	%
Basismischung	90	56,25	90	56,43	90	56,25	90	56,43
Wasser	10	6,25	10	6,27	10	6,25	10	6,27
Glucosesirup	20	12,50	20	11,54	20	12,50	20	11,54
Gelatine	6,6	4,13	6,6	4,14	6,6	4,13	6,6	4,14
Gel.hydrolysat	3,3	2,06	3,3	2,07	3,3	2,06	3,3	2,07
Palmkernfett	10	6,25	10	6,27	10	6,25	10	6,27
Sorbit	1	0,63	1	0,63	1	0,63	1	0,63
Basilikum	0,5	0,31	0,5	0,31	0,5	0,31	0,5	0,31
Salz	0,5	0,31	-	-	0,5	0,31	-	-
Tomaten	18	11,56	18	11,29	13	8,13	13	8,15
Tomatenmark	-	-	-	-	5	3,13	5	3,13
Gesamt	160	100	159,5	100	160	100	159,5	100

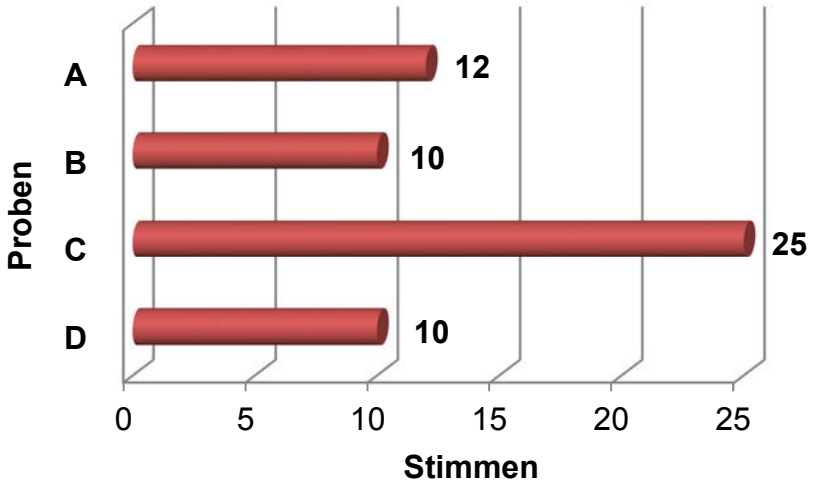

Abb. 14: Ergebnis der Verkostung des Tomaten-Basilikum-Riegels mit Gelatine und Gelatinehydrolysat als Binder

A: Tomaten-Basilikum-Riegel mit Salz und ohne Tomatenmark

B: Tomaten-Basilikum-Riegel ohne Salz und ohne Tomatenmark

C: Tomaten-Basilikum-Riegel mit Salz und mit Tomatenmark

D: Tomaten-Basilikum-Riegel ohne Salz und mit Tomatenmark

Wie in Abb. 14 ersichtlich ist, schnitt Riegel „C“ mit 25 (37,3 %) von 67 Stimmen am besten ab. Dieser unterschied sich im Vergleich zu „A“ und „B“ im Tomatenmark und zu „D“ im Salzgehalt. Aufgrund des eindeutigen Ergebnisses wurde in weiterer Folge die Rezeptur C aus Tab. 12 zur Erstellung des Versuchsplans herangezogen.

5.1.2.2 Hühnereiweiß

Für die Vorversuche mit Hühnereiweiß und der Müslimischung als alleinige Basis wurden zunächst unterschiedlich große Anteile an Trockeneiweiß verwendet (Tab. 13). Diese wurden eingewogen und in Wasser gelöst. Dann wurde die Mischung händisch mittels Schneebesen und mit einem Mixer aufgeschlagen, bis eine luftige Masse entstand. Das Eiweiß wurde mit der Müsli-Basis vermischt, mit Hilfe der Korbpresse gepresst und abschließend bei 180 °C für 20 min gebacken.

Tab. 13: Zusammensetzung der Vorversuche mit Trockeneiweiß

	1		2		3		4	
Rohstoffe	g	%	g	%	g	%	g	%
Müsli-Basis	150	73,17	150	71,43	150	69,77	150	68,18
Trockeneiweiß	5	2,44	10	4,76	15	6,98	20	9,09
Wasser	50	24,39	50	23,81	50	23,25	50	22,73
Gesamt	205	100	210	100	215	100	220	100

Vorversuch 1, welcher am wenigsten Trockeneiweiß enthielt, zeigte nur eine geringe Bindung und der Müsliteppich bröckelte besonders am Rand. Je mehr Eiweiß in den Vorversuchen 2, 3 und 4 eingesetzt wurde, desto besser wurde der Zusammenhalt der Müslikomponenten. Eine höhere Bindekraft ging jedoch mit einem Härterwerden der Riegel einher. Speziell Vorversuche 3 und 4 zeigten eine sehr harte, knusprige Textur. Bei Vorversuch 3 traten fadenähnliche Strukturen in den Zwischenräumen der Getreideflocken auf. Zudem konnte bei einem hohen Eiweißgehalt eine leichte Gelbfärbung der Riegelmasse und ein unangenehmer Geruch nach Ei wahrgenommen werden.

Aus diesen Gründen wurde bei den Vorversuchen 1 bis 4 mit Extrudaten als alleinige Basis anstelle von Trockeneiweiß frisches Eiweiß verwendet. Hierzu wurde das Eigelb vom Eiweiß getrennt und mittels Mixer zu Schnee geschlagen. Dieser wurde vorsichtig unter die Extrudate gehoben, gepresst und für 20 min bei 180 °C gebacken. Die Rezeptur der hergestellten Chargen gibt Tab. 14 wieder.

Tab. 14: Zusammensetzung der Eiweiß-Extrudat-Vorversuche

	1	2	3		4	
Rohstoffe	g	g	g	%	g	%
Extrudate	50	50	50	76,92	50	83,33
Eiweiß	von 2 Eiern	von 1 Ei	15	23,08	10	16,67
Gesamt	-	-	65	100	60	100

Vorversuche 1 und 2 mussten aufgrund falsch gewählter Mengenverhältnisse verworfen werden. Die Menge an eingesetztem Eiweiß wurde zu groß gewählt.

Die Zusammensetzung des Eiweißvorversuchs 3 verursachte eine Bindung der Extrudate zu einer knusprigen Masse, welche sich nur schwer in Riegelform schneiden ließ. Zusätzlich konnten ein schwacher Geruch nach Ei sowie weißer Schaum des Eiklars an der Oberfläche wahrgenommen werden. Im Vorversuch 4 wurde die geringste Eiweißmenge verarbeitet. Eine schwache Bindung war vorhanden, das Schneiden in Riegelform war jedoch kaum möglich. Sensorisch konnte das Endprodukt des Versuchs 4 dennoch überzeugen, sodass in weiteren Tests eine Kombination von Hühnereiweiß mit einem anderen Binder getestet wurde.

5.1.2.3 Hühnereiweiß und Linsenmehl als Bindemittelkombination

Bei den ersten (hier nicht angeführten) Vorversuchen mit der Müsli-Basis und mit Extrudaten als Basis konnte eine gute Bindeeigenschaft des Linsenmehls festgestellt werden. Es hat sich gezeigt, dass Linsenmehl Potential als Binder besaß, seine Bindeeigenschaft aber durch Kombination mit anderen Zutaten noch optimiert werden musste. Die Intention war nun, die positiven Eigenschaften des Hühnereiweißes mit denjenigen des Linsenmehls zu kombinieren. Die Verwendung von Eiweiß als alleinigem Binder resultierte in einem geringen

Zusammenhalt, aber in einem guten Geschmack der Riegelmasse. Linsenmehl hingegen zeigte in den Vorversuchen eine gute Bindung der Komponenten zu einem krossen, wenn auch eher harten Endprodukt. Durch Vereinigung dieser Eigenschaften sollte so ein Riegel mit guter Bindung, mildem, angenehmen Geschmack und ansprechender Textur entstehen.

Es wurden mehrere Chargen unter Variation der Rohstoffe hergestellt (Tab. 15 - 17). Dazu wurde das Eiklar vom Eigelb getrennt und zu Schnee geschlagen. Das Linsenmehl wurde eingewogen, in Wasser suspendiert und mit der Basismischung vermengt. Abschließend wurde das Eiklar vorsichtig unter die Masse gehoben, gepresst und bei 180 °C für 20 min gebacken. Bis auf die Versuche 1 und 3 wurden alle anderen Versuche noch für 24 h im Trockenschrank bei 45 °C getrocknet.

Tab. 15: Zusammensetzung der Linsenmehl-Eiweiß-Versuche (a)

	1		2		3		4	
Rohstoffe	g	%	g	%	g	%	g	%
Müsli-Basis	100	59,52	100	62,50	100	60,61	100	58,82
Extrudate	20	11,91	20	12,50	20	12,12	30	17,65
Eiklar	8	4,76	10	6,25	15	9,09	10	5,88
Linsenmehl	10	5,95	10	6,25	10	6,06	10	5,88
Wasser	30	17,86	20	12,50	20	12,12	20	11,77
Gesamt	168	100	160	100	165	100	170	100

Tab. 16: Zusammensetzung der Linsenmehl-Eiweiß-Versuche (b)

	5		6		7		8	
Rohstoffe	g	%	g	%	g	%	g	%
Müsli-Basis	100	60,61	100	52,63	100	60,61	100	58,82
Extrudate	25	15,15	20	10,53	20	12,12	20	11,77
Eiklar	10	6,06	10	5,26	10	6,06	10	5,88
Linsenmehl	10	6,06	20	10,53	15	9,09	15	8,82
Wasser	20	12,12	40	21,05	20	12,12	25	14,71
Gesamt	165	100	190	100	165	100	170	100

Tab. 17: Zusammensetzung der Linsenmehl-Eiweiß-Versuche (c)

	9		10		11	
Rohstoffe	g	%	g	%	g	%
Müsli-Basis	100	57,15	100	58,81	100	57,15
Extrudate	20	11,43	20	11,77	20	11,43
Eiklar	10	5,71	15	5,88	15	8,57
Linsenmehl	15	8,57	20	11,77	10	5,71
Wasser	30	17,14	20	11,77	30	17,14
Gesamt	175	100	170	100	175	100

Der Einsatz von rund 6 % Eiklar und rund 12 % Wasser (Versuch 2 und 4) ergab eine trockene, knusprige Riegelmasse, in der eine Bindung zwar vorhanden, aber nicht ideal war: Die Riegel konnten geschnitten werden, dabei entstand aber viel Bruch. Ein ähnliches Ergebnis lieferte auch Versuch 5, welcher einen Extrudatanteil von rund 15 % enthielt. Eine bessere Bindung war bei Versuch 3 gegeben, in welchem der Eiweißanteil erhöht wurde. Interessant war, dass Versuch 1 trotz niedrigem Eiweißanteil (4,7 %), aber hohem Wasseranteil (17,8 %) trotzdem noch eine Bindung aufwies. Der Einfluss des Linsenmehls wurde in den Versuchen 1 bis 5 durch seinen Einsatz nahezu gleicher Mengen (5,8 – 6,2 %) konstant gehalten. Im Versuch 6 wurden rund 10 % Linsenmehl verwendet, was sich auch im Ergebnis widerspiegelte. Die Riegelmasse war hart, aber gut gebunden. Die Extrudate wurden durch den hohen Wasseranteil von rund 21 % aufgeweicht und zusammengepresst. Nach dem Trocknen waren die Riegel dermaßen hart, dass sie fast nicht zerbrochen werden konnten.

In den Versuchen 7 bis 9 wurde der Anteil an Linsenmehl kaum, dafür aber der Wasseranteil zwischen 12 und 17 % variiert. Versuche 7 und 8 lieferten ähnliche Ergebnisse. Der Binder war kaum sichtbar und gewährleistete ein Zusammenhaften der Trockenstoffe. Bei Versuch 9 mit 17,1 % Wasser war das Bindemittel in den Zwischenräumen sichtbar, sodass dieses Produkt optisch wenig ansprechend war. Ähnlich verhielten sich auch die Versuche 10 und 11, die eine gute Bindung, knusprige Textur, aber unbefriedigendes Erscheinungsbild aufwiesen.

Nach der Trocknung wurden die Riegel erneut verkostet und optisch beurteilt. Die Versuche 7 und 8 ergaben das beste Ergebnis hinsichtlich Geschmack und

Textur, die Versuche 9 bis 11 waren allesamt sehr hart und erinnerten geschmacklich an Knäckebrot.

Die Vorversuche zeigten, dass Linsenmehl und Eiweiß grundsätzlich eine Bindung der Rohstoffe ermöglichen. Nachteilig war jedoch, dass die Endprodukte allesamt sehr hart waren, sodass Linsenmehl in Kombination mit Eiweiß als mögliches Bindemittelsystem für das Endprodukt ausschieden.

5.1.2.4 Hühnereiweiß und Quinoa als Bindemittelkombination

Zur Ermittlung einer geeigneten Rezeptur für den Versuchsplan mussten weitere Vorversuche unter Variation der Zutaten bzw. Bedingungen durchgeführt werden. So wurden als zusätzliche Komponenten der Basismischung gekochter Quinoa und Sonnenblumenkerne verwendet. Dies erfolgte primär aus ernährungsphysiologischen und geschmacklichen Gründen. Überraschenderweise führte die Kombination von Eiweiß mit Quinoa zu einer guten Bindung der Komponenten, die sich auch bei den Versuchen zur Herstellung des pikanten Riegels bestätigte (Tab. 18).

Für die Zubereitung des Quinoas wurden stets 200 g Quinoa eingewogen, mit der doppelten Menge an Wasser versetzt und für 20 min bei Stufe 3 gekocht. Das Tomatenmark wurde mit dem Quinoa vermischt und mit dem Glucosesirup den Trockenstoffen beigemengt. Abschließend wurde der Schnee unter die Masse gehoben, gut vermischt und mittels Korbpresse verdichtet. Nach dem Backvorgang (180 °C, 20 min) erfolgte das Trocknen im Trockenschrank für 2 h bei 45 °C.

Tab. 18: Zusammensetzung der Optimierungsversuche mit Quinoa (a)

	1a		2a		3a	
Rohstoffe	g	%	g	%	g	%
Haferflocken	20	13,70	20	12,98	20	12,58
Quinoa	40	27,40	40	25,97	40	25,16
Crispies	10	6,85	10	6,49	10	6,29
Sesam	15	10,27	15	9,74	15	9,43
Leinsamen	15	10,27	15	9,74	15	9,43
Sonnenblumenkerne	10	6,85	10	6,49	10	6,29
Tomaten, getr.	15	10,27	15	9,74	15	9,43
Tomatenmark	-	-	8	5,19	8	5,03
Glucosesirup	-	-	-	-	10	6,29
Eiklar	20	13,70	20	12,98	15	9,43
Salz/Basilikum	0,5	0,34	0,5	0,32	0,5	0,31
Gesamt	146	100	154	100	159	100

Optimierungsversuch 1a zeigte eine gute Bindung der Komponenten. Geschmacklich konnten kaum Tomaten wahrgenommen werden und auch optisch machten diese Riegel einen „rohen“ Eindruck. In den Optimierungsversuchen 2a und 3a wurde das Tomatenmark mit dem Schnee und nicht mit Quinoa vermengt, was eine einheitlichere Farbgebung bewirkte. Die Textur war etwas feucht, die Bindung zufriedenstellend. Optimierungsversuch 3a enthielt als zusätzliche Komponente noch Glucosesirup, was zu einer angenehmen Geschmacksausprägung führte. Aufgrund der geringeren Menge an Eiweiß wies diese Masse nur eine schlechte Bindung auf. In den nächsten Optimierungsversuchen (Tab. 19) wurde im Versuch 1b auf Crispies verzichtet und stattdessen geriebene Haselnüsse verwendet. Geschmacklich konnten die Haselnüsse nicht überzeugen, sodass in den Folgeversuchen wieder darauf verzichtet werden konnte. Außerdem wurde die gut gebundene Masse erst nach dem Trocknen in Riegelform gebracht. Dabei fiel auf, dass die Bindung der Rohstoffe nach dem Backen am geringsten war und im Zuge der Trocknung deutlich zunahm. Daher wurde das Schneiden erst nach der Trocknungsprozess vorgenommen. Optimierungsversuch 2b beinhaltete nur 5 g Glucosesirup bei ca. 12-%igem Eiweißanteil. Die Bindung war nur mäßig und auch geschmacklich nicht

überzeugend. Im dritten Optimierungsversuch wurde neben dem Glucosesirup zusätzlich Sorbit mit dem Eiklar vermengt und unter die Trockenstoffe gehoben. Das Resultat war eine schmackhafte Riegelmasse mit guter Bindung, sodass diese Rezeptur als Basis für den Versuchsplan dienen sollte.

Tab. 19: Zusammensetzung der Optimierungsversuche mit Quinoa (b)

	1b		2b		3b	
Rohstoffe	g	%	g	%	g	%
Haferflocken	20	13,70	20	12,57	20	12,74
Quinoa	40	27,40	40	25,16	40	25,48
Crispies	-	-	10	6,29	10	6,37
Haselnüsse	10	6,85	-	-	-	-
Sesam	15	10,27	15	9,43	15	9,55
Leinsamen	15	10,27	15	9,43	15	9,55
Sonnenblumenkerne	10	6,85	10	6,29	10	6,37
Tomaten, getr.	15	10,27	15	9,43	15	9,55
Tomatenmark	-	-	8	5,03	8	5,09
Glucosesirup	-	-	5	3,14	5	3,18
Sorbit	-	-	-	-	1	1,91
Eiklar	20	13,70	20	12,57	20	12,74
Salz/Basilikum	0,5	0,34	0,5	0,31	0,5	0,32
Gesamt	146	100	159	100	157	100

5.1.2.5 Gummi arabicum

Es wurden zunächst drei Chargen mit zunehmender Konzentration an Gummi arabicum hergestellt. Die genaue Zusammensetzung ist in Tab. 20 ersichtlich. Die Bindemittelzutaten wurden eingewogen und unter Rühren auf ca. 50 – 60 °C erhitzt. Nach Vermischen mit der Müslimischung erfolgte das Pressen mittels Korbpresse. Abschließend wurde die Mischung auf ein Blech gestürzt und für 20 min bei 180 °C gebacken.

Tab. 20: Zusammensetzung der Gummi arabicum-Versuche

	1		2		3	
Rohstoffe	g	%	g	%	g	%
Müsli-Basis	150	63,16	150	61,60	150	60,12
Gummi arabicum	18	7,58	24	9,86	30	12,02
Glucosesirup	8	3,37	8	3,29	8	3,21
Maiskeimöl	10	4,21	10	4,11	10	4,01
Wasser	50	21,05	50	20,52	50	20,04
Salz	1,5	0,63	1,5	0,62	1,5	0,60
Gesamt	237,5	100	243,5	100	249,5	100

Versuche 1 und 2 mit weniger als 10 % Gummi arabicum verfügten über eine harte, knusprige Textur. Die Masse war sehr brüchig und es konnten keine Riegel geschnitten werden. Trotz ihrer Knusprigkeit und ihres guten Geschmacks konnten die Versuche 1 und 2 nicht überzeugen. Versuch 3 enthielt mit rund 12 % am meisten Gummi arabicum. Hier konnten neben dem guten Geschmack und der harten Struktur eine etwas bessere Bindung und Schnittfähigkeit der Riegelmasse ausgemacht werden. Die Bindefähigkeit von Gummi arabicum in diesem Versuch wurde als mäßig eingestuft, weitere Ansätze wurden mit Extrudaten durchgeführt. Dazu wurden die Bindemittelzutaten eingewogen (Tab. 21), auf ca. 50 – 60 °C erhitzt und mit den Extrudaten vermischt. Mit Hilfe der Korbpresse wurde die Mischung vorsichtig verdichtet, auf ein Blech gestürzt und gebacken. Die Ansätze 1 und 2 wurden für 20 min bei 180 °C, der Ansatz 3 wurde für 20 min bei 150 °C gebacken.

Tab. 21: Zusammensetzung der Gummi arabicum-Extrudat-Versuche

	1		2		3	
Rohstoffe	g	%	g	%	g	%
Extrudate	50	47,85	50	55,87	50	49,32
Gummi arabicum	15	14,35	10	11,17	10	9,86
Glucosesirup	8	7,65	8	8,94	10	9,86
Maiskeimöl	10	9,57	10	11,17	10	9,86
Wasser	20	19,14	10	11,17	20	19,72
Salz	1,5	1,44	1,5	1,68	1,4	1,38
Gesamt	104,5	100	89,5	100	101,4	100

Bei Betrachtung von Versuch 1 war der Binder als abgesunkene Masse sofort ersichtlich. Eine Bindung war zwar vorhanden, jedoch konnte die Riegelmasse aufgrund ihres knusprig-reschen Zustands nicht in Riegelform geschnitten werden. Ähnlich verhielt sich Versuch 2, mit der Ausnahme, dass der Binder nicht so stark ersichtlich war. Beim Verkosten hatten beide Versuche einen salzigen, verbrannten Geschmack. Die Riegelmasse des Versuchs 3 war hart und brüchig, sodass diese nicht in Riegelform gebracht werden konnte. Auch hier war ein Absetzen des Bindemittels beobachtbar.

