

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN
DEPARTMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT
INSTITUT FÜR LEBENSMITTEL- UND GETRÄNKEINNOVATION

FETTREDUKTION IN WURSTWAREN

Bachelorarbeit

von

Martina Brändli

Bachelorstudiengang 2006

Abgabedatum 29. Oktober 2009, 12.00 Uhr

Studienrichtung Lebensmitteltechnologie

Fachkorrektoren

Jacqueline Javor Qvortrup
Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften – ILGI
Einsiedlerstrasse 25
8820 Wädenswil

Ruedi Hadorn
Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld– Posieux ALP
Schwarzenburgstrasse 161
3003 Bern

Pius Eberhard
Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld– Posieux ALP
Schwarzenburgstrasse 161
3003 Bern

Impressum

- Fettreduktion
- Wurstwaren
- Salami
- Rohwurst
- Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld– Posieux ALP

Fettreduktion in Wurstwaren
ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Department Life Sciences und Facility Management
8820 Wädenswil

Martina Brändli
Herrenfeld 5
7304 Maienfeld
mabr0001@students.zhaw.ch

Zusammenfassung

Die Bedeutung der Versorgung mit essenziellen Stoffen über den Konsum von Fleisch und Fleischprodukten ist unbestritten. Kritischer wird die Aufnahme an Kochsalz und Fett betrachtet. Im Bereich der Brühwurstherstellung sind bereits verschiedene Arbeiten zum Thema Fettreduktion durchgeführt worden, während man auf dem Gebiet der Rohwurstherstellung noch wenig Erfahrung hat. Ziel dieser Arbeit war es deshalb, in zwei Versuchsserien eine fettarme Rohwurst zu kreieren. An der Modellwurst Salami wurden verschiedene Rezepturen und Fettersatzstoffe getestet. Die verschiedenen Salamivarianten wurden anschliessend mit chemischen, physikalischen, mikrobiologischen und sensorischen Methoden analysiert.

Bei der Auswertung der Ergebnisse wurde festgestellt, dass mit sinkendem Speckanteil der Gewichtsverlust in den verschiedenen Salamivarianten zunahm. Eine Zunahme konnte bei dem Rohproteingehalt sowie bei der Schnittfestigkeit beobachtet werden. Auf die instrumentelle Schälbarkeit hatte der Speckanteil keinen Einfluss. Bei der sensorischen Untersuchung durch ein geschultes Panel konnten bis zu einer Speckreduktion um 75 % - ersetzt wurde der Speck durch die Hauptzutaten - keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Der Fettersatzstoff Vitacel Weizenfaser WF 200 überzeugte bei der sensorischen Untersuchung nicht, während mit dem Produkt Inulin HP keine signifikanten Unterschiede festgestellt wurden; dies bei einer Dosierung von maximal 50 %.

Der Einsatz von Fettersatzstoffen und Käse führte zu höheren Gewichtsverlusten während der Reifung. Durch den zusätzlichen Aufwand zur Bereitstellung der Fettersatzstoffe wurden die Herstellkosten erhöht. Der Gehalt an Rohprotein erhöhte sich ebenfalls. Die Fettreduktion gegenüber der Standardrezeptur fiel bei den Fettersatzstoffen höher aus als bei den eingesetzten Käsesorten. Dies deshalb, weil der Käse je nach Sorte einen Fettanteil von 25 bis 30 % besitzt, während die Fettersatzstoffe praktisch fettfrei sind.

Bei der Untersuchung durch die elektronische Nase wurde festgestellt, dass der zugesetzte Gruyèrekäse das Profil der flüchtigen Verbindungen beeinflusste. Ebenfalls einen Einfluss hatte der Speckanteil, während verschieden hohe Inulinanteile das Aromaprofil nicht beeinflussten.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass 75 % des Specks durch die Hauptzutaten ersetzt werden konnten, ohne dass sensorisch signifikante Unterschiede festgestellt wurden. Die Herstellkosten wurden dabei um knapp 10 % erhöht. Die Hälfte des Specks durch Inulin zu ersetzen war möglich. Sensorisch wurden keine Unterschiede festgestellt. Es resultierte eine Fettreduktion gegenüber der Standardrezeptur um etwa 40 %, die Herstellkosten erhöhten sich um knapp 10 %. Der Einsatz von Käse zur Fettreduktion ist möglich, wenn maximal die Hälfte des Specks durch Käse ersetzt wird. Die Fettreduktion beträgt je nach Käsesorte etwa 20 bis 25 %.

Abstract

There is no doubt that it is important to eat meat and meat products in order to gain all the essential nutrients. The absorption of table salt, on the other hand, is regarded more critically. There has been done a lot of research regarding the fat reduction of scalded sausages. However, there has not been done a lot of research in the field of raw sausage production. Therefore, the goal of our work was to create a raw sausage with a low fat content during two test series. We tested different formulas and fat substitutes on our *sausage model* salami. After that we analysed the various salamis with chemical, physical, microbiological and sensorial methods.

When we evaluated our results, we discovered that, by using less bacon, the weight of the salamis had decreased, whereas the raw protein concentration and the cut resistance had increased. The amount of bacon, however, had no effect on the instrumental peel ability. Using the sensorial examination, our trained subjects detected no significant difference until a bacon reduction of 75 %; the bacon was replaced by the main ingredients. The fat substitute Vitacel Weizenfaser WF 200 did not produce good results in the sensorial test, whereas there was no significant difference with the product Inulin HP; the dosage was maximal 50 %.

The use of fat substitutes and cheese led to a higher weight loss during the maturing. The production cost increased because the fat substitutes meant an additional effort. The amount of crude protein concentration increased as well. By using fat substitutes, the fat reduction was higher than by using cheese. That is because the cheese has a fat percentage of 25 to 30, whereas the fat substitutes are nearly fat free.

During the examination with the electronic nose, we discovered that the added Gruyere cheese affected the profile of the volatile compounds. The amount of bacon had also an effect, whereas the high amount of Inulin did not affect the profile of the aroma.

To sum up, we were able to substitute 75 % of the bacon with the main ingredients, without any significant sensorial differences. The cost of the production increased by 10 %. It was also possible to replace half of the bacon with Inulin, without detecting a difference during the sensorial tests. The fat reduction towards the standard formula was about 40 % and the cost of the production increased by 10 %. It is also possible to use cheese in order to reduce the fat content, but only when maximum half of the bacon is replaced by cheese. In doing so, the fat reduction is 20 to 25 %, depending on the sort of cheese you use.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Theorie.....	2
2.1.	Herstellung von Rohwürsten	2
2.1.1.	Charakteristik	2
2.1.2.	Anforderung an die Rohstoffe.....	2
2.1.3.	Zusatzstoffe und fleischfremde Zutaten	3
2.1.4.	Herstellungsprozess	6
2.1.5.	Umrötung	8
2.1.6.	Einflussgrössen und mikrobiologische Vorgänge während der Reifung	9
2.2.	Fett in der Ernährung	13
2.2.1.	Klassifizierung der Fette	13
2.2.2.	Fettsäuren.....	14
2.2.3.	Verdauung	15
2.2.4.	Resorption, Transport und Lipidverteilung.....	16
2.2.5.	Bedarf und Prävention	17
2.2.6.	Fett in Fleisch und Fleischprodukten	18
2.3.	Gesetzliche Grundlagen.....	20
2.4.	Fettersatzstoffe.....	21
2.4.1.	Inulin	22
2.4.2.	Weizenfasern	24
3.	Material und Methoden	25
3.1.	Versuchsaufbau	25
3.1.1.	Recherche der Fettersatzstoffe	25
3.1.2.	Planung Versuch 1.....	25
3.1.3.	Planung Versuch 2.....	26
3.1.4.	Planung Versuch 3.....	27
3.1.5.	Weiteres Vorgehen	28
3.2.	Produktherstellung	28
3.2.1.	Verwendete Anlagen und Maschinen	28
3.2.2.	Verwendete Rohstoffe	28
3.2.3.	Rezeptur	29
3.2.4.	Herstellungsprozess	32
3.3.	Analysen.....	33
3.4.	Auswertung	36
4.	Ergebnisse	37
4.1.	Chemische Analysen	37
4.1.1.	Trockensubstanz.....	37
4.1.2.	Rohasche.....	39
4.1.3.	Rohprotein	41

4.1.4.	Rohfettgehalt und Fettreduktion	43
4.1.5.	Zucker	47
4.1.6.	Rohfaser	49
4.1.7.	Elektronische Nase	50
4.1.8.	Nitrit- Nitrat.....	52
4.2.	Physikalische Analysen und technologische Merkmale	53
4.2.1.	Gewichtsverlauf während der Reifung.....	53
4.2.2.	Schälbarkeit	55
4.2.3.	Warner- Bratzler Prüfung.....	57
4.3.	Mikrobiologie	60
4.4.	Sensorische Beurteilung	63
4.5.	Wirtschaftlichkeit	70
5.	Diskussion	73
5.1.	Chemische Analysen	73
5.1.1.	Trockensubstanz.....	73
5.1.2.	Rohasche.....	74
5.1.3.	Rohprotein	75
5.1.4.	Rohfettgehalt und Fettreduktion	76
5.1.5.	Zucker	78
5.1.6.	Rohfaser	78
5.1.7.	Elektronische Nase.....	78
5.1.8.	Nitrit- Nitrat.....	79
5.2.	Physikalische Analysen und technologische Merkmale	80
5.2.1.	Gewichtsverlauf während der Reifung.....	80
5.2.2.	Schälbarkeit	81
5.2.3.	Warner- Bratzler Prüfung.....	82
5.3.	Mikrobiologie	84
5.4.	Sensorische Beurteilung	86
5.5.	Wirtschaftlichkeit	89
6.	Schlussfolgerung	91
7.	Literaturverzeichnis	92

Liste der Abkürzungen

Standard	Salami nach unveränderter Rezeptur
FR 25	Reduktion des Speckanteils um 25 %
FR 50	Reduktion des Speckanteils um 50 %
FR 75	Reduktion des Speckanteils um 75 %
FR 100	keine Speckzugabe; Reduktion des Speckanteils um 100 %
Inulin 10	10 % des Speckes durch Inulin ersetzt
Inulin 25	25 % des Speckes durch Inulin ersetzt
Inulin 50	50 % des Speckes durch Inulin ersetzt
Inulin 100	die gesamte Speckmenge durch Inulin ersetzt
WF 50	50 % des Speckes durch Weizenfasern ersetzt
WF 100	die gesamte Speckmenge durch Weizenfasern ersetzt
Gruyère 50	50 % des Speckes durch gewürfelten Gruyère- Käse ersetzt
Gruyère 100	die gesamte Speckmenge durch gewürfelten Gruyère- Käse ersetzt
Gruyère Würfel 50	50 % des Speckes durch gewürfelten Gruyère- Käse ersetzt, enthält weniger Salz als Gruyère 50
Gruyère Wolf 50	50 % des Speckes durch Gruyère- Käse ersetzt, welcher mit den übrigen Zutaten durch den Wolf gelassen wird
Wiberg 50	50 % des Speckes durch FE 19 ersetzt
Wiberg 100	die gesamte Speckmenge durch FE 19 ersetzt
SchmK 50	50 % des Speckes durch Schmelzkäseblock ersetzt
SchmK 100	die gesamte Speckmenge durch Schmelzkäseblock ersetzt
CordonBleu 50	50 % des Speckes durch Käse Cordon Bleu ersetzt
CordonBleu 100	die gesamte Speckmenge durch Käse Cordon Bleu ersetzt

1. Einleitung

Unter Ernährungsfachleuten ist die Bedeutung der Versorgung mit essentiellen Nährstoffen wie Aminosäuren, Fettsäuren sowie Vitaminen und Mineralsstoffen über den Konsum von Fleisch und Fleischprodukten unbestritten. Kritischer wird hingegen die Aufnahme von Kochsalz und Fett beurteilt, welche als ursächliche Faktoren für das Auftreten von ernährungsbedingten Krankheiten wie Herz- Kreislauferkrankungen bekannt sind.

Sowohl im Ausland als auch an der Forschungsanstalt Agroscope Liebefeld- Posieux ALP konnte in früheren Versuchen gezeigt werden, dass sich mit dem Einsatz von Fettersatzstoffen der Fettgehalt in Brühwürsten in einem hohen Ausmass senken lässt. Neben den technologischen Begebenheiten muss dabei auch den sensorischen Anforderungen Beachtung geschenkt werden. Konnte man im Bereich von Brühwürsten bereits einige Erfahrungen sammeln, gibt es im Bereich Rohwurst noch keine vergleichbaren Versuche.

Ziel dieser Arbeit ist es, herauszufinden inwieweit sich der Fettgehalt von Rohwürsten durch Zugabe von Fettersatzstoffen absenken lässt. Dabei soll eine fettreduzierte Rohwurst mit Marktpotenzial kreiert werden. Es werden zwei Versuchsserien mit der Modellwurst Salami durchgeführt. Dabei werden verschiedene Fettersatzstoffe in unterschiedlichen Mengen eingesetzt. Weiter wird eine Serie hergestellt, bei welcher der Speckanteil kontinuierlich reduziert wird. Die fertigen Salami werden mit unterschiedlichen Methoden (chemisch- analytisch, physikalisch- chemisch, mikrobiologisch und sensorisch) analysiert. Die Ergebnisse werden miteinander verglichen und unter Einbezug von Fachliteratur ausführlich diskutiert. Es wird zudem kurz auf die Produktionskosten, welche sich aus den geänderten Rezepturen ergeben, eingegangen.

2. Theorie

2.1. *Herstellung von Rohwürsten*

2.1.1. Charakteristik

Rohwürste werden meist aus Schweinefleisch, Rindfleisch und Fettgewebe hergestellt [1] und durch Pökellung und mikrobielle Fermentation haltbar gemacht [2]. Sie besitzen folgende Eigenschaften:

- Herstellung aus rohem Material
- Streichfähig oder schnittfest nach einer mit unterschiedlicher Austrocknung verbundenen Reifung
- Mit oder ohne Räucherung
- Mit oder ohne erwünschten weisslichen Belag von Schimmel oder Marmorpulver bzw. Reismehl [3]

Nachfolgend werden einige Beispiele aus dem Sortiment der Rohwürste gegeben

- Schnittfest, ausgereift; variierender Trocknungsgrad, mit oder ohne weissliche Beläge von Mikroorganismen, ohne Räucherung:
Salsiz, Salami, Saucisson sec
- Schnittfest, ausgereift, variierender Trocknungsgrad, geräuchert:
Landjäger, Bauernschüblig, Bauernsalami, ungarische Salami
- Streichfähig, mit abgebrochener Reifung:
Mettwurst, Teewurst
- Grobkörnig, mit abgebrochener Reifung (werden vor dem Verzehr erhitzt):
Saucissons, Luganighe, Zampone [4]

2.1.2. Anforderung an die Rohstoffe

Für die Herstellung einwandfreier Produkte darf nur Fleisch von gesunden, mit geeigneten Futtermitteln gemästeten Tieren verwendet werden. Die Schlachtkörper sind bis zur Verarbeitung kühl zu lagern. Weiter muss darauf geachtet werden, dass der pH- Wert zwischen 5.5 und 6.0 liegt. Weist das Fleisch einen pH > 6.0 auf, ist es für die Herstellung von Rohwürsten wenig geeignet.

Fleisch mit einem pH der post mortem über 6.2 liegt, wird als DFD- (dark, firm, dry = dunkel, fest, trocken) Fleisch bezeichnet. Wenn die Tiere vor der Schlachtung längere Zeit nüchtern waren oder an Erschöpfung leiden, sind die Glykogenreserven in den Muskeln bereits vor der Schlachtung aufgebraucht. Nach der Schlachtung wird über die Glykolyse keine Milchsäure mehr gebildet. Der pH-Wert in den Muskeln sinkt somit nur noch geringfügig ab. DFD- Fleisch zeichnet sich durch ein hohes Wasserbindungsvermögen und, bedingt durch die feuchte Oberfläche, mikrobiologische Anfälligkeit aus. Das hohe Wasserbindungsvermögen beeinträchtigt die spätere Reifung der Rohwürste. Sind die Tiere vor der Schlachtung gestresst, beispielsweise durch den Transport oder die ungewohnte Umgebung, wird in Abwesenheit von Sauerstoff Glykogen abgebaut. Die Folge davon ist,

dass das im Verlauf der Glykolyse entstehende Pyruvat nicht in den Citratzyklus und die oxidative Phosphorylierung einmündet, sondern in einem letzten Schritt zu Milchsäure umgesetzt wird. Dadurch sinkt der pH- Wert sehr rasch auf unter 5.8 ab. Man spricht dabei von PSE- Fleisch (pale, soft, exudative = blass, weich, wässrig), welches sich durch ein tiefes Wasserbindungsvermögen auszeichnet. Ein zu tiefes Wasserbindungsvermögen lässt jedoch die Rohwurst bei der Reifung stark einfallen.

Aus der Säuerung des Fleisches resultiert eine Schrumpfung der Myofibrillen und damit eine Erweiterung der Kapillarräume. Dies begünstigt eine schnellere und gleichmässige Durchsalzung. Zudem weist Fleisch mit einem niedrigen pH einen grösseren Anteil an locker gebundenem Wasser auf, was die Feuchtigkeitsabgabe des Brätes erleichtert. Weiter werden bei tiefen pH- Werten Keimarten, die für das Auftreten von Fabrikationsfehlern verantwortlich sind, in ihrer Entwicklung gehemmt.

Um eine bessere Pökelfarbbildung zu erzielen, ist ein hoher Myoglobingehalt notwendig. Es wird deshalb das Fleisch von nicht zu fetten Kühen, Schweinen oder Bullen verwendet. Der in Rohwürsten verwendete Speck weist einen pH- Wert von 6.2 – 7.0 auf. Es wird Rücken- und Schinkenspeck, bei sehr schweren Tieren auch Schulterspeck, vom Schwein verarbeitet. Wichtig dabei ist, dass der Speck frisch, kernig, derb und schneeweiss ist. [1]

2.1.3. Zusatzstoffe und fleischfremde Zutaten

Kochsalz

Das Kochsalz beeinflusst neben dem Geschmack wesentlich die während der Reifung ablaufenden mikrobiologischen und chemisch- physikalischen Vorgänge. Durch die Zugabe von Kochsalz wird die Wasseraktivität je nach Fett(-Wasser)gehalt der Produkte im Ausgangsbrät auf Werte von ca. 0.97 bis 0.96 abgesenkt. Die anschliessende Trocknung lässt den Wassergehalt weiter sinken, was den relativen Salzgehalt erhöht. Die Wasseraktivität wird weiter gesenkt und damit die mikrobiologische Stabilität verbessert. [2]

Nitritpökelsalz

Nitritpökelsalz wird zugesetzt um die Umrötung des Brätes zu erzielen. Die gesetzlichen Höchstmengen sind in der Zusatzstoffverordnung (ZuV) definiert. Der genaue Vorgang der Umrötung wird in Kapitel 2.1.5 ausführlich geschildert. Weiter ist Nitritpökelsalz für die Aromabildung (Pökelaroma), die konservierende Wirkung (mikrobiologische Hemmwirkung) und die antioxidative Wirkung (Schutz der Fette vor Oxidation) verantwortlich. [2]

Pökelhilfsstoffe tragen zur Umrötung bei, indem sie vermehrt Stickoxide aus dem Nitrit freisetzen, beziehungsweise durch Verschiebung des Redoxpotentials die Bildung von Missfarben (Methmyoglobin) verhindern oder den pH- Wert in einen niedrigeren, für die Farbbildung günstigen, Bereich senken. Bei Ascorbinsäure / Ascorbat beruht die technologische Wirkung auf deren Reduktionseigenschaften. Diese beeinflussen vor allem die Farbbildung, Farbhaltung und den oxidativen Fettverderb. [2]

Glucano- d- Lacton

Teilweise wird bei Rohwürsten Glucano- d- Lacton als Säuerungsmittel zur Beschleunigung der Farbbildung und Festigkeitszunahme eingesetzt. Glucano- d- Lacton kann den Geschmack und die Lagerstabilität der Rohwürste negativ beeinflussen und beschleunigt Ranzigkeitsreaktionen. Es wird als Schnellreifungsmittel eingesetzt und verkürzt die Reifezeit auf einen Drittel. Zudem reduziert es den Gewichtsverlust auf rund 15 % statt wie üblich 30 – 50 %. Als Zusatzstoff E 575 ist es in der Schweiz ohne Höchstmengenbegrenzung zugelassen. Es wird jedoch nur selten verwendet und findet dann vor allem Einsatz in Economyprodukten wie beispielsweise Pizzasalami. [5]

Zucker

Zucker können in verschiedenen Kombinationen zugesetzt werden. Sie dienen primär als Nährstoffe für Mikroorganismen und zur Geschmacksabrundung. Zur Anwendung kommen Mono-, Di- und Oligosaccharide sowie Stärkeverzuckerungserzeugnisse. Sie haben eine positive Wirkung auf die Umrötung der Produkte, einerseits indirekt über die Beeinflussung der mikrobiellen Säuerung (pH-Senkung), andererseits direkt durch ihre reduzierende Wirkung. [2]

Mikroorganismen

Die Hauptrolle bei der Herstellung von Rohwürsten spielen die Mikroorganismen. Prinzipiell können Rohwürste ohne Starterkulturen hergestellt werden. Während der Reifung wächst die Mikroflora, welche die erwünschten Änderungen des Brätes bewirkt, spontan heran. Die spontane Fermentation ist jedoch mit einer Reihe von Risiken verbunden, welche von der Fehlproduktion bis hin zur Gesundheitsgefährdung der Konsumenten führen können. Starterkulturen sind Rein- oder Mischkulturen von selektionierten Mikroorganismen, welche ganz spezifische Eigenschaften besitzen. Sie werden Lebensmitteln bewusst zugesetzt um das Aussehen, den Geschmack und Geruch sowie die Konservierung zu verbessern. [2]

Bei der Herstellung von Rohwürsten werden vor allem folgende Mikroorganismen eingesetzt:

- Milchsäurebakterien wie zum Beispiel
 - *Lactobacillus curvatus*
 - *Lactobacillus pentosus*
 - *Lactobacillus plantarum*
- Mikrokokken / Streptokokken
 - *Micrococcus Varians*
 - *Staphylococcus carnosus*
 - *Staphylococcus xylosus*
- Hefen
 - *Debaryomyces hansenii*
- Schimmelpilze
 - *Penicillium chrysogenum*
 - *Penicillium nalgiovensis*

MILCHSÄUREBAKTERIEN

Milchsäurebakterien werden hauptsächlich darum eingesetzt, weil sie aus Zucker Milchsäure bilden können und man damit eine standardisierte und reproduzierbare Säuerung und Aromatisierung erreicht. Unerwünscht ist die Fähigkeit vieler Stämme, in Gegenwart von Luftsauerstoff Wasserstoffperoxid zu bilden. Milchsäurebakterien können das Wachstum lebensmittelvergiftender und –verderbender Mikroorganismen unterdrücken. Durch die Produktion antagonistischer Substanzen wie Milchsäure, Wasserstoffperoxid, Kohlendioxid oder Bacteriocine verschaffen sie sich einen Wachstumsvorteil gegenüber konkurrierenden Mikroorganismen wie zum Beispiel Lebensmittelvergifter. Die eingesetzten Milchsäurebakterien sind homofermentativ, was bedeutet, dass sie fast ausschliesslich Milchsäure bilden. Andere Stoffwechselprodukte von heterofermentativen Milchsäurebakterien wie Alkohol, Diacetyl, Ketone, Essigsäure und CO₂ machen sich geschmacklich oft unangenehm bemerkbar. [2]

MIKROKOKKEN

Mikrokokken haben eine relativ grosse a_w-Toleranz. Da sie sich im Wurstbrät schwach oder gar nicht vermehren, müssen sie von Anfang an in genügend grosser Zahl zugegeben werden. Auf Grund ihrer aeroben Eigenschaften findet man im Randbereich höhere Konzentrationen als im Kernbereich. Durch ihre proteolytischen und lipolytischen Eigenschaften tragen Mikrokokken wesentlich zum Aroma länger gereifter Rohwürste bei. Mikrokokken werden vor allem zugesetzt weil sie die Enzyme Nitratreduktase und Katalase bilden können. Damit kann das durch Mikroorganismen gebildete H₂O₂ und zugesetztes, beziehungsweise im Erzeugnis gebildetes Nitrat abgebaut werden. [2]

HEFEN

In ungeräucherten Erzeugnissen bewirken Hefen die erwünschten sensorischen Veränderungen. Durch ihre Atmungsaktivität verbrauchen sie sehr viel Sauerstoff, was sich vor allem in den Randschichten der Rohwürste günstig auf die Farbbildung auswirkt. [2]

SCHIMMELPILZE

Für die äussere Beimpfung von Rohwürsten werden oft mycotoxinfreie Schimmelpilze als Starterkulturen verwendet, welche gute sensorische und technologische Eigenschaften aufweisen. Von den Herstellern werden unterschiedliche Kulturen angeboten. Sie unterscheiden sich durch die Farbe der Konidien / Mycel, Konkurrenzfähigkeit gegenüber Fremdschimmel, Wachstumsgeschwindigkeit und Aromabildung. [2] Die Schicht aus Edelschimmel unterdrückt nicht nur unerwünschte Schimmelstämme, sondern schützt die Oberfläche vor Sauerstoff und Licht (Vermeidung von Ranzigkeit bzw. Farbänderung). Zudem bildet sie Aromastoffe aus Fett und Protein. Durch die Schaffung eines günstigen Mikroklimas an der Oberfläche werden die Trockenrandbildung und das Schmierigwerden vermindert. [5]

Pflanzliche und tierische Eiweisse sowie Gewürze

Getrocknete pflanzliche oder tierische Eiweisse werden als Magerfleisch-Substitut verwendet. Wird eine ausreichende Zeit für die Hydratisierung gewährleistet, kann bis zu einer Menge von 3 % trockenes Protein verarbeitet werden. Bei grösseren Mengen wird empfohlen, das Pulver in der nötigen Menge Wasser zu lösen und das sich daraus gebildete Gel dem Rohbrät beizugeben. [2]

Gewürze enthalten Aromastoffe, vor allem ätherische Öle, welche den charakteristischen Geruch und Geschmack ausmachen. Oft werden Standardgewürzmischungen eingesetzt und mit speziellen

Gewürzen, Rum, Glutamat und anderem verfeinert um den Kundenwünschen zu entsprechen. Naturgewürze können eine sehr hohe Keimbelastung aufweisen. Vor allem die in Gewürzen vorkommenden Sporenbildner können die Ursache für Fehlchargen sein oder zu verschiedenen Fehlern in Bindung und Farbe sowie in Geruch und Geschmack führen. Gewürzextrakte dagegen sind keimarm. Sie finden in flüssiger Form oder gebunden an Trägerstoffe Verwendung. [1]

2.1.4. Herstellungsprozess

Die Herstellung von Rohwürsten geschieht chargenweise. Der Prozess ist in Abbildung 1 dargestellt.