Insgesamt konnte Gummi arabicum als Binder nicht überzeugen, sodass es als Bindemittel ausschied.

5.1.2.6 Agar-Agar

Es wurden drei Versuche mit Agar-Agar als Bindemittel durchgeführt (Tab. 22). Dazu wurden unterschiedliche Mengen Agar-Agar in Wasser verrührt und leicht erwärmt. Das Bindemittel wurde mit den Trockenstoffen vermengt und mit der Korbpresse gepresst. Abschließend erfolgte die Lagerung der Versuche im Kühlraum für 1 h.

Tab. 22: Zusammensetzung der Versuche mit Agar-Agar

	1		2		3	
Rohstoffe	g	%	g	%	g	%
Müsli-Basis	150	76,92	150	76,14	150	81,08
Agar-Agar	5	2,56	7	3,55	5	2,70
Wasser	40	20,51	40	20,31	30	16,22
Gesamt	195	100	197	100	185	100

Die Verarbeitung der Agar-Agar-Wasser-Mischung gestaltete sich als schwierig. Es bildeten sich gelartige Klumpen, welche sich nur schwer mit der Müsli-Basismischung vermengen ließen. Auch das Ergebnis war in allen drei Ansätzen aufgrund der geringen Bindung nicht zufriedenstellend. Die Masse zerfiel, sodass keine Riegel geschnitten werden konnten. Zusätzlich war die Riegelmasse optisch nur wenig ansprechend, da sich in den Zwischenräumen der Cerealien fadenartige Strukturen entwickelten, die an Schimmel erinnerten. Aufgrund der

unbefriedigenden Ergebnisse wurde auf weitere Versuche mit Agar-Agar verzichtet und sämtliche Proben verworfen.

5.1.2.7 Molinon® Instant B

Um die Bindekraft industrieller Bindemittel zu testen, wurden drei Chargen mit dem Bindemittel Molinon® produziert, welches speziell für die Herstellung von Getreide- und Müsliriegel bestimmt ist. Im Mittelpunkt stand die Frage, wie weit der Anteil des Binders gesenkt werden kann, ohne dass es zu einem Zerbrechen der Riegelmasse kommt. Hierzu betrug der Bindemittelanteil 30, 25 und 20 %, bezogen auf die Gesamtmasse (Tab. 23).

Für die Versuche wurde Molinon® Instant B eingewogen, in Wasser gelöst und vorsichtig erhitzt. Die entstehende viskose Flüssigkeit wurde in die Müslimischung eingerührt, gepresst und für 1 h im Kühlraum gelagert.

Tab. 23: Zusammensetzung der Versuche mit Molinon® Instant B

	1		**2**		**3**	
Binderanteil	**30 %**		**25 %**		**20 %**	
Rohstoffe	g	%	g	%	g	%
Müsli-Basis	150	76,92	150	80,00	150	83,33
Molinon® Instant B	36	18,46	30	16,00	24	13,33
Wasser	9	4,62	7,5	4,00	6	3,34
Gesamt	195	100	187,5	100	180	100

Das Ergebnis war bei allen drei Versuchen ein Riegel mit „chewy“-Textur. Die Masse war weich, sehr klebrig und biegsam. Speziell bei den hohen Binderanteilen von 25 und 30 % konnte der Binder als weiße Masse an der Riegeloberfläche ausgemacht werden. Auch ein starker Eigengeruch des Bindemittels machte sich bemerkbar. Alle drei Versuche verfügten über eine gute Bindung, sodass die Masse mühelos in Riegelform geschnitten werden konnte. Für die Herstellung süßer Müsliriegel ist Molinon® Instant B sicherlich gut geeignet, für die Entwicklung eines pikanten Müsliriegels konnte dieses Bindemittel das wichtige Kriterium der Geschmacksneutralität nicht erfüllen. Die enthaltene Fructose bewirkte einen süßlichen Geschmack, der sich im Endprodukt

deutlich bemerkbar und damit den Binder für diese Aufgabenstellung nicht geeignet machte.

Neben den zuvor beschriebenen Bindemitteln seien noch Versuche mit Bohnenmehl, Lupinenmehl, sowie Linsen- und Bohnenpüree erwähnt. Diese führten allesamt zu unzulänglichen Ergebnissen, sodass auf diese Bindemittel im Zuge dieser Arbeit nicht näher eingegangen wird.

Aus all den Versuchen, die in 5.1.1 und 5.1.2 beschrieben werden, resultierten zwei Rezepturen für die Basismischung, die in den physikalischen und sensorischen Analysen eingesetzt werden konnten (Tab. 24).

Tab. 24: Zusammensetzung der Basismischungen für den Gelatine- und Eiweiß-Quinoa-Riegel

	Gelatine-Riegel	Eiweiß-Quinoa-Riegel
Rohstoffe	%	%
Haferflocken	20	28
Weizenextrudate	30	-
Crispies (Gerste-Weizen)	15	14
Sesam, geschält	20	22
Leinsamen	15	22
Sonnenblumenkerne	-	14

Mit Ausnahme der Weizenextrudate und der Crispies wurden alle in Tab. 24 aufgelisteten Rohstoffe gekauft und ohne Vorbehandlung eingesetzt. Die Extrudate stammen aus den Beständen des Technikums und mussten nicht eigens produziert werden. Die Weizenextrudate wurden vor deren Einsatz mittels Alexanderwerk (Stufe 2, Einsatz Nr. 3) zerkleinert.

Die Vorversuche ergaben zwei Rezepturen, die in weiterer Folge als Grundlage für die Hauptversuche dienten:

1. Tomaten-Basilikum-Riegel mit Eiweiß und Quinoa als Binder
(Kapitel 5.1.2.4, Optimierungsversuch 3b, Tab. 19)
2. Tomaten-Basilikum-Riegel mit Gelatine und Gelatinehydrolysat als Binder (Kapitel 5.1.2.1, Versuch C, Tab. 12)

5.2 Hauptversuche

Um den Einfluss der Bindemittelzusammensetzung auf den a_w-Wert und die Textur der Riegel zu bestimmen, wurden zwei Versuchspläne mit Statgraphics erstellt. Dabei wurden jeweils die Menge der Bindemittelkomponenten (Eiweiß und Quinoa bzw. Gelatine und Gelatinehydrolysat) innerhalb definierter Ober- und Untergrenzen variiert. Diese Grenzen stellten Erfahrungswerte dar, die aus Vorversuchen gewonnen werden konnten. Die restlichen Zutatenmengen der beiden Rezepturen wurden konstant gehalten (Tab. 25). Als Antwortgrößen wurden die maximale Kraft (Kapitel 4.3.1) und der a_w-Wert (Kapitel 4.3.2) nach der Produktion sowie nach zwei Wochen Lagerung gemessen. Für den Eiweiß-Quinoa-Riegel wurde ein mehrstufiger Faktorplan und für den Gelatine-Riegel ein anwenderspezifischer Mischungsplan verwendet. Die Versuchspläne gibt Tab. 26 wieder.

Tab. 25: Rezeptur des Gelatine- und Eiweiß-Quinoa-Riegels

Eiweiß-Quinoa-Riegel		**Gelatine-Riegel**	
Rohstoffe [g]		Rohstoffe [g]	
Haferflocken	20	Basis	90
Crispies	10	Wasser	10
Leinsamen	15	Sorbit	1
Sesam	15	Tomatenmark	5
Sonnenbl.kerne	10	Tomaten	13
Eiklar	variiert	Gelatine	variiert
Quinoa	variiert	Gel.hydrolysat	variiert
Sorbit	1	Palmkernfett	10
Glucosesirup	5	Glucosesirup	20
Tomatenmark	8	Basilikum	0,5
Tomaten	15	Salz	0,5
Basilikum	0,7		
Salz	1		

Tab. 26: Versuchspläne für den Eiweiß-Quinoa- und Gelatine-Riegel

Probe	Eiweiß [g]	Quinoa [g]	Probe	Gelatine [g]	Gel.hydr. [g]
Pr1	10	43,2	*Ch1*	0	10
Pr2	25	43,2	*Ch2*	1	9
Pr3	15	43,2	*Ch3*	2	8
Pr4	10	40	*Ch4*	3	7
Pr5	30	43,2	*Ch5*	4	6
Pr6	15	36,8	*Ch6*	5	5
Pr7	20	36,8	*Ch7*	6	4
Pr8	20	43,2	*Ch8*	7	3
Pr9	30	40	*Ch9*	8	2
Pr10	25	36,8	*Ch10*	9	1
Pr11	15	40	*Ch11*	10	0
Pr12	20	40			
Pr13	25	40			
Pr14	10	36,8			
Pr15	30	36,8			

5.3 Herstellung der Proben

5.3.1 Eiweiß-Quinoa-Riegel

Vor Beginn der Produktion musste die Menge an Quinoa unter möglichst standardisierten Bedingungen gekocht werden. Dazu wurden stets 200 g Quinoa mit der doppelten Menge an Wasser für 20 min auf der Induktionsplatte (Stufe drei) gekocht.

Für die Herstellung der Riegel wurden alle Trockenstoffe eingewogen und gründlich miteinander vermischt. Das Eiklar wurde aufgeschlagen und unter das mit Wasser angerührte Tomatenmark gemengt. Diese Mischung wurde zu den restlichen Zutaten gegeben und wiederum gut durchmischt. In die zwei Plastikformen (19 cm x 14 cm x 5,5 cm) wurden je 140 g Müslimischung eingewogen und mit der Korbpresse für 15 sec bei definierter Kraft (acht Umdrehungen) gepresst. Die Masse wurde auf das Blech gestülpt und für 20 min bei 160 °C (Ober- und Unterhitze) gebacken. Dann erfolgte die Trocknung für 3 h

bei 50 °C im Trockenschrank. Nach Ablauf der Zeit wurde die Riegelmasse auf ein Schneidbrett gelegt, ausgekühlt und geschnitten.

5.3.2 Gelatine-Riegel

Die Basismischung wurde zunächst mit den Gewürzen und den getrockneten Tomaten eingewogen und vermischt. In einem Kochtopf wurde der Binder, bestehend aus Gelatine, Gelatinehydrolysat, Palmkernfett und Glucosesirup eingewogen. Separat wurde die Mischung aus Wasser, Sorbit und Tomatenmark angerührt und zu den Bindemittelzutaten gegeben. Dieses Gemisch wurde leicht erwärmt, bis eine homogene, viskose Flüssigkeit entstand. Um Bindemittelverluste zu vermeiden, wurde die gewürzte Basismischung zum Bindemittel in den Kochtopf geleert und rasch durchmischt. Anschließend erfolgte wiederum die Portionierung der Masse in die Plastikbehältnisse zu je 140 g. Zum Aushärten des Bindemittels erfolgte anstelle eines Backvorgangs die Kühlung der Riegelmasse für 1 h bei 4 °C im Kühlraum. Vor dem Schneiden mussten die Ansätze für 90 min bei 40 °C getrocknet werden, um den a_w-Wert weitestgehend zu senken.

In beiden Fällen entstanden pro 140 g Riegelmasse zehn Riegel, die allesamt 6 cm lang und 2 cm breit waren. Von jeder Rezeptur wurde die doppelte Menge hergestellt, sodass insgesamt 20 Riegel verfügbar waren. Jeweils zehn Proben wurden nach der Produktion hinsichtlich Textur und a_w-Wert untersucht, zehn Proben wurden N-begast, luftdicht verpackt und für zwei Wochen bei 4 °C gelagert.

Die Begasung mit Stickstoff und Verpackung erfolgte mit Hilfe der Vakuumverpackungsmaschine in einem Arbeitsschritt. Die Kunststoffbeutel mit den Proben wurden in der Maschine so positioniert, dass die Begasungsdüsen in die Verpackung ragten. Nach dem Schließen des Deckels kam es automatisch zur Druckabsenkung in der Kammer. Anschließend wurde die Luft durch Stickstoff ersetzt, der Beutel versiegelt und die Kammer entspannt.

Nach zwei Wochen Lagerung erfolgten die a_w-Wert-Bestimmung und die Texturmessung der Proben. Jeweils nach der Produktion und nach zwei Wochen Lagerung wurden die Riegel im kleinen Kreis verkostet und beurteilt. Die Favoriten wurden daraufhin für den abschließenden Beliebtsheitstest herangezogen.

5.4 Ergebnisse

5.4.1 Texturmessung

5.4.1.1 Eiweiß-Quinoa-Riegel

Zunächst wurden die gemessenen Kräfte, die für das Durchtrennen der Riegel erforderlich waren, jeder einzelnen Charge direkt nach der Produktion und nach einer zweiwöchigen Lagerung verglichen und überprüft, ob es einen signifikanten Unterschied gibt. Hierzu wurde ein t-Test zum Vergleich der Mittelwerte mittels StatGraphics durchgeführt. Dieser testet die Hypothese, dass die Mittelwerte der beiden Grundgesamtheiten gleich sind gegen die Alternativ-Hypothese, dass diese nicht gleich sind. Tab. 27 gibt eine Übersicht über die Daten.

Tab. 27: Eiweiß-Quinoa-Riegel: Vergleich der Mittelwerte von F_{max} [N] nach der Produktion und der Lagerung

Probe	F_{max} nach Produktion [N]	F_{max} nach Lagerung [N]	p-Wert
Pr1	74,68	101,19	**0,019**
Pr2	141,26	205,12	**0,003**
Pr3	162,05	138,72	0,180
Pr4	94,97	128,27	**0,018**
Pr5	133,35	168,03	**0,027**
Pr6	95,09	115,95	**0,006**
Pr7	141,84	165,43	**0,036**
Pr8	170,98	180,67	0,652
Pr9	141,37	156,33	0,269
Pr10	161,17	191,83	0,149
Pr11	90,07	143,56	**0,000**
Pr12	118,50	183,70	**0,000**
Pr13	119,52	157,56	**0,013**
Pr14	71,94	96,03	0,078
Pr15	143,94	208,98	**0,000**

P-Werte kleiner als 0,05 sind in Tab. 27 fett dargestellt. Bei diesen Proben wurde die Hypothese über die Gleichheit der Mittelwerte abgelehnt, d.h. sie sind mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % als statistisch verschieden zu betrachten. Insgesamt unterschieden sich 10 von 15 Rezepturen signifikant in

ihrer Festigkeit nach Produktion und nach Lagerung. Nach der Signifikanztabelle für eine einseitige paarweise Vergleichsprüfung (DIN/ISO 5495) müssen bei 15 Prüfungen zumindest 12 Unterschiede signifikant sein (α=0,05), damit ein signifikanter Unterschied der Grundgesamtheit angenommen werden kann. Demnach ist das Ergebnis der Texturveränderungen nicht als signifikant zu betrachten, wenn auch die Tendenz einer Zunahme der Festigkeit deutlich zu erkennen ist. Die Zunahme der Festigkeit könnte durch die Retrogradation der Stärke in Quinoa erklärt werden. Nach BALTES und MATISSEK (2011) wird darunter die Rekristallisation der Stärke bei gleichzeitiger Reduktion des Wasserbindungsvermögens verstanden. Die Stärke gibt die gebundenen Wassermoleküle wieder ab und geht in einen unlöslichen, entquollenen Zustand über. In Abb. 15 sind die Daten aller Proben in Form von gepaarten Boxplots dargestellt, um einen Eindruck über die Lage und Streuung der Daten zu erhalten. Es ist deutlich zu sehen, dass jene Boxen, die die Daten von F_{max} nach der Lagerung beschreiben, meist einen höheren Kräftebereich abdecken.

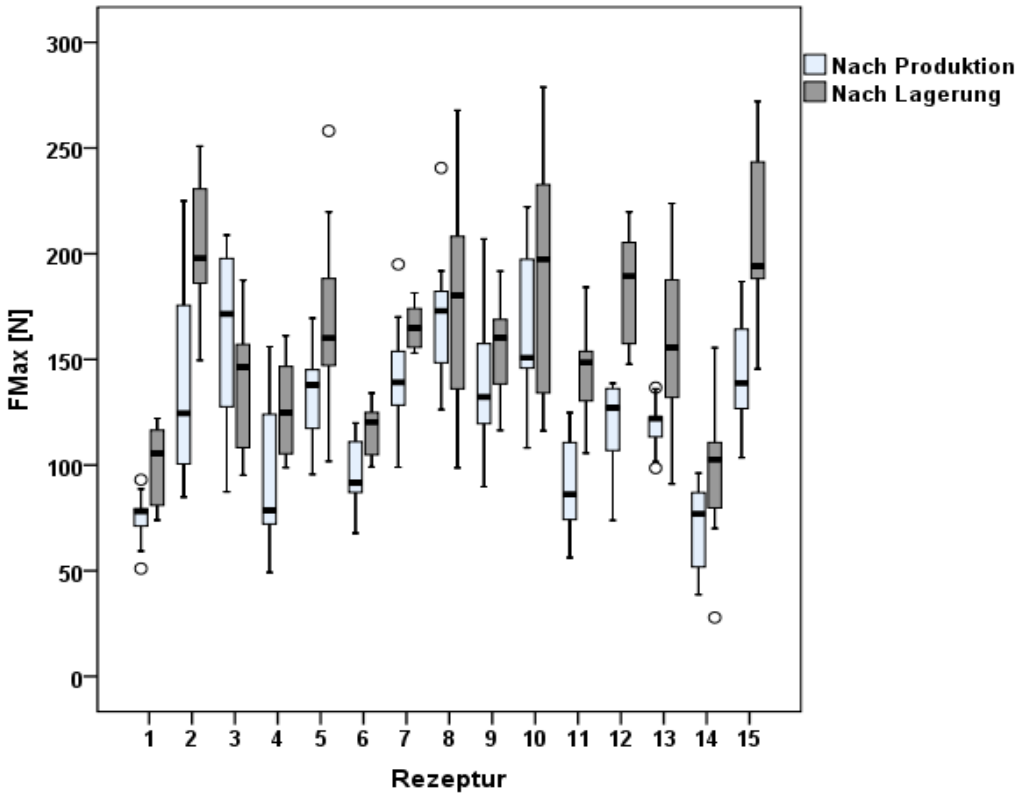

Abb. 15: Eiweiß-Quinoa-Riegel: gepaarter Boxplot der Daten von F_{max} [N] nach der Produktion und nach der Lagerung

- *Maximale Kraft nach der Produktion*

Mit Hilfe der ANOVA und den dabei berechneten p-Werten wurde überprüft, ob die beiden Faktoren Eiweiß und Quinoa einen signifikanten Einfluss auf die maximale Kraft nach der Produktion haben. Effekte mit p-Werten kleiner als 0,05 (Tab. 28) bzw. Balken, die im standardisierten Pareto-Diagramm die Linie überschreiten, bedeuten statistische Signifikanz (Abb. 16).

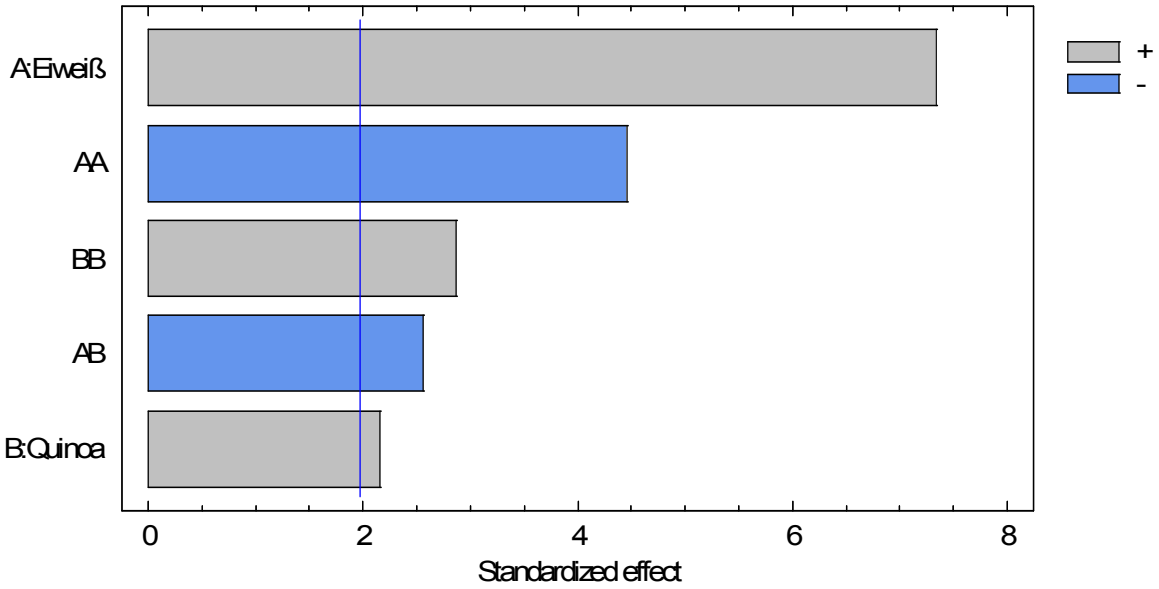

Abb. 16: Standardisiertes Pareto-Diagramm: F_{max} nach der Produktion

Tab. 28: Eiweiß-Quinoa-Riegel: Varianzanalyse für F_{max} nach Produktion

Einfluss	p-Wert
A: Eiweiß	0,0000
B: Quinoa	0,0323
AA	0,0000
AB	0,0113
BB	0,0048
R^2 (%) = 39,754	

Alle Faktoren haben mit der gewählten Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % einen signifikanten Einfluss auf die maximale Kraft nach der Produktion. Ein hoher Anteil an Eiweiß wirkte sich positiv auf F_{max} nach der Produktion aus. Ähnlich verhält es sich bei Quinoa, wobei die Länge des Balkens auf einen weitaus geringeren positiven Einfluss hinweist. Außerdem gibt es einen signifikanten Interaktionseffekt von Eiweiß und Quinoa, der einen negativen Einfluss besitzt.