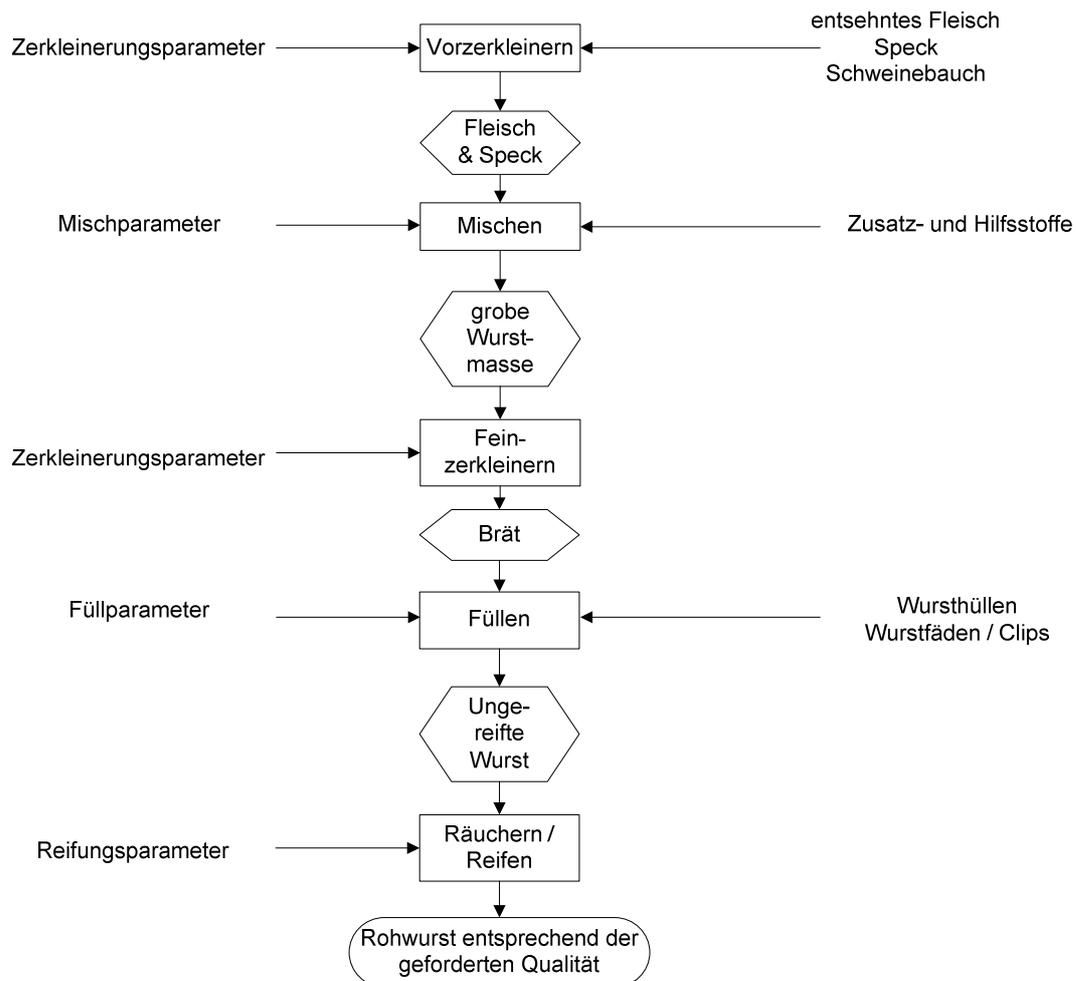


Abbildung 1 Stufenmodell der Rohwurstherstellung [1]

Zerkleinerung

Zur Zerkleinerung des Fleisches werden meist Wolf und / oder Cutter eingesetzt. Wichtig dabei sind die Anordnung und Schärfe der Messer. Für ein optimales Schnittbild und die notwendigen Trocknungseigenschaften sind glatte Schnittflächen und die Vermeidung eines Fettschmierens Voraussetzung. Fleisch und Fettgewebe werden je nach Zerkleinerungsmethode entweder gekühlt oder gefroren verwendet. Bei der Zerkleinerung im Cutter können, unter Verwendung von gefrorenem Fleisch, sehr feine Zerkleinerungsgrade erreicht werden. Zudem bietet sich der Vorteil, dass die verschiedenen Rohstoffe unterschiedlich stark zerkleinert werden können. Die Zerkleinerung mit dem Wolf empfiehlt sich für gröbere Wurstsorten. Bedingt durch die Schnecke, Messeranzahl und

Scheibendurchmesser wird in einem Durchlauf eine gleichmässige Partikelgrösse erreicht. Nachteilig sind die schlechte Mischwirkung, welche ein intensives Vormischen erfordert, und das Quetschen während des Zerkleinerungsprozesses, was ein unklares Schnittbild ergibt. [2]

Beim einstufigen Prozessablauf werden dem Fleisch und dem Speck nach der Zerkleinerung Salz, Gewürze und andere Zutaten beigegeben. Beim zweiphasigen Prozessablauf wird das gewolfte Fleisch, welchem Pökelsalz und Zuckerstoffe zum Vorpökeln zugegeben wurde, ein bis zwei Tage zwischengelagert. Anschliessend erfolgt die Zerkleinerung im Cutter bis zur gewünschten Korngrösse. Dabei werden Speck und weitere Zusatzstoffe zugegeben. [1] Der zweiphasige Prozessablauf wird jedoch eher bei Brühwürsten, wie beispielsweise groben Schweinswürstchen, angewendet. Damit wird eine bessere Umrötung erreicht. Bei den Rohwürsten kommt der zweiphasige Prozessablauf eher bei Produkten mit einer abgebrochenen Reifung, wie beispielsweise Saucisson, zum Einsatz.

Füllen

Für die spätere Reifung und das Schnittbild ist ein luft- und porenfreies Füllen von grosser Bedeutung. Als Füllmaschinen kommen vertikale und horizontale Kolbenfüller sowie Vakuumfüller mit Flügelzellen- oder Schraubenspindelpumpen zum Einsatz. [2]

Für ein klares Schnittbild ist wichtig, dass die Füllrohre mit glatten Innenflächen auf die verwendeten Kaliber abgestimmt werden und die Förderwege möglichst kurz sind [2]. Um ein Schmieren im Füllaggregat und im Füllrohr zu vermeiden, sollte das Wurstbrät möglichst bei 0 – 2 °C verarbeitet werden. [1]

Bei der Herstellung werden Natur- und Kunstdärme eingesetzt. Grundlegend dabei ist die Durchlässigkeit für Wasserdampf. Bei Naturdärmen kommt der hygienischen Beschaffenheit grosse Bedeutung zu, da mangelnde Hygiene ein Grund für das Auftreten von Fehlreifungen sein kann. Kunstdärme können je nach Verwendungszweck unterschiedliche Eigenschaften aufweisen (Sauerstoff-, Wasserdampf- und Lichtdurchlässigkeit, mechanische Festigkeit, Kalibergleichmässigkeit, Öl- und Fettbeständigkeit (-dichtigkeit), Schrumpf- und Schäleigenschaften). Wichtig ist, dass die Hinweise der Darmhersteller stets eingehalten werden. [2]

Reifung

Der Vorgang der Reifung wird in Kapitel 2.1.6. ausführlich geschildert. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass man unter der Rohwurstreifung den mikrobiell beeinflussten Säuerungs-, Aromatisierungs- und Trocknungsprozess versteht. Während der Reifung soll der Wassergehalt der Wurst möglichst gleichmässig vermindert werden. Erreicht wird dies durch die Steuerung der relativen Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Behandlungszeit und Luftbewegung. Wird das Wasserdampfdruckgefälle zwischen der Rohwurst und der Kammer zu gross oder auch zu klein, kann dies zur Fehlproduktion wie Trockenrand oder Schmierbildung führen. Je nach gewünschter Säuerungsgeschwindigkeit und gewünschtem End- pH können die Behandlungstemperaturen und -zeiten variieren. Sie sind von den zugesetzten Mengen an Starterkulturen und Zucker abhängig. Der Trocknungsverlust der Rohwürste variiert von 5 bis 40 %, je nach Kaliber, Fett- und Wassergehalt sowie Abtrocknungsgrad.

In germanischen Ländern werden Rohwürste meist geräuchert, was das Aroma beeinflusst. Ausserdem wird ein Wachstum von Mikroorganismen wie Bakterien, Hefen oder Schimmelpilzen an der Oberfläche vermieden. Der Räucherungsprozess darf nicht zu intensiv sein, damit die erwünschten mikrobiellen Reifevorgänge, vor allem in den Randschichten, nicht gestört werden. [2]

2.1.5. Umrötung

Der Myoglobingehalt im Fleisch, der zugesetzte Pökelfstoff und der pH- Wert beeinflussen die Umrötung. Nur wenn diese Komponenten in ausreichenden Mengen vorhanden sind, kommt es zu einer Umrötung. Die Reaktion ist temperatur- und zeitabhängig. [1]

Bis zu einem pH- Wert von 5.4 reduzieren Micrococcaceae und andere Vertreter der Pökelflora Nitrat mit Hilfe von Nitratreduktase zu Nitrit. Abbildung 2 veranschaulicht diesen Vorgang.

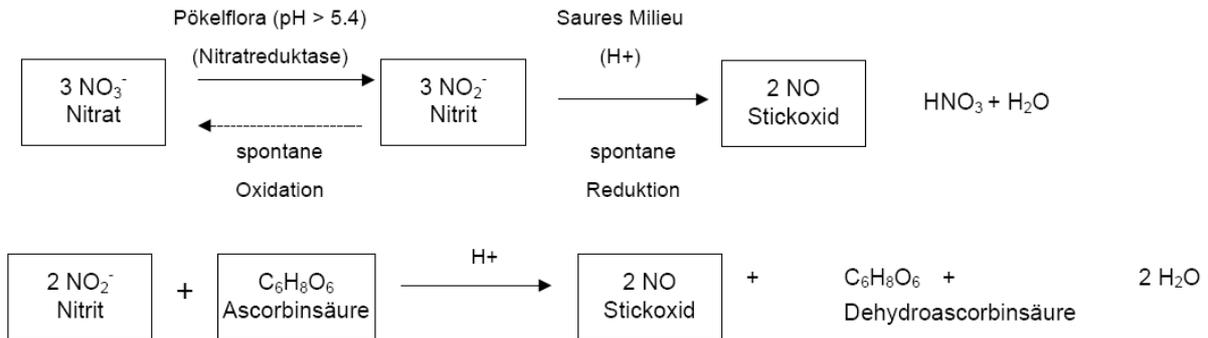


Abbildung 2 Bildung von Stickoxid bei der Pökellung [6]

Durch eine spontane chemische Reaktion kann aus Nitrat über salpetrige Säure Stickoxid entstehen, welches sich mit dem roten Myoglobin des Fleisches zum ebenfalls rotgefärbten Nitroso- Myoglobin verbindet. Als Folge der pH- Absenkung, z.B. bei der Rohwurstreifung (Säureproduktion durch Milchsäurebakterien), der Erhitzung oder dem Trocknen, denaturiert der Eiweissanteil des Nitroso-Myoglobin und es entsteht das stabile hellrote Nitroso- Myochromogen. Das Myoglobin oxidiert ohne diese Reaktion langsam und kontinuierlich zum braunen Methmyoglobin (Oxidation des Fe²⁺ im Myoglobin zum Fe³⁺). Methmyoglobin reagiert ebenfalls mit dem Stickstoff zum roten Nitroso-Metmyoglobin, welches durch Reduktion in Nitroso- Myoglobin übergehen kann.

Auch bei der Verwendung von Nitritpökelsalz kann die Pökelflora den Vorgang des Umrötens wesentlich unterstützen, da das durch spontane Oxidation gebildete Nitrat wieder zu Nitrit reduziert wird. Der Vorgang der Umformung des Myoglobins wird in Abbildung 3 dargestellt.

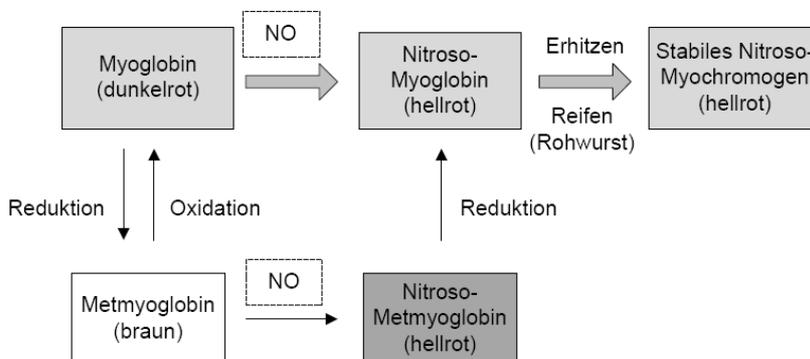


Abbildung 3 Umformung des Myoglobins bei der Pökellung [6]

Das Wachstum der gewünschten Pökelflora und damit die Schnelligkeit des Ablaufes des Pökelvorgangs wird durch die Zugabe von Pökelformulastoffen wie Zucker und anderen abbaubaren

Kohlenstoffquellen wie Trockenstärkesirup gefördert. Neben Zucker ist Ascorbinsäure, respektive Ascorbat, ein wichtiger Pökelformstoff, welcher funktionell einen Teil des Nitrits ersetzen kann. Ascorbinsäure senkt das Redoxpotential, was somit die Oxidation des Myoglobins zu Metmyoglobin hemmt und fördert die Bildung von Stickoxiden aus Nitrat. Siehe dazu auch Abbildung 2. Zudem wirkt Ascorbinsäure der Bildung von Nitrosaminen entgegen. [6]

2.1.6. Einflussgrößen und mikrobiologische Vorgänge während der Reifung

Abhängig von der benötigten Zeitdauer wird bei der Rohwurstreifung von einer schnellen, mittleren und einer langsamen Reifung gesprochen. Die unterschiedlichen Verfahren werden in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1 unterschiedliche Reifungsverfahren für schnittfeste Rohwurst [7]

Schnelle Reifung	Mittlere Reifung	Langsame Reifung
Glucano- delta- Lacton und / oder bakterielle Säuerung	Bakterielle Säuerung	Bakterielle Säuerung
Nitrit	Nitrit	Nitrat
Reifungstemperatur bis 25 °C	Reifungstemperatur 20 bis 24 °C	Reifungstemperatur 15 bis 18 °C
Verkauf nach 10 Tagen	Verkauf nach 20 Tagen	Verkauf nach 8 Wochen

Schnittfeste Rohwurst wird vor allem bei der schnellen Reifung wegen der Verwendung von Glucano- delta- Lacton und relativ hohen Kammertemperaturen zu Beginn der Reifung schnell schnittfest. Dies aufgrund der schnellen pH- Wert- Senkung. Bei der langsamen Reifung laufen die Säuerungsprozesse bei gemässigten Anfangstemperaturen verzögert ab. Das führt dazu, dass die Aromabildung ausgeprägter wird. Zudem wird durch die stetige Trocknung und Verzögerung des Ranzigwerdens eine bessere Haltbarkeit erreicht. [7]

Während der Reifung kann mittels folgender Steuerungsgrößen auf die Rohwurst Einfluss genommen werden:

- Externe Steuerungsgrößen (Klima)
 - Relative Luftfeuchtigkeit
 - Temperatur
 - Luftgeschwindigkeit
- Interne Steuerungsgrößen (Rezeptur)
 - Kochsalz- und Zuckergehalt
 - Fettgehalt
 - Zerkleinerungsgrad
 - Hüllenkaliber
 - Starterkulturen

Zu Beginn der Reifung sollte eine Angleichszeit von 4 bis 6 Stunden berücksichtigt werden. Während dieser Zeit findet ein Temperatúrausgleich zwischen der kalten Rohwurst und der vorgewählten Kammertemperatur ohne zusätzliche Feuchtesteuerung statt. Wird direkt das Feuchteprogramm

gefahren, kann es durch die ständige Kondensation des Wasserdampfes auf der kalten Rohwurstoberfläche zu einem Auswaschen von Muskelfarbstoff und Pökelfstoffen aus der Wurstoberfläche kommen, was zu einer unzureichenden Pökelfarbbildung (grauer Rand) führt. [7]

Luftfeuchtigkeit

Für die Steuerung der Luftfeuchtigkeit gibt es mehrere Varianten. Meist wird in den ersten drei Tagen mit einer Temperatur von 25 bis 22 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 95 bis 90 % begonnen. Gleich zu Beginn der Reifung mit einer relativen Luftfeuchtigkeit von 95 % zu fahren macht wenig Sinn, da der a_w -Wert des Rohwurstbrätes etwa 0.96 bis 0.95 beträgt. Die geringe Feuchtigkeitsdifferenz hat zur Folge, dass nur wenig oder kein Wasser von der Rohwurst abgegeben werden kann. Als Folge daraus ergeben sich Energie- und Zeitverluste. Ab dem vierten bis zehnten Reifetag wird die Temperatur meist auf 18 °C und die relative Luftfeuchtigkeit auf 90 bis 80 % gesenkt. Um den gewünschten Abtrocknungsgrad zu erreichen, werden die Würste anschliessend bei 15 bis 13 °C und 75 % relativer Feuchtigkeit nachgereift. Die Klimabedingungen können aufgrund sensorischer Eindrücke wie Elastizität und Feuchtigkeit des Darms sowie äusserer Farbe der Wurst verändert werden. Es können aber auch Gewichtsverlust und a_w -Wert bestimmt werden. [7]

Temperatur

Durch die Reifungstemperatur kann vor allem die Geschwindigkeit der Säuerung (pH-Wert-Senkung) und damit die mikrobiologische Sicherheit, Festigkeitszunahme und Umrötung der Rohwürste beeinflusst werden [2]. Obwohl höhere Temperaturen beispielsweise die Festigkeitszunahme fördern, entsteht ab Temperaturen über 25 °C die Gefahr, dass sich unerwünschte Mikroorganismen vermehren können. Dies führt zu einem erhöhten Gesundheitsrisiko beim Verzehr. Zudem treten die gewünschten Geruchs- und Geschmacksveränderungen nicht auf [7]. Die Temperatur sinkt in den ersten fünf Tagen schrittweise von anfangs 22 bis 24 °C auf 14 bis 16 °C. Ab dem sechsten Tag beträgt die Temperatur im Lagerraum etwa 12 bis 14 °C [3]. Die maximal mögliche Reifungstemperatur hängt vom Zerkleinerungsgrad und der Zusammensetzung des Fettgewebes (Schmelzpunkt), sowie von der Geschwindigkeit der Säuerung und der Beschimmelung (Proteolyse) ab. [2]

Luftgeschwindigkeit

Über die Luftbewegung wird ein Temperatúrausgleich und eine angemessene Abtrocknung bei Rohwürsten erreicht. Sie sollte in allen Bereichen der Reifeanlage gleichmässig sein. Für den ersten Abschnitt des Reifeprozesses beträgt die Luftgeschwindigkeit 0.5 bis 0.8 m / sec. Mit zunehmender Reifungszeit sollte sie auf etwa 0.1 m / sec gesenkt werden. Die Luftbewegung in der Reifekammer darf nicht zur schnellen, beziehungsweise einseitigen Abtrocknung der äusseren Schicht führen, da es sonst zur Bildung von Trockenrand kommen kann. [7]

Die internen Steuerungsparameter kommen nur in Zusammenhang mit externen Steuerungsparametern voll zum Tragen. Durch dieses Zusammenwirken werden chemisch-physikalische Abläufe ausgelöst, wie beispielsweise die Säuerung. Diese wird, ausser bei Glucanodelta-Lacton, durch den mikrobiellen Abbau des Zuckers zu Säure hervorgerufen. Sie führt neben der a_w -Wert-Senkung durch Abtrocknung zur angestrebten Haltbarkeitserhöhung und Farbbildung der Rohwurstprodukte. [7]

Kochsalz- und Zuckergehalt

Neben der Geschmacksgebung beeinflusst Kochsalz die während der Reifung und Trocknung ablaufenden physiko- chemischen und mikrobiellen Vorgänge. Es entzieht den Magerfleischpartikeln in der Wurst Wasser und darin gelöste Eiweissstoffe, welche unter anderem beim Schnittfestwerden des Brätes eine Rolle spielen. Weiter wird die Wasseraktivität herabgesetzt, was schädliche Mikroorganismen in ihrem Wachstum hemmt.

Die eingesetzten Kohlenhydrate haben einen grossen Einfluss auf den Verlauf des pH- Wertes. Der zugegebene Zucker dient als Energiequelle für den Stoffwechsel der erwünschten Mikroorganismen. Sie bauen den Zucker zu Säure ab und sind so für die Entwicklung des erwünschten mild- säuerlichen Geschmacks verantwortlich. [7]

Fettgehalt

Für die Festigkeit des Produktes am Ende der Reifung ist der Speckanteil mitbestimmend. Zudem führen unterschiedlich hohe Speckanteile zu unterschiedlichem pH-Wert- Verlauf. Eine Erhöhung des Speckanteils ist mit einer Erhöhung des pH-Wertes verbunden. Nach vier Wochen Reifung sind die Unterschiede jedoch nur gering. Ausgeprägter ist der Einfluss auf den Verlauf des a_w - Wertes während der Reifung. Erhöhte Speckanteile führen zur Senkung des a_w - Wertes. Dies deshalb, weil mit dem Speck (Wassergehalt 5 bis 10 %) der Rohwurst weniger Wasser zugeführt wird als mit Fleisch (Wassergehalt 70 bis 75 %). [7]

Zerkleinerungsgrad

Der Zerkleinerungsgrad hat einen Einfluss auf den Wassergehalt, den a_w - Wert und den Gewichtsverlust. Je geringer der Zerkleinerungsgrad desto grösser ist der Gewichtsverlust und desto kleiner der a_w - Wert. Auf die Festigkeit hingegen hat der Zerkleinerungsgrad keinen Einfluss. [7]

Hüllenkaliber

Durch den Einfluss des Hüllenkalibers auf den Reifeverlauf wird die enge Verknüpfung der physikalischen mit den mikrobiologischen Vorgängen bei der Rohwurstherstellung deutlich. Gemeint ist die Abhängigkeit der Säuerung vom a_w - Wert und daraus resultierend die Festigkeit sowie die Wasserabgabebereitschaft der Rohwurst, welche umgekehrt wiederum durch die Säuerung beeinflusst wird. Bei gleichen Reifebedingungen und gleichen Ausgangsmaterialien führen grössere Kaliber meist zu niedrigeren pH- Werten im fertigen Produkt. Verursacht wird dieser Vorgang vor allem durch die langsame Absenkung des a_w - Wertes bei grossen Kalibern, was sich mit einer erschwerten Wasserabgabe erklären lässt. Als Folge davon bleiben die säurebildenden Mikroorganismen länger aktiv. [7]

Mikrobiologie

Gram- negative Bakterien, vor allem aus den Familien Pseudomonadaceae und Enterobacteriaceae, sind zu Beginn der Reifung nachweisbar. Bereits nach kurzer Zeit nimmt ihre Zahl ab, während sich die Milchsäurebakterien stark vermehren. Vertreter der Familie Micrococcaceae, wie Mikrokokken und Staphylokokken, sowie Hefen sind zu Beginn der Reifung ebenfalls nachweisbar. Da sie für ihre Vermehrung Sauerstoff benötigen, sind sie im ausgereiften Produkt nur noch in den Randpartien zu finden. [2] Abbildung 4 zeigt schematisch den Verlauf des Mikroorganismenwachstums während der Reifung.

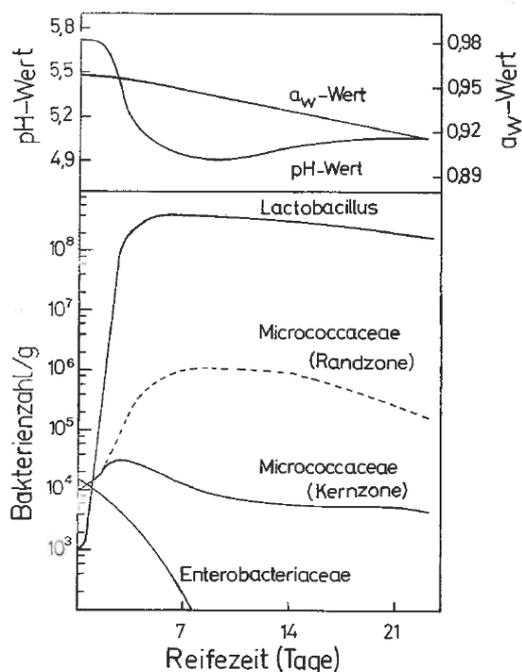


Abbildung 4 Entwicklung der Mikroflora während der Reifung [7]

Die von Milchsäurebakterien aus Zucker gebildeten Säuren tragen stark zur Unterdrückung unerwünschter Bakterien bei. Das Ausmass der Säurebildung hängt vor allem von der Menge, aber auch von der Art der zugesetzten Zuckerstoffe ab. Vor allem bei schnell gereiften Rohwürsten, welche wenig andere mikrobiell gebildete Aromastoffe enthalten, treten die Säuren auch geschmacklich in Erscheinung. Wird der pH durch die Säurebildung auf etwa 5.3 gesenkt, nimmt die Löslichkeit des Fleischeiweisses und somit auch die Wasserbindung ab. Die Produkte werden fester und lassen sich schneller trocknen. Durch die mikrobielle Säuerung wird der Zerfall des Nitrites und somit die Umrötung beschleunigt. [7]

Micrococccaceae sind in der Lage, Nitrat zu Nitrit zu reduzieren. Sie verhindern, respektive verzögern durch die Katalasebildung die Entwicklung von Farbfehlern und frühzeitiger Ranzigkeit [2]. Durch ihre Fähigkeit zum Fettabbau (Lipolyse) leisten sie einen Beitrag zur Aromatisierung von Rohwürsten. [7]

Werden Rohwürste nicht oder nur schwach geräuchert, bildet sich eine Oberflächenflora, bestehend aus Schimmelpilzen und Hefen. Wie Tabelle 2 zeigt, besitzen sie folgende positive Wirkungen auf die Reifung.

Tabelle 2 Wirkung von Schimmelpilzen und Hefen während der Reifung

Wirkung	Einfluss auf die Rohwurst
Antioxidative Wirkung <ul style="list-style-type: none"> • Verminderung der Sauerstoffspannung an der Oberfläche • Abbau von Peroxiden • Schutz vor Lichteinfluss 	Hemmung des Ranzigwerdens Verbesserung der Farbhaltung
Während der Reifung Schaffung eines günstigen Mikroklimas auf der Oberfläche	Vermeidung der Trockenrandbildung und des Schmierigwerdens
Abbau von Fetten, Proteinen und Milchsäure	Entwicklung des charakteristischen Geruchs und Geschmacks

2.2. Fett in der Ernährung

Um die Fettproblematik im ganzen Ausmass erfassen zu können, wird in den folgenden Kapiteln ein Überblick über den Nährstoff Fett / Lipid gegeben.

2.2.1. Klassifizierung der Fette

Unter dem Begriff Lipide versteht man Stoffe, die sich durch Unlöslichkeit in Wasser und Löslichkeit in organischen Lösungsmitteln auszeichnen. Lipide lassen sich anhand ihrer strukturellen Verwandtschaft in einzelne Klassen einteilen, wie in Abbildung 5 ersichtlich ist.

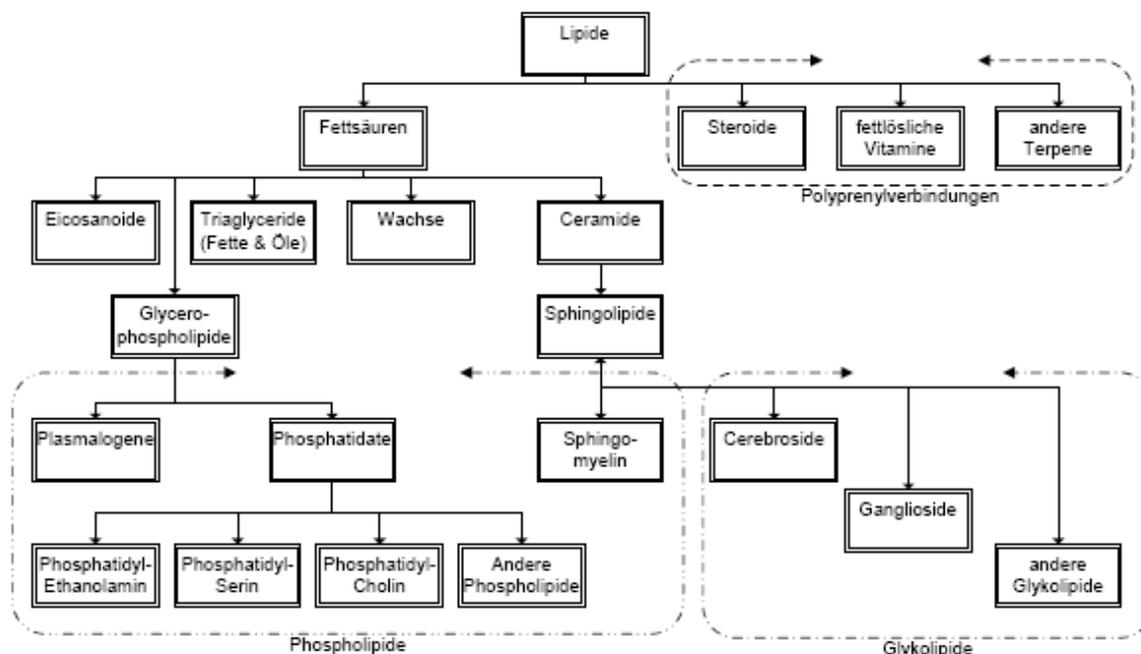


Abbildung 5 Klassifizierung der Lipide [8]

Die Polyprenylverbindungen stammen vom Grundbaustein Isopren ab. Isopren ist der Trivialname für den ungesättigten Kohlenwasserstoff 2- Methyl- 1,3- butadien. Abbildung 6 zeigt die chemische Struktur.

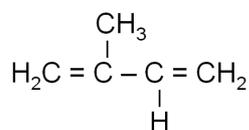


Abbildung 6 Struktur von Isopren [9]

Steroide wie z.B. Cholesterol, die fettlöslichen Vitamine A, D, E, K und andere Terpene wie z.B. Menthol gehören den Polyprenylverbindungen an.

Der grösste Zweig der Lipide leitet sich von den Fettsäuren ab. Wachse stellen dabei die einfachste Klasse dar. Bei den Wachsen ist eine Fettsäure mit einem einwertigen Alkohol verestert.

Durch Verlängerung der zugeführten Fettsäuren und Einfügen von Doppelbindungen werden Vorstufen von Eicosanoiden gebildet, welche auf zellulärer Ebene regulatorische Funktionen übernehmen.

Quantitativ von grösster Bedeutung sind die Triglyceride. Da sie im tierischen Organismus als Energiespeicher dienen, werden sie auch als Speicherlipide bezeichnet. Chemisch gesehen handelt es sich dabei um eine Veresterung von drei Fettsäuren mit Glycerin. Das Molekül ist dadurch unpolar. Die Klasse der Phospholipide enthält grundsätzlich eine Phosphatgruppe. Diese kann dabei mit verschiedenen Alkoholen verestert sein. Vertreter dieser Klasse sind z.B. Phosphatidylethanolamin oder -cholin (Lecithin).

Ist statt der Phosphatgruppe ein Zucker an Sphingosin gebunden, entstehen Glykolipide. Sie kommen in allen Geweben auf der Aussenseite der Zellmembran vor und übernehmen hier teilweise eine Rezeptorfunktion. [8]

2.2.2. Fettsäuren

Fettsäuren stellen nicht nur die energieliefernde, sondern auch eine strukturgebende Komponente der Lipide dar. Chemisch handelt es sich um organische Säuren (Carbonsäuren) mit langer Kohlenwasserstoffkette. Die Säuregruppe ist meist mit Alkoholen, z.B. Glycerol, Sphingosin oder Cholesterol verestert. Fettsäuren können Doppelbindungen enthalten (= ungesättigte Fettsäure), welche physiologisch in cis- Konfiguration vorliegen. Das ansonsten gestreckte Molekül enthält so einen „Knick“, was zu einer besseren Beweglichkeit führt. Praktisch bewirkt dies einen tieferen Schmelzpunkt. [8]

In Abbildung 7 ist das Prinzip der cis- trans Konfiguration dargestellt. Liegt eine Fettsäure in der trans- Konfiguration vor, liegen die Wasserstoffmoleküle links und rechts der Doppelbindung auf den gegenüberliegenden Seiten. Die Fettsäure bleibt gestreckt. Bei der cis- Konfiguration liegen die Wasserstoffmoleküle links und rechts der Doppelbindung auf der gleichen Seite. Als Folge davon wird die Fettsäure gewinkelt.

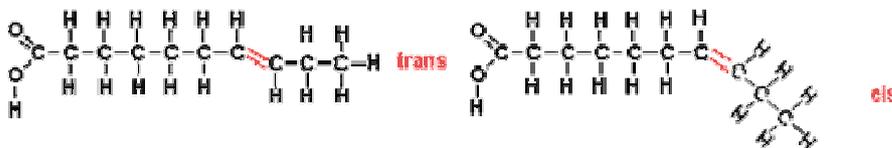


Abbildung 7 cis- trans Konfiguration [10]

Längere, natürlich vorkommende Fettsäuren besitzen stets eine gerade Anzahl an Kohlenstoffatomen. Dies beruht auf ihrer Biosynthese aus C_2 - Einheiten.

Für Fettsäuren gilt generell: je länger die Kette und je weniger Doppelbindungen, desto fester das Fett. Langkettige, gesättigte Fettsäuren kommen ausschliesslich in festen Fetten vor oder entstehen durch Hydrierung von ungesättigten Fettsäuren.

Tierische Organismen können Fettsäuren selbständig synthetisieren, Doppelbindungen nach dem neunten C- Atom können jedoch nicht mehr eingefügt werden. Langkettige, mehrfach ungesättigte Fettsäuren sind daher essentiell und müssen mit der Nahrung aufgenommen werden. Die wichtigsten essentiellen Fettsäuren sind die Linolsäure und die α - Linolensäure. [8]

Die Linolsäure und ihre Abkömmlinge (n- 6- Fettsäuren, früher als Omega- 6- Fettsäuren bezeichnet) stammen vor allem aus pflanzlichen Ölen wie Sonnenblumen-, Soja-, Distel- oder Weizenkeimöl. Im Körper kann Linolsäure zur Arachidonsäure umgewandelt werden. Diese kann indirekt, je nach zugeführter Menge, einen hemmenden oder fördernden Einfluss unter anderem auf den Blutdruck und

Entzündungsreaktionen ausüben. α -Linolensäure und ihre Abkömmlinge (n-3-Fettsäuren, früher als Omega-3-Fettsäuren bezeichnet) sind ebenfalls in pflanzlichen Ölen wie Raps-, Leinsamen-, Mais- und Sojaöl enthalten, aber auch in Nüssen und Blattgemüse. Wie die Linolensäure wird auch die α -Linolensäure im Organismus in längere Kettenversionen umgewandelt. Endprodukte sind dabei die Eicosapentaensäure und die Docosahexaensäure, welche nur in tierischen Produkten und gewissen Algen vorkommen. Docosahexaensäure ist ein wichtiger Bestandteil der Membranen. Besonders reich sind die Stäbchen in der Retina, der Netzhaut im Auge. Docosahexaensäure ist unerlässlich für die Entwicklung des Gehirns, weshalb diese Fettsäure in der Säuglingsnahrung enthalten sein sollte. Bei Erwachsenen ist sie für die normale Funktion von Herz, Immunsystem und wahrscheinlich anderer Organe unentbehrlich. Gesichert sind die triglyzeridsenkenden Wirkungen im Blut, was eine positive Wirkung auf Herz- und Kreislaufgefässe ausübt. [11]

Bei der Hydrierung und allgemein bei starker thermischer Belastung können Umlagerungen von Doppelbindungen auftreten, welche zur trans-Konfiguration führen. Diese Transfettsäuren haben ungünstige Wirkungen auf die Blutfette und steigern dadurch das Risiko für artherosklerotische Erkrankungen. Sie können zusätzlich Entzündungen begünstigen, welche den Stoffwechsel der essentiellen Fettsäuren negativ beeinflussen und das Diabetes-Typ-2-Risiko bei Frauen erhöhen.

Nach übermässigem Verzehr von Transfettsäuren ist das Risiko, koronare Herzkrankheiten zu entwickeln bedeutend höher, als nach dem Verzehr von gesättigten Fettsäuren. [11]

2.2.3. Verdauung

Nach der Nahrungsaufnahme wird der Speisebrei mit der Zungenlipase versetzt. Sie spaltet bevorzugt kurzkettige Fettsäuren aus Milchfett-Triglyceriden ab. Es ist auch eine Magenlipase beschrieben, welche eventuell für kurz- und mittellangkettige Fettsäuren spezifisch ist.

Die Magenbewegung sorgt für eine gute Durchmischung mit den Enzymen und für eine Zerkleinerung der Fettpartikel. Auch grosse Fettanteile liegen so nach der Magenpassage als Emulsion vor. Die im Magen durch Hydrolyse an C_1 bzw. C_3 freigesetzten kurzkettigen Fettsäuren können direkt ins venöse Blut des Magens resorbiert werden. Bei Erwachsenen spielen die Zungengrundlipase und die Magenlipase nur eine untergeordnete Rolle.

Gesteuert durch den Pylorus (Pförtner) gelangt die Fettemulsion in den Zwölffingerdarm und wird dort mit Pankreassaft und Galle versetzt. Gallensäure lagert sich an die Fettpartikel an und verursacht eine negative Oberflächenladung, was der Colipase die Bindung an Triglyceride ermöglicht. Diese wiederum bindet die durch Gallensäure gehemmte Pankreaslipase, so dass an der Öl-Wasser-Grenzfläche die Hydrolyse der Triglyceride erfolgen kann. Eine Menge weiterer Pankreasenzyme arbeitet nach dem gleichen Prinzip. Die Fettpartikel werden mit fortschreitender Hydrolyse immer kleiner. Die freigesetzten Lipolyseprodukte bilden zusammen mit den Gallensäuren negativ geladene Teilchen. Alle lipophilen Teilchen der Umgebung werden bei dieser spontanen Aggregation in die Partikel eingeschlossen- man spricht deshalb von gemischten Micellen. Bei diesem Verdauungsprozess werden einerseits durch Hydrolyse resorbierbare Moleküle erzeugt, andererseits wird die Partikelgrösse von der Fettemulsion zur Micelle um Faktor 100 verkleinert, was eine Vergrösserung der Oberfläche zur Folge hat.

2.2.4. Resorption, Transport und Lipidverteilung

Abbildung 8 veranschaulicht die nachfolgend beschriebenen Vorgänge Resorption, Transport und Verteilung der Lipide.

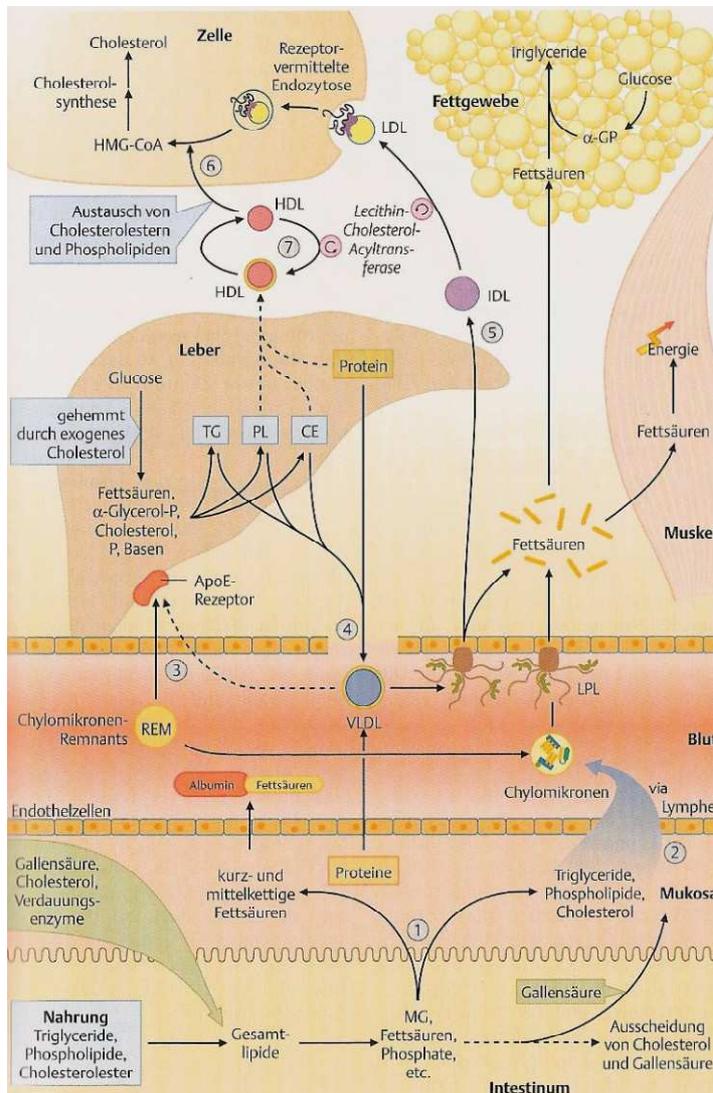


Abbildung 8 Resorption, Transport & Lipidverteilung [8]

Dabei verlieren sie das Apoprotein und es entstehen Chylomikronen-Remnants. Diese werden rezeptorvermittelt von der Leber aufgenommen und metabolisiert (3). Alle Ester werden dabei hydrolysiert. Die verbleibenden Verbindungen bilden zusammen mit weiteren Substanzen einen verfügbaren Pool. Aus diesem werden Lipide wieder mit Apoproteinen gepackt und in Form von VLDL in die Blutbahn abgegeben (4).

VLDL bedeutet „very low Density Lipoprotein“. Die daraus freigesetzten Fettsäuren dienen im Fettgewebe als Speichertriglyceride oder im Muskel als Energiequelle.

Das verbleibende IDL („Intermediate Density Lipoprotein“) wird durch Veresterung des Cholesterols mit einer mehrfach ungesättigten Fettsäure zu LDL („Low Density Lipoprotein“) (5).

Durch rezeptorvermittelte Endozytose wird LDL von den meisten Geweben aufgenommen und dient als Lieferant von Cholesterolestern für den zellulären Cholesterolbedarf.

Die gemischten Micellen gelangen an die Bürstensaummembran und werden von dort passiv in die Mukosazelle aufgenommen (1).

Die zur Resorption essenziellen Gallensäuren gelangen nach der Sekretion in das Darmlumen in den unteren Dünndarm, von wo sie teilweise resorbiert und via Portalvene zur Leber zurücktransportiert werden. Von dort aus gelangen sie erneut in die Galle.

Der anschliessende intrazelluläre Metabolismus führt zur Bildung von Lipoproteinen, welche in Form von Chylomikronen in das Lymphsystem abgegeben werden und via Vena cava (Hohlvene) in die Blutbahn gelangen (2). Chylomikronen sind sehr kurzlebig und es erfolgen bereits auf dem Weg zur Blutbahn Interaktionen mit anderen Lipoproteinen, Austausch von Fettsäuren und Aufnahme weiterer Apoproteine. Es entstehen die reifen Chylomikronen, welche mit der Lipoproteinlipase in Kontakt kommen.

Das ebenfalls von der Leber produzierte HDL („High Density Lipoprotein“) übernimmt überschüssige Cholesterolester und Phospholipide (6) und bewirkt den Rücktransport zur Leber (7). [8]

2.2.5. Bedarf und Prävention

Für eine ausgewogene Ernährung ist nicht nur die Menge sondern auch die Art des Fettes wichtig. Es gelten deshalb folgende Empfehlungen:

- Gesamtfettzufuhr 1 g / kg Körpergewicht
- Pro 2000 kcal bzw.
8374 kJ Energiezufuhr:
 - Gesättigte Fettsäuren 20 – 25 g
 - Einfach ungesättigte Fettsäuren 20 – 30 g
 - Mehrfach ungesättigte Fettsäuren n- 6 6 g
 - Mehrfach ungesättigte Fettsäuren n- 3 1.7 g
- Verhältnis von n-6 : n- 3 5 : 1
- Verhältnis gesättigte Fettsäuren : ungesättigte Fettsäuren 1 : 2
- Eicosapentaensäure und Docosahexaensäure zusammen 500 mg
- Transfettsäuren, egal welcher Herkunft max. 1 % der Tagesenergie [11]

In der Schweiz liegt die Fettzufuhr bei 35 – 40 % des Gesamtenergiebedarfs. Das Bundesamt für Gesundheit empfiehlt im Rahmen einer ausgewogenen Ernährung eine Fettzufuhr von 30 % des Gesamtenergiebedarfs. [11]

Ein ansteigender Gesamtfettkonsum erhöht mit mindestens wahrscheinlicher Evidenz das Adipositas- und das Dyslipoproteinämierisiko (Hypertriglyceridämie und niedriges HDL- Cholesterol). Tabelle 3 zeigt zudem weitere Zusammenhänge zwischen dem Fettkonsum und Prävention ausgewählter Krankheiten. [8] Die Abkürzung FS steht für Fettsäure.

Tabelle 3 Fettkonsum und Prävention [8]

Erhöhung von	Adipositas	Diabetes mellitus	Hypertonie	KHK ¹	Krebs
Gesamtfett	wahrscheinlich Risiko erhöhend	Wahrscheinlich kein Zusammenhang	Unzureichende Angaben	Wahrscheinlich kein Zusammenhang	Wahrscheinlich kein Zusammenhang
Gesättigte FS	Keine Studien vorhanden	Wahrscheinlich kein Zusammenhang	Überzeugend kein Zusammenhang	Möglicherweise Risiko erhöhend	Wahrscheinlich kein Zusammenhang, möglicherweise erhöhtes Brustkrebsrisiko
Einfach ungesättigte FS	Unzureichende Angaben	Wahrscheinlich kein Zusammenhang	Unzureichende Angaben	Möglicherweise kein Zusammenhang	Wahrscheinlich kein Zusammenhang, möglicherweise Senkung des Brustkrebsrisiko
Mehrfach ungesättigte FS	Unzureichende Angaben	Möglicherweise Risiko senkend	Unzureichende Angaben	Möglicherweise Risiko senkend	Wahrscheinlich kein Zusammenhang
Langkettige n- 3- FS	Keine Studien vorhanden	Unzureichende Angaben	Überzeugend Risiko senkend	Überzeugend Risiko senkend	Möglicherweise Senkung des Darmkrebsrisiko
Transfett-säuren	Keine Studien vorhanden	Unzureichende Angaben	Keine Studien vorhanden	Überzeugend Risiko erhöhend	Unzureichende Angaben

¹KHK = Koronare Herzkrankheiten

2.2.6. Fett in Fleisch und Fleischprodukten

Im Fleisch kommt das Fett als Fettgewebe vor. Es ist neben dem Unterhautfettgewebe und dem Innereienfett zwischen den Muskeln als Depotfett eingelagert und als Marmorierung sichtbar. Der Ruf, dass Fleisch und Fleischerzeugnisse fettreich sind, stimmt nur bedingt. Durch züchterische Massnahmen, veränderte Aufzucht, jüngeres Schlachalter und magerere Zuschnitte der Fleischstücke wird gegenüber früher ein reduzierter Fettgehalt und ein erhöhter Muskelanteil des Fleisches erreicht.

Der Fettgehalt von verschiedenen Fleischstücken und Fleischprodukten unterscheidet sich sehr stark, wie Abbildung 9 zeigt.

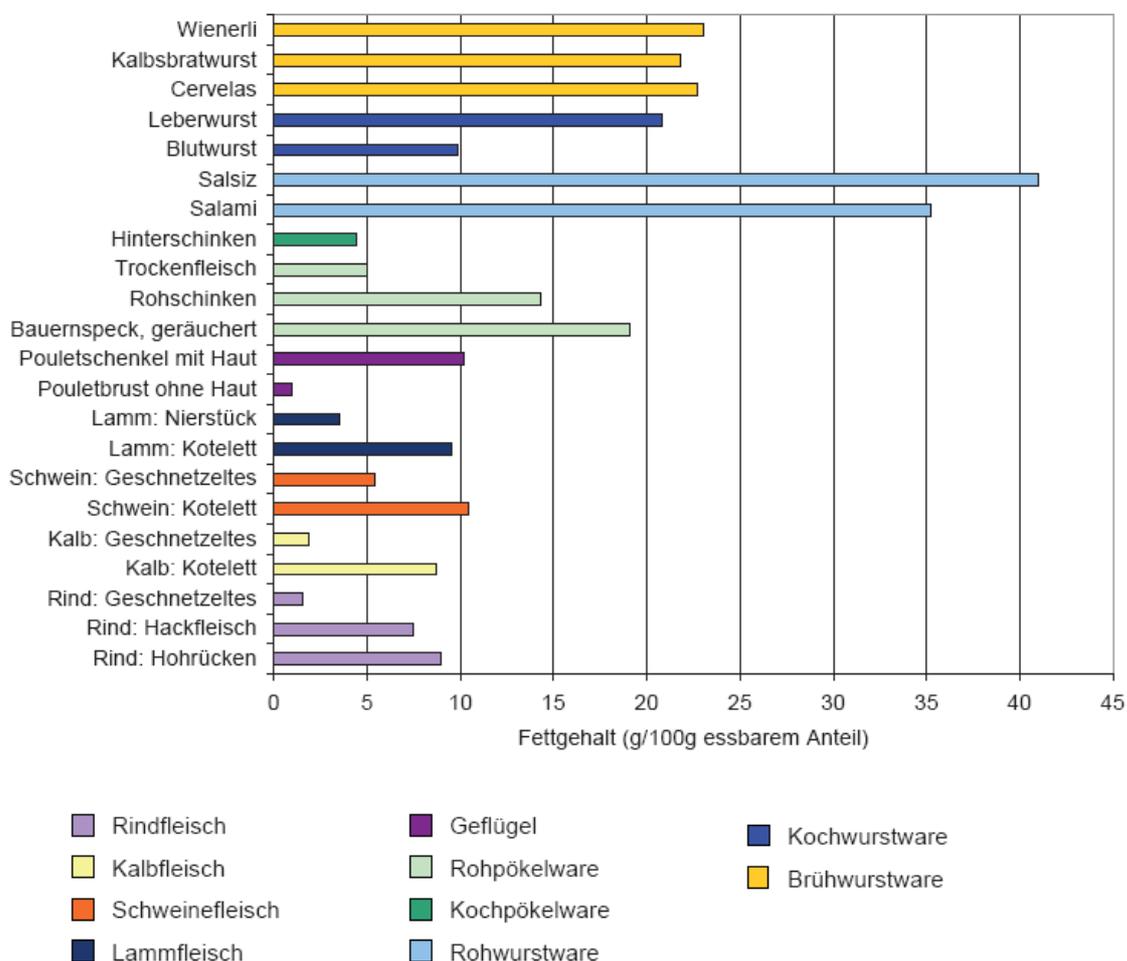


Abbildung 9 Fettgehalt von verschiedenen Fleischstücken und Fleischprodukten [12]

Während Frischfleisch und Kochpökelwaren einen Fettgehalt von unter 20 g / 100 g Lebensmittel aufweisen, liegt der Fettgehalt bei Rohwürsten wie Salami oder Salsiz mit Werten zwischen 30 und 40 g / 100 g Lebensmittel deutlich höher.

Von der Zusammensetzung der Fette enthält Fleisch zwar die als negativ beurteilten gesättigten Fettsäuren, aber auch mindestens gleich viele einfach und mehrfach ungesättigte Fettsäuren, welche positiv beurteilt werden.

Epidemiologische Studien konnten auf keinen Zusammenhang zwischen tierischem Fett und dem Risiko von koronaren Herzkrankheiten hinweisen. Auch für Transfettsäuren tierischen Ursprungs konnte keine negative Wirkung gefunden werden. Ebenfalls kann davon ausgegangen werden, dass Fleischfett das Risiko an Diabetes Typ 2 zu erkranken nicht erhöht. Auf Grund des Fettgehaltes oder der Fettzusammensetzung muss aus gesundheitlichen Gründen nicht auf ein Fleischstück oder Fleischerzeugnis verzichtet werden. [12]

Die schweizerische Gesellschaft für Ernährung empfiehlt im Rahmen einer ausgewogenen Ernährung pro Tag abwechslungsweise eine Portion Fleisch von 100 – 120 g (Frischgewicht), Fisch, Käse, Eier oder andere Eiweissquellen wie beispielsweise Tofu oder Quorn. [13]

2.3. Gesetzliche Grundlagen

Die gesetzlichen Grundlagen für Rohwürste sind in verschiedenen Verordnungen geregelt.

So schreibt die Verordnung des EDI über Lebensmittel tierischer Herkunft in Artikel 8, Absatz 1 folgende Angaben zur Deklaration vor:

- Einen Hinweis auf die Tierarten, von denen das Fleisch stammt
- Eine der folgenden Bezeichnungen, entsprechend der Eigenart des Produktes:
 - Für Produkte, bei denen die Fleischstruktur nicht mehr ersichtlich ist „Fleischerzeugnis“ oder die branchenübliche Bezeichnung der Fleischstücke gefolgt vom Begriff „-erzeugnis“.
 - Für Produkte, bei denen die Fleischstruktur noch ersichtlich ist „Fleischzubereitung“ oder die branchenübliche Bezeichnung der Fleischstücke gefolgt vom Begriff „-zubereitung“

Gemäss Absatz 4 gilt der Begriff Salami als Sachbezeichnung und ersetzt obige Bezeichnung. Werden fleischfremde, nicht übliche Zutaten verwendet, müssen sie nach Absatz 3 in der Sachbezeichnung zusätzlich angegeben werden. [14]

Die Höchstmenge für Nitrat ist in der Verordnung des EDI über die in Lebensmitteln zulässigen Zusatzstoffe (Zusatzstoffverordnung, ZuV) im Anhang 7 definiert. Bei der Herstellung von Salami und ähnlichen Erzeugnissen dürfen maximal 300 mg / kg Natriumnitrat oder Kaliumnitrat, beides als NaNO_3 ausgedrückt, zugesetzt werden. Sie können einzeln oder als Summe eingesetzt werden, aber ohne Zusatz von Natriumnitrit oder Kaliumnitrit. [15]

Für allergene Stoffe und allgemeine Deklarationsvorschriften gilt die Verordnung des EDI über die Kennzeichnung und Anpreisung von Lebensmitteln (LKV). [16]

Soll auf den Fettgehalt der Rohwurst hingewiesen werden, gilt dies gemäss Artikel 29 c LKV als nährwertbezogene Angabe. Solche Angaben dürfen nur gemacht werden, wenn sie in Anhang 7 der LKV vorgesehen sind und die entsprechenden Anforderungen erfüllen. Andernfalls bedarf es einer Bewilligung des Bundesamtes für Gesundheit (BAG). Eine Rohwurst darf nur dann als fettarm bezeichnet werden, wenn sie weniger als 3 g Fett pro 100 g enthält. Die Angabe fettfrei oder ohne Fett ist nur zulässig, wenn das Produkt nicht mehr als 0.5 g Fett pro 100 g enthält. [16]

2.4. Fettersatzstoffe

In ihren Eigenschaften (fehlende Mischbarkeit mit Wasser, Schmelzverhalten, Aussehen, sensorische Eigenschaften) sind Fettersatzstoffe den Speisefetten sehr ähnlich. Sie müssen frei von toxischen Effekten sein und dürfen keine Metaboliten erzeugen, ausser solchen, die auch aus natürlichen Fetten entstehen oder unverändert durch den menschlichen Organismus wieder ausgeschieden werden können. Üblicherweise werden sie im Gastrointestinaltrakt weder in wesentlichen Mengen resorbiert noch enzymatisch hydrolysiert. Sie sind somit nicht oder nur in geringer Menge energetisch nutzbar. [17]

Abhängig vom entsprechenden Lebensmittel können sowohl lebensmittelfremde, aber fettähnliche Substanzen (Pseudofette) als auch lebensmittelübliche Zutaten auf Basis von Kohlenhydraten oder Proteinen an die Stelle von Fett treten.

Als wesentliche Fettsimulatoren, welche als (partieller) Ersatz für Fett dienen können oder zur Verminderung des nutzbaren Energiewertes führen, kommen folgende Verbindungen in Frage:

- Kombination von Wasser und oberflächenaktiven Substanzen inklusive spezieller Proteine und quellfähiger Polysaccharide
- Verbindungen mittelkettiger Triglyceride und Acetoglyceride mit einem tieferen Brennwert
- Verbindungen, die sich in ihrer Struktur stark von Triglyceriden unterscheiden, wie z.B. Paraffine und Silikone
- Verbindungen ohne Kalorien mit fettähnlichen Eigenschaften, welche vor allem durch modifizierte Esterbindungen entstehen, wie beispielsweise Fettsäureester von Polysacchariden

Allerdings können viele dieser Stoffe oder Stoffkombinationen nur in niedrigen Temperaturbereichen, wo Fett für das Erreichen einer guten Textur notwendig ist, eingesetzt werden. Als Wärmeüberträger beim Braten oder Frittieren sind sie nicht geeignet.