Das Haupteffekt-Diagramm in Abb. 17 stellt die geschätzte Änderung der maximalen Kraft dar, wenn sich der Eiweiß- bzw. Quinoaanteil von der unteren zur oberen Grenze bewegt. Der Zusammenhang wird in Form von Kurven dargestellt, was auf die signifikant quadratischen Einflüsse von AA und BB im Pareto-Diagramm zurückzuführen ist. Bei Zunahme des Eiweißanteils kommt es zunächst zu einer Zunahme von F_{max}. Die maximale Festigkeit wird bei rund 22,7 g Eiweiß in der Rezeptur erreicht. Danach ist eine Abnahme von F_{max} zu beobachten. Der bedeutendere Einfluss von Eiweiß wird durch den stärkeren Anstieg der Kurve deutlich. Umgekehrt verhält sich die Erhöhung des Quinoaanteils: Hier kommt es zunächst mit zunehmenden Quinoagehalt kurzzeitig zu einer Abnahme der Festigkeit. Die maximale Festigkeit der Riegel wird daraufhin bei 43,2 g Quinoa erreicht. Abb. 18 zeigt das angepasste Modell für die maximale Kraft im Versuchsraum von Quinoa und Eiweiß.

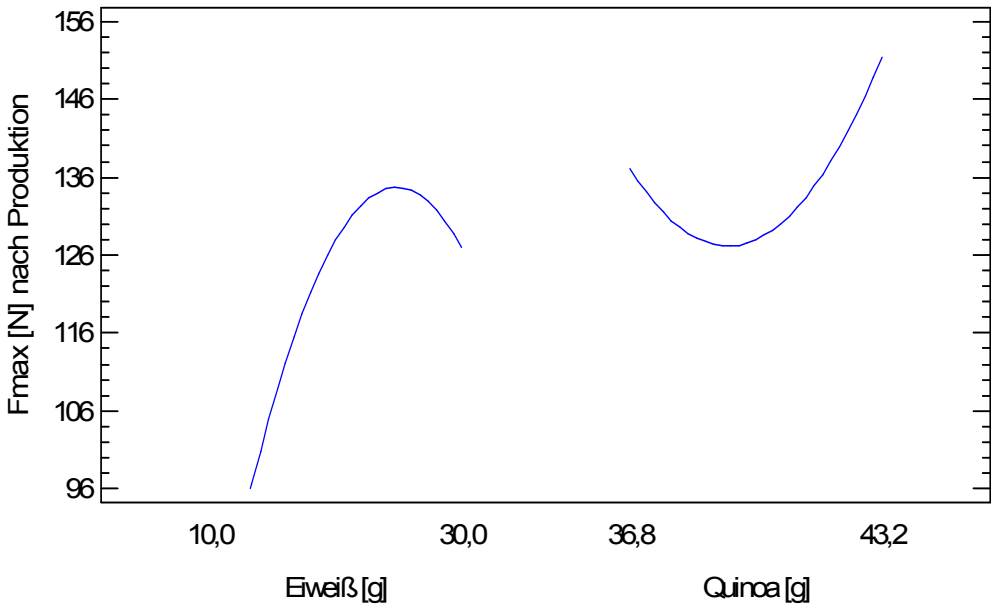

Abb. 17: Haupteffekt-Diagramm: F_{max} [N] nach der Produktion

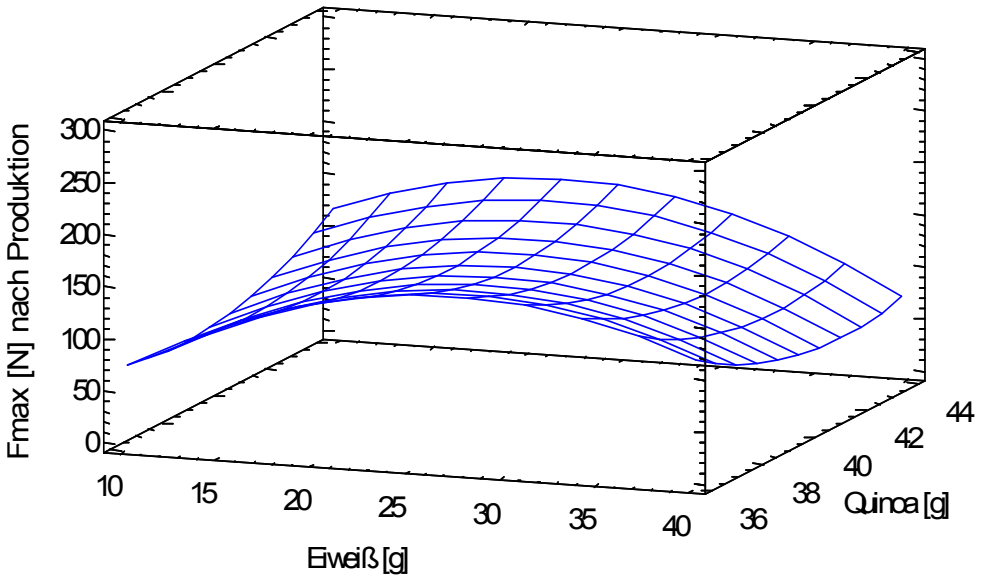

Abb. 18: Zielgrößen-Diagramm: F_{max} [N] nach der Produktion

- *Maximale Kraft nach der Lagerung*

Nach zwei Wochen Lagerung wurde wiederum die maximale Kraft gemessen und die Messwerte mittels StatGraphics ausgewertet. Bei der Varianzanalyse sind zwei p-Werte kleiner als 0,05 (Tab. 29). Die signifikanten Effekte sind im zugehörigen Pareto-Diagramm dargestellt (Abb. 19), wobei nicht signifikante Effekte in dieser Abbildung ausgeschlossen wurden.

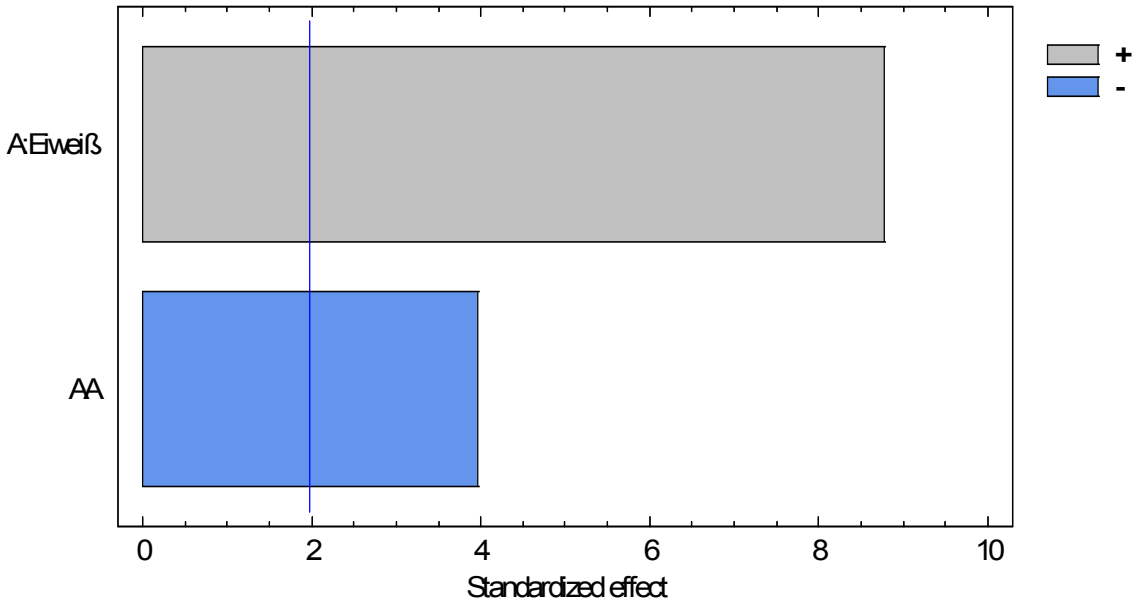

Abb. 19: Standardisiertes Pareto-Diagramm: F_{max} nach der Lagerung

Tab. 29: Eiweiß-Quinoa-Riegel: Varianzanalyse für F_{max} nach Lagerung

Einfluss	p-Wert
A: Eiweiß	0,0000
B: Quinoa	0,7593
AA	0,0001
AB	0,0542
BB	0,6355
R^2 (%) = 40,3457	

Auch nach der Lagerung hatte ein hoher Eiweißanteil als einer der zwei vorhandenen Haupteffekte einen signifikant positiven Einfluss auf die maximale Kraft. Eiweiß wirkt sich aber auch als Effekt zweiter Ordnung negativ auf die Zielgröße aus. Der Anstieg der Kraft bei zunehmendem Eiweißanteil wurde daher in Form einer Kurve dargestellt. Nach Erreichen des Maximums beginnt die Kurve wieder zu fallen, was durch den negativen Einfluss des quadratischen Anteils zu erklären ist. Der Zusammenhang ist in Abb. 20 zu sehen.

Im Zielgrößen-Diagramm in Abb. 21 ist die Zunahme der Kraft bei steigendem Eiweißanteil dargestellt. Die Menge an eingesetztem Quinoa hatte keinen signifikanten Einfluss auf die maximale Kraft nach der Lagerung, was daran erkannt werden kann, dass die Fläche eben im Versuchsraum liegt.

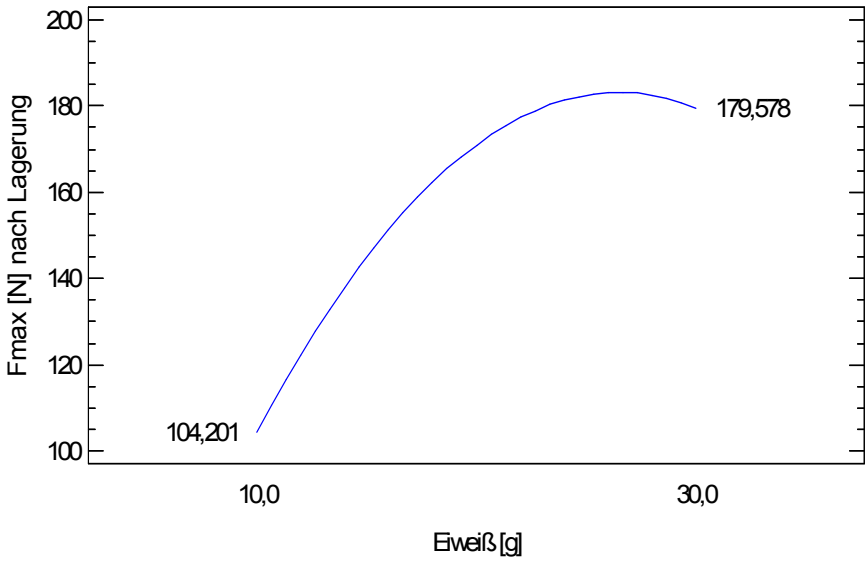

Abb. 20: Haupteffekt-Diagramm: F_{max} [N] nach der Lagerung

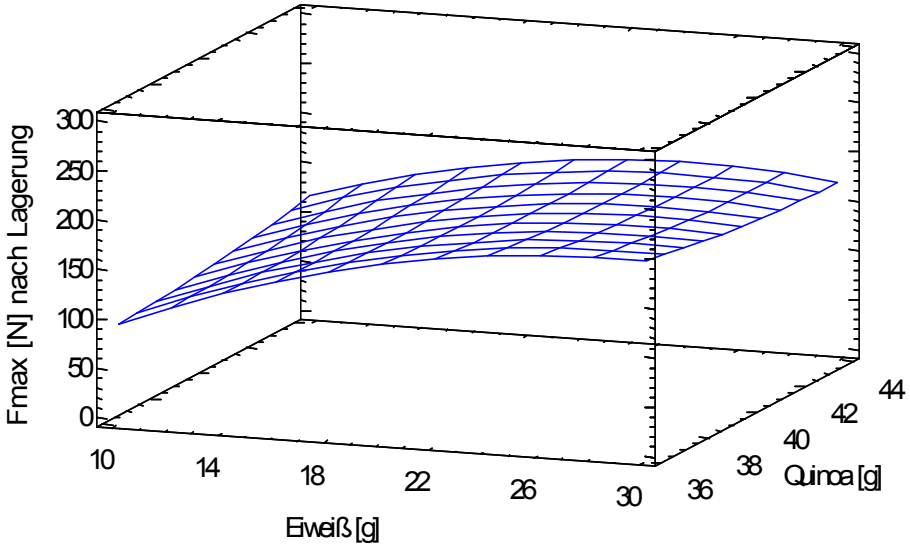

Abb. 21: Zielgrößen-Diagramm: F_{max} [N] nach der Lagerung

Der signifikante Einfluss von Eiweiß auf die Festigkeit der produzierten Riegel wird nochmals in Form von Boxplots in Abb. 22 verdeutlicht. Mit zunehmendem Eiweiß- und konstantem Quinoaanteil (36,8 %) in der Rezeptur, ist eine deutliche Zunahme von F_{max} zu beobachten.

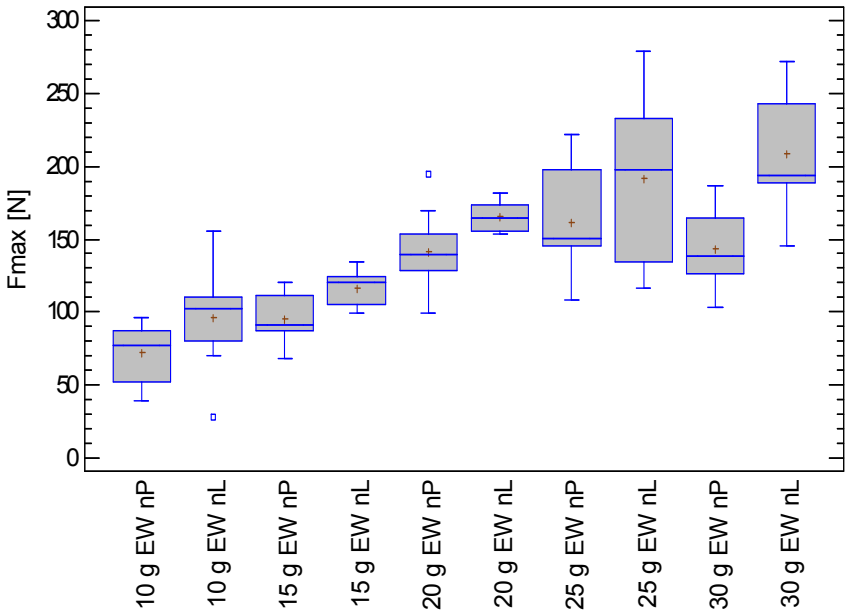

Abb. 22: Zunahme von F_{max} in Abhängigkeit vom Eiweißgehalt und 36,8 % Quinoa (nP= nach Produktion, nL= nach Lagerung)

Die Auswertung zeigte, dass die maximale Kraft nach der Lagerung tendenziell größer war als nach der Produktion. Im Zuge der Lagerung nahm die Festigkeit bei 93 % der Proben zu und es waren durchschnittlich um 32,5 N mehr notwendig,

um den Eiweiß-Quinoa-Riegel zu durchschneiden. Eiweiß und Quinoa wirkten sich positiv auf die maximale Kraft nach der Produktion aus, wobei Eiweiß einen größeren Einfluss besaß. Hohe Kräfte waren bei jenen Proben erforderlich, die einen mittleren Eiweiß- und hohen Quinoaanteil enthielten. Nach der Lagerung war der Einfluss von Eiweiß auf die maximale Kraft nach wie vor signifikant, Quinoa zeigte keinen Einfluss mehr.

Das Hartwerden der Riegel könnte eventuell durch eine höhere Sorbitkonzentration reduziert werden. Sorbit hat die Eigenschaft, im Lebensmittel Wasser zu binden und wird daher als Feuchthaltemittel (und Süßungsmittel) eingesetzt (BALTES und MATISSEK, 2011). Die Süßkraft von Sorbit beträgt nur ca. 60 % von Saccharose. Sorbit gilt als unbedenklich, sodass kein ADI-Wert (Acceptable Daily Intake) festgelegt ist. Aufgrund seiner langsamen Resorptionsgeschwindigkeit im Magen-Darm-Trakt besitzt Sorbit eine laxierende Wirkung. Um dies zu vermeiden, sollte der Schwellenwert von 50 g Sorbit/Tag für Erwachsene nicht überschritten werden. Daher müssen Lebensmittel mit mehr als 10 % Zuckeraustauschstoffe, mit dem Warnhinweis „Kann bei übermäßigem Verzehr abführend wirken“ gekennzeichnet sein (HELLWEGE, 2003).

In beiden Riegeln wurden rund 0,5 % Sorbit eingesetzt. Ein Spielraum zur Erhöhung des Sorbitanteils wäre gegeben, vorausgesetzt, der pikante Geschmack der Riegel bliebe dennoch erhalten.

5.4.1.2 Gelatine-Riegel

Um zu überprüfen, ob es bei den Gelatine-Riegeln zwischen der Festigkeit nach der Produktion und nach der Lagerung einen signifikanten Unterschied gibt, wurden die Kraftmittelwerte der Proben miteinander verglichen. Tab. 30 gibt einen Überblick über die statistischen Daten.

Tab. 30: Gelatine-Riegel: Vergleich der Mittelwerte von F_{max} [N] nach der Produktion und der Lagerung

Probe	F_{max} nach Produktion [N]	F_{max} nach Lagerung [N]	p-Wert
Ch1	137,24	186,74	**0,033**
Ch2	153,23	230,84	**0,001**
Ch3	148,83	171,09	0,279
Ch4	130,59	140,54	0,562
Ch5	158,41	116,782	0,060
Ch6	136,95	114,70	0,362
Ch7	146,31	154,492	0,672
Ch8	150,91	149,58	0,957
Ch9	116,75	128,07	0,484
Ch10	99,29	114,71	0,118
Ch11	130,99	139,41	0,671

Es wurde ein t-Test zum Testen der Hypothese durchgeführt, ob die Mittelwerte der Grundgesamtheiten gleich sind, gegen die Alternativ-Hypothese, dass diese signifikant ungleich sind. Bei der Mehrheit der Proben (neun von elf) liegt der p-Wert über 0,05, sodass die Hypothese über gleiche Mittelwerte angenommen wird. Folglich gibt es keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen der maximalen Kraft nach der Produktion und nach der Lagerung. Nur bei den Proben Ch1 und Ch2, in welchen der Gelatineanteil sehr gering war, mussten nach der Lagerung signifikant höhere Kräfte beim Durchschneiden aufgebracht werden.

Nach der Signifikanztabelle für die einseitige paarweise Vergleichsprüfung (DIN/ISO 5495) ist die Texturveränderung der Gelatine-Riegel während der Lagerung als nicht signifikant (α=0,05) anzunehmen. Im Vergleich zum Eiweiß-Quinoa-Riegel konnte dort eine tendenziell stärkere Zunahme der Festigkeit beobachtet werden (10 von 15 Proben unterschieden sich signifikant).

In Abb. 23 sind die gepaarten Boxplots der Daten dargestellt. Mittelwerte, Mediane und auch die Boxen von Ch3 bis Ch11 decken größtenteils den gleichen Wertebereich ab. Der signifikante Unterschied von Ch1 und Ch2 wird in der Graphik nochmals verdeutlicht. Die Boxen, die die Kraftwerte der zwei Proben nach der Lagerung darstellen, sind deutlich in Richtung höheren Kräftebereich verschoben. Insgesamt sind drei außerhalb der Box liegende Punkte zu sehen. Diese liegen mehr als den 1,5-fachen Quartilsabstand oberhalb bzw. unterhalb der Boxen und werden als „milde Ausreißer“ bezeichnet (ANONYM M, 2010).