Mit Ausnahme der Pseudofette beruht die Wirkung der Fettersatzstoffe auf einem glatten Mundgefühl, welches sie in Verbindung mit Wasser erbringen. Dies gilt für mikropartikulierte Proteine genauso wie für Kohlenhydrate (z.B. Inulin oder Polydextrose) und Hydrokolloide. Bei der Erzeugung fettverminderter Lebensmittel werden auch Lecithinfraktionen eingesetzt, welche in der Lage sind, stabile Liposomen zu bilden. Es handelt sich dabei um Wassertröpfchen mit einem Durchmesser von 200 – 500 µm, welche von Phospholipidmembranen umhüllt sind. Sie sind gegen thermische und mechanische Belastungen stabil, allerdings fehlt diesen Fettsimulationen der Kühleffekt, welcher durch das Schmelzen der Fettkristalle im Mund entsteht.

Meist werden die Substanzen als Fettersatzstoffe bezeichnet. Ein Fettersatzstoff sollte aber – abgesehen vom Brennwert – weitgehend die gleichen Eigenschaften besitzen wie ein übliches Fett. Viele Produkte schmelzen jedoch schon bei Temperaturen unter 100 °C. Es wird deshalb vorgeschlagen, hitzestabile Fettsimulatoren als Fettersatzstoffe zu benennen und die thermisch instabilen Proteine und Kohlenhydrate als Fettaustauschstoff zu bezeichnen. Bei den Kohlenhydraten wird zwischen quantitativ relevanten und gelbildenden Stoffen unterschieden. Gelbildende Stoffe beziehungsweise Verdickungsmittel, welche in geringen Mengen in Verbindung mit grossen Wasseranteilen Hydrokolloide bilden, erzeugen ein fettähnliches Mundgefühl. [18]

In den für diese Arbeit durchgeführten Versuchen finden nur Fettersatzstoffe auf Basis von Kohlenhydraten, nämlich Inulin und Weizenfasern, Verwendung. Auf deren Eigenschaften wird nachfolgend eingegangen.

2.4.1. Inulin

Bei Inulin und Oligofructose handelt es sich um Fructane (siehe Abbildung 10) mit einem Polymerisierungsgrad von 2 bis 60.

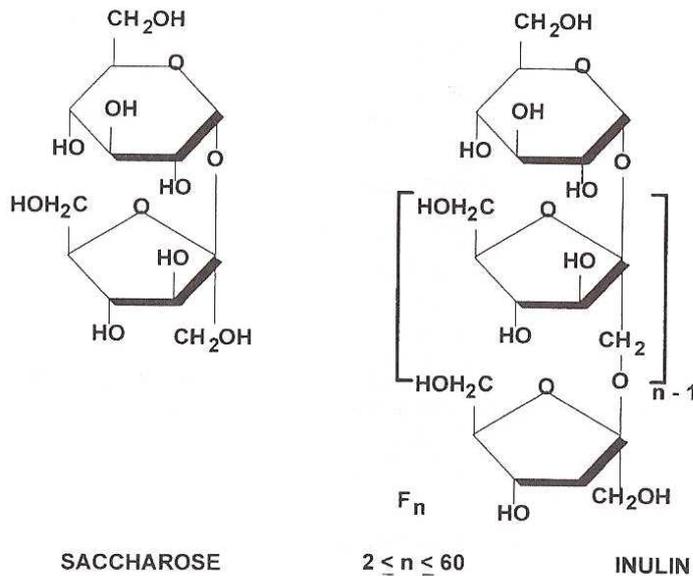


Abbildung 10 Darstellung von Inulin [17]

Sie widerstehen aufgrund der β -2-1-glykosidischen Bindung den Enzymen des Magen- Darmtraktes und werden erst im Dickdarm durch Bifidus-Bakterien weitgehend fermentiert. Dabei entstehen vor allem kurzketige Fettsäuren. Auch wenn solche Fructooligosaccharide nicht nach klassischen Methoden als Ballaststoffe („dietary fiber“) erfasst werden, sind sie diesen zuzuordnen, weil die meisten ihrer physiologischen Effekte darauf hinweisen und sie als praktisch brennwertfrei eingestuft werden können. [18]

In vielen Pflanzenfamilien (z.B. Schwarzwurzel, Zichorie, Topinambur, Roggen, Zwiebel) kommt Inulin als Reservekohlenhydrat vor. Es ist für das menschliche Verdauungssystem nicht ungewohnt und wird allgemein problemlos vertragen. Bei höheren Dosen (> 40 g) kann es zu Flatulenzen führen.

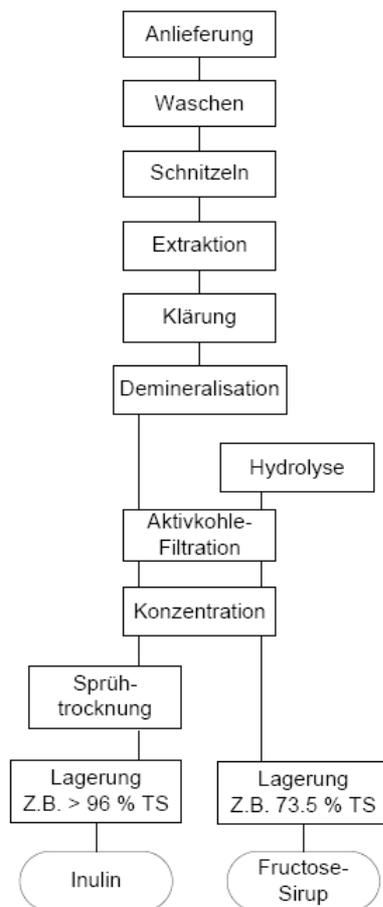
Da Inulin geschmacksneutral ist, hat es die Eigenschaft, sowohl Fett als auch Zucker in vielen Lebensmitteln ersetzen zu können. Dank seines erhöhten Molekulargewichtes hat es die Fähigkeit, Mikrokristalle zu bilden. Dadurch werden ihm organoleptische Fähigkeiten verliehen (Kaugefühl und Cremigkeit) und somit eignet es sich als Fettersatzstoff. [19] Bei geringen Einsatzmengen wird die Viskosität nur wenig erhöht, während es bei Mengenanteilen von über 10 % auch cremige und schliesslich fettähnliche Textureigenschaften entwickelt. Bedingt durch den niedrigen Polymerisierungsgrad hat Oligofructose einen leicht süssen Geschmack und wird wie Inulin nur in geringen Mengen vom menschlichen Organismus verwertet.

Dank den guten Verarbeitungseigenschaften kann Inulin in vielen Produkten eingesetzt werden. Tabelle 4 zeigt Anwendungsbeispiele, Einsatzmengen und Effekte von Fructosepolymeren. [18]

Tabelle 4 Beispiele zu Anwendung, Einsatzmenge & Effekten von Fructosepolymeren [18]

Brot, Gebäck	5 – 10 %	Kalorienreduktion, besseres Mundgefühl
Joghurt, Dessert, Frischkäse, Speiseeis	5 – 10 %	Cremige Konsistenz, Kalorienreduktion, Bifidusflora
Milchmischgetränke, Saucen	5 – 10 %	Zuckeraustausch, Kalorienreduktion
Süsswaren, Schokolade	10 – 50 %	Kalorienreduktion, Fettreduktion

Die Inulingewinnung aus nativen Zichorienwurzeln entspricht im Ablauf weitgehend demjenigen von Rübenzucker und ist in Abbildung 11 veranschaulicht.



Bei der Anlieferung werden die nativen Zichorienwurzeln auf ihren Inulingehalt überprüft.

Die Wurzeln werden gewaschen und Steine, Gräser und Erde entfernt.

Anschliessend werden die Wurzeln zu Schnitzeln zerkleinert und mit Heisswasser extrahiert. Der Saft, der dabei entsteht, wird aufgereinigt und demineralisiert. Er kann entweder zu Inulin weiterverarbeitet werden oder er wird einer Hydrolyse unterzogen. Die Totalhydrolyse liefert Fructosesirup mit einem Fructosegehalt von bis zu 95 % in der Trockensubstanz. [20]

Abbildung 11 Inulingewinnung [17]

2.4.2. Weizenfasern

Als Alternative zu ballaststoffreichen Vollkornprodukten steht heute eine Vielzahl von Ballaststoffkonzentraten zur Verfügung. Diese werden in vielen Lebensmitteln eingesetzt um

- die Ballaststoffzufuhr zu erhöhen
- einer Obstipation (Verstopfung) entgegenzuwirken
- Sättigungseffekte trotz niedriger Brennwerte zu erreichen
- den Fettgehalt in Lebensmitteln zu reduzieren.

Es ist eine Partikelgrösse unter 10 mm notwendig, um Fett in Lebensmitteln teilweise zu ersetzen und eine cremige fettähnliche Konsistenz zu erreichen. Eine Weiterentwicklung auf dem Gebiet der Ballaststoffkonzentrate stellen zum Beispiel hochgereinigte Weizenfasern dar. Durch den stark reduzierten Fettgehalt sind sie in sensorischer Hinsicht weitgehend stabil (neutraler Geschmack) und durch die helle Farbe und wesentlich feinere Vermahlung ($< 30 \mu\text{m}$) als Weizenspeisekleie besser geeignet, um in Lebensmittel eingearbeitet zu werden. [17]

Sie finden Einsatz um den Gehalt an unlöslichen Ballaststoffen zu erhöhen und den Brennwert zu reduzieren. [17]

Die in den Versuchen eingesetzten Weizenfasern werden mittels physikalisch-thermischen Verfahren aus der pflanzlichen Gerüstsubstanz isoliert und aufkonzentriert. Durch eine anschliessende Vermahlung werden die unlöslichen Fasern auf eine definierte Länge gekürzt. Dank der gezielten Bearbeitung entsteht ein System mit definierten funktionellen Eigenschaften wie Wasserbindungsvermögen oder Ölbindekapazität.

Werden die unlöslichen Weizenfasern durch die Scherkräfte eines Cutters gleichmässig verteilt, bildet sich ein dreidimensionales Netzwerk. Da die Weizenfasern über kapillare Eigenschaften verfügen, können sie Wasser und Öl aufnehmen und im kapillaren Kanalsystem weiterleiten. Dies hat zur Folge, dass die Feuchtigkeit im Wurstkern schneller an die Oberfläche gelangt und die Wurst gleichmässig abtrocknet. Dadurch wird die Trocknungszeit verkürzt und die Entstehung von Trockenrand vermindert. [21]

3. Material und Methoden

3.1. *Versuchsaufbau*

3.1.1. Recherche der Fettersatzstoffe

In einem ersten Schritt galt es, die geeigneten Fettersatzstoffe zu finden. Da an ALP bereits ein Versuch mit fettreduzierten Lyonern durchgeführt wurde, konnten die Fettersatzstoffe Inulin und Weizenfasern für die vorliegende Arbeit übernommen werden. Im Plenum wurde beschlossen, aus wirtschaftlichen Gründen auf Proteine als Fettersatz zu verzichten. Auf FE 19, welcher in Versuch 2 und 3 eingesetzt wurde, wurde man in einer späteren Recherche aufmerksam.

Durch eine Internetrecherche konnte gezeigt werden, dass Hartkäse bereits erfolgreich eingesetzt wurde um eine Fettreduktion in Salami zu erreichen. In allen drei Versuchen wurden deshalb verschiedene Käsesorten eingesetzt.

3.1.2. Planung Versuch 1

In Versuch 1 wurde einerseits durch das Weglassen des Speckes und andererseits durch den Einsatz der Fettersatzstoffe der Fettgehalt in der Modellwurst Salami gesenkt. Der Speckanteil wurde in Schritten von jeweils 25 % reduziert und durch die übrigen Hauptkomponenten ersetzt. Als Referenzprodukt wurde eine Variante Salami nach der unveränderten Rezeptur hergestellt. Die Fettersatzstoffe ersetzen den Speck zur Hälfte oder vollständig.

Im Anschluss an die Produktion und Reifung wurde eine Degustation mit vier Personen durchgeführt. Gemeinsam wurde dabei entschieden, welche Varianten im zweiten Versuch mit verfeinerter Rezeptur respektive weiteren Fettersatzstoffen getestet werden sollen.

3.1.3. Planung Versuch 2

In Tabelle 5 sind die Ergebnisse aus der Degustation, welche mit den Salami aus Versuch 1 durchgeführt wurde, aufgelistet. Die Felder mit den als positiv beurteilten Kriterien sind rosa eingefärbt, diejenigen mit den negativ beurteilten Kriterien hellgrau. Anhand dieser Beurteilung konnte der zweite Versuch geplant werden.

Tabelle 5 Versuch 1, sensorische Erstbeurteilung

Kriterien Varianten	Schimmel- ung	Optische Beurteilung, Schnittbild	Geruch	Geschmack / Wahrnehmung im Gaumen	Bemerkung
Standard	in Ordnung	leichter Trockenrand, leicht porig, Schnittbild in Ordnung	in Ordnung	in Ordnung	etwas weich
FR 25	in Ordnung	leichter Trockenrand, klares schönes Schnittbild	in Ordnung	in Ordnung	gut schälbar
FR 50	in Ordnung	leicht porig, leichter Trockenrand, klares schönes Schnittbild			im Kern relativ weich
FR 75	in Ordnung	Trockenrand, mageres Schnittbild, dunkel, leicht porig	in Ordnung, intensiver Geruch	in Ordnung	Trocken- rand beim essen feststellbar
FR 100	in Ordnung	stark eingefallen, dunkel, leicht porig, leichter Trockenrand, sehr mager	intensives Aroma	pfefferig / brennend im Abgang	sehr hart
Inulin 50	in Ordnung	leichter Trockenrand	in Ordnung	rau auf der Zunge	
Inulin 100	in Ordnung	„Fettner“, dunkel	in Ordnung	gummig, rau, salzig	sehr hart, sehr gut schälbar
WF 50	in Ordnung	leichter Trockenrand, kein schönes Schnittbild	in Ordnung	gummig, salzig, rau	
WF 100	wenig geschimmelt	kein schönes Schnittbild	süss, milchig	nicht geniessbar	sehr hart, schlecht schälbar
Gruyère 50	in Ordnung	Gruyèrewüfel sichtbar	Gruyère- geruch	Gruyère- geschmack	
Gruyère 100	in Ordnung	starker Trockenrand, dunkel	starker Gruyère- geruch	salzig	

Um wiederum ein Referenzprodukt zu haben, wurden die ersten beiden Varianten aus Versuch 1 auch im Versuch 2 hergestellt. Inulin 100 wurde in der Degustation eher negativ beurteilt, Inulin 50 konnte lediglich im Geschmack nicht überzeugen. In Versuch 2 wurden deshalb unterschiedliche Abstufungen

des Inulingehaltes getestet, wobei das Maximum bei 50 % lag. Die Varianten WF 50 und WF 100 wurden in der Degustation negativ beurteilt, weshalb in Versuch 2 keine Weizenfasern mehr eingesetzt wurden. An ihre Stelle kam das Produkt FE 19. Es wurde in zwei Varianten eingesetzt und ersetzte den Speck zur Hälfte, beziehungsweise vollständig. Gruyère 100 erinnerte in der Degustation zu wenig an Salami und zu viel an Käse. Gruyère 50 hingegen wurde im Geruch und auch im Geschmack positiv als „interessant“ beurteilt. In Versuch 2 wurden unterschiedliche Zerkleinerungsarten getestet. Da die Gruyèrewürfel eine leicht gelbe Farbe hatten, wurden in Versuch 2 weitere Käsesorten getestet. Sie ersetzen den Speck zu 50, respektive zu 100%.

3.1.4. Planung Versuch 3

Da die Salami aus Versuch 2 mikrobiologisch schlecht abschnitten, konnte keine sensorische Analyse durchgeführt werden. In einer Degustation mit vier Personen wurden die Salami auf ihr Aussehen und ihren Geruch hin beurteilt. Anhand dieser Beurteilung wurde festgelegt, welche Varianten für eine sensorische Analyse nochmals produziert werden müssen. Die Ergebnisse der Degustation sind in Tabelle 6 aufgelistet.

Tabelle 6 Versuch 2, sensorische Erstbeurteilung

Kriterien	Optische Beurteilung, Schnittbild	Geruch	Bemerkung
Variante			
Standard	ganz leichter Trockenrand, schönes Schnittbild, kleine Löcher	in Ordnung	
FR 25	grössere Löcher als Standard, aussen leicht schmierig, leichter Trockenrand	weniger frisch im Geruch	
Wiberg 100	faltig, eingefallen, leichter Trockenrand, unklares verschmiertes Schnittbild	muffiger Geruch	extrem weich
Inulin 10	von aussen sehr schön, leichter Trockenrand, schönes Schnittbild	in Ordnung	
Inulin 25	von aussen sehr schön, leichter Trockenrand, kleine Löcher, Schnittbild leicht verschwommen	Geruch weniger typisch als bei Inulin 10	
Inulin 50	Trockenrand, schmierig, unklares Schnittbild (unausgewogene Verteilung)	muffig, leicht metallisch	
SchmK 50	von aussen in Ordnung, leichter Trockenrand, leicht gelb	in Ordnung	
SchmK 100	leicht eingefallen, gleichmässiges Schnittbild, leicht schmierig, leichter Trockenrand, kleine Löcher	leichter Käsegeruch	
CordonBleu 50	durch Käse gelblich, leichter Trockenrand		
CordonBleu 100	leicht eingefallen, gelbe Farbe, starker Trockenrand	starker Käsegeruch	
Gruyère Würfel 50	ungewohntes Schnittbild, leichter Trockenrand	leichter Gruyèrgeruch	
Gruyère Wolf 50	leichter Trockenrand, schönes Schnittbild		

Die Varianten Standard und FR 25 dienten als Referenzprodukte und wurden nochmals produziert. Wiberg 100 konnte weder optisch noch geruchlich überzeugen und wurde deshalb im Versuch 3 nicht

nochmals hergestellt. Stattdessen wurde die in Versuch 2 ausgefallene Variante mit 50 % Wiberg produziert. Die Varianten Inulin 10 und Inulin 25 überzeugten optisch und wurden nochmals produziert. Inulin 50 fiel optisch und geruchlich negativ auf. Auf eine nochmalige Produktion wurde verzichtet. SchmK 50 und SchmK 100 wurden beide positiv bewertet und in Versuch 3 nochmals produziert. CordonBleu 50 und CordonBleu 100 wurden durch die gelbe Farbe des Käses negativ beurteilt. Sie wurden in Versuch 3 nicht nochmals hergestellt. Gruyère Wolf 50 überzeugte durch das schöne Schnittbild. Als Vergleich dazu wurde Gruyère Würfel 50 ebenfalls nochmals produziert.

3.1.5. Weiteres Vorgehen

Die mikrobiologischen Ergebnisse aus Versuch 3 zeigten wieder in vereinzelt Varianten hohe Enterobacteriaceawerte. Es wurde beschlossen, alle Varianten aus Versuch 3 durch ein unabhängiges Labor nochmals überprüfen zu lassen. In einer weiteren mikrobiologischen Untersuchung wurden die Familien bestimmt, welche für die hohen Enterobacteriaceawerte verantwortlich waren.

Es galt nun herauszufinden, was die Ursache für die hohen Enterobacteriaceawerte waren. Der Fokus lag dabei vor allem auf den an der Herstellung beteiligten Personen, an den Gewürzen und den Zusatzstoffen. Aus diesem Grund wurden Proben der verwendeten Gewürze und Zusatzstoffe gezogen und mikrobiologisch untersucht.

3.2. Produktherstellung

3.2.1. Verwendete Anlagen und Maschinen

Für die Herstellung der Salami wurden folgende Anlagen verwendet:

- Wolf Seydelmann mit einer 5 mm Scheibe
- Blitz Hoegger Alpina, eingestellt auf „mischen“
- Vakuumpfüller Handtmann VF 608
- Poly –clip zum Verschliessen des Darmes
- Travaglini Reifeschrank

3.2.2. Verwendete Rohstoffe

Folgende Rohstoffe wurden verwendet:

- Schweinefleisch S I
- Rindfleisch R I
- Rückenspeck SV II
- Pfeffer weiss, gebrochen und gemahlen
- Knoblauchpulver
- Salz
- Gewürzmischung (mit Nitrat) scheid-bonafirm, Art.- Nr. 5090, Scheid- Rusal AG, Gisikon
- Starterkultur scheid- Starterkultur LMR, Art.- Nr. 7527, Scheid- Rusal AG, Gisikon

- Inulin HP, Art.- Nr. 2362, Pacovis AG, Stetten
- Vitacel Weizenfaser WF200, Pacovis AG, Stetten
- Fetteulsion auf pflanzlicher Basis FE 19, Art.- Nr. 171708, Wiberg, Salzburg (wird im Bericht als FE 19 bezeichnet)
- Gruyèrkäse, gekauft bei CC Prodega, Moosseedorf
- Emmentaler Block, 2 kg, Art.- Nr. RE10.14110, Produzent Emmi Fondue AG, Langnau (wird im Bericht als Schmelzkäseblock oder SchmK bezeichnet)
- Tiger Scheiben Cordon Bleu, Art.- Nr. 1033908, Produzent Emmi Fondue AG, Langnau (wird im Bericht als Käse Cordon Bleu oder CordonBleu bezeichnet)
- *Penicillium nalgiovense*, Scheid Salamischimmel weiss, Art.- Nr. 7615, Scheid- Rusal AG, Gisikon
- Wursthüllen Naturin F-2

3.2.3. Rezeptur

Die Salami wurden nach folgender Rezeptur hergestellt:

Basisrezeptur für Spiezer Bergsalami (Brät):

65 % Schweinefleisch S I

15 % Rindfleisch R I

20 % Rückenspeck S VII

Zusatzstoffe:

Kochsalz 27 g je kg Brät

Zusatzstoffe 10 g Gewürzmischung Bonafirm (mit Nitrat) je kg Brät

1 g Pfeffer weiss gebrochen je kg Brät

1 g Pfeffer weiss gemahlen je kg Brät

1 g Knoblauchpulver je kg Brät

Starterkultur

Es wurden drei verschiedene Versuche durchgeführt. In den ersten beiden Versuchen wurden 11, respektive 12 Varianten à je 10 Stück hergestellt. Jede Salami wog rund 500 g. Für den dritten Versuch wurden 9 Varianten produziert. Obwohl die Salami aus Versuch drei anschliessend nur mikrobiologisch und sensorisch untersucht wurden, wurde die Chargengrösse von 10 Stück Salami à 500 g beibehalten. Dies deshalb, weil kleinere Mengen nur schwer auf den Anlagen produziert werden können.

Die Salami der Versuche 1 und 2 wurden im Ausbildungszentrum für die Schweizer Fleischwirtschaft ABZ in Spiez produziert und gereift. Da die Pilotanlagen des ABZ für den dritten Versuch nicht genutzt werden konnten, wurden die Salami dieses Versuches in der Metzgerei Röthlisberger in Dürrenroth produziert. Die Reifung erfolgte hingegen in den Pilotanlagen des ABZ in Spiez.

In Tabelle 7 sind die verschiedenen Varianten und die dazugehörigen Rezepturen des ersten Versuches aufgelistet.

Tabelle 7 Versuch 1, Darstellung der verschiedenen Varianten

Variante	Menge S I		Menge R I		Menge S VII		Art des Fettersatzes	Menge Fettersatz		Speckreduktion in %
	in %	in kg	in %	in kg	in %	in kg		in %	in kg	
Standard	65	5.2	15	1.2	20	1.6	-	-	-	0
FR 25	69.06	5.53	15.94	1.28	15	1.2	-	-	-	25
FR 50	73.13	5.85	16.87	1.35	10	0.8	-	-	-	50
FR 75	77.13	6.17	17.87	1.43	5	0.4	-	-	-	75
FR 100	81.25	6.5	18.75	1.5	0	0.0	-	-	-	100
Inulin 50	65	5.2	15	1.2	10	0.8	Inulin ¹	10	0.8	50
Inulin 100	65	5.2	15	1.2	0	0	Inulin ¹	20	1.6	100
WF 50	65	5.2	15	1.2	10	0.8	Weizenfaser ²	10	0.8	50
WF 100	65	5.2	15	1.2	0	0	Weizenfaser ²	20	1.6	100
Gruyère 50	65	5.2	15	1.2	10	0.8	Gruyère ³	10	0.8	50
Gruyère 100	65	5.2	15	1.2	0	0	Gruyère ³	20	1.6	100

¹vorgängige Gelbildung im Verhältnis von Inulin : Wasser = 1 : 1

²Verhältnis Weizenfaser : Wasser = 1 : 1

³ Annahme: Fettgehalt von 33%, fein würfeln (5 mm)

Als Standard wurde eine Salami nach unveränderter Rezeptur hergestellt. In den Varianten FR 25 bis FR 100 wurde der Speckanteil kontinuierlich reduziert, bis in Variante FR 100 kein Speck mehr zugegeben wurde. In den Varianten Inulin 50 bis Gruyère 100 (siehe Tabelle 7) wurden unterschiedliche Fettersatzstoffe eingesetzt. Der Speck wurde dabei zur Hälfte, respektive vollständig durch den Fettersatzstoff ersetzt. Die Fettersatzstoffe wurden vor der Produktion gemäss Herstellerangaben vorbereitet. Sowohl das Inulin wie auch die Weizenfasern wurden im Verhältnis 1 : 1 mit Wasser gemischt. Der Mischprozess wurde im Cutter durchgeführt. In Abbildung 12 sind die angerührten Fettersatzstoffe zu sehen.



Abbildung 12 angerührte Fettersatzstoffe (links Inulin, rechts Weizenfaser)

In Abbildung 12 ist links das Inulin abgebildet. Nach der Entnahme aus dem Cutter wurde es sehr schnell zu einer festen Masse. Rechts in Abbildung 12 sind die Weizenfasern zu sehen. Im Gegensatz zum Inulin bildete sich eine krümelige Masse.

In Tabelle 8 sind die verschiedenen Varianten und Rezepturen des zweiten Versuches aufgelistet.

Tabelle 8 Versuch 2, Darstellung der verschiedenen Varianten

Variante	Menge S I		Menge R I		Menge S VII		Art des Fettersatzes	Menge Fettersatz		Speckreduktion in %
	in %	in kg	in %	in kg	in %	in kg		in %	in kg	
Standard	65	5.2	15	1.2	20	1.6	-	-	-	0
FR 25	69.06	5.53	15.94	1.28	15	1.2	-	-	-	25
Wiberg 50	65	5.2	15	1.2	10	0.8	Wiberg¹	10	0.8	50
Wiberg 100	65	5.2	15	1.2	0	0	Wiberg ¹	20	1.6	100
Inulin 10	65	5.2	15	1.2	18	1.44	Inulin ²	2	0.16	10
Inulin 25	65	5.2	15	1.2	15	1.2	Inulin ²	5	0.4	25
Inulin 50	65	5.2	15	1.2	10	0.8	Inulin ²	10	0.8	50
SchmK 50	65	5.2	15	1.2	10	0.8	Schmelzkäseblock ⁴	10	0.8	50
SchmK 100	65	5.2	15	1.2	0	0	Schmelzkäseblock ⁴	20	1.6	100
CordonBleu 50	65	5.2	15	1.2	10	0.8	Käse Cordon Bleu ⁴	10	0.8	50
CordonBleu 100	65	5.2	15	1.2	0	0	Käse Cordon Bleu ⁴	20	1.6	100
Gruyère Würfel 50	65	5.2	15	1.2	10	0.8	Gruyère ³	10	0.8	50
Gruyère Wolf 50	65	5.2	15	1.2	10	0.8	Gruyère ⁴	10	0.8	50

¹Verhältnis der Mischung FE 19 : Öl : Wasser = 1 : 6 : 8

²vorgängige Gelbildung im Verhältnis von Inulin : Wasser = 1 : 1

³Käse fein würfeln (5 mm)

⁴Käse anfrieren und durch die grobe Scheibe (5 mm) des Wolfes lassen

Bei der Variante Standard handelte es sich um die Salami mit unveränderter Rezeptur. Das Produkt



Abbildung 13 angerührtes Gel Wiberg

FE 19 (Wiberg) wurde am Vortag der Produktion hergestellt. Die Zutaten dafür wurden im Verhältnis FE 19 : Sonnenblumenöl : Wasser 1 : 6 : 8 im Cutter gemischt. Es entstand ein festes Gel, wie in Abbildung 13 ersichtlich, welches sich mit dem Messer schneiden liess. Das Inulin für die Varianten Inulin 10 bis Inulin 50 wurde wie in Versuch 1 im Verhältnis 1 : 1 mit Wasser gemischt. Bei der Variante Wiberg 50 kam es zu einer Produktionsstörung. Sie konnte deshalb nicht analysiert werden. Der Vollständigkeit halber wird sie jedoch in

Tabelle 8 trotzdem aufgeführt.