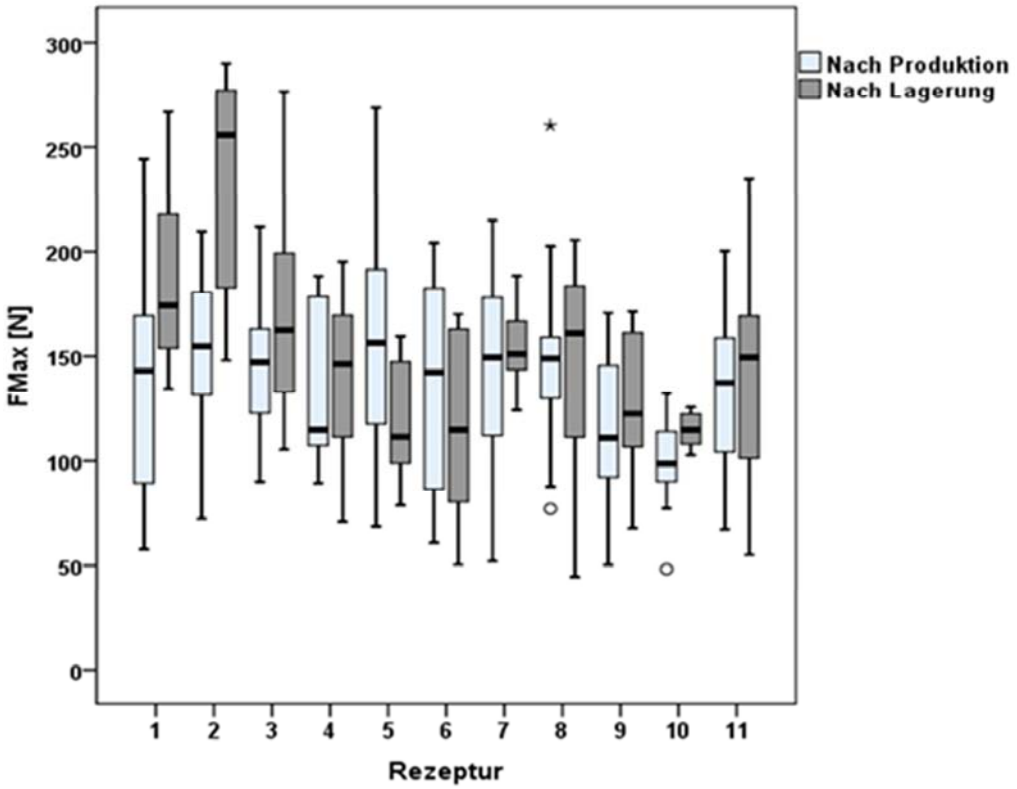

Abb. 23: Gelatine-Riegel: gepaarter Boxplot der Daten von F_{max} [N] nach der Produktion und nach der Lagerung

Da sich die Faktoren Gelatine und Gelatinehydrolysat beim anwenderspezifischen Mischungsplan in jeder Rezeptur auf 10 g ergänzten, wurde deren etwaig vorhandener Einfluss auf Textur und a_w-Wert durch eine einfaktorielle Varianzanalyse untersucht. Einfaktoriell deswegen, weil diese beiden Faktoren vollständig voneinander abhängig sind und sich daher nur wie eine Einflussvariable verhalten. Getrennt betrachtet führten sie jeweils zu den gleichen Ergebnissen und Graphiken mit dem einzigen Unterschied in der Probenbezeichnung.

- *Maximale Kraft nach der Produktion*

Die einfaktorielle Varianzanalyse testet die Hypothese gleicher Mittelwerte der beiden Grundgesamtheiten. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten der einzelnen Rezepturen wäre somit auf den jeweiligen Gelatine- und Gelatinehydrolysatanteil zurückzuführen.

Die Schlüsselgröße der Untersuchung ist wiederum der p-Wert. Die ANOVA-Tabelle zeigt mit 0,1750 einen p-Wert größer als 0,05, was bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % zu einer Annahme der Nullhypothese über gleiche Mittelwerte führt. Es existiert daher kein signifikanter Unterschied zwischen den durchschnittlichen Kräften, die nach der Produktion für das Durchschneiden der Riegel erforderlich waren. Zur graphischen Veranschaulichung dient das Mittelwertanalyse-Diagramm (ANOM) in Abb. 24. Das Diagramm zeigt alle Mittelwerte der elf Rezepturen mit vertikalen Linien, die zum Gesamtmittelwert aller Beobachtungen reichen. Ober- und unterhalb befinden sich die Konfidenzintervalle. Jeder Stichprobenmittelwert, der über diese Grenzen ragt, wird als signifikant verschieden vom Gesamtmittelwert betrachtet (ANONYM M, 2010).

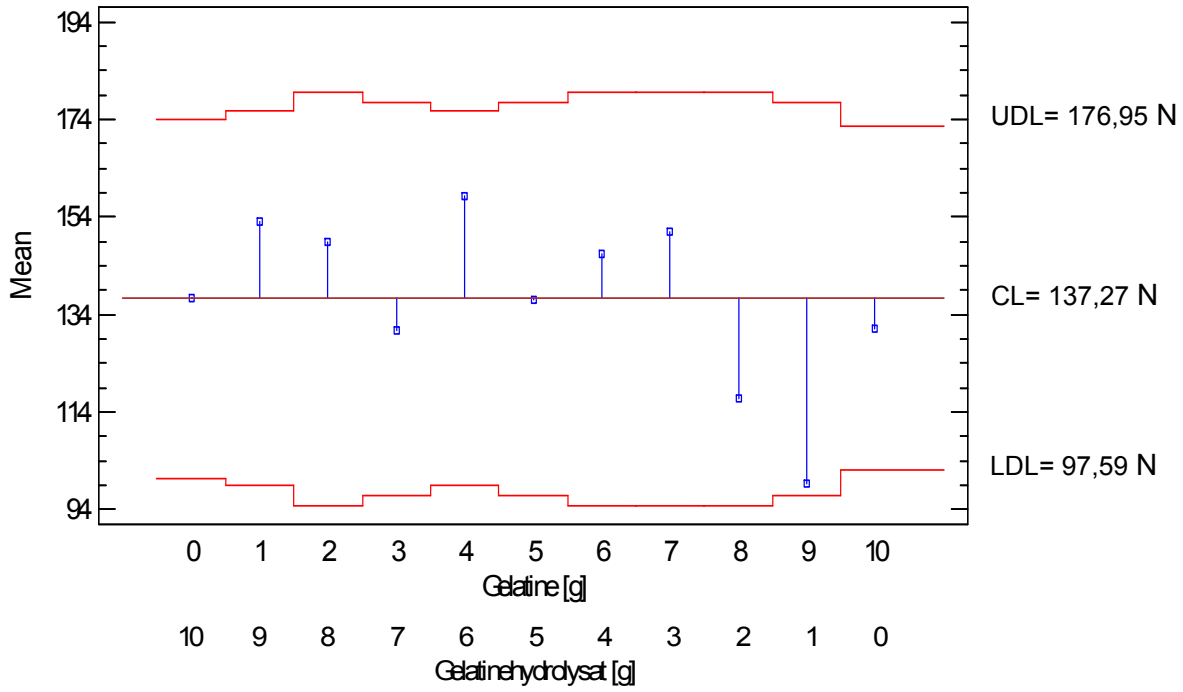

Abb. 24: Mittelwertanalyse-Diagramm mit 95 % Entscheidungsgrenzen: F_{max} [N] nach der Produktion (UDL = upper decision line, CL = center line, LDL = lower decision line)

Die Graphik bestätigt das zuvor durch die Varianzanalyse festgestellte Ergebnis. Alle Stichprobenmittelwerte liegen innerhalb des Intervalls und gelten daher als nicht signifikant verschieden.

- *Maximale Kraft nach der Lagerung*

Abb. 25 gibt einen Überblick über die Lage und Verteilung der Daten nach der Lagerung. Die Varianzanalyse ergab für die Messdaten einen p-Wert von 0,000. Da dieser kleiner als 0,05 ist, wurde die Nullhypothese über gleiche Mittelwerte verworfen. Die Stichprobenmittelwerte wurden bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % als statistisch verschieden betrachtet. Um festzustellen, welche Mittelwerte sich signifikant voneinander unterscheiden, wurde ein Multiple Range Test vorgenommen. Die Ergebnisse sind in Tab. 31 dargestellt.

Gleiche Buchstaben in einer Spalte bilden eine homogene Gruppe, in welcher keine signifikanten Mittelwertdifferenzen auftreten. Die verschiedenen Rezepturen des Gelatine-Versuchsplans untergliedern sich in vier homogene Gruppen. Die Probe Ch2 bildete eine homogene Gruppe für sich, da sie signifikant verschieden von allen anderen ist. Ch4 bis Ch11 bilden Gruppe A und unterscheiden sich signifikant von den Proben Ch1, Ch2 und Ch3. Auffällig ist, dass in diesen drei Proben, welche die höchsten Kraftmittelwerte besitzen (Abb. 25), der Anteil an Gelatine sehr gering war. Ch7 und Ch8 fielen in die Gruppen A, B und C. Hier wären mehr Daten erforderlich, um zu entscheiden, welcher Gruppe sie tatsächlich angehörten.

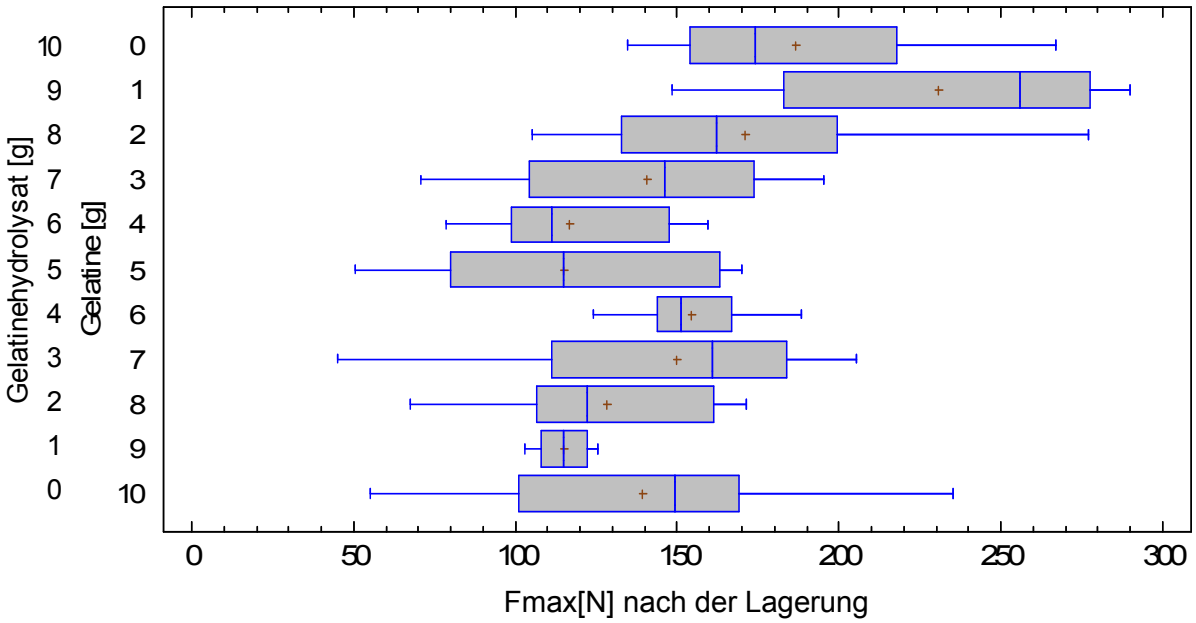

Abb. 25: Boxplots: F_{max} [N] nach der Lagerung

Tab. 31: Multiple Range Test: F_{max} nach der Lagerung

Probe	Gel.hydr. [g]	Gelatine [g]	MW [N]	Homogene Gruppen
Ch6	5	5	114,700	A
Ch10	1	9	114,709	A
Ch5	6	4	116,782	A
Ch9	2	8	128,076	A
Ch11	0	10	139,410	A B
Ch4	7	3	140,541	A B
Ch8	3	7	149,605	A B C
Ch7	4	6	154,492	A B C
Ch3	8	2	171,092	B C
Ch1	10	0	186,742	C
Ch2	9	1	230,843	D

Die Untersuchung der maximalen Kraft hat gezeigt, dass es nach der Produktion und nach der Lagerung keinen signifikanten Unterschied gibt, d.h. die aufzuwendende Kraft für das Durchschneiden der Gelatine-Riegel nach der Produktion und nach der Lagerung war im Mittel gleich. Bei Berücksichtigung der Probenzusammensetzung gab es nach der Produktion keinen signifikanten Unterschied in den Kraftmittelwerten. Möglicherweise ist die Wärmezufuhr im Zuge der vorangegangenen Trocknung für die ähnliche Festigkeit der Riegel

verantwortlich. Erst nach der Lagerzeit machte sich ein unterschiedlicher Gelatine- bzw. Gelatinehydrolysatanteil bemerkbar, da nun durchschnittlich ein signifikant unterschiedlicher Kraftaufwand erforderlich war. Während der Lagerung konnte der Binder die Rohstoffe durchziehen und er hatte Zeit, sich in den Strukturen zu verfestigen. Höhere Kräfte mussten bei den Proben mit niedrigem Gelatine-, aber hohem Hydrolysatanteil aufgebracht werden. Da Gelatinehydrolysat keine Gelierfähigkeit besitzt, ist der Anteil an elastisch-weichem Gel in diesen Proben eher gering. Dies wäre eine mögliche Erklärung für den notwendigen hohen Kraftaufwand beim Durchschneiden der ersten drei Chargen.

Zusammenfassend konnte beim Eiweiß-Quinoa-Riegel eine tendenziell stärkere Texturveränderung während der Lagerzeit beobachtet werden. Es mussten bei beiden Riegel nach der Lagerung durchschnittlich zwischen 150 und 160 N für das Durchschneiden aufgebracht werden. Im Vergleich zu den am Markt erhältlichen süßen Müsliriegeln lag der erforderliche Kraftaufwand nur zwischen 68 und 105 N.

5.4.2 a_w-Wert-Messung

5.4.2.1 Eiweiß-Quinoa-Riegel

Vorerst wurden die gemessenen a_w-Werte der einzelnen Proben nach der Produktion und nach der Lagerung verglichen, um einen eventuell vorhandenen signifikanten Unterschied festzustellen. Tab. 32 gibt eine Übersicht über die statistischen Daten der insgesamt 15 Rezepturen.

Tab. 32: Eiweiß-Quinoa-Riegel: Vergleich der Mittelwerte vom a_w-Wert nach der Produktion und der Lagerung

Probe	a_w-Wert nach Produktion	a_w-Wert nach Lagerung	p-Wert
Pr1	0,506	0,602	**0,008**
Pr2	0,616	0,693	**0,002**
Pr3	0,507	0,547	0,115
Pr4	0,493	0,611	**0,000**
Pr5	0,674	0,743	**0,000**
Pr6	0,561	0,686	**0,000**
Pr7	0,574	0,724	**0,000**
Pr8	0,554	0,650	**0,000**
Pr9	0,651	0,733	**0,007**
Pr10	0,558	0,679	**0,000**
Pr11	0,466	0,645	**0,000**
Pr12	0,558	0,669	**0,000**
Pr13	0,572	0,770	**0,000**
Pr14	0,406	0,537	**0,000**
Pr15	0,610	0,716	**0,001**

Hierfür wurden jeweils die Mittelwerte, die die Lage der Verteilungen beschreiben, miteinander verglichen. Der t-Test testet die Hypothese, dass die Mittelwerte der beiden Grundgesamtheiten gleich sind, gegen die Alternativ-Hypothese, dass diese sich signifikant unterscheiden. Da der p-Wert bei 14 von 15 Proben kleiner als 0,05 ist, wurde die Hypothese über die Gleichheit der Mittelwerte bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % verworfen. Bei allen Proben kam es zu einer Zunahme des a_w-Werts während der Lagerung, wobei diese nur bei Pr3 nicht signifikant ist. Laut Signifikanztabelle für eine einseitige

paarweise Vergleichsprüfung (DIN/ISO 5495) existiert ein statistisch signifikanter Unterschied im a_w-Wert nach der Produktion und nach der Lagerung.

In Abb. 26 sind die gepaarten Boxplots der Proben zu sehen. Die Boxplots sind über einen breiten Datenbereich verteilt, wobei die Boxplots nach der Lagerung stets über den Boxplots nach der Produktion angeordnet sind. Die a_w-Werte konzentrierten sich nach der Produktion zwischen 0,50 und 0,60, nach der Lagerung war die Mehrheit der Messwerte zwischen 0,62 und 0,71 zu finden.

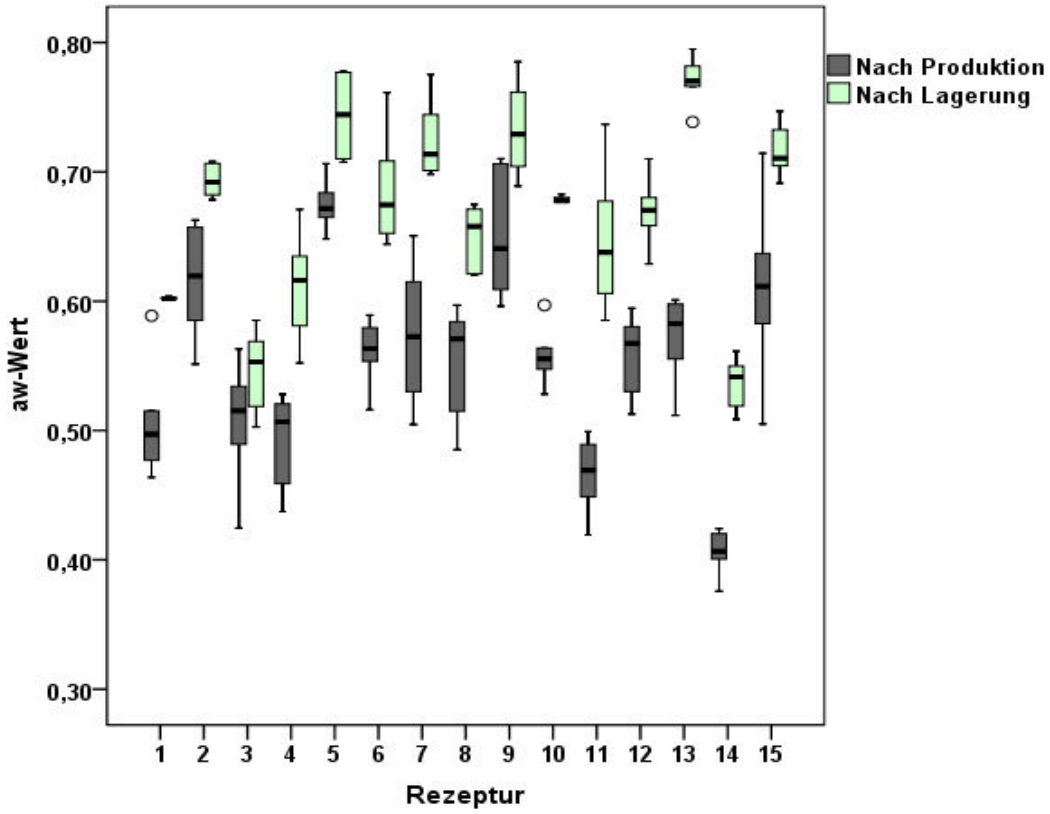

Abb. 26: Eiweiß-Quinoa-Riegel: gepaarte Boxplots der Daten des a_w-Werts nach der Produktion und nach der Lagerung

Der a_w-Wert nahm innerhalb der zwei Wochen Lagerzeit durchschnittlich um ca. 0,1-Einheiten zu. Grund hierfür könnte wiederum die Retrogradation der Stärke sein.

Um einen Eindruck zu erhalten, wie sich der a_w-Wert nach den zwei Wochen weiter verhält, wurde von den ersten vier Rezepturen der a_w-Wert noch nach zwei zusätzlichen Wochen Lagerung bestimmt. Das Ergebnis gibt Abb. 27 wieder. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Wasseraktivität nach weiteren zwei Wochen Lagerung weiter anstieg. Während der zweiwöchigen Lagerzeit nahm die

Wasseraktivität um durchschnittlich 15,8 % zu. Nach weiteren zwei Wochen erhöhte sich der a_w-Wert nur mehr um durchschnittlich 4,9 %.

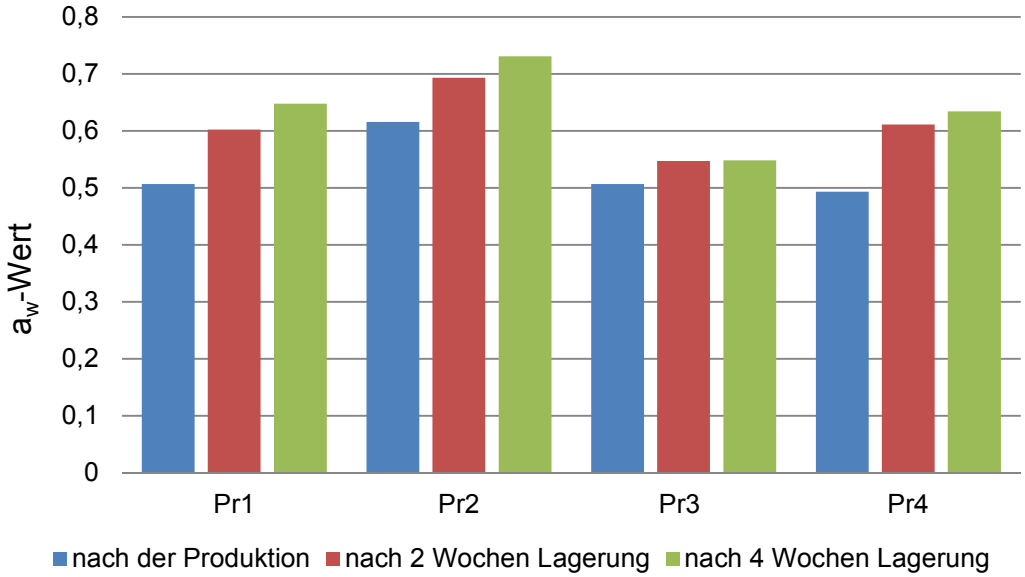

Abb. 27: Eiweiß-Quinoa-Riegel: a_w-Wert nach der Produktion, nach zwei und vier Wochen Lagerung.

- *a_w-Wert nach der Produktion*

Mit Hilfe der Varianzanalyse wurde untersucht, welche Effekte einen signifikanten Einfluss auf den a_w-Wert nach der Produktion haben. Es wurden zwei Haupteffekte mit einem p-Wert kleiner als 0,05 identifiziert (Tab. 33), die im Standardisierten Pareto-Diagramm dargestellt sind (Abb. 28). Eiweiß und Quinoa besaßen einen signifikant positiven Einfluss auf die Zielgröße, nicht signifikante Effekte werden in Abb. 28 nicht angezeigt.

Das Haupteffekt-Diagramm in Abb. 29 stellt die geschätzte Änderung des a_w-Wertes dar, wenn Eiweiß bzw. Quinoa von der unteren bis zur oberen Grenze variiert werden. Eiweiß hatte einen wesentlich größeren Einfluss als Quinoa, da es bei Zunahme des Eiweißanteils zu einem stärkeren Anstieg des a_w-Wertes kam. Die Abhängigkeit des a_w-Werts vom Eiweißgehalt wird in Abb. 30 verdeutlicht. Im Zielgrößen-Diagramm (Abb. 31) repräsentiert die Höhe der drahtgitterförmigen Fläche den Modellwert für den a_w-Wert nach der Produktion. Der höchste a_w-Wert wurde beim höchsten Eiweiß- und höchsten Quinoaanteil erreicht.

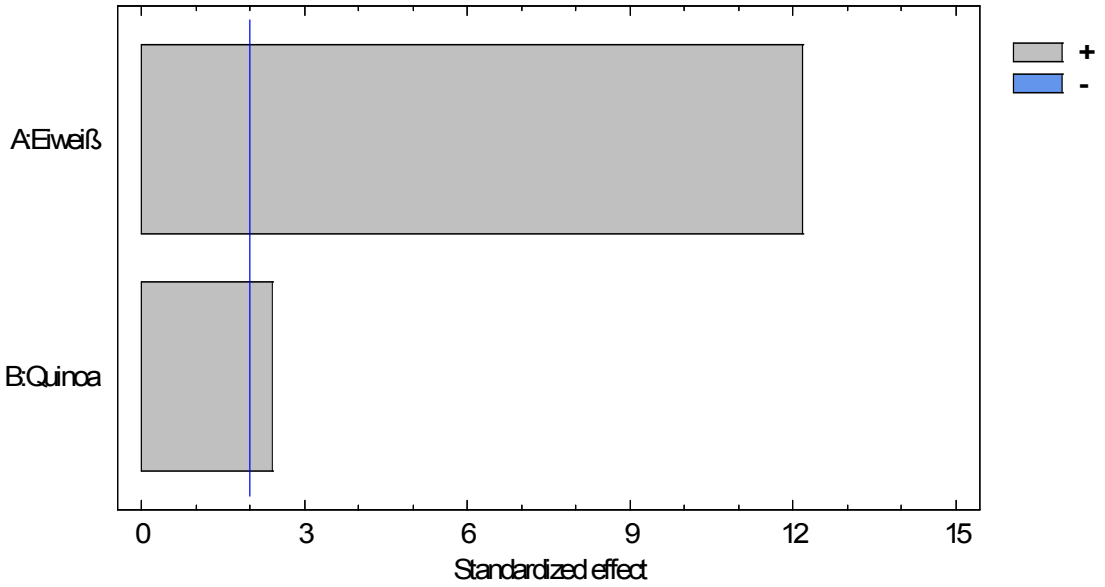

Abb. 28: Standardisiertes Pareto-Diagramm: a_w-Wert nach der Produktion

Tab. 33: Eiweiß-Quinoa-Riegel: Varianzanalyse für a_w-Wert nach Produktion

Einfluss	p-Wert
A: Eiweiß	0,0000
B: Quinoa	0,0191
AA	0,8395
AB	0,6144
BB	0,3096
R^2 (%) = 63,4799	

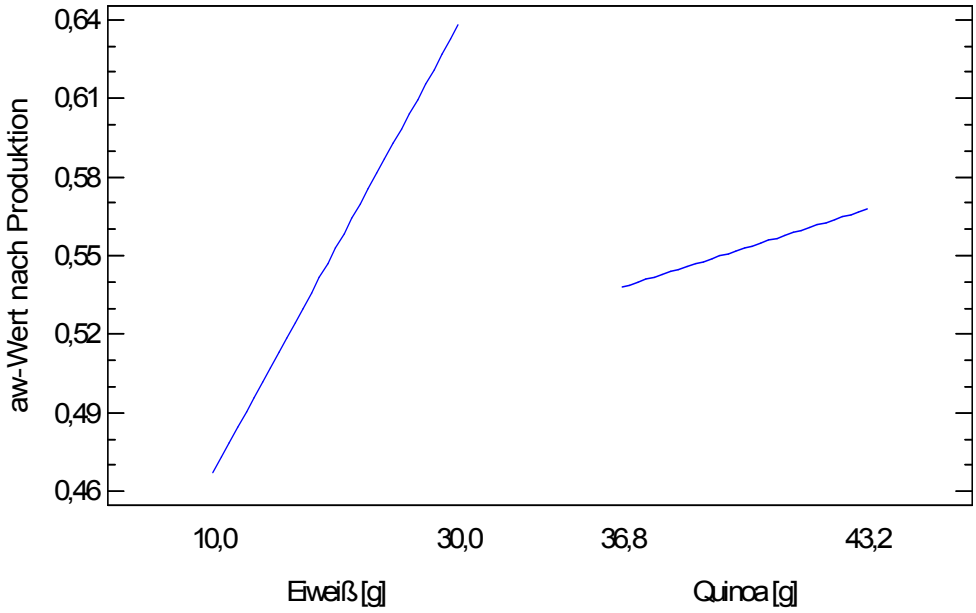

Abb. 29: Haupteffekt-Diagramm: a_w-Wert nach der Produktion

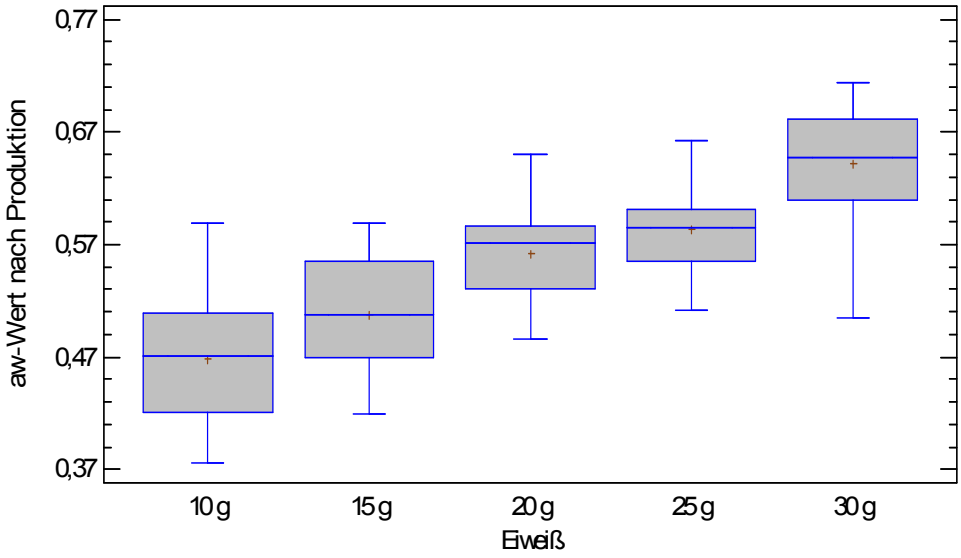

Abb. 30: Zunahme des a_w-Werts nach der Produktion in Abhängigkeit vom Eiweißgehalt.

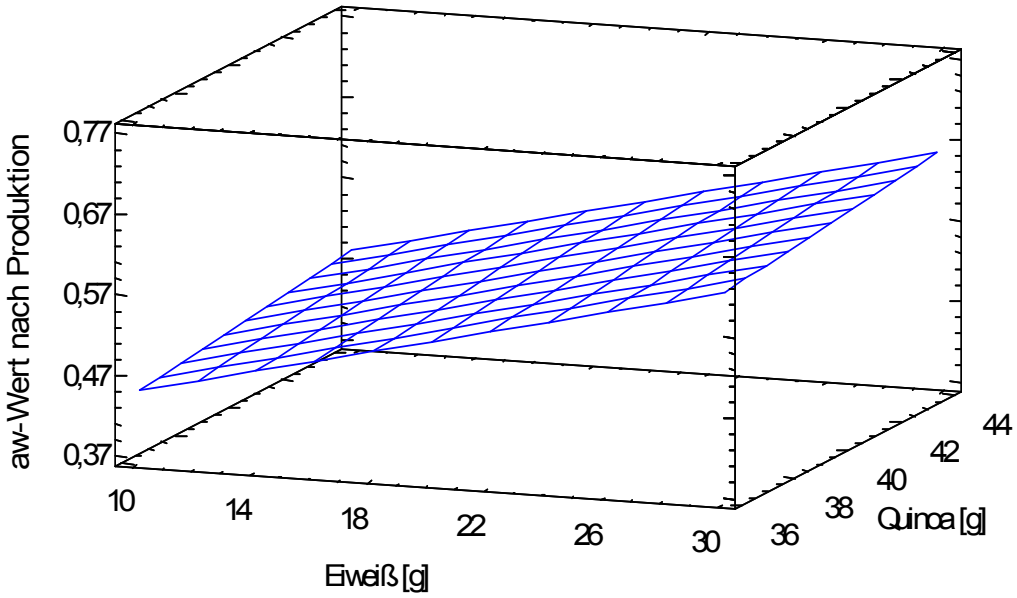

Abb. 31: Zielgrößen-Diagramm: a_w-Wert nach der Produktion

Um eine möglichst lange Haltbarkeit des Produktes zu gewährleisten, muss ein minimaler a_w-Wert angestrebt werden. StatGraphics ermöglicht dies mit Hilfe des zuvor angepassten Modells (Abb. 31) durch Optimierung der Zielgröße.

Basierend auf einem numerischen Suchverfahren innerhalb des Versuchsraumes definiert das Programm schließlich jene Faktoreinstellungen, die zur Zielerreichung (Minimierung des a_w-Werts) erforderlich sind. Als optimale Faktoreinstellungen wurden ein Eiweißanteil von 10 g und ein Quinoaanteil von 36,8 g vorgeschlagen. Diese Rezeptur entspricht Pr14 des Eiweiß-Quinoa-Versuchsplans. Tatsächlich besaß diese Rezeptur einen niedrigen a_w-Wert, in der

Realität war keine Bindung der Komponenten gewährleistet. Die Probe erzeugte beim Schneiden viel Bruch, auch beim Verkosten konnte diese Komposition von Eiweiß und Quinoa nicht überzeugen.

- *a_w-Wert nach der Lagerung*

Die ANOVA-Tabelle bestimmte vier signifikante Effekte mit einem p-Wert kleiner als 0,05 bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % (Tab. 34). Diese sind im Standardisierten Pareto-Diagramm (Abb. 32) dargestellt, wobei grau gefärbte Balken einen positiven und blau gefärbte Balken einen negativen Einfluss verdeutlichen. Nicht signifikante Effekte sind nicht dargestellt. Eiweiß wirkte sich positiv auf die Zielgröße aus, hat aber auch einen negativen quadratischen Effekt. Ein signifikant positiver Effekt bedeutet immer eine Zunahme der Wasseraktivität, die aber nachteilig für die Produkthaltbarkeit ist.

Quinoa beeinflusste den a_w-Wert nach der Lagerung als Haupteffekt und als Effekt zweiter Ordnung negativ. Die quadratischen Anteile der Parameter führen zur Darstellung der Effekte in Form von Kurven (Abb. 33). Wie in Abb. 33 und 34 ersichtlich, nimmt der a_w-Wert zunächst mit zunehmendem Eiweißanteil zu. Auch Quinoa führte zunächst kurzzeitig zu einem Anstieg des a_w-Wertes. Nachdem das Maximum der Kurve im Haupteffekt-Diagramm erreicht wird, kommt es zu einer Abnahme des a_w-Wertes. Dieser Punkt wird im Zielgrößen-Diagramm dargestellt, wenn die Fläche die maximale Krümmung erreicht hat (Abb. 34).

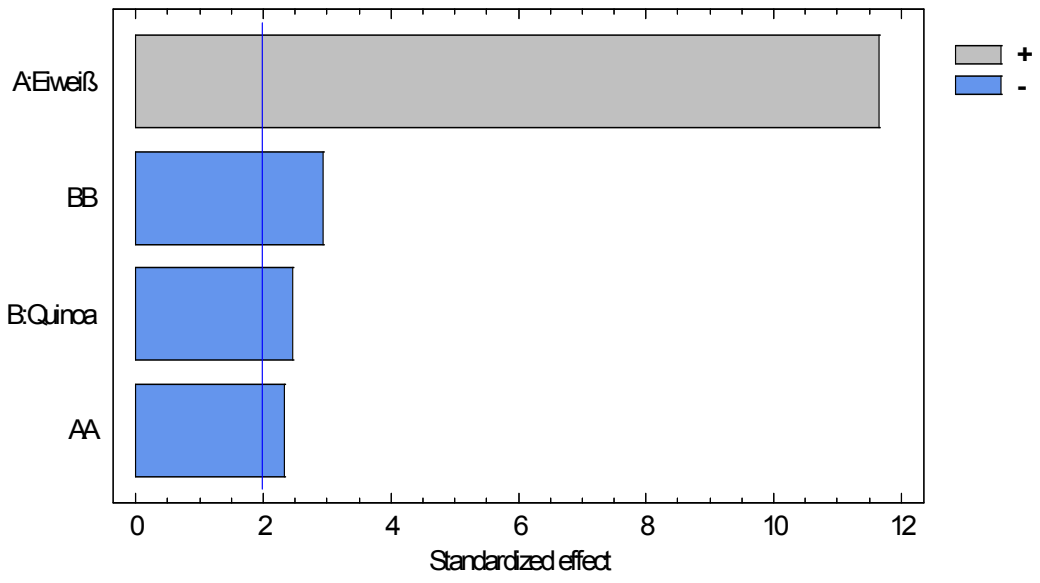

Abb. 32: Standardisiertes Pareto-Diagramm: a_w-Wert nach der Lagerung

Tab. 34: Eiweiß-Quinoa-Riegel: Varianzanalyse für a_w-Wert nach Lagerung

Einfluss	p-Wert
A: Eiweiß	0,0000
B: Quinoa	0,0126
AA	0,0169
AB	0,1466
BB	0,0028
R^2 (%) = 63,3404	

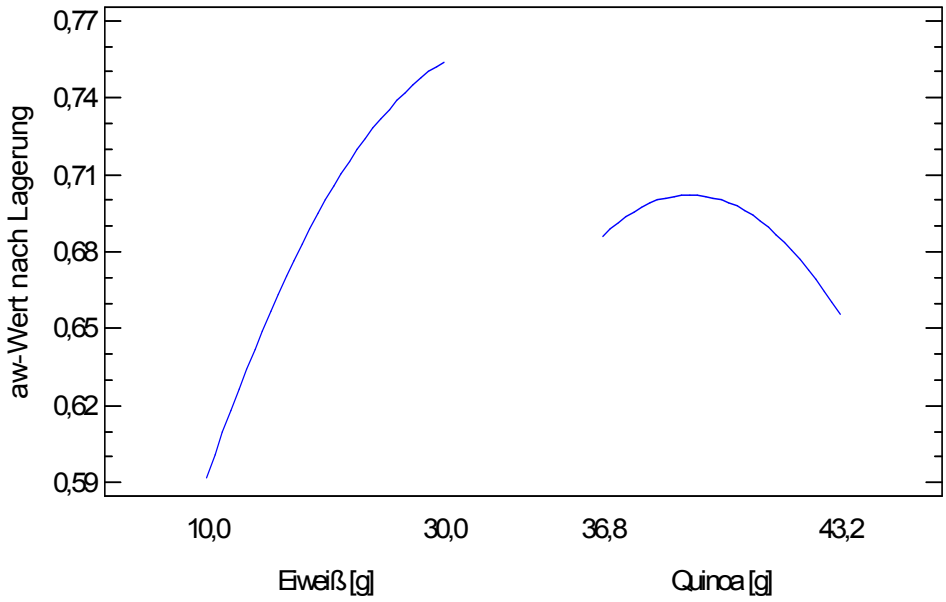

Abb. 33: Haupteffekt-Diagramm: a_w-Wert nach der Lagerung

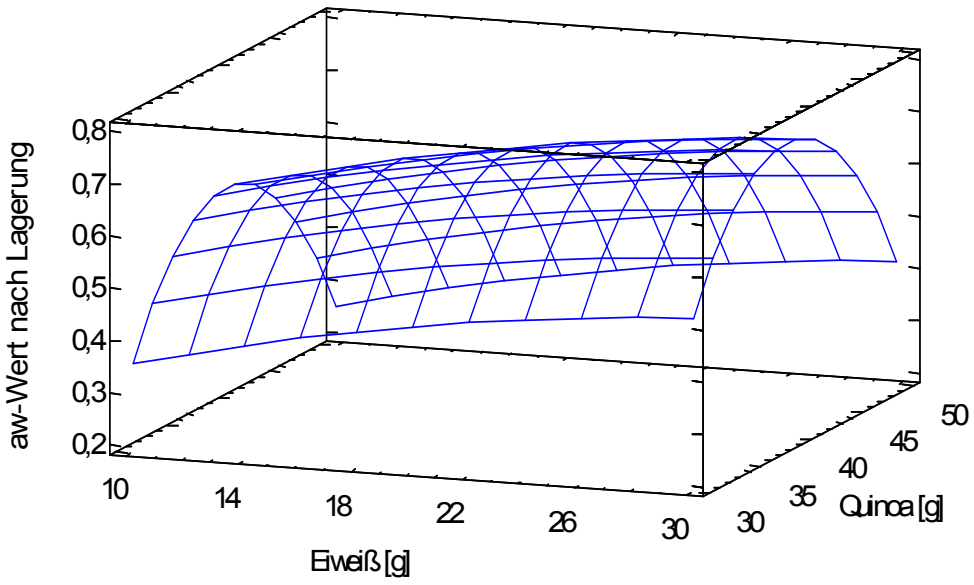

Abb. 34: Zielgrößen-Diagramm: a_w-Wert nach der Lagerung

Die starke Abhängigkeit des a_w-Werts von der eingesetzten Menge an Eiweiß wird in Abb. 35 verdeutlicht. Je mehr Eiweiß die Proben enthielten, desto höher war deren Wasseraktivität nach der Lagerung.