Bei den Varianten SchmK 50 bis Gruyère Wolf 50 wurde der Salzgehalt angepasst. Die Salzmenge wurde nicht mit der ganzen Menge Brät berechnet, sondern nur mit den Mengen S I, R I und S VII.

In Tabelle 9 sind die Varianten und Rezepturen für den dritten Versuch aufgelistet.

Tabelle 9 Versuch 3, Darstellung der verschiedenen Varianten

Variante	Menge S I		Menge R I		Menge S VII		Art des Fettersatzes	Menge Fettersatz		Speckreduktion in %
	in %	in kg	in %	in kg	in %	in kg		in %	in kg	
Standard	65	5.2	15	1.2	20	1.6	-	-	-	0
FR 25	69.06	5.53	15.94	1.28	15	1.2	-	-	-	25
Wiberg 50	65	5.2	15	1.2	10	0.8	Wiberg ¹	10	0.8	50
Inulin 10	65	5.2	15	1.2	18	1.44	Inulin ²	2	0.16	10
Inulin 25	65	5.2	15	1.2	15	1.2	Inulin ²	5	0.4	25
SchmK 50	65	5.2	15	1.2	10	0.8	Schmelzkäseblock ⁴	10	0.8	50
SchmK 100	65	5.2	15	1.2	0	0	Schmelzkäseblock ⁴	20	1.6	100
Gruyère Würfel 50	65	5.2	15	1.2	10	0.8	Gruyère ³	10	0.8	50
Gruyère Wolf 50	65	5.2	15	1.2	10	0.8	Gruyère ⁴	10	0.8	50

¹Verhältnis der Mischung FE 19 : Öl : Wasser = 1 : 6 : 8

²vorgängige Gelbildung im Verhältnis von Inulin : Wasser = 1 : 1

³Käse fein würfeln (5 mm)

⁴Käse anfrieren und durch die grobe Scheibe (5 mm) des Wolfes lassen

Die Variante Standard diente wiederum als Referenzmuster. Die in Versuch 2 ausgefallene Variante mit 50 % FE 19 wurde in Versuch 3 nochmals produziert. Die Zubereitungen der Varianten entsprachen denjenigen des Versuches 2.

3.2.4. Herstellungsprozess

In Abbildung 14 ist der Herstellungsprozess dargestellt.

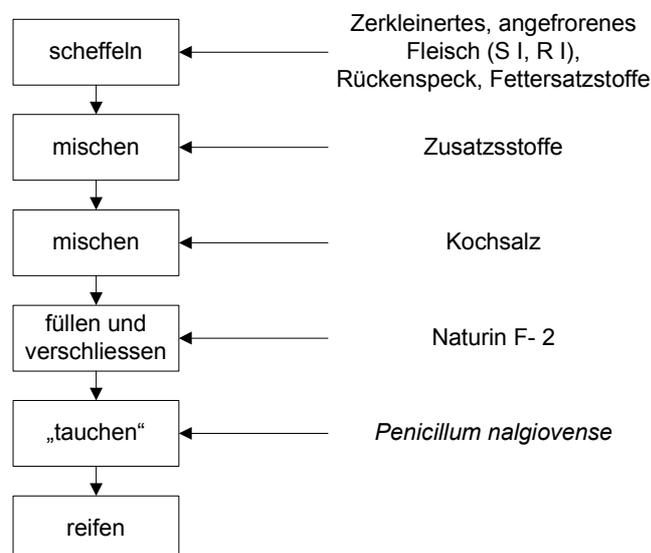


Abbildung 14 Herstellungsprozess

Als erstes wurden die Fettersatzstoffe gemäss den Angaben aus Tabelle 7, 8 und 9 im Cutter angerührt. Das Fleisch und der Rückenspeck, respektive die Fettersatzstoffe, wurden grob zerkleinert und angefroren. Vor allem die Fettersatzstoffe müssen angefroren sein um ein Schmierens während des Scheffelns zu verhindern. Die Zutaten wurden gemischt und im Wolf zerkleinert.

Im Blitz wurde das Fleisch mit den Zusatzstoffen gemischt. Der gewürfelte Käse und die Weizenfasern wurden ebenfalls an diesem Punkt zugegeben. Nach der Zugabe des Kochsalzes wurde so lange weitergemischt, bis eine Bindung entstand. Da die Bindung bei den unterschiedlichen Zusammensetzungen des Brätes nicht immer gleich schnell eintrat, wurde der Zeitpunkt der Entnahme des Brätes aus dem Blitz bei jeder Variante individuell bestimmt.

Das Brät wurde mit Hilfe des Vakuumfüllers in die Wursthüllen gestossen und der Darm mit einem Metallclip verschlossen.

Die Salami wurde in eine Suspension aus Edelschimmel getaucht und zur Reifung auf Metallschienen aufgehängt. Anschliessend erfolgte während die Reifung in der Reifekammer 4 bis 5 Wochen.

3.3. Analysen

Die Salami wurden folgendermassen analysiert:

- **Chemische Analysen**

- **Bestimmung der Trockensubstanz**

Zur Bestimmung der Trockensubstanz wird die Probe während 2 h 40 min bei 105 °C getrocknet. Der dabei entstandene Gewichtsverlust entspricht dem Wassergehalt. Die Differenz ergibt somit den Trockensubstanzgehalt [22]

- **Bestimmung der Rohasche**

Die für die Bestimmung der Trockensubstanz verwendete Probe wird bei 550 °C im Muffelofen bis zur Massenkonstanz verascht. Der Glührückstand und somit der Aschegehalt wird durch Differenzwägung ermittelt. [22]

- **Bestimmung des Rohproteins und des Stickstoffes nach Kjeldahl**

Die Methode beruht auf der Umwandlung von organisch gebundenem Stickstoff in anorganischen Stickstoff durch einen Schwefelsäureaufschluss und einem Kupfer / Titan Mischkatalysator bei 420 °C. Das so gebildete Ammoniumsulfat wird nach der Zugabe eines Laugenüberschusses als Ammoniak im Wasserbad abdestilliert und mit verdünnter Salzsäure photometrisch titriert. Durch Multiplikation mit dem Faktor 6.25 erhält man den Rohproteingehalt. [23]

- **Bestimmung des Rohfettes**

Die Bestimmung des Rohfettes erfolgt nach Soxhlet: das Fett wird mit Petrolether aus der Probe extrahiert. Das Lösungsmittel wird abgedampft, zurück bleibt das Fett, welches sich durch Wägen bestimmen lässt. [24]

- **Zuckerbestimmung**

Die Probe wird heiss mit 80 %igem Ethanol extrahiert. Im Anschluss wird sie filtriert und entsprechend verdünnt. Die Verdünnung wird mittels Autoanalyser mit der Orcin / Schwefelsäure- Reagenz kolorimetrisch quantifiziert. Die Verfärbung der Probelösung mit Schwefelsäure, aber ohne Orcin wird als Blindwert substrahiert. [25]

- **Rohfaserbestimmung**

Die Rohfaser wird mit dem Weender- Verfahren bestimmt:

Die Probe wird mit 1.25 %iger Schwefelsäure aufgeschlossen und anschliessend filtriert. Der Rückstand wird mit 1.25 %iger KOH neutralisiert und wiederum filtriert.

Der Rückstand wird mit Aceton entfettet und während einer Stunde bei 130 °C getrocknet, gewogen und bei 530 °C während einer Stunde verglüht und wieder gewogen. Der Gewichtsverlust entspricht dem Rohfasergehalt. [26]

○ **Elektronische Nase**

Zuerst wird die Wursthülle entfernt, anschliessend wird die Probe homogenisiert. 5 g des Homogenisates wird in ein 20 ml Röhrchen überführt, welches luftdicht verschlossen wird. Nach einer Inkubation von 5 min bei 60 °C werden die flüchtigen Verbindungen im Kopfraum mittels Inside Needle Extraction- Verfahren extrahiert. Die Nadel ist mit Tenax gefüllt. Bei 200 °C werden die flüchtigen Verbindungen vom Tenax- Material desorbiert und mit der Massenspektrometrie basierten elektronischen Nase (SMartNose, Quadrupolmassenspektrometer) in einem Messbereich von 10 – 160 m / z analysiert. Jede Probe wird dreimal gemessen. Die Auswertung erfolgt mittels einer Hauptkomponentenanalyse. [27]

○ **Nitrit- Nitrat- Bestimmung**

Nitrat wird durch reduziertes NADPH in Gegenwart von Nitratreduktase zu Nitrit reduziert. Das bei dieser Reaktion gebildete Nitrit reagiert mit Sulfanilamid und N- (1-Naphthyl)-ethylendiamin- dihydrochlorid unter Bildung eines rot- violetten Diazo- Farbstoff. Dieser wird aufgrund seiner Absorption im sichtbaren Bereich bei 540 nm bestimmt. [28] Der genaue Beschrieb der Analyse befindet sich in Anhang A.

● **Physikalische Untersuchungen**

○ **Gewichtsabnahme**

Nach der Produktion und einmal wöchentlich während der Reifung wird die Salami gewogen.

○ **Schälbarkeit von Salami und Lyoner (Zugversuch)**



Abbildung 15 Schälbarkeit von Salami

Die Salami wird mind. 12 h bei 15 °C ± 2 °C gelagert. Sie wird auf 11 cm gekürzt, die Haut mit dem Messer längs aufgetrennt und ca. 3 mm gelöst. Anschliessend wird die Salami in die Schälapparatur eingesetzt und die Haut befestigt. Die so eingespannte Salami ist in Abbildung 15 dargestellt. Es wird max. 180 mm Zug benötigt um die Salami zu schälen. Für die Auswertung wird der Mittelwert zwischen 50 und 150 mm bestimmt. [29]

- **Warner- Bratzler Prüfung von Salami**

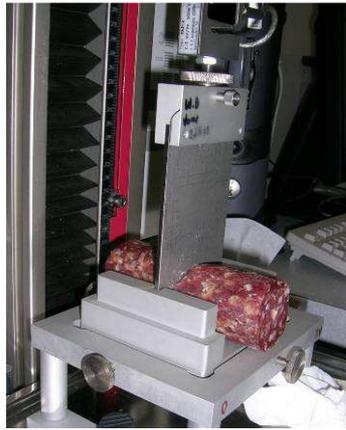


Abbildung 16 Warner- Bratzler Prüfung

Vor der Messung wird die Salami während mind. 12 h bei $15\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ gelagert. Sie wird wenn nötig geschält und in der Warner-Bratzler Prüfeinrichtung mit einer Geschwindigkeit von 100 mm / min durchtrennt, wie aus Abbildung 16 ersichtlich wird. Es können dabei Bruchneigung, Sprödigkeit, Kraftmaximum, Stauchweg und die gesamte Arbeit zum Durchtrennen der Salami bestimmt werden. [30]

- **Mikrobiologische Untersuchungen**

- ***Salmonella* spp.**

ISO 6579:2002 Mikrobiologie von Lebensmitteln und Futtermitteln – Horizontales Verfahren zum Nachweis von Salmonellen spp [31]

- **Enterobacteriaceen**

ISO 21528-2:2004 Mikrobiologie von Lebensmitteln und Futtermitteln – Horizontales Verfahren zum Nachweis und zur Zählung von Enterobacteriaceae - Teil 2: Koloniezähltechnik [32]

- ***Clostridium perfringens***

SLMB- Methode Nr. 1408 Mikrobiologie von Lebensmitteln – Quantitative Bestimmung von *Clostridium perfringens* [33]

- ***Listeria monocytogenes* (Schnelltest)**

Bei der Schnellmethode zum Nachweis von *Listeria monocytogenes* kommt, wie im SLMB, der ALOA-Agar zum Einsatz. Verdächtige Kolonien (blau mit trübem Hof) werden mittels Accuprobe-Kit (Biomerieux) bestätigt [34]

- **Sensorische Bewertung**

Die sensorische Bewertung wird mit einem trainierten Panel von acht Personen durchgeführt. Die Panelisten werden auf die Attribute trainiert, welche vorgängig durch ein Zweierteam in einer Vordegustation festgelegt wurden. Zum Paneltraining werden je nach Verfügbarkeit handelsübliche Produkte oder die später zu beurteilenden Proben verwendet.

Bei der Bewertung handelt es sich um eine klassische Profilprüfung, welche einmal durchgeführt wird. Den Panelisten werden in einem Durchgang 6 Proben zur Beurteilung gereicht. Zum Neutralisieren wird Wasser verwendet. Die Stärke der Ausprägung wird von jedem Panelisten direkt in den Computer eingegeben. Die Skala reicht von 1 bis 10. 1 bedeutet, dass das Attribut nicht/ nur sehr schwach ausgeprägt ist, 10 bedeutet eine sehr starke Ausprägung des Attributes.

3.4. Auswertung

Bei den chemischen Analysen wurden Doppel- oder Dreifachbestimmungen durchgeführt. Es wurde jeweils der Mittelwert berechnet. Zusätzlich zum Mittelwert wurden bei der Schälbarkeit und bei der Warner- Bratzler Prüfung die Standardabweichung bestimmt.

Die Ergebnisse aus der sensorischen Beurteilung sowie der Warner Bratzler Prüfung wurden statistisch ausgewertet. Es handelte sich dabei um eine Varianzanalyse. Konnten dabei Unterschiede mit einer Signifikanz von über 95 % festgestellt werden, wurde ein Post hoc Test durchgeführt. Bei den Ergebnissen aus der sensorischen Beurteilung wurde dazu ein Dunnet- Test eingesetzt, während die Ergebnisse der Warner- Bratzler Prüfung mit einem Fisher's Least- Significant- Difference Test ausgewertet wurden. Beide Tests zeigen an, welche Varianten sich signifikant unterscheiden.

Beim Dunnet- Test bedeuten zwei gleiche Buchstaben, dass die Irrtumswahrscheinlichkeit unter 5 % liegt und sich somit die Varianten nicht signifikant unterscheiden.

4. Ergebnisse

4.1. Chemische Analysen

Bei den folgenden Analysen wurden die Proben in gefriergetrocknetem Zustand untersucht. Die Analyseergebnisse wurden anschliessend auf die Frischsubstanz umgerechnet. Das Untersuchen von gefriergetrockneten Proben hat den Vorteil, dass die Degradation der Proben vermieden wird. Ausserdem ermöglicht es eine Homogenisierung sowie eine Konzentrierung der analytischen Merkmale.

4.1.1. Trockensubstanz

Zur Trockensubstanzbestimmung wurde mit allen Varianten eine Doppelbestimmung durchgeführt. Anschliessend wurde der Mittelwert berechnet und die Ergebnisse grafisch dargestellt. Sie sind in Abbildung 17 ersichtlich.

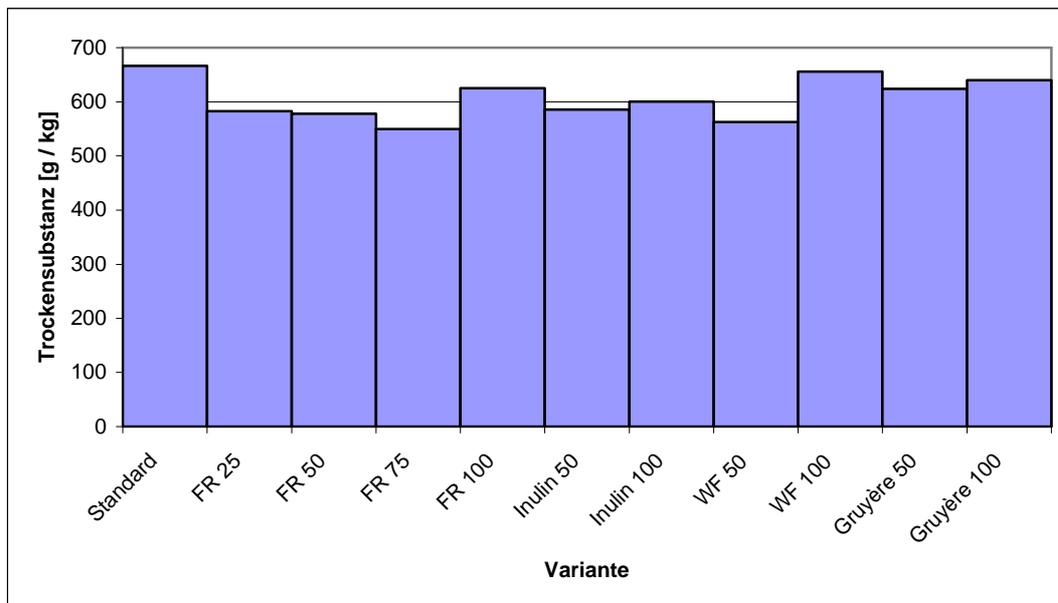


Abbildung 17 Versuch 1, Trockensubstanz

Die Variante Standard wies mit 666.7 g / kg den höchsten Trockensubstanzgehalt auf. Wie in Abbildung 17 ersichtlich, nahm die Trockensubstanz bis zur Variante FR 75 mit 549.5 g / kg ab. Mit 625.1 g / kg stieg sie in Variante FR 100 um 75.6 g / kg im Vergleich zur Variante FR 75 wieder an. Zwischen den Varianten Inulin 50 und Inulin 100 betrug der Unterschied im Trockensubstanzgehalt 15 g oder etwa 2.5 %. Bei den Varianten WF 50 und WF 100 machte dieser Unterschied 93.1 g oder 14.2 % aus. 16.1 g oder 2.5 % betrug er zwischen den Varianten Gruyère 50 und Gruyère 100. Der tiefste Trockensubstanzgehalt wurde mit 549.5 g / kg bei der Variante FR 75 gemessen.

Abbildung 18 zeigt den Trockensubstanzgehalt aller Varianten aus Versuch 2.

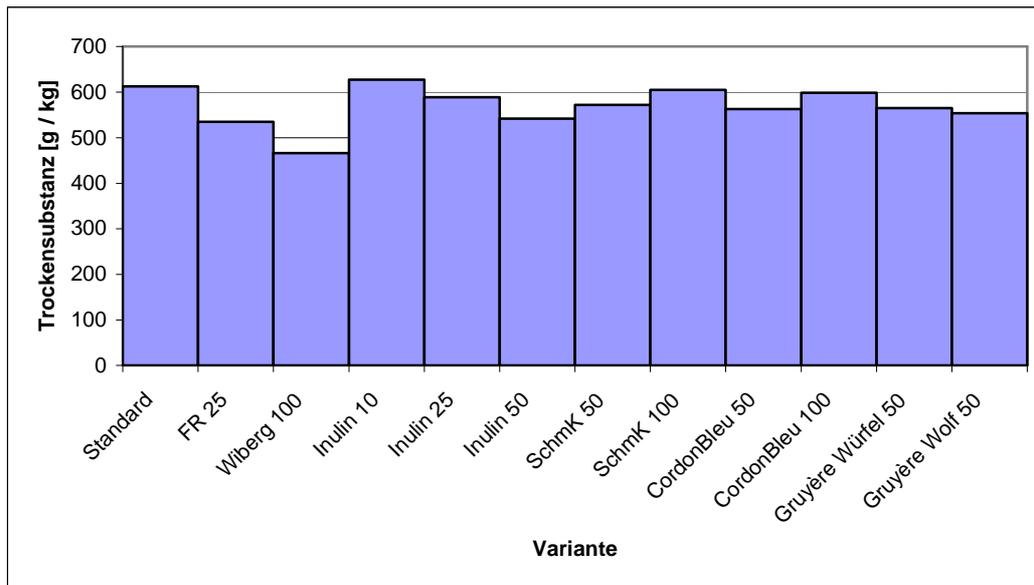


Abbildung 18 Versuch 2, Trockensubstanz

Der höchste Trockensubstanzgehalt aus Versuch 2 wurde mit 626.9 g / kg in der Variante Inulin 10 gemessen. In den Varianten Inulin 25 (588.9 g / kg) und Inulin 50 (541.8 g / kg) wurden jeweils tiefere Werte gemessen.

Mit 612.7 g / kg wurde in der Variante Standard der zweithöchste Wert aus Versuch 2 gemessen. 78.9 g oder rund 13 % tiefer als die Variante Standard lag der Gehalt der Variante FR 25.

Bei der Variante Wiberg 100 wurde mit 466.3 g / kg der tiefste Wert aus Versuch 2 gemessen.

Zwischen der Varianten SchmK 50 und SchmK 100 betrug der Unterschied 32.9 g oder etwa 5.5 %.

Mit 598.3 g / kg fiel der Trockensubstanzgehalt der Variante CordonBleu 100 um 35.6 g oder rund 6 % höher aus als in Variante CordonBleu 50 (562.7 g / kg). Mit 553.8 g / kg lag der Trockensubstanzgehalt der Variante Gruyère Wolf 50 11.3 g oder rund 2 % tiefer als derjenige der Variante Gruyère Würfel 50 mit 565.1 g / kg.

4.1.2. Rohasche

Im Anschluss an die Trockensubstanzbestimmung wurde die Probe verascht, um den Aschegehalt bestimmen zu können. Die Ergebnisse aus dieser Analyse sind in Abbildung 19 dargestellt. Es sind die Ergebnisse aus Versuch 1 dargestellt.

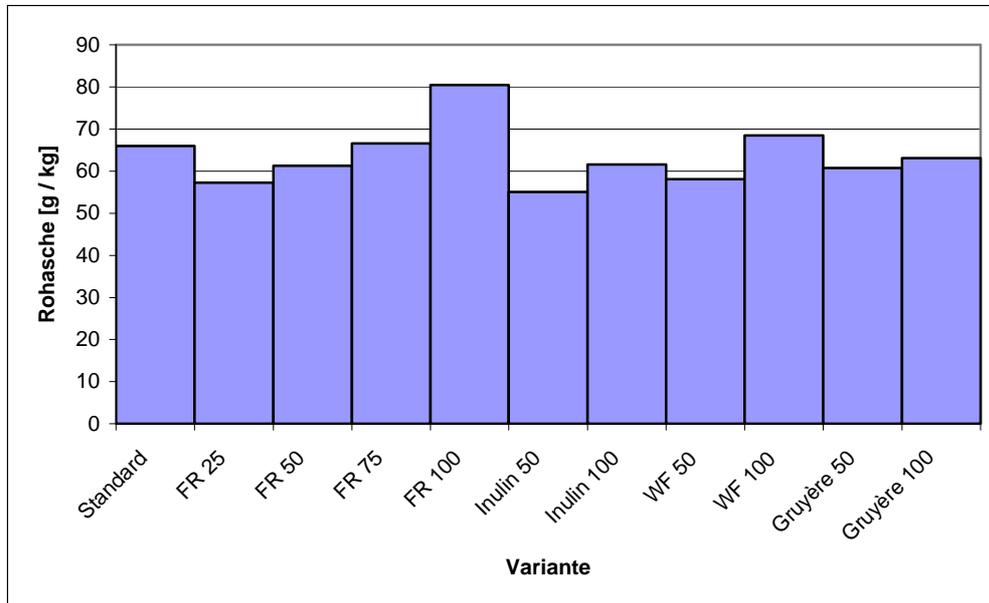


Abbildung 19 Versuch 1, Rohasche

Bei der Variante Standard wurde ein Aschegehalt von 66 g / kg gemessen. Variante FR 25 wies mit 57.3 g / kg einen um 8.7 g oder 13.18 % tieferen Gehalt auf, dann konnte in den Varianten FR 50, FR 70 und FR 100 ein Anstieg des Gehaltes beobachtet werden, bis mit 80.5 g / kg in Variante FR 100 der höchste Gehalt bestimmt wurde. Die Zunahme ist in Abbildung 19 ersichtlich.

Mit 55.1 g / kg hatte die Variante Inulin 50 einen ähnlich hohen Rohaschegehalt wie die Variante FR 25 (57.3 g / kg). Der Unterschied zwischen den Varianten Inulin 50 und Inulin 100 betrug mit 6.5 g / kg 10.5 %. Mit 55.1 g / kg wurde bei der Variante Inulin 50 der tiefste Rohaschegehalt gemessen. 10.4 g / kg oder 15.18 % machte der Unterschied zwischen den Varianten WF 50 und WF 100 aus. 2.3 g oder 3.64 % betrug er zwischen den Varianten Gruyère 50 und Gruyère 100.

Die Ergebnisse der Aschebestimmung aus Versuch 2 sind in Abbildung 20 dargestellt.

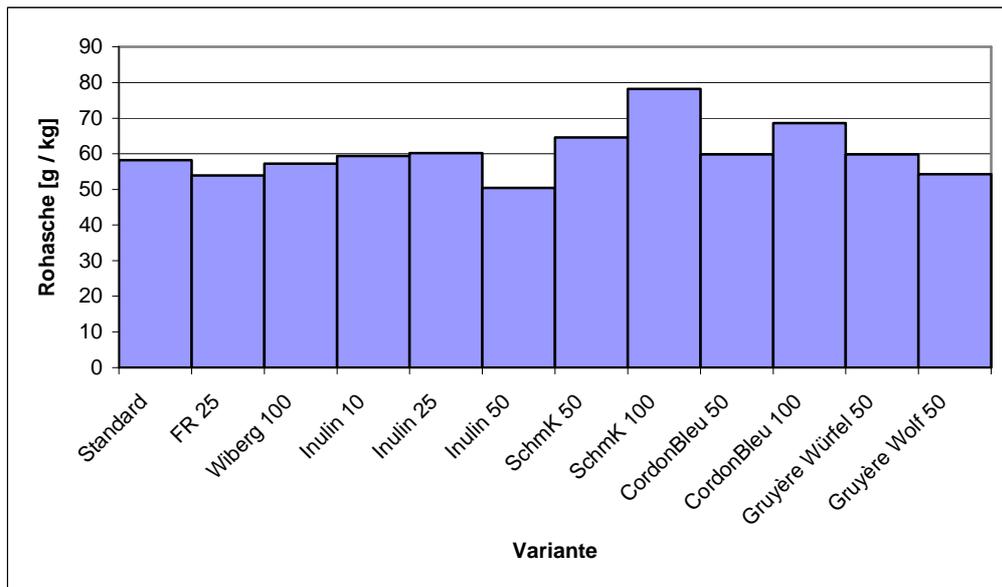


Abbildung 20 Versuch 2, Rohasche

Der Aschegehalt der Variante Standard war um rund 4 g oder etwa 8 % höher als derjenige der Variante FR 25. Bei den Varianten Inulin 10 und Inulin 25 wurden mit 59.4 g / kg und 60.2 g / kg praktisch identische Werte gemessen. Der Gehalt der Variante Inulin 50 dagegen lag mit 50.4 g / kg rund 10 g oder etwa 16 % tiefer. Es ist zudem der tiefste Gehalt der in Versuch 2 gemessen wurde.

Mit 78.2 % wurde bei der Variante SchmK 100 der höchste Gehalt in Versuch 2 gemessen. Im Vergleich dazu lag die Variante SchmK 50 mit 64.6 g / kg Aschegehalt rund 17 % tiefer.

Der zweithöchste Aschegehalt in Versuch 2 wurde bei der Variante CordonBleu 100 gemessen. Er lag mit 68.9 g / kg 9.1 g oder 15 % höher als derjenige der Variante CordonBleu 50 mit 59.8 g / kg.

Zwischen den Varianten Gruyère Würfel 50 (59.9 g / kg) und Gruyère Wolf 50 (54.3 g / kg) lag ein Unterschied von 5.6 g, was rund 10 % ausmachte.

4.1.3. Rohprotein

Der Stickstoffgehalt wurde in allen Proben mittels einer Doppelprobe bestimmt. Mit Faktor 6.25 wurde anschliessend der Proteingehalt berechnet. Die Ergebnisse aus dem Mittelwert des Versuches 1 sind in Abbildung 21 abgebildet.

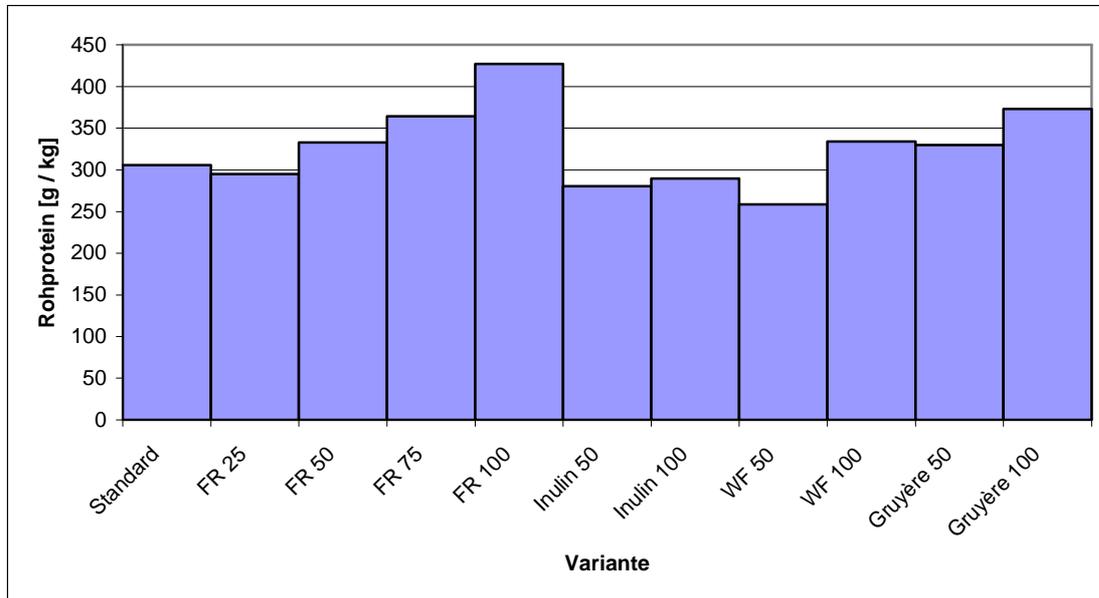


Abbildung 21 Versuch 1, Rohprotein

Mit 305.6 g / kg und 294.9 g / kg unterschieden sich die Varianten Standard und FR 25 um 3.5 % im Rohproteingehalt. Wie in Abbildung 21 ersichtlich, stieg der Rohproteingehalt in den Varianten FR 25, FR 50, FR 75 und FR 100 an. Mit 426.9 g / kg war die Variante FR 100 diejenige mit dem höchsten Rohproteingehalt. Die Varianten Inulin 50 (280.4 g / kg) und Inulin 100 (289.7 g / kg) unterschieden sich um 3.21 %.

Der Unterschied im Rohproteingehalt der Varianten WF 50 und WF 100 lag bei 22.63 %. Mit 258.5 g / kg war die Variante WF 50 zudem diejenige mit dem tiefsten Gehalt an Rohprotein. Die Variante WF 100 lag mit einem Rohproteingehalt von 334.1 g / kg über demjenigen des Standards. Ebenfalls über dem Standard lagen die beiden Varianten Gruyère 50 mit 330 g / kg und Gruyère 100 mit 373 g / kg Rohprotein. Der Unterschied zwischen den beiden Varianten betrug 11.53 %.

In Abbildung 22 sind die Ergebnisse der Rohproteinuntersuchung aus Versuch 2 dargestellt.

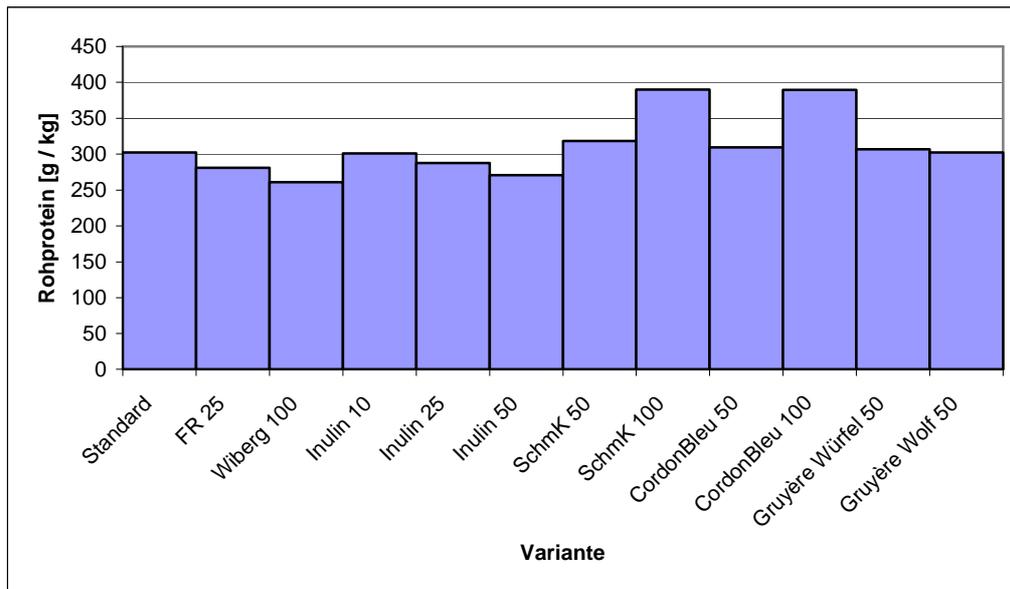


Abbildung 22 Versuch 2, Rohprotein

Bei der Variante Standard wurde ein Rohproteingehalt von 302.4 g / kg gemessen. Der Gehalt der Variante FR 25 lag mit 281.2 g / kg 21.2 g oder rund 7 % tiefer. Der tiefste Wert aus Versuch 2 wurde mit 261.1 g / kg bei der Variante Wiberg 100 gemessen.

Bei den Varianten Inulin 10, Inulin 25 und Inulin 50 konnte eine Abnahme des Rohproteingehaltes beobachtet werden, wie in Abbildung 22 ersichtlich ist. Die Werte betragen 300.9 g / kg, 287.5 g / kg und 270.8 g / kg.

Zwischen den Varianten SchmK 50 mit 318.3 g / kg und SchmK 100 390.1 g / kg betrug der Unterschied im Rohproteingehalt 71.8 g. Der Gehalt der Variante SchmK 100 lag somit rund 22 % höher als derjenige der Variante SchmK 50. Es war denn auch der höchste Wert der in Versuch 2 gemessen wurde.

Mit 389.4 g / kg wurde bei der Variante CordonBleu 100 ein ähnlich hoher Wert wie bei der Variante SchmK 100 gemessen. Er lag 79.8 g oder gut 25 % über dem Wert der Variante CordonBleu 50, bei welcher 309.6 g / kg Rohprotein bestimmt wurde.

Die Varianten Gruyère Würfel 50 (306.8 g / kg) und Gruyère Wolf 50 (302.4 g / kg) unterschieden sich um 4.4 g oder rund 1.4 %.

4.1.4. Rohfettgehalt und Fettreduktion

Bei allen Varianten wurde eine Doppelbestimmung durchgeführt. Aus den Ergebnissen wurde anschliessend der Mittelwert bestimmt. In Abbildung 23 sind die Mittelwerte der einzelnen Varianten aus Versuch 1 dargestellt.

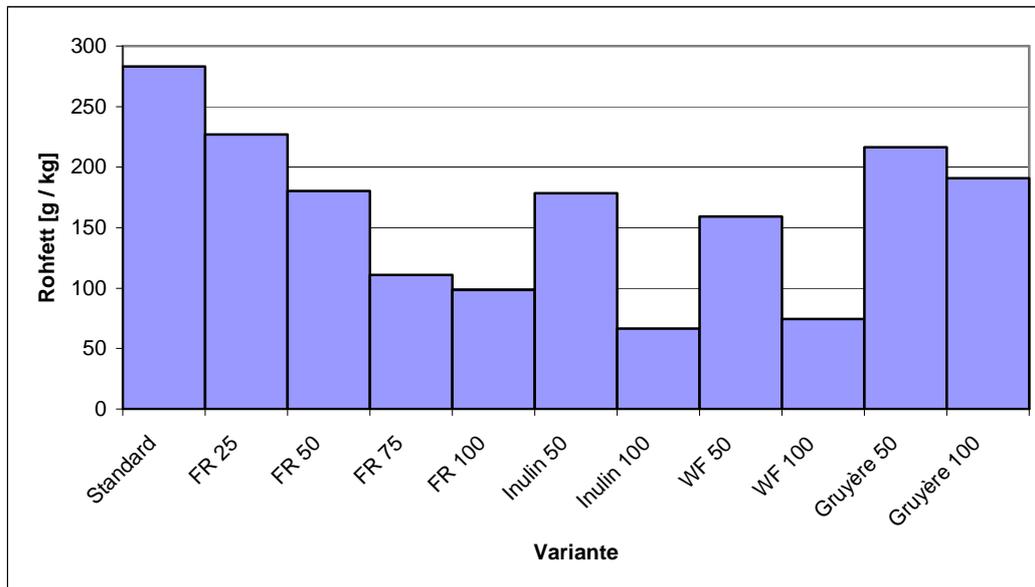


Abbildung 23 Versuch 1, Rohfettgehalt

Mit 283 g / kg wies die Variante Standard den höchsten Rohfettgehalt auf. Bei den Varianten FR 25, FR 50, FR 75 und FR 100 konnte eine Abnahme des Rohfettgehaltes beobachtet werden, wie in Abbildung 23 zu sehen ist. Mit 98.5 g / kg besass die Variante FR 100 noch 34.8 % des Rohfettgehaltes der Variante Standard.

Die Variante Inulin 50 hatte mit 178.5 g / kg einen ähnlich hohen Rohfettgehalt wie die Variante FR 50 (180.4 g / kg). Inulin 100 enthielt mit 66.5 g / kg 62.75 % weniger Rohfett als die Variante Inulin 50. Es war zudem die Variante mit dem tiefsten Rohfettgehalt.

Bei den Varianten WF 50 und WF 100 betrug der Unterschied des Rohfettgehaltes 46.7 %. Mit 74.4 g / kg hatte die Variante WF 100 den zweittiefsten Rohfettgehalt.

Mit 216.5 g / kg Rohfett hatte die Variante Gruyère 50 den dritthöchsten Rohfettgehalt, gefolgt von der Variante Gruyère 100 mit 190.8 g / kg. Der Unterschied im Rohfettgehalt zwischen den beiden Varianten betrug 11.87 %.

In Abbildung 24 ist die prozentuale Fettreduktion zur besseren Veranschaulichung grafisch dargestellt. Es wurde jeweils die Reduktion des Fettgehaltes der einzelnen Variante zur Variante Standard bestimmt

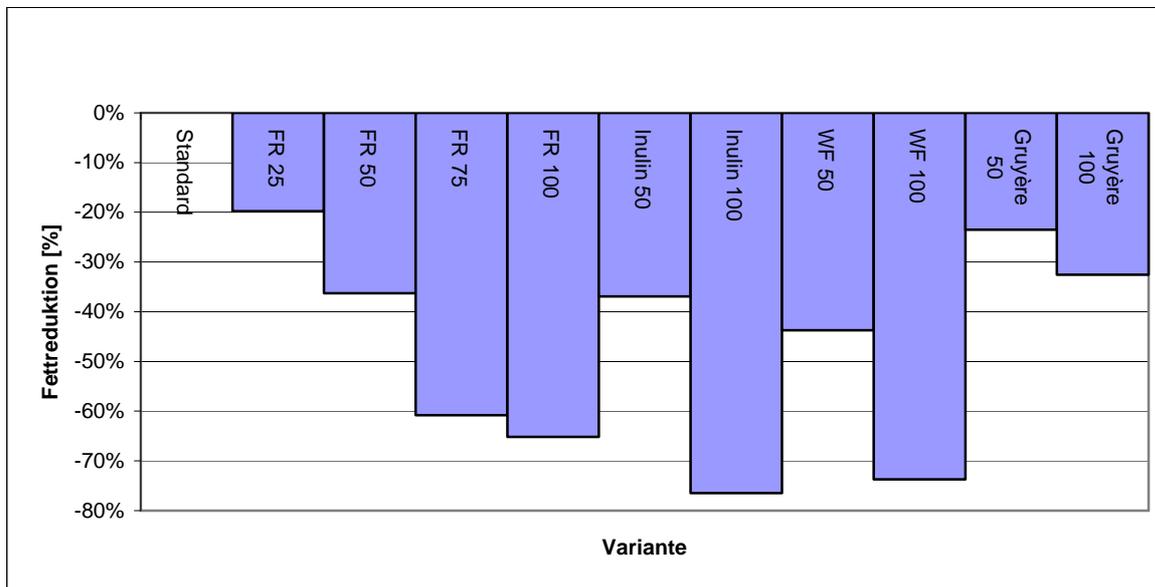


Abbildung 24 Versuch 1, prozentuale Fettreduktion

Wie in Abbildung 24 ersichtlich, erfolgte in den Varianten FR 25, FR 50, FR 75 und FR 100 eine Zunahme der Fettreduktion. Bei der Variante FR 25 betrug sie 19.8 %, bei der Variante FR 100 resultierte im Vergleich zur Variante Standard eine Fettreduktion um 65.2 %. Mit 76.5 beziehungsweise 73.7 % zeichneten sich die Varianten Inulin 100 respektive WF 100 durch die grösste Fettreduktion aus.

Zwischen den Varianten FR 75 und FR 100 betrug die Fettreduktion 4.4 %, zwischen den Varianten FR 25 und FR 50, respektive FR 50 und FR 75 16.5 % beziehungsweise 24.5 %.

39.6 % betrug der Unterschied zwischen den Varianten Inulin 50 und Inulin 100. Im Vergleich zur Variante Standard betrug die Fettreduktion bei der Variante Inulin 36.9 %. Zwischen den Varianten WF 50 und WF 100 betrug der Unterschied 30 % sowie 9.1 % zwischen den Varianten Gruyère 50 und Gruyère 100. Gegenüber der Variante Standard betrug die Fettreduktion der Variante Gruyère 50 23.5 % sowie 32.6 % bei der Variante Gruyère 100.

In untenstehender Abbildung 25 sind die Ergebnisse aus der Bestimmung des Rohfettgehaltes aus Versuch 2 dargestellt.

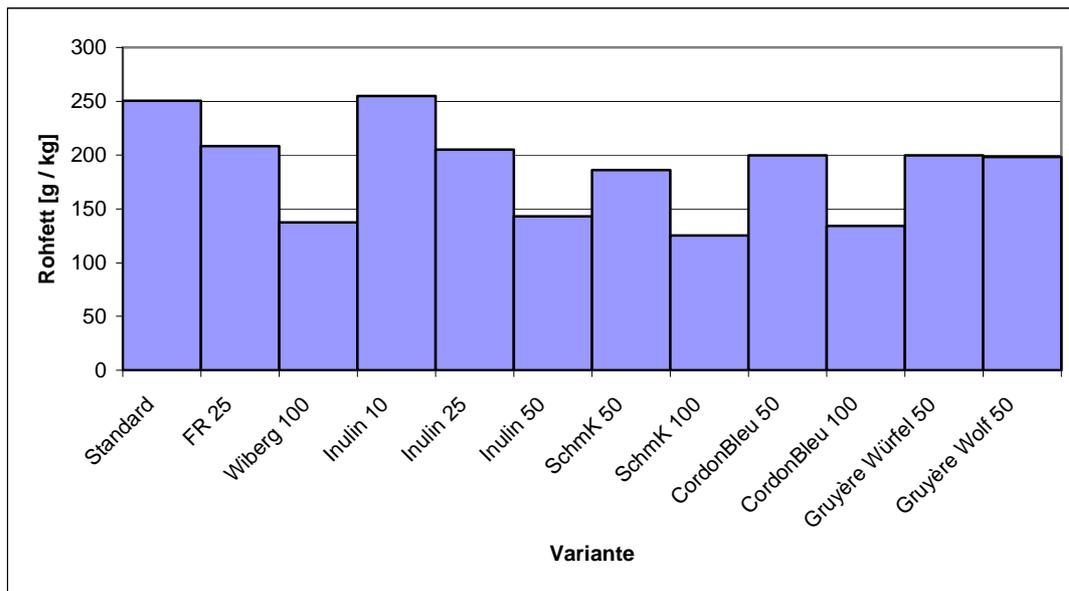


Abbildung 25 Versuch 2, Rohfettgehalt

Der Rohfettgehalt der Variante Standard betrug 250.5 g / kg. Der Gehalt der Variante FR 25 lag mit 208.4 g / kg 42.1 g oder rund 17 % tiefer.

Bei der Variante Wiberg 100 betrug der Rohfettgehalt 137.7 g / kg.

Wie in Abbildung 25 ersichtlich, konnte bei den Varianten Inulin 10, Inulin 25 und Inulin 50 ein Rückgang des Rohfettgehaltes beobachtet werden. Es wurden bei diesen drei Varianten die Werte 255 g / kg, 205 g / kg und 143.3 g / kg gemessen. Mit 255 g / kg lag der Rohfettgehalt der Variante Inulin 10 4.5 g oder rund 1.7 % höher als der Gehalt der Variante Standard.

Im Vergleich zur Variante SchmK 50 mit 186.1 g / kg war der Rohfettgehalt der Variante SchmK 100 (125.3 g / kg) um 60.8 g oder 32.6 % tiefer. Die Variante SchmK 100 erzielte den tiefsten Rohfettgehalt aus Versuch 2.

Der Unterschied im Rohfettgehalt der Varianten CordonBleu 50 (199.9 g / kg) und CordonBleu 100 (134.3 g / kg) betrug 65.6 g oder rund 33 %.

Zwischen den Varianten Gruyère Würfel 50 (199.7 g / kg) und Gruyère Wolf 50 (198.2 g / kg) ergab sich ein Unterschied von 1.5 g. Dies entspricht rund 0.75 %.

Zur besseren Übersicht ist in Abbildung 26 die prozentuale Fettreduktion der einzelnen Varianten zur Variante Standard aufgezeigt.

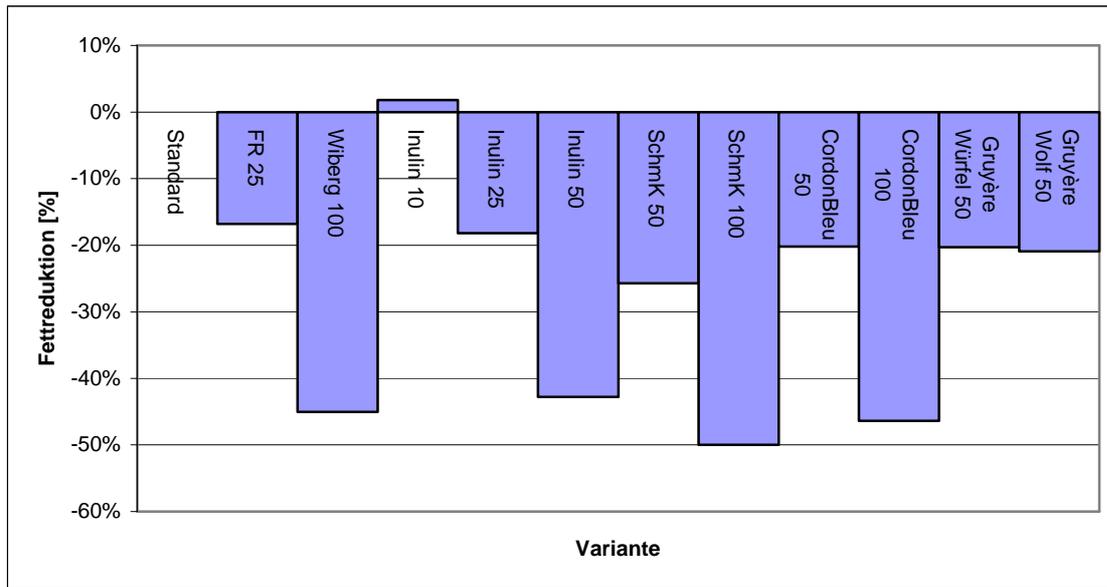


Abbildung 26 Versuch 2, prozentuale Fettreduktion

Im Vergleich zur Variante Standard resultierte bei der Variante FR 25 eine Fettreduktion um 16.8 %, zur Variante Wiberg 100 betrug die Reduktion 45 %.

Keine Fettreduktion konnte bei der Variante Inulin 10 beobachtet werden. Es konnte im Gegenteil eine Zunahme von 1.8 % verzeichnet werden.

Bei den Varianten Inulin 25 und Inulin 50 konnte eine Fettreduktion von 18.2 % beziehungsweise 42.8 % festgestellt werden.

Mit 50 % resultierte bei der Variante SchmK 100 die grösste Fettreduktion aus Versuch 2. Rund halb so viel, nämlich 25.7 % betrug die Fettreduktion der Variante SchmK 50.

Die zweitgrösste Fettreduktion wurde mit 46.4 % bei der Variante CordonBleu 100 gemessen. Bei der Variante CordonBleu 50 resultierte eine Reduktion von 20.2 %.

Mit 20.3 % und 20.9 % zeigten die Varianten Gruyère Würfel 50 und Gruyère Wolf 50 praktisch identische Werte.

4.1.5. Zucker

Die in Abbildung 27 dargestellten Ergebnisse stammen aus den Mittelwerten einer Dreifachbestimmung, welche mit den Varianten aus Versuch 1 durchgeführt wurde.

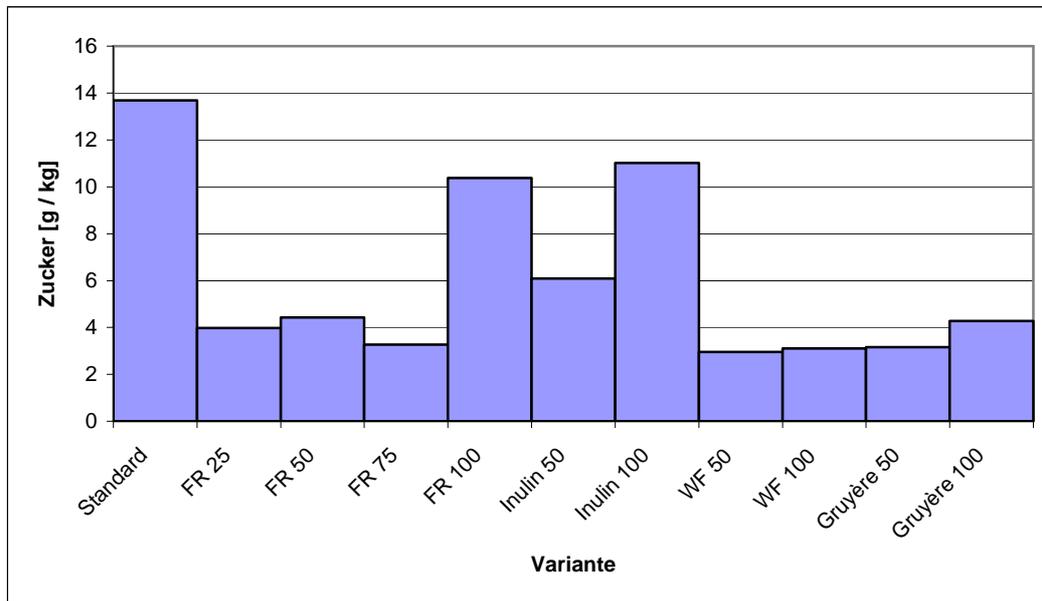


Abbildung 27 Versuch 1, Zucker

Der höchste Zuckergehalt wurde mit 13.7 g / kg in der Variante Standard gemessen. Ebenfalls Werte von über 10 g / kg wurden in den Varianten FR 100 (10.4 g / kg) und Inulin 100 (11 g / kg) gemessen. Die Werte der übrigen Varianten lagen unter 10 g / kg.

In Abbildung 28 sind die Ergebnisse der Zuckerbestimmung aus Versuch 2 abgebildet. Die untere Nachweisgrenze der Methode liegt bei 2 g Zucker / kg Probe. Die Proben wurden in gefriergetrocknetem Zustand untersucht. Dabei lagen die Varianten FR 25, CordonBleu 50, Gruyère Würfel 50 und Gruyère Wolf 50 unter der Nachweisgrenze.

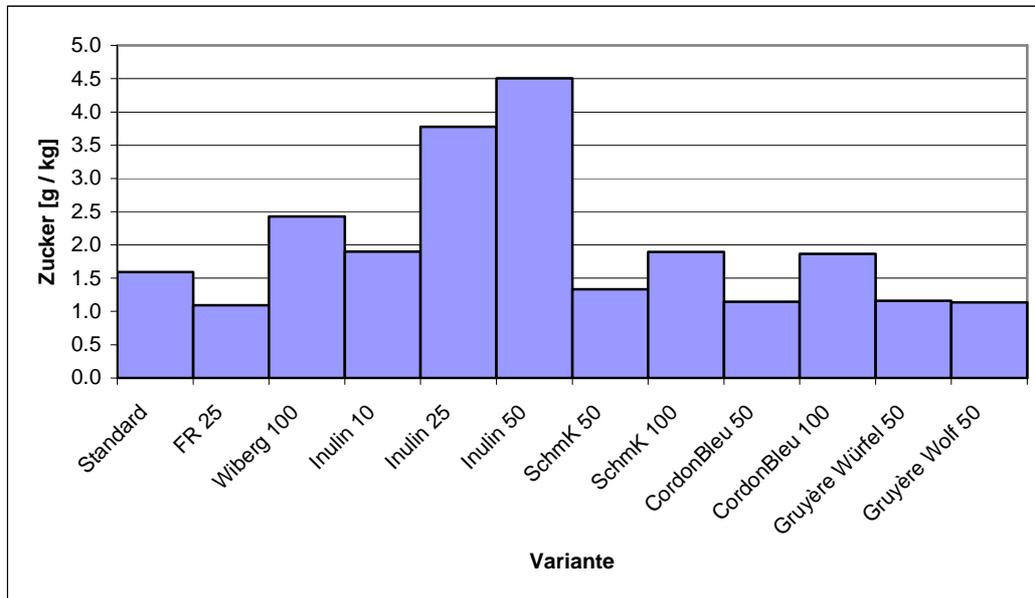


Abbildung 28 Versuch 2, Zucker

Bei der Variante Standard betrug der Zuckergehalt 1.6 g / kg. Wie erwähnt lag der Zuckergehalt bei der Variante FR 25 unter der Nachweisgrenze.

2.4 g / kg Zucker wurde bei der Variante Wiberg 100 gemessen. Bei den Varianten Inulin 10, Inulin 25 und Inulin 50 konnten, wie in Abbildung 28 zu sehen, jeweils höhere Werte gemessen werden. Sie lagen bei 1.9 g / kg, 3.8 g / kg und 4.5 g / kg. Die 4.5 g / kg aus Variante Inulin 50 war der höchste Wert welcher in Versuch 2 gemessen wurde. Bei den Varianten SchmK 50 und SchmK 100 wurden 1.3 g / kg und 1.9 g / kg gemessen. Ebenfalls ein Zuckergehalt von 1.9 g / kg resultierte bei der Variante CordonBleu 100.

4.1.6. Rohfaser

Die in Abbildung 29 dargestellten Ergebnisse über den Rohfasergehalt stammen aus einer Doppelbestimmung aller Varianten aus Versuch 1. Es wurden jeweils die Mittelwerte berechnet und grafisch dargestellt.