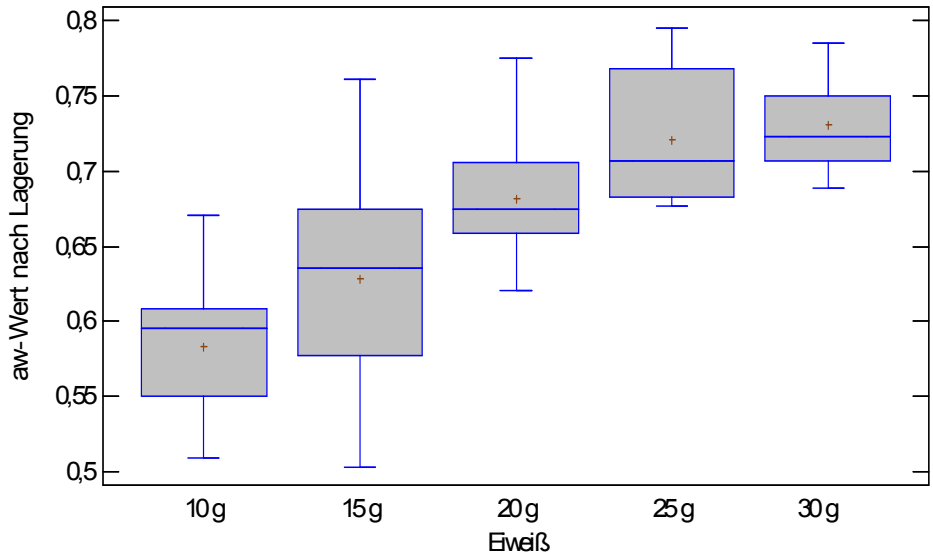

Abb. 35: Zunahme des a_w-Werts nach der Lagerung in Abhängigkeit vom Eiweißgehalt.

Die Varianzanalyse ergab, dass Eiweiß und Quinoa einen signifikant positiven Einfluss auf den a_w-Wert nach der Produktion hatten. Die hohe Abhängigkeit von Eiweiß kann auf den hohen Wassergehalt des Hühnereiklars (ca. 87,5 %) (BALTES und MATISSEK, 2011) zurückgeführt werden. Auch der Quinoa wurde vor seiner Verarbeitung gekocht und absorbierte während des Kochvorgangs Wasser. Nach der Lagerung bestand weiterhin ein signifikant positiver Einfluss durch Eiweiß. Interessant ist, dass der positive Effekt des Quinoas in einen negativen Effekt umschlug, d.h. dass nun ein niedriger a_w-Wert bei einem hohen Quinoaanteil erreicht werden konnte. Eine Vermutung wäre die Bindung des frei verfügbaren Wassers durch das Quinoakorn. Je mehr Quinoa in der Rezeptur eingesetzt wurde, desto mehr Wasser wurde chemisch gebunden und konnte durch die Messung nicht mehr erfasst werden.

5.4.2.2 Gelatine-Riegel

Ob es beim Gelatine-Riegel zu einer signifikanten Änderung des a_w-Wertes im Zuge der Lagerung gekommen ist, wurde durch den Vergleich des durchschnittlichen a_w-Werts nach der Produktion und nach der Lagerung der einzelnen Proben untersucht. Tab. 35 zeigt eine Auflistung der relevanten Daten.

Tab. 35: Gelatine-Riegel: Vergleich der Mittelwerte vom a_w-Wert nach der Produktion und der Lagerung

Probe	a_w-Wert nach Produktion	a_w-Wert nach Lagerung	p-Wert
Ch1	0,594	0,649	**0,000**
Ch2	0,614	0,608	0,743
Ch3	0,583	0,633	**0,006**
Ch4	0,612	0,634	0,184
Ch5	0,605	0,660	**0,006**
Ch6	0,633	0,682	**0,002**
Ch7	0,613	0,667	**0,018**
Ch8	0,565	0,651	**0,000**
Ch9	0,603	0,655	**0,006**
Ch10	0,589	0,673	**0,000**
Ch11	0,574	0,636	**0,000**

Der t-Test zum Vergleich der Stichprobenmittelwerte ergab neun p-Werte kleiner als 0,05, sodass die Nullhypothese verworfen und die Mittelwerte als statistisch verschieden betrachtet werden müssen. Mit Ausnahme von Ch2 konnte bei allen Proben eine Zunahme des a_w-Werts beobachtet werden. Die Daten sind in Form von gepaarten Boxplots in Abb. 36 ersichtlich.

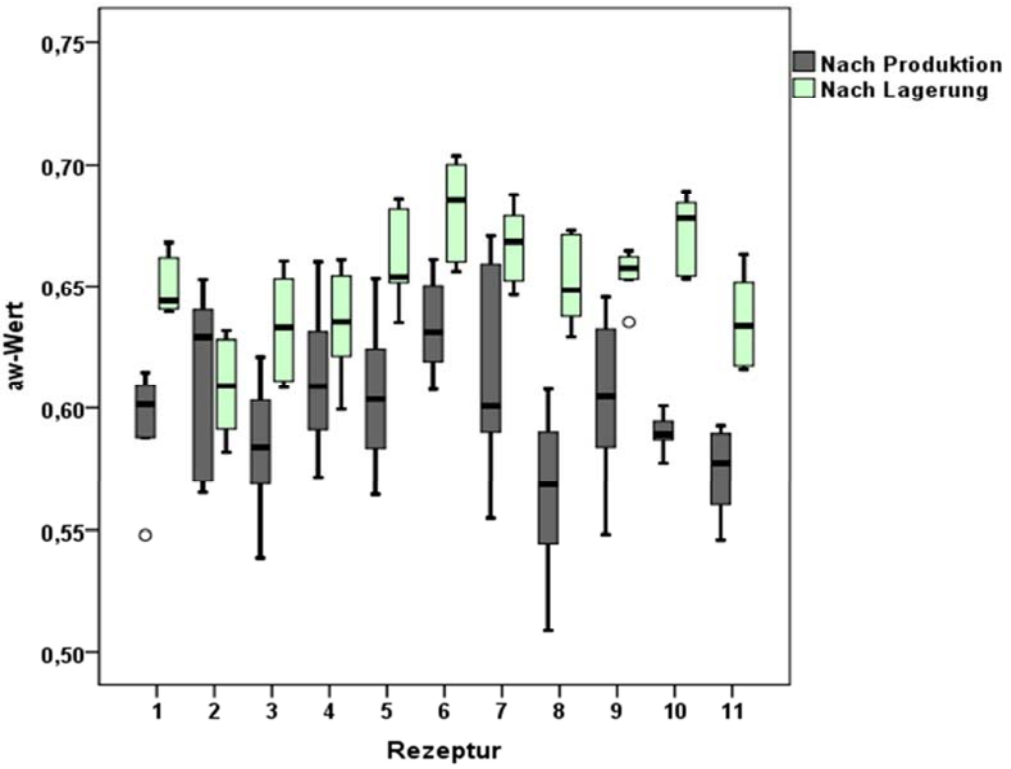

Abb. 36: Gelatine-Riegel: gepaarte Boxplots der Daten des a_w-Werts nach der Produktion und nach der Lagerung

Wie schon beim Eiweiß-Quinoa-Riegel beobachtet, nahm auch die Wasseraktivität des Gelatine-Riegels während der zwei Wochen Lagerzeit zu. Um einen Eindruck zu bekommen, wie sich der a_w-Wert nach den zwei Wochen weiterhin verhielt, wurden von den ersten vier Chargen nach zwei zusätzlichen Wochen Lagerung erneut Messungen vorgenommen. Das Ergebnis gibt Abb. 37 wieder und zeigt, dass sich die Wasseraktivität der Produkte auch nach vier Wochen noch nicht auf einen Gleichgewichtswert eingependelt hat.

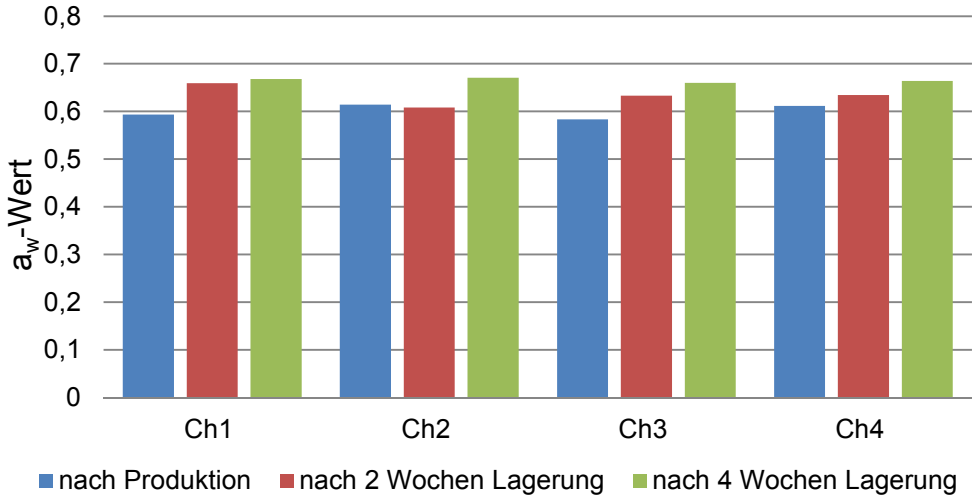

Abb. 37: Gelatine-Riegel: a_w-Wert nach der Produktion, nach zwei und vier Wochen Lagerung

Die durchschnittliche Zunahme des a_w-Werts betrug in den ersten zwei Wochen 5,5 %, nach vier Wochen war ein weiterer Anstieg von durchschnittlich 5,2 % zu verzeichnen. Der a_w-Wert der Eiweiß-Quinoa-Riegel nahm im Vergleich zu den Gelatine-Riegeln in den ersten zwei Wochen um das 3-fache zu (15,8 %). Nach weiteren zwei Wochen betrug die prozentuelle Zunahme, ähnlich wie bei den Gelatine-Riegeln, nur mehr rund 5 %.

- *a_w-Wert nach der Produktion*

Mittels Varianzanalyse wurde auf signifikante Unterschiede zwischen den Probenmittelwerten geprüft. Sind diese vorhanden, wurde mit Hilfe des Multiple Range Tests (Tab. 36) bestimmt, welche Mittelwerte sich signifikant unterscheiden. Als Kriterium für die Annahme oder Ablehnung der Nullhypothese ($\mu_1=\mu_2$) diente wiederum der p-Wert, der mit 0,0132 unter dem Signifikanzniveau von 0,05 lag. Praktisch bedeutete dies, dass sich die einzelnen a_w-Mittelwerte der Proben signifikant voneinander unterschieden. Da sich alle Proben in der Herstellung und Zusammensetzung glichen und der Unterschied nur in der eingesetzten Gelatine- und Gelatinehydrolysatmenge bestand, kann dieser signifikante Unterschied auf das Bindemittelpaar zurückgeführt werden. Die Boxplots in Abb. 38 geben einen graphischen Überblick über die Verteilung der Daten.

Der Multiple Range Test definierte vier homogene Gruppen mit signifikanten Unterschieden zwischen den Mittelwerten der Proben. Der größte bestand zwischen den Proben Ch6 und Ch8, ein weiterer zwischen Ch6 und Ch11. Während sich die Zusammensetzungen von Ch6 und Ch8 nur wenig unterscheiden, sind in Ch11 im Vergleich zu Ch6 doppelt so viel Gelatine und kein Gelatinehydrolysat enthalten.

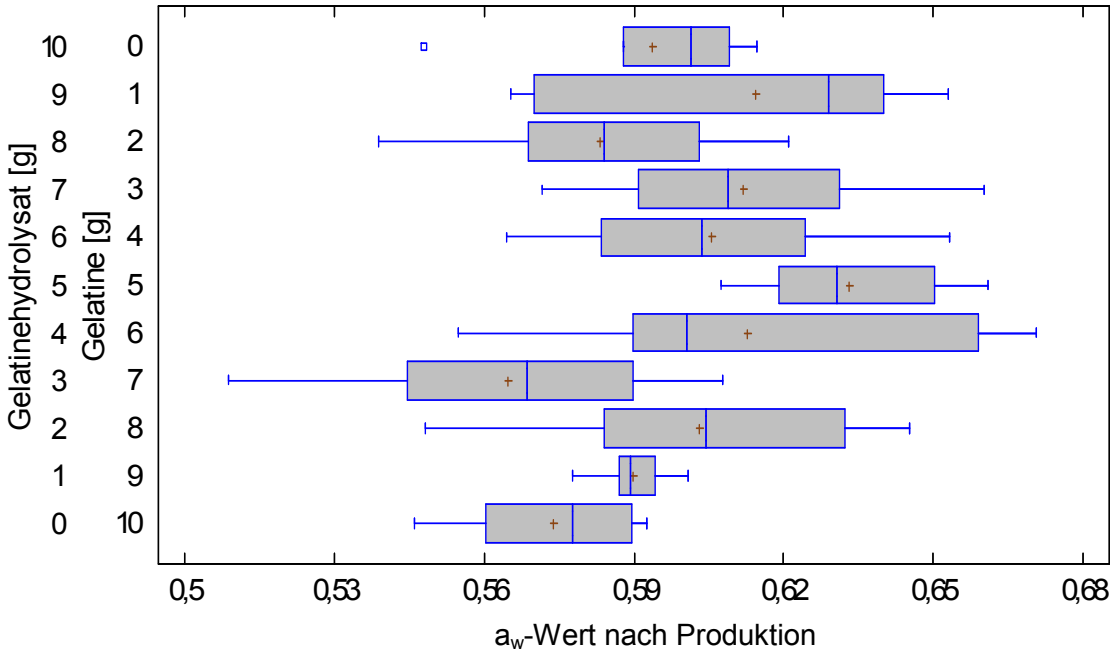

Abb. 38: Boxplots: a_w-Wert nach der Produktion

Tab. 36: Multiple Range Test: a_w-Wert nach der Produktion

Probe	Gel.hydr. [g]	Gelatine [g]	MW	Homogene Gruppen
Ch8	3	7	0,5647	A
Ch11	0	10	0,5740	A B
Ch3	8	2	0,5833	A B C
Ch10	1	9	0,5898	A B C
Ch1	10	0	0,5938	A B C
Ch9	2	8	0,6032	B C D
Ch5	6	4	0,6055	B C D
Ch4	7	3	0,6120	C D
Ch7	4	6	0,6126	C D
Ch2	9	1	0,6144	C D
Ch6	5	5	0,6333	D

StatGraphics erstellte mit Hilfe der Daten ein quadratisches Modell, das es möglich macht, die optimalen Faktoreinstellungen zur Minimierung des a_w-Werts zu berechnen. Demnach müsste der Anteil an Gelatine maximiert und der Hydrolysatanteil minimiert werden, um die Wasseraktivität im Produkt möglichst gering zu halten. Die optimalen Faktoreinstellungen wären 10 g Gelatine und 0 g Gelatinehydrolysat. Tatsächlich zeigte diese Rezeptur in der Praxis einen niedrigen a_w-Wert mit 0,5740.

- *a_w-Wert nach der Lagerung*

Die Vorgehensweise zur Auswertung war die gleiche wie nach der Produktion. Die Varianzanalyse ergab nach der Lagerung mit 0,000 einen p-Wert kleiner als 0,05 bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 %. Dies lässt wiederum darauf schließen, dass sich die durchschnittlichen a_w-Werte zwischen den einzelnen Rezepturen des Versuchsplans signifikant unterschieden. Damit wird auch bestätigt, was zuvor ein Blick auf die Boxplots in Abb. 39 schon vermuten ließ. Die einzelnen Boxen sind über einen breiten Datenbereich verstreut, es gibt nur wenige, die direkt übereinander liegen. Zwischen welchen Proben ein Unterschied bestand, musste mit Hilfe des Multiple Range Tests genauer untersucht werden. Die zugehörigen Ergebnisse sind in Tab. 37 aufgelistet.

Das Ergebnis zeigt sechs homogene Gruppen. Der größte signifikante Unterschied bestand zwischen den Proben Ch2 und Ch6, was auch im Boxplot deutlich erkennbar ist. Deren Boxplots liegen in großen Abständen zueinander und decken sich nicht. Außerdem unterschieden sich die Proben der homogenen Gruppen B und C mit jenen der homogenen Gruppe F signifikant. Einige Proben (Ch1, Ch5 und Ch7-Ch9) waren in zumindest drei homogenen Gruppen gleichzeitig vertreten, was kaum einen Zusammenhang zwischen der Bindemittelzusammensetzung und der Wasseraktivität erkennen lässt. Hier wären mehr Daten für eine eindeutige Zuordnung zu homogenen Gruppen notwendig gewesen.

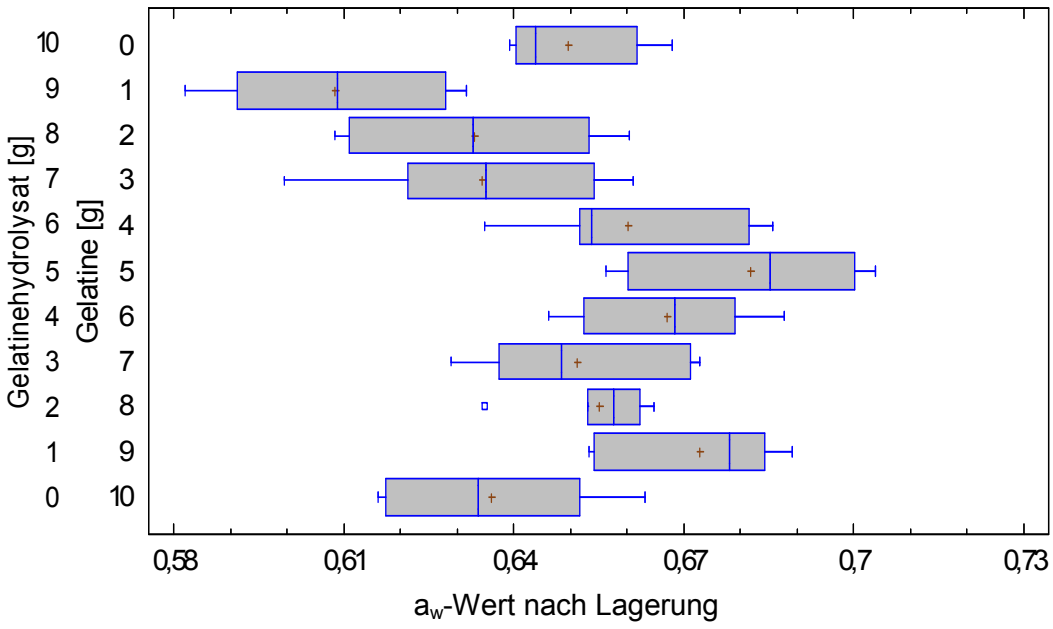

Abb. 39: Boxplots: a_w-Werte nach der Lagerung

Tab. 37: Multiple Range Test: a_w-Wert nach der Lagerung

Probe	Gel.hydr. [g]	Gelatine [g]	MW	Homogene Gruppen
Ch2	9	1	0,6085	A
Ch3	8	2	0,6332	B
Ch4	7	3	0,6344	B C
Ch11	0	10	0,6360	B C
Ch1	10	0	0,6496	B C D
Ch8	3	7	0,6512	B C D E
Ch9	2	8	0,6550	C D E
Ch5	6	4	0,6602	D E F
Ch7	4	6	0,6670	D E F
Ch10	1	9	0,6728	E F
Ch6	5	5	0,6818	F

Die Wasseraktivität ist für die Qualität und Lagerstabilität des Produkts ein entscheidender Faktor und stellte in dieser Arbeit das Hauptproblem dar. Verglichen mit der Wasseraktivität handelsüblicher süßer Müsliriegel war der a_w-Wert bereits nach der Produktion der Riegel zu hoch. Die Messung der Wasseraktivität kommerzieller Produkte ergab einen durchschnittlichen Wert von 0,45. Dort kann der a_w-Wert durch einen hohen Zuckeranteil niedrig gehalten werden, während dies bei einem pikanten Müsliriegel nicht möglich ist. Durch längeres Trocknen konnte zwar das Problem der zu hohen Wasseraktivität gelöst werden. Begleiterscheinungen der Trocknung waren, dass die Produkte geschmacklich nicht mehr überzeugen konnten und eine Bindung der Komponenten nicht mehr gegeben war.

Der durchschnittliche a_w-Wert des Eiweiß-Quinoa-Riegels lag nach der Produktion zwischen 0,41 und 0,67 und nach der Lagerung zwischen 0,53 und 0,77. Beim Gelatine-Riegel lag der durchschnittliche a_w-Wert nach der Produktion zwischen 0,56 und 0,63, nach der Lagerung stieg dieser auf 0,60 bis 0,68 an. Nach vier Wochen Lagerung musste bei beiden Riegeln ein weiterer Anstieg verzeichnet werden.

Durch den relativ hohen Anteil an ungebundenem Wasser könnte das Wachstum von Hefen und Schimmelpilzen (z.B. *Aspergillus*-Spezies) nicht ausgeschlossen werden. Da alle physikalischen Möglichkeiten der Konservierung

weitestgehend ausgeschöpft wurden, bliebe nur noch die Verlängerung der Haltbarkeit durch chemische Konservierungsmittel (z.B. Sorbinsäure).