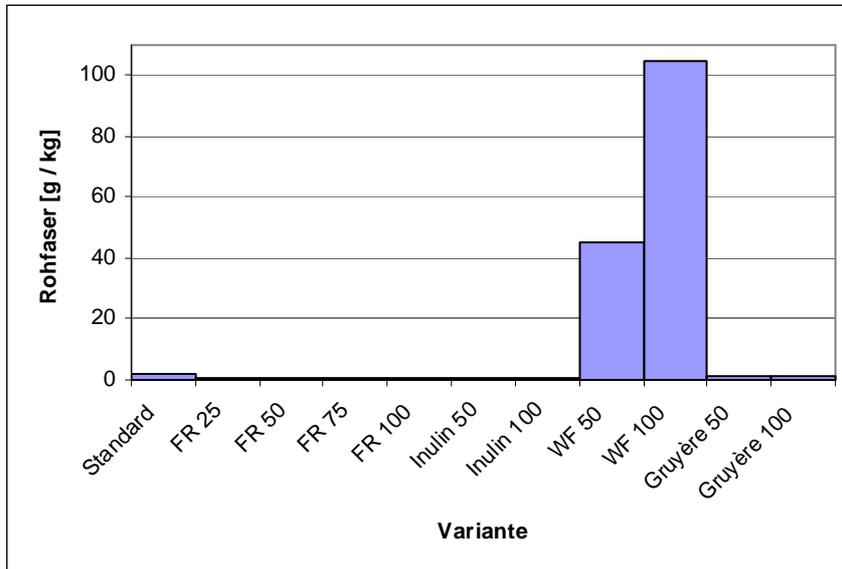


Abbildung 29 Versuch 1, Rohfaser

Der höchste Wert wurde mit 104.4 g / kg bei der Variante WF 100 gemessen, gefolgt von der Variante WF 50 mit 45.1 g / kg. Die Werte der übrigen Varianten lagen alle unter 2 g / kg.

Abbildung 30 zeigt die Ergebnisse aus Versuch 2. Im Gegensatz zu Abbildung 29, wo die Skalierung bis 100 g / kg reicht, liegt in der folgenden Abbildung der Maximalwert bei 2 g / kg.

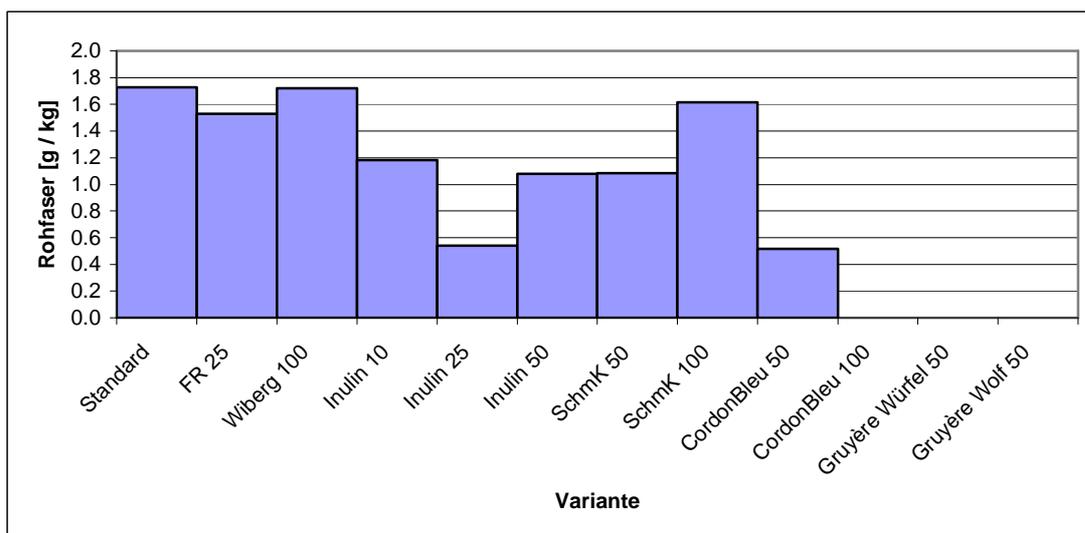


Abbildung 30 Versuch 2, Rohfaser

Die Varianten Standard und Wiberg 100 zeigten einen Rohfasergehalt von 1.7 g / kg, gefolgt von der Variante SchmK 100 mit 1.6 g / kg. 1.5 g / kg wurde bei der Variante FR 25 gemessen, alle übrigen Varianten lagen unter 1.5 g / kg.

4.1.7. Elektronische Nase

Im Anschluss an die Messung wurden die Fingerprint- Daten, das sogenannte Aromaprofil, mit einer Hauptkomponentenanalyse ausgewertet. Die Auswertung ist in Abbildung 31 dargestellt. Die einzelnen Varianten, alle aus Versuch 1, erhielten bei der Auswertung eine andere Bezeichnung:

EH1	Standard	EH 7	Inulin 100
EH2	FR 25	EH 8	WF 50
EH3	FR 50	EH 9	WF 100
EH4	FR 75	EH 10	Gruyère 50
EH5	FR 100	EH 11	Gruyère 100
EH6	Inulin 50		

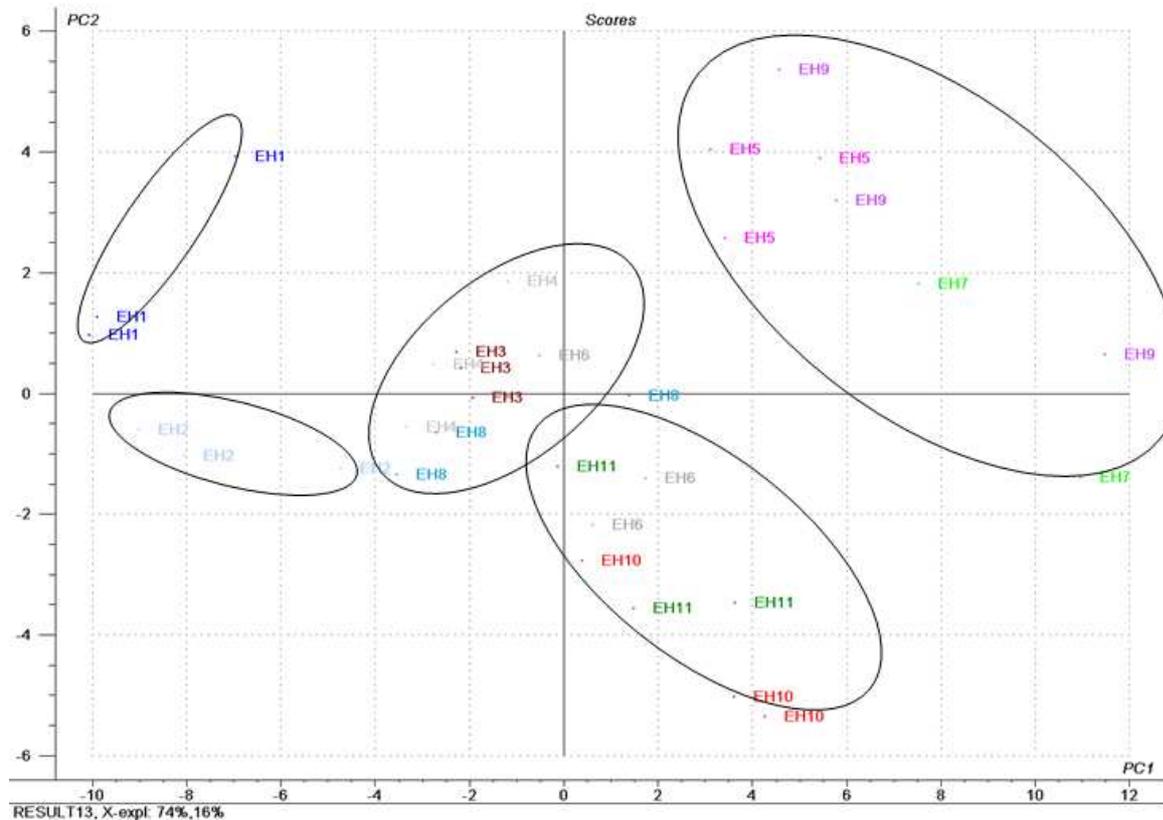


Abbildung 31 Versuch 1, Hauptkomponentenanalyse der Fingerprint- Rohdaten

Anhand der Hauptkomponentenanalyse der Fingerprint- Rohdaten wurden 90 % der Varianz mit den ersten beiden Hauptkomponenten erklärt. Auf Grund des Aromaprofils konnten fünf Gruppierungen unterschieden werden:

- Gruppe 1: EH1
- Gruppe 2: EH2
- Gruppe 3: EH3, EH4, EH6, EH8
- Gruppe 4: EH5, EH7, EH9
- Gruppe 5: EH10, EH11

Da einzelne Proben aus dem zweiten Versuch Salmonellen enthielten, wurde aus Sicherheitsgründen auf eine Analyse mit der elektronischen Nase verzichtet. Weil die Proben aus versuchstechnischen Gründen nicht sterilisiert werden konnten, konnte die Gefahr einer Ausbreitung nicht ausgeschlossen werden. Es wurden deshalb die Varianten aus dem Versuch 3 untersucht.

Das Aromaprofil wurde wie in Versuch 1 mit einer Hauptkomponentenanalyse ausgewertet. Das Ergebnis dieser Analysen mit den Varianten aus Versuch 3 ist in Abbildung 32 dargestellt.

Die Varianten wurden bei der Auswertung anders bezeichnet

EH1	Standard	EH6	SchmK 50
EH2	FR 25	EH7	SchmK 100
EH3	Wiberg 50	EH8	Gruyère Würfel 50
EH4	Inulin 10	EH9	Gruyère Wolf 50
EH5	Inulin 25		

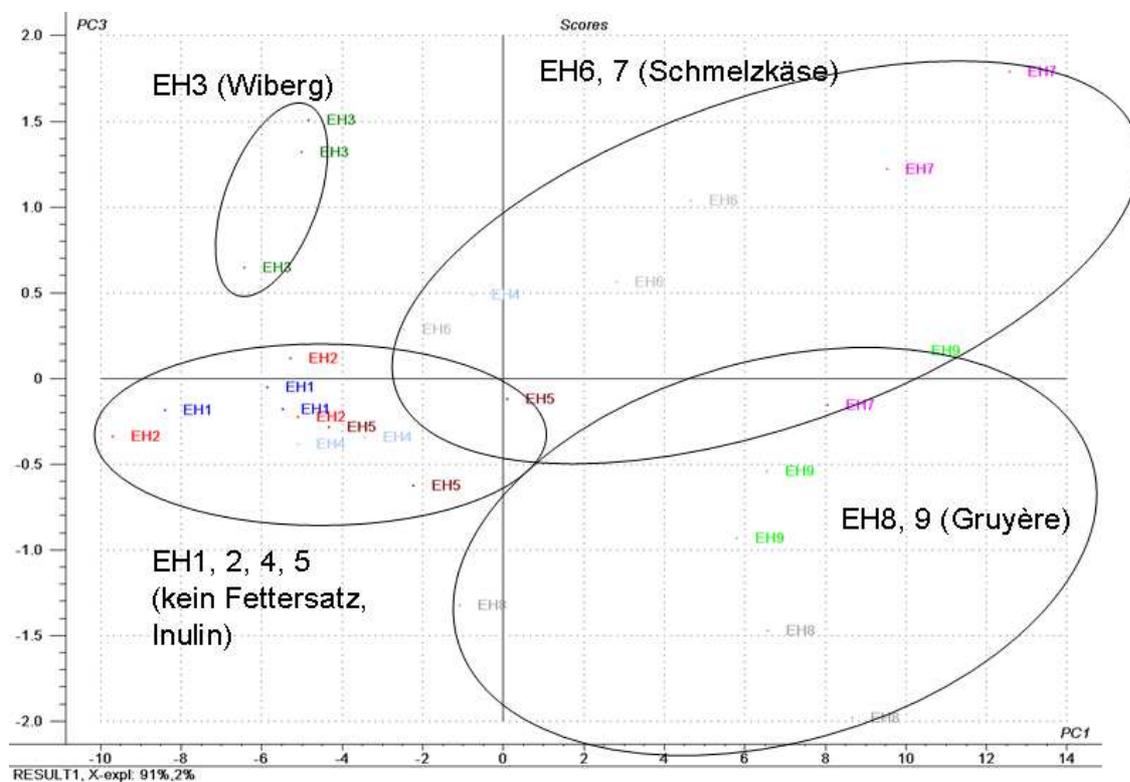


Abbildung 32 Versuch 3, Hauptkomponentenanalyse der Fingerprint- Rohdaten

Wie in Abbildung 32 ersichtlich, wurden die erste und dritte Hauptkomponente aufgetragen. Es lassen sich nun vier Gruppen anhand ihres Aromaprofils unterscheiden:

- Gruppe 1: EH1, EH2, EH4, EH5
- Gruppe 2: EH3
- Gruppe 3: EH6, EH7
- Gruppe 4: EH8, EH9

4.1.8. Nitrit- Nitrat

Für die Nitrit- Nitrat- Bestimmung wurden die Proben nicht lyophilisiert, sondern in frischem Zustand untersucht.

Gemäss Zusatzstoffverordnung liegt die Höchstmenge an Natriumnitrat, welche bei der Herstellung zugesetzt werden darf, bei 300 mg / kg. In Tabelle 10 sind die Ergebnisse aus der Nitrit- Nitrat- Bestimmung des ersten Versuches aufgelistet.

Tabelle 10 Versuch 1, Nitrit- Nitrat- Bestimmung

Variante	Nitrit [mg / kg]	Nitrat [mg / kg]
Standard	0.0	413.9
FR 25	0.3	10.6
FR 50	0.6	9.8
FR 75	2.5	9.9
FR 100	0.0	20.1
Inulin 50	0.0	10.3
Inulin 100	0.0	12.1
WF 50	0.6	12.1
WF 100	0.7	9.6
Gruyère 50	0.0	9.9
Gruyère 100	0.0	7.4

Bis auf die Variante FR 75 wiesen alle anderen Varianten Nitritwerte unter 1 mg / kg auf. Bei der Variante FR 75 wurden 2.5 mg / kg Nitrit gemessen.

Bei der Nitratbestimmung viel vor allem die Variante Standard mit 413.9 mg / kg Nitrat auf. Es war dies der höchste Wert der in Versuch 1 gemessen wurde. Der zweithöchste Wert wurde mit 20.1 mg / kg bei der Variante FR 100 gemessen. Die Varianten Inulin 100 und WF 50 wiesen beide einen Wert von 12.1 mg / kg Nitrat auf. Die Messung der übrigen Varianten ergab Werte unter 12 mg / kg. Mit 7.4 mg / kg wurde bei der Variante Gruyère 100 der tiefste Wert in Versuch 1 bestimmt.

In Tabelle 11 sind die Ergebnisse der Nitrit- Nitrat- Bestimmung aus Versuch 3 aufgelistet.

Tabelle 11 Versuch 3, Nitrit- Nitrat- Bestimmung

Variante	Nitrit [mg / kg]	Nitrat [mg / kg]
Standard	1.8	40.8
FR 25	2.0	41.7
Wiberg 50	2.9	36.0
Inulin 10	2.2	31.5
Inulin 25	2.6	34.8
SchmK 50	3.4	40.3
SchmK 100	5.0	41.1
Gruyère Würfel 50	2.5	40.2
Gruyère Wolf 50	2.1	37.6

Mit 5 mg / kg wurde bei der Variante SchmK 100 der höchste Nitritwert aus Versuch 3 gemessen, gefolgt von der Variante SchmK 50 mit 3.4 mg / kg. Die Nitritwerte der übrigen Varianten lagen unter 3 mg / kg Nitrit.

Der höchste Nitratgehalt wurde mit 41.7 mg / kg bei der Variante FR 25 gemessen. Ebenfalls Nitratwerte über 40 mg / kg wiesen die Varianten Standard, SchmK 50, SchmK 100 und

Gruyère Würfel 50 auf. Bei den übrigen Varianten wurden Werte unter 40 mg / kg erzielt, wobei bei der Variante Inulin 10 mit 31.5 mg / kg der tiefste Wert in Versuch 3 bestimmt wurde.

4.2. Physikalische Analysen und technologische Merkmale

4.2.1. Gewichtsverlauf während der Reifung

Nach der Produktion wurde von jeder Variante eine Salami gewogen. Das Gewicht wurde notiert und die Salami gekennzeichnet. Während des Reifeprozesses wurde die gekennzeichnete Salami jede Woche einmal gewogen. Zur besseren Vergleichbarkeit wurde die prozentuale Gewichtsabnahme berechnet. Abbildung 33 zeigt den Gewichtsverlauf aller Varianten aus dem ersten Versuch.

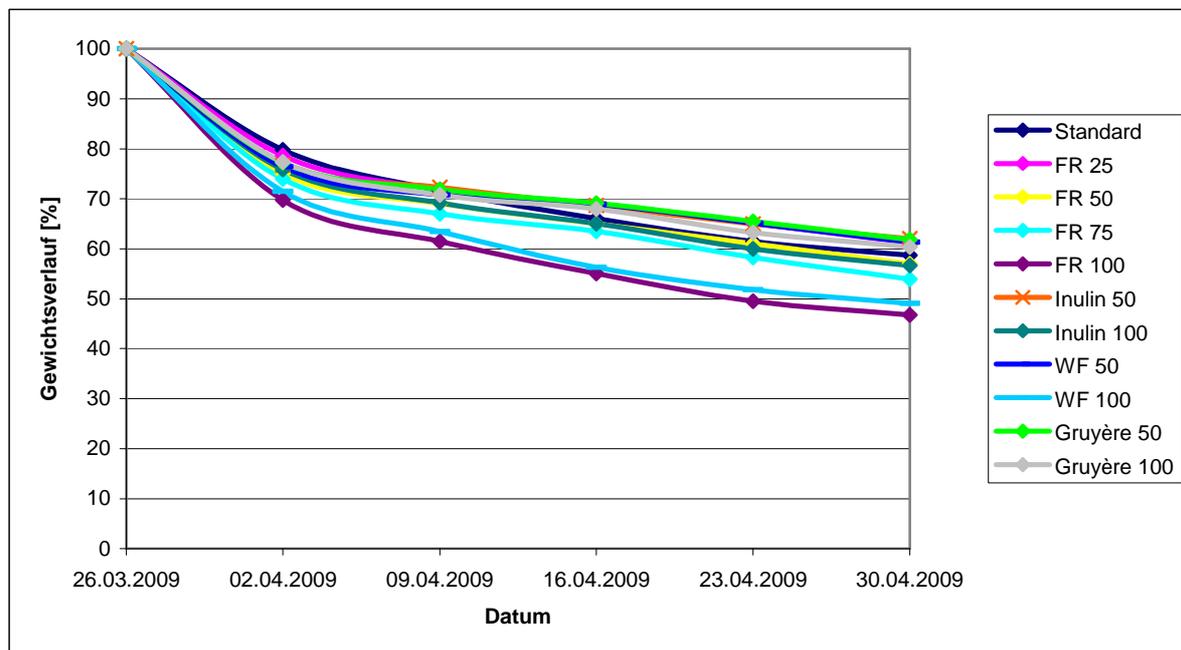


Abbildung 33 Versuch 1, prozentualer Gewichtsverlauf

Bei allen Varianten konnte innerhalb der ersten Woche der grösste Gewichtsverlust festgestellt werden. Er lag zwischen 20.18 % bei der Variante Standard und 30.28 % bei der Variante FR 100. In den folgenden Wochen konnte ein geringerer Gewichtsverlust beobachtet werden. Nach fünf Wochen Reifung konnte bei der Variante FR 100 mit 53.21 % der grösste Gewichtsverlust verzeichnet werden, gefolgt von der Variante WF 100 mit 50.89 %. Mit 37.96 und 38.18 % verloren die Varianten Inulin 50 und Gruyère 50 am wenigsten Gewicht.

Zwischen den Varianten Inulin 50 und Inulin 100 betrug der Unterschied im Gewichtsverlust 5.37 %. Bei den Varianten WF 50 und WF 100 lag dieser Unterschied bei 12.21 %. Lediglich 1.44 % betrug der Unterschied zwischen den Varianten Gruyère 50 und Gruyère 100.

In Abbildung 34 ist der Gewichtsverlauf der Salamis aus Versuch 2 dargestellt. Im Gegensatz zu Versuch 1 dauerte die Reifung nur 4 Wochen.

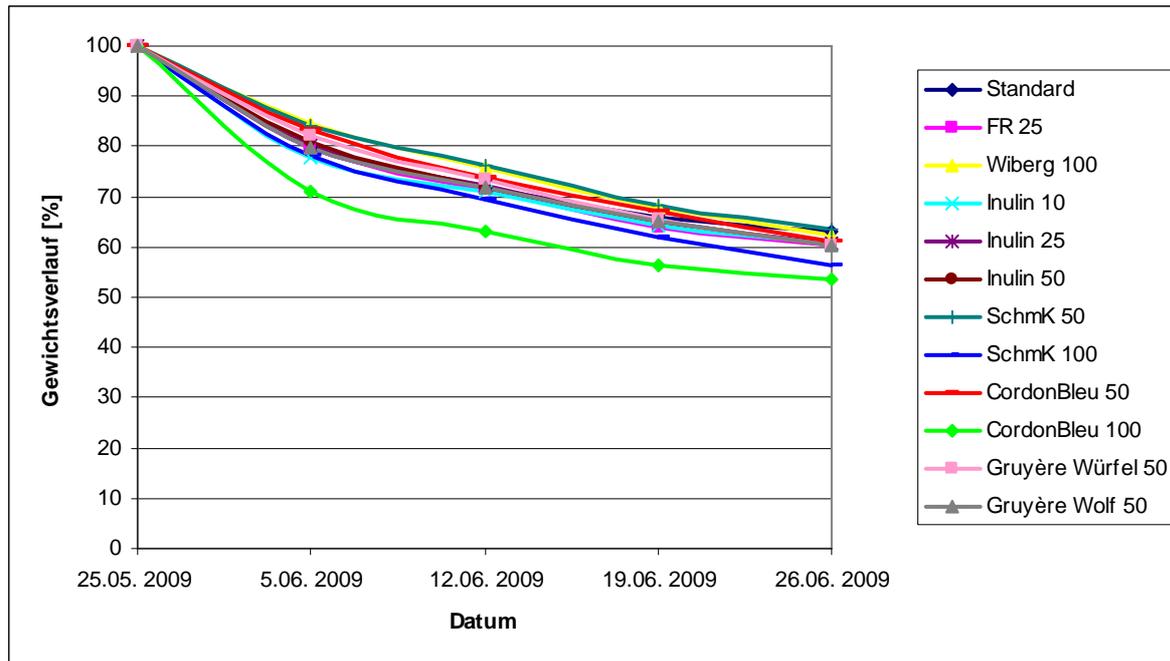


Abbildung 34 Versuch 2, prozentualer Gewichtsverlauf

Die erste Bestimmung des Gewichts erfolgte elf Tage nach der Produktion. Wie in Versuch 1, konnte auch in Versuch 2 im ersten Abschnitt der Reifung der grösste Gewichtsverlust beobachtet werden. Er lag zwischen 15.53 % bei der Variante Wiberg 100 und 29.13 % bei der Variante CordonBleu 100. Auch am Ende der Reifung verzeichnete die Variante CordonBleu 100 mit 46.6 % den grössten Gewichtsverlust. Am wenigsten Gewicht verlor die Variante SchmK 50 mit 36.63 %, gefolgt von der Variante Standard mit 36.89 %.

Bei den Varianten Inulin 10, Inulin 25 und Inulin 50 wurden mit 39.42 % (Inulin 10), 39.29 % (Inulin 25) und 39.62 % (Inulin 50) praktisch identische Werte gemessen. Die Variante SchmK 50 (36.63 %) und SchmK 100 (43.81 %) unterschieden sich um 7.18 %. Der Unterschied im Gewichtsverlust bei den Varianten CordonBleu 50 (38.83 %) und CordonBleu 100 (46.60 %) betrug 7.77 %. Ähnliche Werte wurden auch bei den Varianten Gruyère Würfel 50 mit 39.60 % und Gruyère Wolf 50 mit 39.81 % festgestellt.

4.2.2. Schälbarkeit

Von jeder Variante wurden drei verschiedene Salami gemessen. Aus jeder Messung wurde der Mittelwert bestimmt. Anschliessend wurde mit den drei erhaltenen Mittelwerten ein Gesamtmittelwert berechnet. Dieser wurde graphisch dargestellt. Er ist mit der Standardabweichung in Abbildung 35 ersichtlich. Es sind dies die Ergebnisse aus Versuch 1.

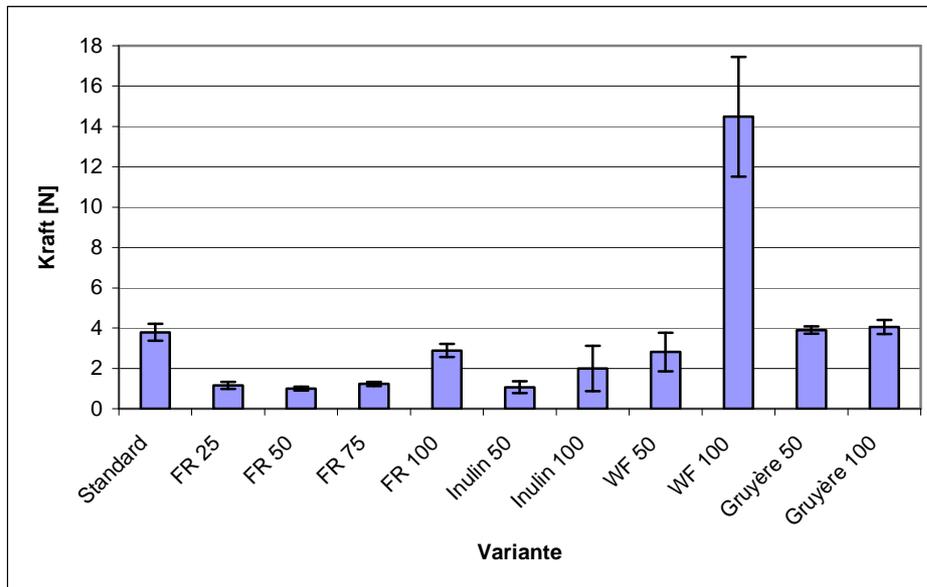


Abbildung 35 Versuch 1, Schälbarkeit

Mit Ausnahme von Variante WF 100 lagen alle Varianten unter 4.5 N. Die Varianten FR 25, FR 50, FR 75 und Inulin 50 lagen zudem deutlich unter 2 N. Neben der grossen Kraft von etwa 14.5 N zeichnete sich die Variante WF 100 auch durch eine grosse Standardabweichung aus. Sie betrug 2.96 N. Eine Standardabweichung über 0.5 N wurde nur noch bei den Varianten Inulin 100 (1.12 N) und WF 50 (0.96 N) gemessen.

In Abbildung 36 sind die Ergebnisse aus Versuch 2 dargestellt. Die Berechnung beruhte auf demselben Prinzip wie in Versuch 1. Um eine bessere Übersicht der Daten zu erhalten, reicht die Skala bis 70 N, dies im Gegensatz zu Abbildung 35, wo das Maximum bei 18 N liegt.