Die Ursache für den starken Anstieg der Wasseraktivität im Zuge der Lagerung ist vermutlich nicht auf die Verpackung, sondern auf chemische Reaktionen innerhalb des Produktes zurückzuführen. Da bei der Verpackung der Riegel die Umgebungsluft 1:1 durch Stickstoff ersetzt wurde, kann eine Wasseraufnahme durch die Luft ausgeschlossen werden. Zudem kam, dass das Verpackungsmaterial wasserdampfundurchlässig war. Wahrscheinlicher ist, dass wasserhaltige Zutaten (beispielsweise Tomaten) gebundenes Wasser abgaben. Letztlich sei noch die Ungenauigkeit der Messung erwähnt. Der a_w-Wert der Probe wurde maßgeblich davon beeinflusst, ob die für die Messung entnommene Probe vom Rand oder der Mitte des Riegelteppichs stammte. Auch Temperaturschwankungen könnten ein Grund für ungenaue Messwerte sein.

5.4.3 Beliebtheitstest

Unter Berücksichtigung von Geschmack, Bindung und a_w-Wert konnten bei der Verkostung im kleinen Kreis die Rezepturen von Pr11 des Eiweiß-Quinoa-Versuchsplans und Ch8 des Gelatine-Versuchsplans überzeugen, sodass diese zur Verkostung kamen.

Insgesamt nahmen 77 Prüfpersonen an der Verkostung teil. Der Prüfort, nämlich eine Universität, wirkte sich auf die Altersverteilung aus (Abb. 40), da vorrangig Studenten zum Mitmachen bewegt werden konnten. Demnach lag das durchschnittliche Alter der teilnehmenden Personen bei 23,5 Jahren. Bei Betrachtung der Prüfpersonen nach ihrer Geschlechtszugehörigkeit waren 60 % weiblich und 38 % männlich, 2 % der Prüfpersonen machten hierzu keine Angabe (Abb. 41).

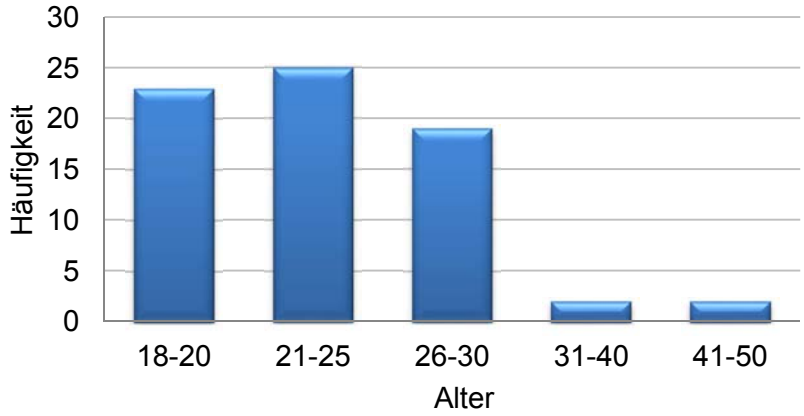

Abb. 40: Splittung der Prüfpersonen nach dem Alter

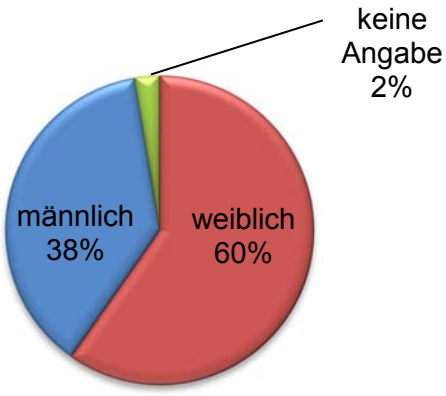

Abb. 41: Splittung der Prüfpersonen nach dem Geschlecht

Zur Erhebung der Verzehrshäufigkeit von Müsliriegeln wurden die Prüfpersonen befragt, wie oft sie dieses Produkt konsumieren. In Abb. 42 ist das Ergebnis graphisch dargestellt. 38 % der befragten Personen konsumieren Müsliriegel nur selten, der größere Teil mit 62 % konsumiert zumindest 1 x pro Monat einen Müsliriegel. Unter den Testpersonen war niemand, der täglich Müsliriegel konsumiert, aber immerhin isst jeder zehnte 1 x pro Woche und jeder fünfte mehrmals im Monat einen Müsliriegel. Es konnte kein Zusammenhang zwischen der Verzehrshäufigkeit und den Beliebtheitsurteilen festgestellt werden. Das Ergebnis zeigt, dass Müsliriegel von der Mehrheit der Probanden in regelmäßigen Abständen konsumiert werden und dass es einen stabilen Markt für diese Produktgruppe gibt.

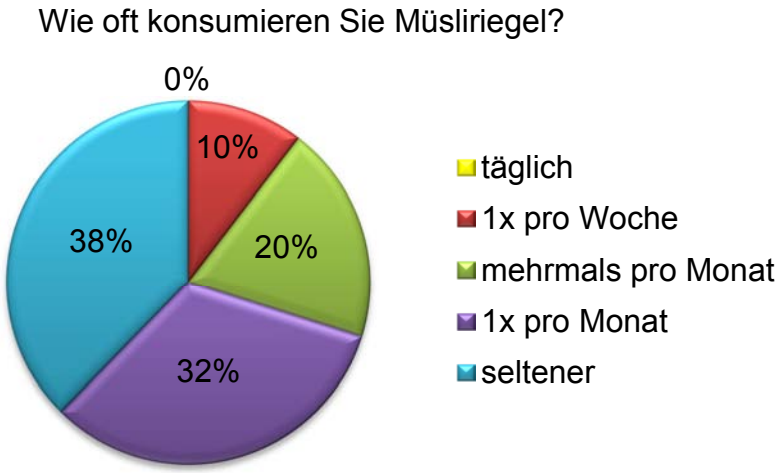

Abb. 42: Verzehrshäufigkeit von Müsliriegeln

Abb. 43 zeigt das Ergebnis auf die Frage, ob sich die Probanden vorstellen könnten, statt eines süßen Müsliriegels einen pikanten Müsliriegel zu konsumieren. Darauf antworteten erstaunliche 59,7 % mit „Ja“, während 40,3 % diese Frage verneinten. Dass rund 60 % einen pikanten Müsliriegel gegenüber einem „klassischen“ süßen präferieren, ist ein Zeichen dafür, dass die Konsumentenakzeptanz gegenüber einer neuen, salzigen Geschmacksrichtung durchaus gegeben ist.

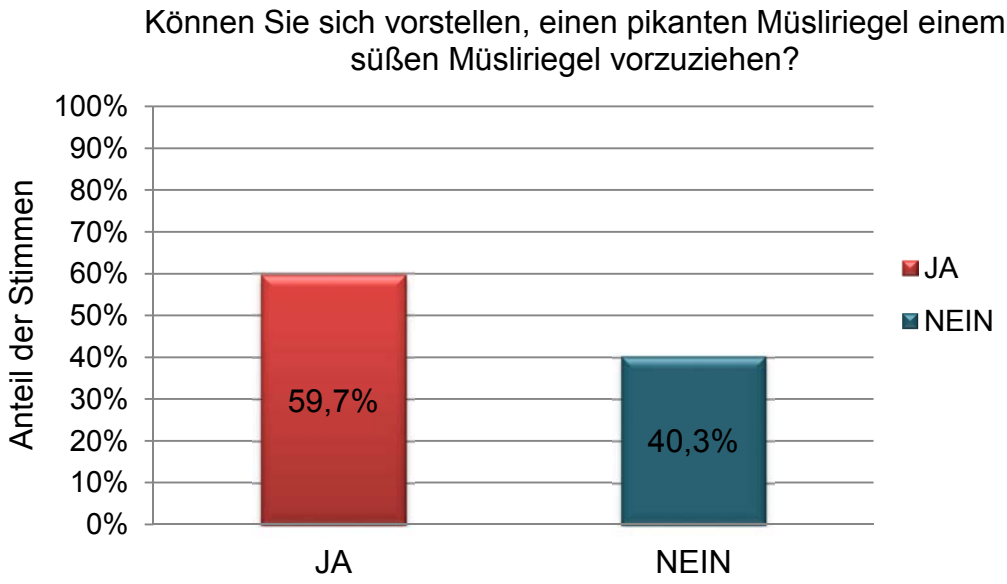

Abb. 43: Konsumentenakzeptanz gegenüber pikante Müsliriegel

Neben den demographischen Daten wurden im zweiten Teil des Fragebogens konkrete Fragen gestellt, die die Beliebtheit der beiden produzierten Müsliriegel und deren Attribute betrafen. Abb. 44 zeigt, wie sehr den Probanden die einzelnen Attribute auf einer Skala von eins bis neun zusagten, wobei eins für „sagt mir gar nicht zu“ und neun für „sagt mir sehr zu“ stand. Die einzelnen Punkte in der Graphik stellen hierbei jeweils die Mittelwerte der Bewertungen dar.

Beide Proben wurden hinsichtlich ihrer Eigenschaften durchschnittlich bewertet, wobei der Eiweiß-Quinoa-Riegel in allen sechs Eigenschaften besser abschnitt. Größere Unterschiede in der Beliebtheit sind hinsichtlich des Aussehens, Geruchs und Geschmacks der beiden Riegel zu erkennen, hier wurde der Gelatine-Riegel um durchschnittlich 0,8-Einheiten schlechter bewertet. Die Knusprigkeit beider Riegel wurde von den Prüfpersonen in etwa als gleich angenehm beurteilt, ähnlich verhielt es sich mit dem Attribut „salzig“. Einen größeren Unterschied in der Beliebtheit zeigte sich bei der Frage, wie angenehm das Tomatenaroma der Riegel empfunden wurde. Hier schnitt der Gelatine-Riegel um fast zwei Noten schlechter als der Eiweiß-Quinoa-Riegel ab, was auch im Spider-Plot deutlich erkennbar ist. Die Urteile wurden zudem getrenntgeschlechtlich ausgewertet. Es zeigten sich nur minimale Unterschiede in den Bewertungen, sodass auf die graphische Darstellung verzichtet wurde.

Während der Spiderplot aus den Mittelwerten der Daten konstruiert wurde, gibt die „Top-3-Box“ in Abb. 45 einen besseren Überblick über die genaue

Punktevergabe für die einzelnen Attribute. Sie gibt den Anteil an Prüfpersonen an, die die jeweilige Ausprägung mit einer der drei höchsten Bewertungen (sieben, acht oder neun) beurteilt haben. Beim Eiweiß-Quinoa-Riegel wurde das Aussehen und „tomatig“ durchschnittlich von jedem zweiten mit den Höchstnoten bewertet. Beim Gelatine-Riegel vergab im Durchschnitt nur jeder fünfte eine der drei höchsten Bewertungen bei Beurteilung der Attribute „Geruch“ und „tomatig“.

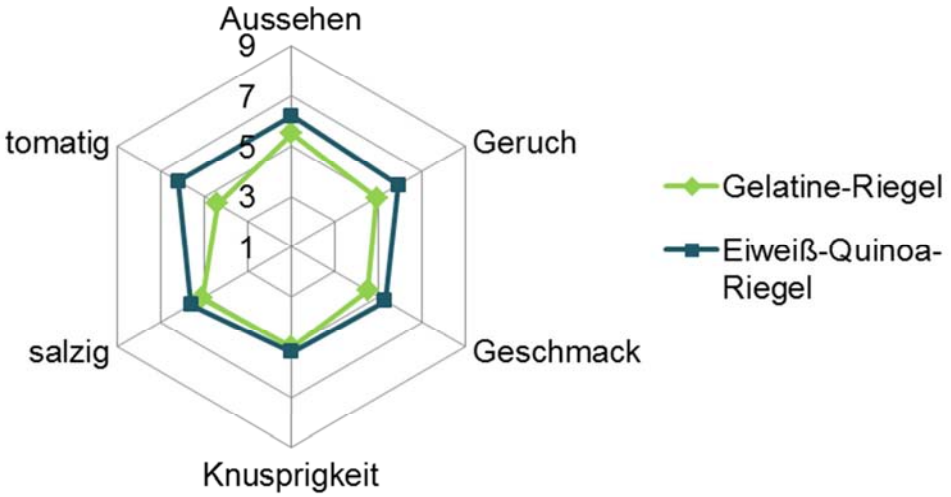

Abb. 44: Spiderplot der Attribute

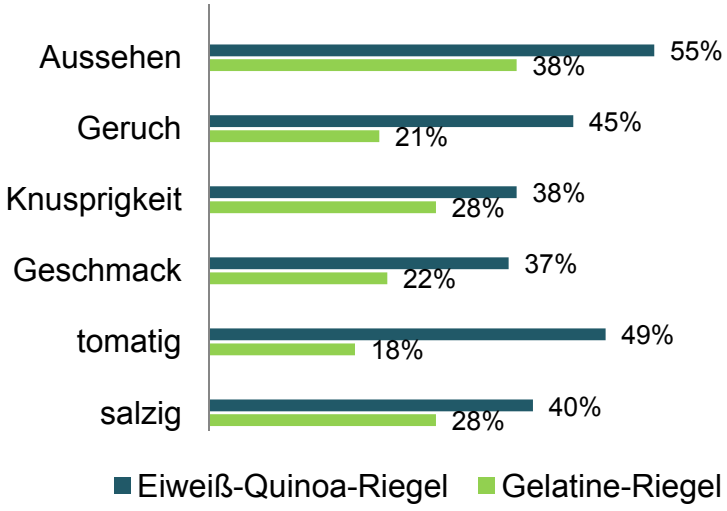

Abb. 45: Top-3-Box der Attribute

Abschließend wurde noch erhoben, welcher Riegel den Probanden mehr zusagte. 68,8 % der Prüfpersonen präferierten den Eiweiß-Quinoa-Riegel, 31,2 % bevorzugten den Gelatine-Riegel (Abb. 46). Dieses Ergebnis bestätigt die in

Abb. 44 und 45 sich abzeichnende Tendenz der Prüfpersonen zum Eiweiß-Quinoa-Riegel.

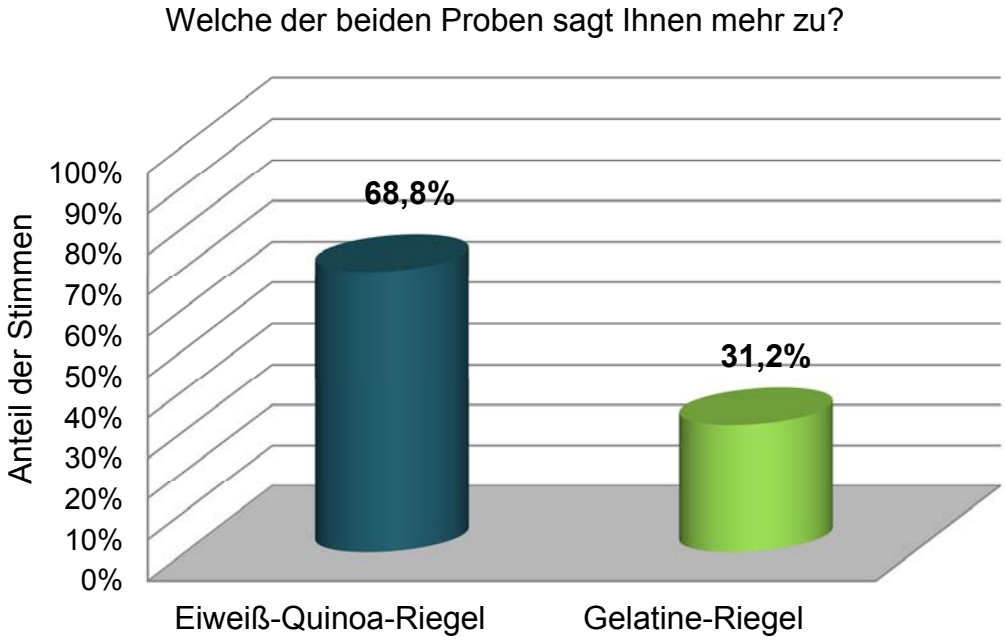

Abb. 46: Beliebtheitsurteil der Prüfpersonen

6 Schlussfolgerungen

Das Bestreben dieser Diplomarbeit war es, einen Müsliriegel mit pikantem Geschmack zu entwickeln. Ein würzig-herzhafter Geschmack schloss automatisch die Verwendung süß schmeckender Bindemittel aus, sodass die Hauptaufgabe darin bestand, ein für dieses Vorhaben geeignetes Bindemittel zu finden. Wie in einem Dreieck (Abb. 47) stellte jeder Eckpunkt eine wesentliche Komponente des Endproduktes dar. Diese Komponenten galt es zunächst zu entwickeln und dann zu optimieren. Alle drei Komponenten des Produktes standen in Abhängigkeit zueinander, was zusätzlich eine Feinabstimmung erforderlich machte.

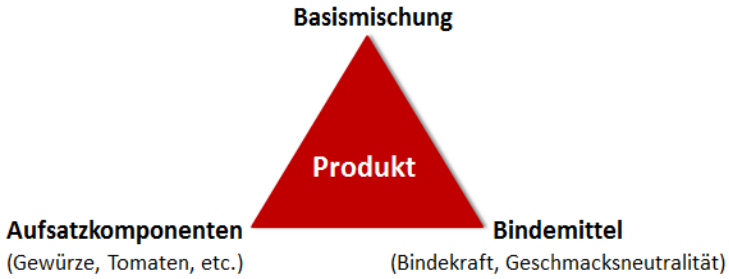

Abb. 47: Produktentwicklung

Für die Basismischung (z.B. verarbeitetes Getreide, Samen, Körner) wurden zwei Rezepturen entwickelt, die den technologischen und ernährungsphysiologischen Anforderungen gerecht werden konnten. Daraufhin wurde in zahlreichen Bindemittelversuchen der Zusammenhalt der Basismischung angestrebt. Nach anfänglichen Rückschlägen hatten sich zwei Bindemittelpaare bewährt: Gelatine und Gelatinehydrolysat sowie Eiweiß und gekochter Quinoa. Nachdem die Eignung als Binder festgestellt war, folgten weitere Versuche, um deren minimale bzw. maximale Konzentration im Produkt zu bestimmen. Bei Unterschreitung des minimalen Bindemittelanteils war die Bindung der Rohstoffe nicht mehr gegeben, ein zu hoher Anteil des Bindemittels machte sich durch sensorische Mängel bemerkbar. Der optimale Anteil von Quinoa lag bei 25 %, der von Eiweiß bei rund 21,5 %, bezogen auf die Gesamtmasse. Gelatine und Gelatinehydrolysat lieferten bereits bei Einsatz von ca. 2 % zufriedenstellende Ergebnisse. In dieser Arbeit konnte mit Eiweiß und Quinoa zudem ein vegetarisches Bindemittel entwickelt werden, sodass sich auch vegetarische Kunden von diesem Produkt angesprochen fühlen.

Die Komplettierung des Produktes erfolgte durch geschmacksgebende Zutaten. Aus der Vielfalt möglicher Geschmacksrichtungen entstand letztendlich ein mediterraner Tomaten-Basilikum-Riegel mit zwei unterschiedlichen Bindemitteln.

Im nächsten Teil der Arbeit wurden in Abhängigkeit der Bindemittelzusammensetzung die Wasseraktivität und die maximale Kraft gemessen, die für das Durchschneiden der Riegel erforderlich war. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Festigkeit des Eiweiß-Quinoa-Riegels während der Lagerung tendenziell zunahm, d.h. es wurden durchschnittlich um 32,5 N mehr benötigt, um die Riegel zu durchtrennen. Je höher der Eiweiß- und Quinoaanteil, desto härter waren die Riegel und desto mehr Kraft musste für das Durchtrennen aufgebracht werden. Beim Tomaten-Basilikum-Riegel mit Gelatine und Gelatinehydrolysat als Binder nahm die Festigkeit während der Lagerung nicht signifikant zu. Auch nach der Produktion der Müsliriegel konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Kraftmittelwerten der Proben ausgemacht werden. Erst nach der Lagerung machte sich ein unterschiedlicher Gelatine bzw. Gelatinehydrolysatanteil in der Festigkeit bemerkbar. Tendenziell höhere Kräfte mussten bei jenen Proben mit niedrigem Gelatine-, aber hohem Hydrolysat-Anteil aufgebracht werden.

Für die Lagerstabilität der Produkte war die Messung der Wasseraktivität entscheidend. Der durchschnittliche a_w-Wert des Eiweiß-Quinoa-Riegels lag nach der Produktion zwischen 0,41 und 0,67, nach der Lagerung lag dieser zwischen 0,53 und 0,77. Um die Wasseraktivität niedrig zu halten, müsste ein minimaler Anteil an Eiweiß und Quinoa eingesetzt werden, sodass gerade noch eine Bindung der Rohstoffe gewährleistet werden kann. Ähnlich verhielt sich der Gelatine-Riegel mit einem durchschnittlichen a_w-Wert nach der Produktion zwischen 0,56 und 0,63 und nach der Lagerung zwischen 0,60 bis 0,68. Zur Reduktion des a_w-Wertes müsste der Anteil an Gelatine maximiert und der Hydrolysatanteil minimiert werden. Auch nach vier Wochen Lagerung nahm bei beiden Riegeln die Wasseraktivität weiter zu. Die Senkung des a_w-Wertes stellte bei der Entwicklung eines pikanten Müsliriegels ein zentrales Problem dar, welches im Rahmen dieser Arbeit nicht gelöst werden konnte.

Abschließend wurden in einer Verkostung die Konsumentenakzeptanz für Müsliriegel mit pikantem Geschmack und die Beliebtheit der entwickelten Tomaten-Basilikum-Riegel erhoben. Beim Beliebtheitstest wurden die entwickelten

Produkte hinsichtlich der zu beurteilenden Kriterien ähnlich bewertet, wobei die Beliebtheitsurteile durchschnittlich ausfielen. Beim Präferenztest wurde der Eiweiß-Quinoa-Riegel von ca. 70 % der Prüfpersonen gegenüber dem Gelatine-Riegel bevorzugt. Die Verkostung hat gezeigt, dass die Mehrheit der Probanden Müsliriegel in regelmäßigen Abständen konsumierten und dass es einen stabilen Markt für diese Produktgruppe gibt. Ca. 60 % konnten sich vorstellen, einen pikanten einem süßen Müsliriegel vorzuziehen, was das vorhandene Potential dieser Produktidee aufzeigte. Die Mehrheit der befragten Konsumenten wäre offen für neue Geschmacksrichtungen und zählt daher zum potentiellen Kundenkreis.

7 Zusammenfassung

Die rasche Energiezufuhr, sein guter Geschmack und seine handliche Form sind nur einige Gründe, warum Müsliriegel weltweit großen Anklang finden. Aufgrund des wachsenden Ernährungsbewusstseins der Konsumenten werden häufig Müsliriegel anstelle von Süßigkeiten konsumiert. Verarbeitetes Getreide in Kombination mit Nüssen und Früchten werden vom Konsumenten oft mit einer gesunden, ausgewogenen Ernährung assoziiert. Wegen des hohen Bindemittelanteils (40 – 60 %) und seiner Zusammensetzung definieren Kritiker einen Müsliriegel eher als eine hoch verarbeitete Industrie-Süßigkeit als einen gesunden Snack.

Da vorwiegend süße Müsliriegel den Markt dominieren, sollte in dieser Arbeit ein pikantes Gegenstück entwickelt werden. Dies erforderte den Einsatz möglichst geschmacksneutraler Bindemittel, welche mit Gelatine und Gelatinehydrolysat einerseits und Eiweiß und Quinoa andererseits gefunden werden konnten. Das Ergebnis war ein mediterraner Tomaten-Basilikum-Riegel mit zwei unterschiedlichen Bindemitteln, deren physikalische Eigenschaften (Textur, Wasseraktivität) in Abhängigkeit von der Bindemittelzusammensetzung untersucht wurden. Die Messungen haben gezeigt, dass die Wasseraktivität bereits nach der Produktion der Riegel zu hoch war und im Zuge der Lagerung weiterhin anstieg. Weiters konnte ein signifikanter Einfluss der Bindemittelkomponenten auf die Wasseraktivität festgestellt werden. Obwohl die Möglichkeiten der physikalischen Konservierung ausgeschöpft wurden, konnte eine hohe Lagerstabilität, wie sie für süße Müsliriegel charakteristisch ist, in dieser Diplomarbeit nicht erreicht werden.

Die sensorische Prüfung der Produkte zeigte eine starke Bevorzugung des Tomaten-Basilikum-Riegels mit Eiweiß und Quinoa als Bindemittel. Mehr als die Hälfte der Prüfpersonen konnte sich vorstellen, statt eines süßen Müsliriegels einen pikanten Müsliriegel zu bevorzugen, was das Potential dieser Produktidee erkennen lässt.

8 Summary

A quick energy supply, good taste and a handy shape are the main reasons why cereal bars meet with the approval of consumers all over the world. Due to consumers‘ increasing nutrition awareness, cereal bars are preferred to sweets. Processed grain combined with fruits and nuts are often associated with a healthy balanced diet. Because of their composition and a high proportion of binding agent (40 – 60 %), critics define a cereal bar as a highly processed sweet rather than a healthy snack. As the market is mostly dominated by sweet cereal bars, the aim of the diploma thesis was to develop a savoury counterpart. This intention required the application of strong and preferably tasteless binding agents. The development resulted in two binding systems: gelatin and gelatin-hydrolysate on one hand, and egg white and quinoa on the other. The result was a Mediterranean cereal bar with dried tomatoes and basil bound by the aforementioned binding systems. Additionally, their physical properties (texture and water activity) were investigated, depending on the binder's composition. Measurements have shown that water activity was too high after production and that it increased further during storage. It could be also determined a significant influence of the binder's components on water activity. Although all physical conservation techniques were applied, the aim of a high shelf life (characteristic for cereal bars) could not be achieved within this diploma thesis. Sensory evaluation of products has shown a strong preference to the bar with egg white and quinoa as a binding system. More than half of the panelists preferred a savoury bar to a sweet cereal bar, which underlines the potential of this product idea.

9 Literaturverzeichnis

ADDY, R.: Chew on this. Food manufacture 84 (2009) 29-33.

ALTVATER, F.: Zusammensetzung und Verfahrenstechnik von Getreideriegeln. Getreide Mehl und Brot 40 (1986) 215-219.

ALTVATER, F. und D. STARK: Cerealien- und Müsli-Riegelarten. Zucker- und Süßwaren Wirtschaft 40 (1987) 206-214.

ANONYM A: Knabbern für die Wissenschaft. Scinexx – das Wissensmagazin, Springer-Verlag, Heidelberg (2006). Online unter: http://www.g-o.de/wissen-aktuell-4227-2006-02-01.html (02.03.2012).

ANONYM B: Cereal Bars – July 2008. Prepared Foods – Network, (2008). Online unter: http://www.preparedfoods.com/articles/article-cereal-bars-july-2008 (04.03.2012).

ANONYM C: Snacking: Executive Summary. Food and Drink, London (2010). Online unter: http://www.foodanddrinkeurope.com/smartlead/view/606465/4/UK-Snacking-Market-Free-Executive-Summary (05.03.2012).

ANONYM D: Cereal bars: Swedes eat more than anyone else. Datamonitor – Research Store, (2003). Online unter: http://www.datamonitor.com/store/News/cereal_bars_swedes_eat_more_than_anyone_else?productid=DBF34F39-EA05-42E9-A882-29B7656A2DA2 (04.03.2012).

ANONYM E: Marmite cereal bars. Marmite – Yeast extract. Surrey (2012). Online unter: http://www.marmite.com/love/snacks/ (04.03.2012).

ANONYM F: Veatable-Savoury Snack Bar. Crendon Foods Ltd, Buckinghamshire (2012). Online unter: http://www.veatable.co.uk/ (07.05.2012).

ANONYM G: Gardenbar-a savory original. GardenChef Paul Company, Portland (2012). Online unter: http://www.gardenbar.info/ (07.05.2012).

ANONYM H: Organix Goodies-Veg and Oat Bar. Organix Brands Ltd, Bournemouth (2012). Online unter: http://www.organix.com/goodies/our-foods/veg-and-oat-bar-tomato-carrot (07.05.2012).

ANONYM I: DLG-Prüfbestimmungen. (2012) Online unter: http://statictypo3.dlg.org/fileadmin/downloads/food/DLG_Pruefbestimmungen_2012.pdf (16.02.2012) 14f.

ANONYM J: Verordnung (EG) Nr. 1333/2008 des europäischen Parlaments und Rates über Lebensmittelzusatzstoffe. (2008) Online unter: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:354:0016:0033:de:PDF (23.02.2012).

ANONYM K: Sollich. Maschinen für die Süßwarenindustrie, Bad Salzuflen (2012). Online unter: http://www.sollich.com/ (25.02.2012).

ANONYM L: Hygrolab. Bedienungshandbuch V 2.0 (2006) 35.

ANONYM M: Statgraphics® Centurion XVI Benutzerhandbuch. StatPoint Technologies, Amerika (2010) 156f, 192f.

ANONYM N: GME. Gelatine Manufacturers of Europe, Brüssel (2012). Online unter: http://www.gelatine.org/de/ueber-kollagen-hydrolysat.html (19.10.2012).

BALTES, W. und R. MATISSEK: Lebensmittelchemie. 7. vollständig überarbeitete Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-642-16539-9 (2011) 137, 150ff, 228, 345, 421f.

BELITZ, H.-D.; W. GROSCH und P. SCHIEBERLE: Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 6. vollständig überarbeitete Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-540-73201-3 (2008) 3f, 262f., 319ff, 892.

BERGMAIR, J.; M. WASHÜTTL und B. WEPNER: Prüfpraxis für Kunststoffverpackungen. 1. Auflage, Behr´s Verlag, Hamburg. ISBN: 978-3-89947-088-8 (2004) 10.

BLEIER, K.: Herstellung kalorienreduzierter Müsliriegel. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien (2008).

BOWER, J. A. und R. WHITTEN: Sensory characteristics and consumer liking for cereal bar snack foods. J SENS STUD 15 (2000) 327-345.

CAPPELMANN, K.: Cerealien- und Süßwarenriegel, Schmackhaft, nahrhaft und beliebt. Zucker- und Süßwaren Wirtschaft 11 (2001) 14f.

DECKER, J. K.: Raising the bar. Ideas for formulating successful energy bars. The World of Food Ingredients April/May (2002) 28-34.

DEHNE, L. und P. HOFFMANN: Neue Aspekte für die Getreideriegel-Herstellung. Zucker- und Süßwaren Wirtschaft 41 (1988) 232-235.

DEHNE, L.; G. MÖSCHL und P. DIERMAYR: Zuckerfreie Bindemittel. DE3729831A1 (1989).

DERNDORFER, E.: Lebensmittelsensorik. 4. Auflage, Facultas.wuv – Universitätsverlag, Wien. ISBN: 978-3-70890-878-6 (2012) 112,149.

ELLERT, J.: Verbraucherakzeptanz und Preference driving Factors bei Zuchtlachsen unterschiedlicher Herkunft. Diplomarbeit an der Universität für Angewandte Wissenschaften, Hamburg (2006).

ESCHER, F.: Textur, Rheologie und Struktur in der Lebensmitteltechnologie. Juris Druck+Verlag AG, Zürich. ISBN: 3-26005-125-2 (1986) 8.

FIGURA, L.O.: Lebensmittelphysik: physikalische Kenngrößen-Messung und Anwendung. Springer-Verlag, Berlin. ISBN: 978-3-540-20337-7 (2004) 144.

HAMM, M.: Knaurs Handbuch der Ernährung. Verlagsgruppe Droemer Knaur, München. ISBN: 3-426-66713-4 (2003) 250, 299, 55ff.

HELLWEGE, K.-D.: Die Praxis der zahnmedizinischen Prophylaxe. Ein Leitfaden für die Individualprophylaxe, Gruppenprophylaxe und initiale Paradontaltherapie. 6. überarbeitete und aktualisierte Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart. ISBN: 3-13-127186-8 (2003) 213.

HOFFMANN, H.; W. MAUCH und W. UNTZE: Zucker und Zuckerwaren. 2. Auflage, Behrs Verlag, Hamburg. ISBN: 3-86022-937-0 (2002) 131f, 142f.

HOLLINGSWORTH, P.: Developing and Marketing Foods for Women. FOOD TECHNOL-CHICAGO 1 (2002a) 38-40.

HOLLINGSWORTH, P.: Surveying the Crowded (Nutrition) Bar Scene. FOOD TECHNOL-CHICAGO 6 (2002b) 20.

KANNING, R.: Ausreißertest nach Grubbs. Neugrad (2009). Online unter: http://www.neugrad.de/statistik/ausreisser/ausreisser.html (19.10.2012).

KIMBALL, H.: I invented Granola Bars. The Deliberate Agrarian (2007). Online unter: http://thedeliberateagrarian.blogspot.com/2007/07/i-invented-granola-bars.html 20.02.2012.

KLINGLER, R. W.: Grundlagen der Getreidetechnologie. Behr´s Verlag, Hamburg. ISBN: 3-86022-227-9 (1995) 260ff.

KOßDORFF, K.: Zusatzstoffe, Enzyme und Aromen. Wirtschaftskammer Österreich (2011). Online unter: http://portal.wko.at/wk/format_detail.wk?angid=1&stid=629102&dstid=0&titel=Zusatzstoffe%2c%2cEnzyme%2cund%2cAromen (23.02.2012).

KRACKER, A.: E-Mail vom 28.02.2012.

KRUSE, M.: Eine harte Nuss, Zuführ-, Dosier- und Mischsysteme bei der Herstellung von Müsliriegeln. Lebensmitteltechnik 1 – 2 (2003) 16-19.

MAURER, G.; G. FUKUDA und S. NIELSEN: Development of Bean – Based Granola Bars and Cereal. CEREAL FOOD WORLD 1 (2005) 27-32.

MERMELSTEIN, N. H.: Developing Foods to Meet the Needs of Women. FOOD TECHNOL-CHICAGO 1 (2002) 40-55.

O´CARROL, P.: Nutrition Bar Mania. The World of Food Ingredients Sept. (2000) 16-22.

OUWEHAND, A. C.; T. KURVINEN and P. RISSANEN: Use of a probiotic Bifidobacterium in a dry food matrix, an in vivo study. INT J FOOD MICROBIOL 95 (2004) 103-106.

ÖLSCHLÖGER, T. A. und J. HACKER: Definition und Wirkmechanismen der Probiotika, Präbiotika und Synbiotika. In: Probiotika, Präbiotika und Synbiotika. Hrgb.: S.C BISCHOFF, Georg Thieme Verlag, Stuttgart. ISBN: 978-3-13-144891-0 (2009) 76f.

PIRINGER, G. O.: Verpackungen für Lebensmittel. VCH-Verlag, Weinheim. ISBN: 3-527-30004-X (1993) 6.

QUATEMBER, A.: Statistik ohne Angst vor Formeln. 1. Auflage, Pearson Studium, München. ISBN: 3-8273-7178-3 (2005) 114.

QUADT, A.; S. SCHÖNBERGER und M. SCHWARZ: Statistische Auswertungen in der Sensorik. Leitfaden für die Praxis. 1. Auflage, Behr´s Verlag, Hamburg. ISBN:987-3-89947-531-9 (2009) 45, 73.

RIDDERBUSCH, G.: Aufbereitung und Formgebung von überzogenen und nicht überzogenen Cerealien-Riegeln. Süsswaren 29 (1985) 78-82.

RIDDERBUSCH, G.: Müsli-Riegel wirtschaftlich herstellen. Zucker- und Süßwaren Wirtschaft 41 (1988) 90-95.

RYLAND, D.; M. VAISEY–GENSER, S. D. ARNTFIELD and L. J. MALCOLMSON: Development of a nutritious acceptable snack bar using micronized flaked lentils. FOOD RES INT 43 (2010) 642-649.

SACHS, L.: Angewandte Statistik. 8. neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Springer Verlag, Berlin. ISBN: 978-3-540-60494-4 (1997) 364.

SCHIEBERLE, P.: Natürliche, naturidentische, synthetische Wirkstoffe: Wirksamkeitsunterschiede, Begleitstoffe, Reinheitsprobleme. In: Funktionelle Lebensmittel – Lebensmittel der Zukunft, Erwartungen, Wirkungen, Risiken. Hrgb.: A. Preuß, Behr´s Verlag, Hamburg. ISBN: 3-86022-828-5 (2001) 36.

SCHNELL, R.: Graphisch gestützte Datenanalyse. Oldenbourg Verlag, München. ISBN: 3-486-23118-9 (1994) 18.

SCHOTT, A. C.: Functions of Gelatine in Food Applications. CEREAL FOOD WORLD 46 (2001) 414-416.

SCHUETTE, J. und S. SONALI: Gum arabic binding system for savory crunchy granola bars. US 2009/0148563 A1 (2009).

STARK, D.: Granola-Riegel, Technik und Technologie der Herstellung. Lebensmitteltechnik 5 (1985) 210-219.

STEHLE, G.: Müsli-Riegel in Barriere-Verpackungen. Süsswaren 11 (1991) 450-453.

TERNES, L.; A. TÄUFEL; A. TUNGER und M. ZOBEL: Lebensmittel - Lexikon. L-Z. 3. neubearbeitete und aktualisierte Auflage, Behr´s Verlag, Hamburg. ISBN: 386022-1221 (1993) 196f.

VOLLMER, G.; G. JOSST, D. SCHENKER, W. STURM und N. VREDEN: Lebensmittelführer Obst, Gemüse, Getreide, Brot, Wasser, Getränke. Inhalte, Zusätze, Rückstände. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. ISBN: 3-13-750901-7 (1990) 82.

WAGNER, U.; H. REISINGER und A. BALDORF: Fallstudien aus der österreichischen Marketingpraxis. 1. Auflage, Facultas.wuv-Universitätsverlag, Wien. ISBN: 978-3-85114-725-4 (2003) 89f.

WEIS, H. C.: Marketing. Kompendium der praktischen Betriebswirtschaft. 5. überarbeitete Auflage, Kiehl–Verlag, Ludwigshafen. ISBN: 3-470-70555-0 (1985) 150f.

ZÖFEL, P.: Statistik verstehen. Ein Begleitbuch zur computergestützten Anwendung. 1. Auflage, Addison-Wesley Verlag, München. ISBN: 978-3-827-31690-5 (2001) 92.

ZUCCHINI, W.; A. SCHLEGEL, O. NENADIĆ und S. SPERLICH: Statistik für Bacherlor- und Masterstudenten. Eine Einführung für Wirschafts- und Sozialwissenschaftler. Springer Verlag, Berlin. ISBN: 978-3-540-88986-1 (2009) 241.

10 Anhang

Beliebtheitstest pikanter Müsliriegel

Bitte beurteilen Sie die vorliegenden Proben nach den angegebenen Kriterien. Kreuzen Sie jenes Kästchen an, wo jede Probe Ihrer Meinung nach einzuordnen ist.

1:.....sagt mir gar nicht zu
9:.....sagt mir sehr zu

Angaben zur Person: Alter: Geschlecht: w ☐ m ☐

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Aussehen:									
106	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
987	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Geruch:									
106	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
987	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Geschmack:									
106	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
987	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Knusprigkeit:									
106	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
987	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
salzig:									
106	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
987	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
tomatig:									
106	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
987	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Bemerkungen:

Bitte kreuzen Sie an, welche der beiden Proben Ihnen mehr zusagt:

☐ 106 ☐ 987

Können Sie sich vorstellen, einen pikanten Müsliriegel einem süßen Müsliriegel vorzuziehen?

☐ ja ☐ nein

Wie oft konsumieren Sie Müsliriegel?

☐ täglich ☐ 1x pro Woche ☐ mehrmals pro Monat ☐ 1x pro Monat ☐ seltener

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

11 Lebenslauf

Pia Wernig, Bakk.techn.

Angaben zur Person

geboren	18. Juni 1987, St. Veit an der Glan
Nationalität	Österreich
Familienstand	ledig

Ausbildung

seit Feb. 2011	**Universität für Bodenkultur, Wien** Masterstudium Lebensmittelwissenschaften u. –technologie
Sept. 2006-Feb. 2011	Bachelorstudium Lebensmittel- u. Biotechnologie
Sept. 2001-Jun. 2005	**Bundesrealgymnasium, Althofen** Matura, künstlerischer Zweig

Fachspezifische Berufserfahrungen

Jul. 2009-Aug. 2009 Jul. 2011-Aug. 2011	**Lebensmitteluntersuchungsanstalt, Klagenfurt** - Abteilung Mikrobiologie - Abteilung Molekularbiologie
Jul. 2010	**Hygienezentrum Dr. Sturm, Mödling**

Sonstige Berufserfahrungen

Jan. 2010- laufend	**Facultas Verlags- u. Buchhandels AG, Wien**

Zusatzqualifikationen

Seminare	- **Rhetorik und Präsentationstechnik** (Wahlfach) - **Projektmanagement**
PC	- **MS Office, Statgraphics**
Führerschein	- **Klasse B**

Sprachen

Muttersprache	- **Deutsch**
Fremdsprachen	- **Englisch** (sehr gute Kenntnisse) - **Italienisch** (Basiskenntnisse)

Private Interessen

Hobbys	Kochen, Theater, Nordic Walking, Volleyball

Pia Wernig Wien, November 2012