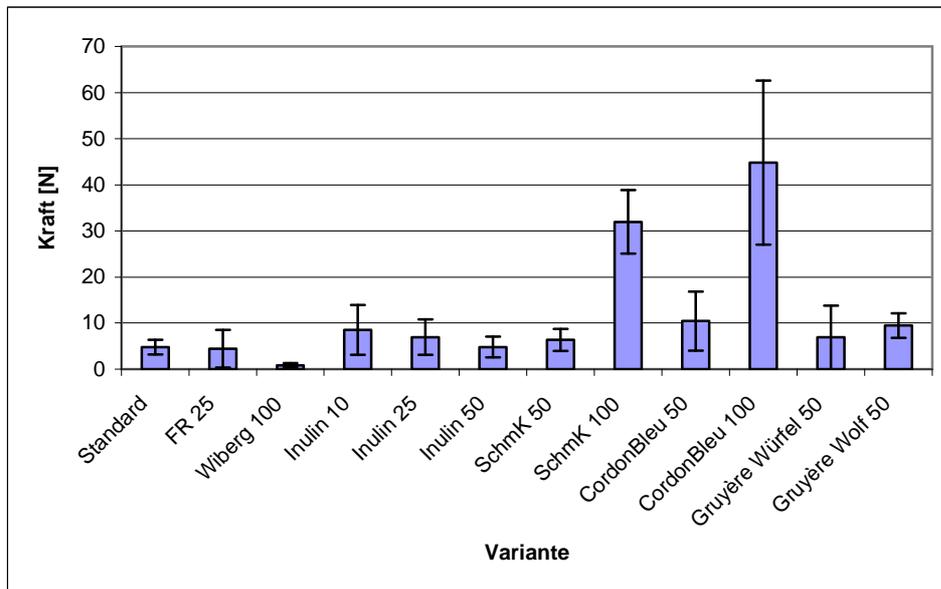


Abbildung 36 Versuch 2, Schälbarkeit

Mit 31.97 N und 44.79 N lagen die Varianten Schmk 50 und CordonBleu 100 deutlich über 10 N. Nur knapp über 10 N lag die Variante CordonBleu 100 mit 10.44 N. Alle anderen Varianten ergaben Werte unter 10 N, wobei die Variante Wiberg 100 mit 0.86 N den tiefsten Wert aufwies. Grosse Unterschiede waren auch bei der Standardabweichung feststellbar. Sie reichten von 0.46 N bei der Variante Wiberg 100 bis zu 17.78 N bei der Variante CordonBleu 100.



Es ist anzumerken, dass die gemessenen Salami keinen runden Querschnitt aufwiesen, wie in Abbildung 37 am Beispiel der Variante CordonBleu 100 ersichtlich ist.

Abbildung 37 Querschnitt
CordonBleu 100

4.2.3. Warner- Bratzler Prüfung

Mit der Warner- Bratzler Prüfung konnten verschiedene Parameter bestimmt werden. Bei den vorliegenden Ergebnissen wurde jedoch nur auf die gesamte Arbeit eingegangen, welche nötig ist, um die Salami zu durchtrennen.

Die in Abbildung 38 dargestellten Ergebnisse stammen aus Versuch 1. Es wurden von jeder Variante drei verschiedene Salami gemessen. Nach der Messung wurde der Mittelwert bestimmt. Mittels der drei Mittelwerte wurde der Gesamtmittelwert berechnet und anschliessend grafisch dargestellt.

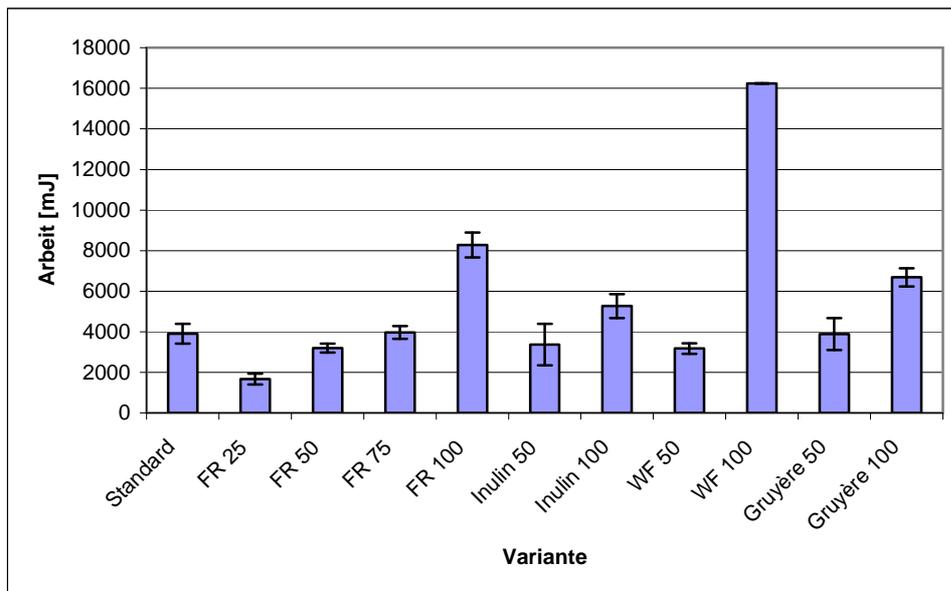


Abbildung 38 Versuch 1, Warner- Bratzler Prüfung

Die Variante FR 25 lag mit 1665.17 mJ tiefer als die Variante Standard (3899.67 mJ). Zudem war dies der tiefste Wert welcher in Versuch 1 gemessen wurde. Wie in Abbildung 38 ersichtlich ist, konnte in den folgenden drei Varianten ein Anstieg bis zu 8290.3 mJ bei der Variante FR 100 beobachtet werden. Mit 3367.05 mJ lag die Variante Inulin 50 unter dem Wert der Variante Standard. Sie wies jedoch mit 1022.82 mJ die grösste Standardabweichung auf. Der Wert der Variante Inulin 100 lag mit 5265.92 mJ um 56.39 % höher als die Variante Inulin 50. Ebenfalls ein grosser Unterschied konnte zwischen den Varianten WF 50 und WF 100 beobachtet werden. Mit 3167.71 mJ wurde bei der Variante WF 50 der zweitiefste Wert gemessen. Bei der Variante WF 100 ergab sich ein Wert von 16240.21 mJ, welcher somit 5.1 mal grösser war als derjenige von Variante WF 50. Mit 3886.01 mJ ergab sich aus der Messung der Variante Gruyère 50 ein ähnlicher Wert wie aus der Messung der Variante Standard. Jedoch war mit 787.77 mJ die Standardabweichung grösser. Im Vergleich dazu wurde bei der Variante Gruyère 100 mit 6693.49 mJ ein 72.24 % höherer Wert gemessen.

In Abbildung 39 sind die Ergebnisse aus Versuch 2 dargestellt. Die Berechnung erfolgte analog derjenigen aus Versuch 1. Aufgrund der besseren Übersicht reicht die Skala im Vergleich zur Abbildung 38 nicht bis auf 18000 mJ sondern nur bis auf 8000 mJ.

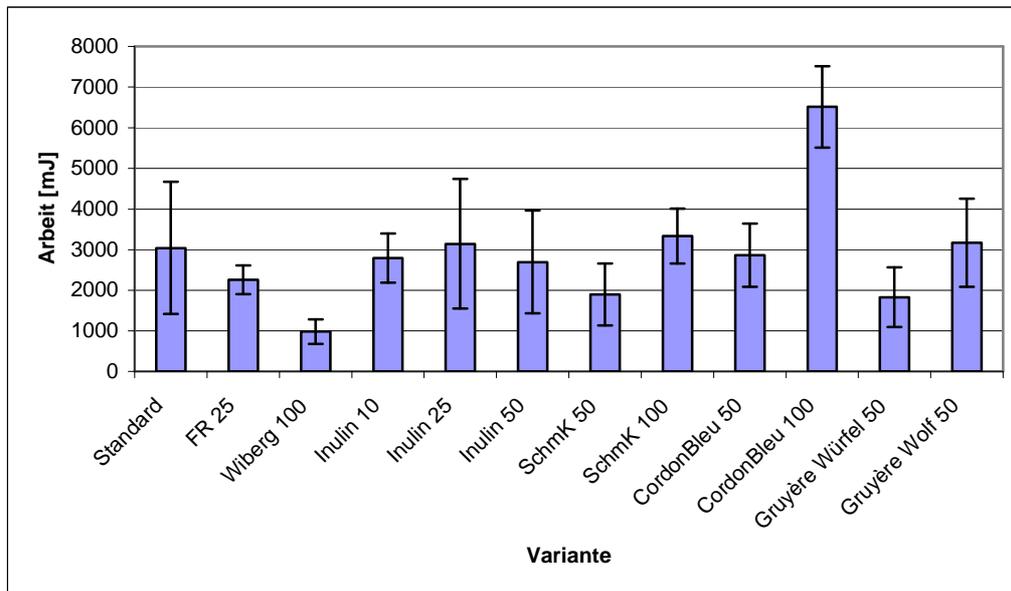


Abbildung 39 Versuch 2, Warner- Bratzler Prüfung

Bei der Variante Standard wurde mit 1629.79 mJ die grösste Standardabweichung gemessen. Ebenfalls grosse Standardabweichungen konnten bei den Varianten Inulin 25 (1597.32 mJ) und Inulin 50 (1268.14 mJ) beobachtet werden. Die Variante Wiberg 100 konnte sich mit 978.55 mJ durch den tiefsten gemessenen Wert des zweiten Versuches auszeichnen. Mit 302.05 mJ wurde ebenfalls die tiefste Standardabweichung gemessen.

Verglich man die Varianten Inulin 10, Inulin 25 und Inulin 50 miteinander, so konnte mit 3141.45 mJ bei der Variante Inulin 25 der grösste Wert gemessen werden. Mit 2796.7 mJ konnte bei der Variante Inulin 10 ein um 10.97 % tieferer Wert, bei der Variante Inulin 50 mit 2694.75 mJ ein um 14.21 % tieferer Wert gemessen werden.

Der Unterschied zwischen den Varianten SchmK 50 (1897.24 mJ) und SchmK 100 (3336.77 mJ) betrug 1439.53 mJ. Bei der Variante SchmK 100 resultierte somit ein 75.87 % höherer Wert als bei der Variante SchmK 50.

Bei der Variante CordonBleu 100 wurde mit 6514.48 mJ der höchste Wert des zweiten Versuches gemessen. Der Wert lag etwa 2.3 mal höher als derjenige der Variante CordonBleu 50 mit 2868.6 mJ. Zwischen den Varianten Gruyère Würfel 50 und Gruyère Wolf 50 lag ein Unterschied von 1339.18 mJ. Mit 3170.17 mJ war der Wert der Variante Gruyère Wolf 50 somit 73.14 % höher als der Wert der Variante Gruyère Würfel 50 (1830.99 mJ).

Die Ergebnisse aus der Warner- Bratzler Prüfung wurden statistisch ausgewertet. Als erstes wurde eine Varianzanalyse durchgeführt, anschliessend der Fisher's Least- Significant- Difference Test.

Ein signifikanter Unterschied zwischen zwei Varianten bestand bei einem p- Wert unter 0.1.

In Abbildung 40 sind die Ergebnisse aus Versuch 1 dargestellt.

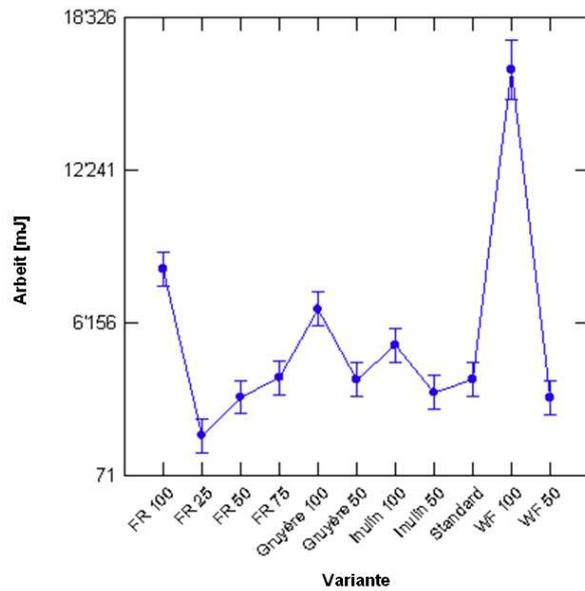


Abbildung 40 Versuch 1, statistische Auswertung Warner- Bratzler Prüfung

Die Variante FR 25 wies gegenüber allen anderen Varianten aus Versuch 1 einen signifikanten Unterschied auf. Ebenfalls signifikant unterschiedlich gegenüber den jeweils übrigen Varianten waren die Varianten FR 100, Inulin 100, WF 100 und Gruyère 100.

Abbildung 41 zeigt die Ergebnisse der statistischen Auswertung aus Versuch 2.

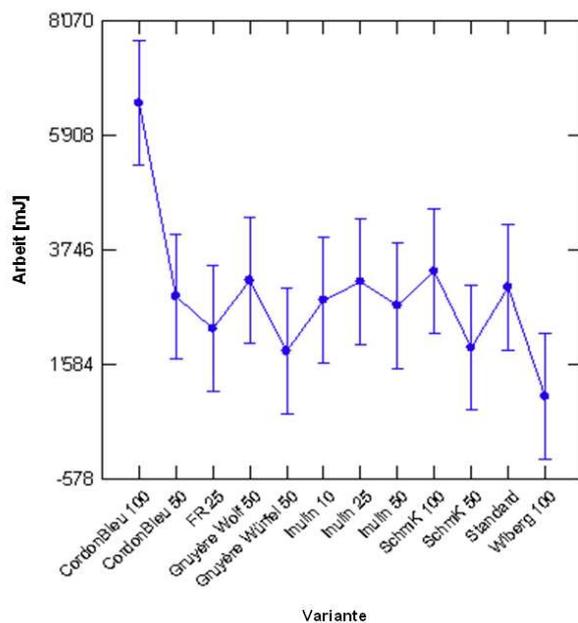


Abbildung 41 Versuch 2, statistische Auswertung Warner- Bratzler Prüfung

In Versuch 2 unterschied sich die Variante CordonBleu 100 signifikant von den übrigen Varianten. Die Variante Wiberg 100 zeigte keine signifikanten Unterschiede zu den Varianten FR 25, SchmK 100 und Gruyère Würfel 50. Zu den übrigen Varianten hingegen wurden signifikante Unterschiede festgestellt.

4.3. Mikrobiologie

Bevor die Varianten sensorisch beurteilt werden konnten, erfolgte eine mikrobiologische Untersuchung. Da in der aktuellen Hygieneverordnung nur unzureichende Angaben zur Untersuchung von Rohwürsten zu finden sind, stammen die Grenz- und Toleranzwerte aus der Hygieneverordnung vom 23. November 2005, welche in der amtlichen Sammlung auf der Homepage des Bundes zu finden ist [35].

Es sind folgende Grenz- beziehungsweise Toleranzwerte definiert:

- *Listeria monocytogenes* 100 KbE / g (Grenzwert)
- *Salmonella spp* n.n in 25 g (Grenzwert)
- *Clostridium perfringens* 100 KbE / g (Toleranzwert)
- Enterobacteriaceae 100 KbE / g (Toleranzwert)

In Tabelle 12 sind die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung aus Versuch 1 dargestellt. n.n bedeutet dabei nicht nachweisbar, KbE steht als Kürzel für Koloniebildende Einheiten.

Tabelle 12 Versuch 1, mikrobiologische Ergebnisse

Variante	<i>Salmonella spp</i>	Enterobacteriaceae	<i>Cl. perfringens</i>	<i>L. monocytogenes</i>
Standard	n.n in 25 g	< 10 KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g
FR 25	n.n in 25 g	< 100 KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g
FR 50	n.n in 25 g	< 100 KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g
FR 75	n.n in 25 g	< 10 KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g
FR 100	n.n in 25 g	< 10 KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g
Inulin 50	n.n in 25 g	< 100 KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g
Inulin 100	n.n in 25 g	< 10 KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g
WF 50	n.n in 25 g	< 10 KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g
WF 100	n.n in 25 g	< 10 KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g
Gruyère 50	n.n in 25 g	< 100 KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g
Gruyère 100	n.n in 25 g	< 100 KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g

Bei keiner Variante wurde eine Überschreitung eines Grenz- oder Toleranzwertes festgestellt. Bei der Untersuchung auf Enterobacteriaceae lagen die Varianten FR 25, FR 50, Inulin 50, Gruyère 50 und Gruyère 100 mit < 100 KbE / g um eine Zehnerpotenz höher als die restlichen Varianten, jedoch immer noch unter dem Toleranzwert von 100 KbE / g.

Tabelle 13 zeigt die Ergebnisse aus der mikrobiologischen Untersuchung von Versuch 2.

Tabelle 13 Versuch 2, mikrobiologische Ergebnisse

Variante	<i>Salmonella spp</i>	Enterobacteriaceae	<i>Cl. perfringens</i>	<i>L. monocytogenes</i>
Standard	n.n in 25 g	$2.9 * 10^3$ KbE / g	< 100 KbE / g	n.n in 25 g
FR 25	<i>Salmonella spp</i> in 25 g	$1.4 * 10^5$ KbE / g	< 100 KbE / g	n.n in 25 g
Wiberg 100	n.n in 25 g	$1 * 10^4$ KbE / g	< 100 KbE / g	n.n in 25 g
Inulin 10	n.n in 25 g	$1.8 * 10^5$ KbE / g	< 100 KbE / g	n.n in 25 g
Inulin 25	n.n in 25 g	$1.7 * 10^4$ KbE / g	< 100 KbE / g	n.n in 25 g
Inulin 50	<i>Salmonella spp</i> in 25 g	$8.6 * 10^4$ KbE / g	< 100 KbE / g	n.n in 25 g
SchmK 50	n.n in 25 g	< 100 KbE / g	< 100 KbE / g	n.n in 25 g
SchmK 100	n.n in 25 g	$4.4 * 10^2$ KbE / g	< 100 KbE / g	n.n in 25 g
CordonBleu 50	n.n in 25 g	$1.4 * 10^4$ KbE / g	< 100 KbE / g	n.n in 25 g
CordonBleu 100	n.n in 25 g	< 100 KbE / g	< 100 KbE / g	n.n in 25 g
Gruyère Würfel 50	n.n in 25 g	$1.5 * 10^4$ KbE / g	< 100 KbE / g	n.n in 25 g
Gruyère Wolf 50	n.n in 25 g	$5.6 * 10^5$ KbE / g	< 100 KbE / g	n.n in 25 g

Die Varianten FR 25 und Inulin 50 wurden positiv auf *Salmonella spp* getestet. Bei den restlichen Proben war *Salmonella spp* nicht nachweisbar. Hohe Werte gab es auch bei den Untersuchungen auf Enterobacteriaceae. So blieben lediglich die beiden Varianten SchmK 50 und CordonBleu 100 unter dem Toleranzwert von 100 KbE / g. Nicht nachweisbar war bei allen Varianten *L. monocytogenes*.

In Tabelle 14 sind die Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung aus Versuch 3 aufgelistet.

Tabelle 14 Versuch 3, mikrobiologische Ergebnisse

Variante	<i>Salmonella spp</i>	Enterobacteriaceae	<i>Cl. perfringens</i>	<i>L. monocytogenes</i>
Standard	n.n in 25 g	$2.5 * 10^5$ KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g
FR 25	n.n in 25 g	< 100 KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g
Wiberg 50	n.n in 25 g	$2.4 * 10^3$ KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g
Inulin 10	n.n in 25 g	< 10 KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g
Inulin 25	n.n in 25 g	< 10 KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g
SchmK 50	n.n in 25 g	$8.1 * 10^2$ KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g
SchmK 100	n.n in 25 g	< 10 KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g
Gruyère Würfel 50	n.n in 25 g	$2.3 * 10^7$ KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g
Gruyère Wolf 50	n.n in 25 g	$1.3 * 10^7$ KbE / g	< 10 KbE / g	n.n in 25 g

Bei den Varianten Standard, Wiberg 50, SchmK 50, Gruyère Würfel 50 und Gruyère Wolf 50 wurde in einem weiteren Schritt untersucht, welche Familien die jeweils hohen Enterobacteriaceawerte ergaben.

Es wurden folgende Verdachtskeime gefunden:

- Standard *Proteus vulgaris*
- Wiberg 50 *E. coli, Klebsiella oxytoca*
- SchmK 50 *Serratia spp.*
- Gruyère Würfel 50 *Klebsiella oxytoca, Proteus vulgaris*
- Gruyère Wolf 50 *E. coli, Proteus vulgaris*

Um ein zweites, unabhängiges Ergebnis zu erhalten, wurden alle Varianten aus Versuch 3 durch das Interlabor Belp AG mikrobiologisch untersucht. Da bei der Untersuchung durch das Labor des ALP keine *Salmonella* gefunden wurden, wurde auf diese Untersuchung verzichtet. Stattdessen wurden die Varianten auf *Escherichia coli* untersucht, welche, wie *Salmonella* auch, zur Familie der Enterobacteriaceae gehört. Zusätzlich wurde auf koagulasepositive Staphylokokken untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in Tabelle 15 dargestellt.

Tabelle 15 Versuch 3, mikrobiologische Ergebnisse Interlabor Belp AG

Variante	Koagulasepositive Staphylokokken	Enterobacteriaceae	<i>Escherichia coli</i>
Standard	< 100 KbE / g	$3.2 * 10^4$ KbE / g	< 10 KbE / g
FR 25	< 100 KbE / g	< 10 KbE / g	< 10 KbE / g
Wiberg 50	< 100 KbE / g	60 KbE / g	< 10 KbE / g
Inulin 10	< 100 KbE / g	30 KbE / g	< 10 KbE / g
Inulin 25	< 100 KbE / g	< 10 KbE / g	< 10 KbE / g
SchmK 50	< 100 KbE / g	< 10 KbE / g	< 10 KbE / g
SchmK 100	< 100 KbE / g	< 10 KbE / g	< 10 KbE / g
Gruyère Würfel 50	< 100 KbE / g	$> 3 * 10^5$ KbE / g	10 KbE / g
Gruyère Wolf 50	< 100 KbE / g	$> 3 * 10^5$ KbE / g	< 10 KbE / g

Betreffend der Interpretation der Ergebnisse bezog sich das Interlabor Belp AG auf die Toleranzwerte der Hygieneverordnung (Stand: Mai 2002) für Fleischerzeugnisse zum Rohessen, ausgereift (Rohpökelfwaren und Rohwurstwaren ausgereift)

- Enterobacteriaceen 100 KbE / g
- *Clostridium perfringens* 100 KbE / g
- Koagulasepositive Staphylokokken 1000 KbE / g
- Eine Untersuchung auf *Escherichia coli* ist nicht Pflicht, weshalb keine Grenzwerte definiert sind [36]

Bei der Untersuchung auf koagulasepositive Staphylokokken lagen alle Varianten mit < 100 KbE / g unter dem Toleranzwert von 1000 KbE / g. Die Varianten Standard ($3.2 * 10^4$ KbE / g), Gruyère Würfel 50 und Gruyère Wolf 50 (beide $> 3 * 10^5$ KbE / g) überschritten den Toleranzwert von 100 KbE / g bei den Enterobacteriaceen. Die Werte der übrigen Varianten lagen alle unter dem Toleranzwert. Die Untersuchung auf *Escherichia coli* ergab bei der Variante Gruyère Würfel 50 10 KbE / g, alle übrigen Varianten lagen unter 10 KbE / g.

Um Gewürze als Kontaminationsquelle ausschliessen zu können, wurden die verwendeten Gewürze und Zusatzstoffe auf Enterobacteriaceae untersucht. In Tabelle 16 sind die Ergebnisse aufgelistet.

Tabelle 16 mikrobiologische Untersuchung der Gewürze auf Enterobacteriaceae

Gewürz / Zusatzstoff	Enterobacteriaceae
Scheid Bonafirm	< 10 KbE / g
Knoblauch	< 10 KbE / g
Pfeffer gemahlen	< 100 KbE / g
Pfeffer gebrochen	< 10 KbE / g

Bei der Untersuchung der Gewürze, welche in Versuch 2 und 3 verwendet wurden, konnten keine Toleranzwertüberschreitungen festgestellt werden. Der Zusatzstoff Scheid Bonafirm sowie der Knoblauch und der gebrochene Pfeffer zeigten Werte unter 10 KbE / g auf. Der gemahlene Pfeffer lag um eine Zehnerpotenz höher, überschritt jedoch mit > 100 KbE / g, wie erwähnt, keinen Toleranzwert.

4.4. Sensorische Beurteilung

In den Abbildungen 42, 44 und 45 sind die Intensitäten der einzelnen Attribute aus der sensorischen Beurteilung aus Versuch 1 dargestellt. Da die Variante WF 100 von der sensorischen Beurteilung ausgeschlossen wurde, gibt es von dieser Variante keine Ergebnisse.

Von jedem Attribut wurde der Mittelwert jeder Variante bestimmt. Er berechnete sich aus den Angaben aller Panelisten. Konnte bei einem Panelisten ein signifikanter Ausreisser festgestellt werden, wurden beim entsprechenden Attribut alle Werte dieses Panelisten gestrichen und der Mittelwert neu berechnet.

Im Anschluss wurden die Werte jedes Attributes mittels einer zweiseitigen Anova ausgewertet. Konnte dabei ein signifikanter Unterschied festgestellt werden, wurde das entsprechende Attribut mit einem Friedman Test erneut ausgewertet um feststellen zu können, wo sich der signifikante Unterschied befand.

In Abbildung 42 sind die Attribute, welche das Aussehen der Varianten aus Versuch 1 beschreiben, dargestellt.

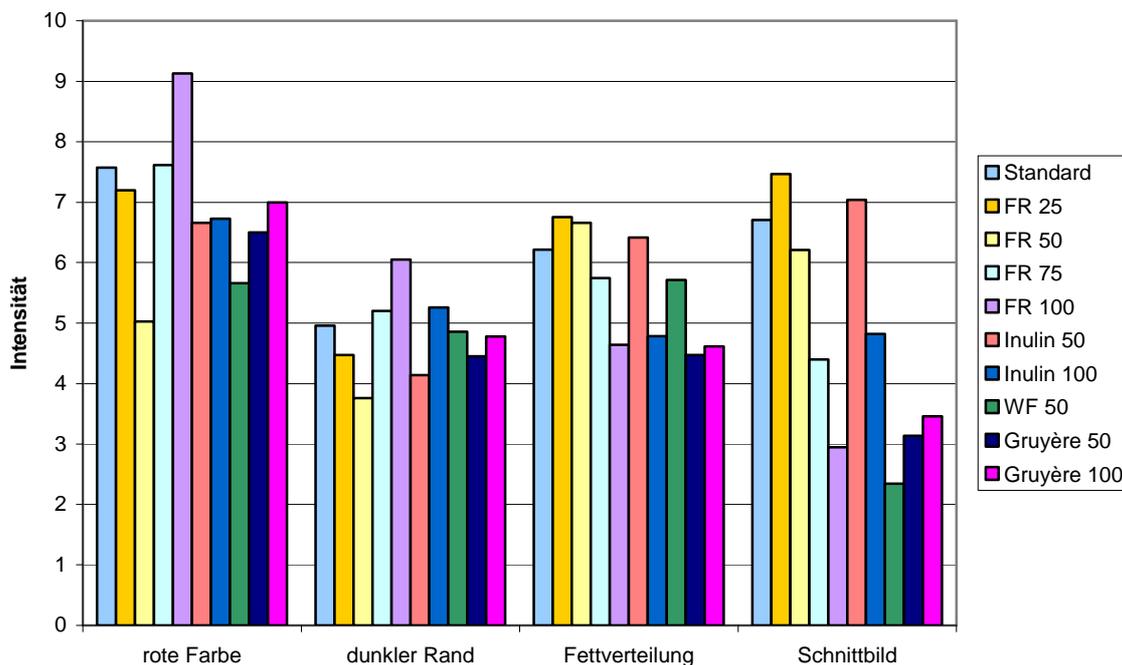


Abbildung 42 Versuch 1, sensorische Auswertung Aussehen

Bei der Beurteilung der roten Farbe konnten signifikante Unterschiede untereinander, aber auch zur Variante Standard, welche als Referenzprobe diente, festgestellt werden. In Tabelle 17 sind die Unterschiede aufgelistet. Weisen zwei Varianten die gleichen Buchstaben auf, unterscheiden sie sich nicht signifikant voneinander. Weiter wurde untersucht, ob sich die einzelnen Varianten signifikant von der Variante Standard unterscheiden.

Tabelle 17 Versuch 1, signifikante Unterschiede beim Attribut rote Farbe

Variante	Unterschied untereinander	Unterschied zur Variante Standard
Standard	AB	Referenzprobe
FR 25	BC	nicht signifikant
FR 50	D	signifikant
FR 75	AB	nicht signifikant
FR 100	A	signifikant
Inulin 50	BCD	nicht signifikant
Inulin 100	BCD	nicht signifikant
WF 50	CD	signifikant
Gruyère 50	BCD	nicht signifikant
Gruyère 100	BC	nicht signifikant

Zwischen den Varianten Standard, FR 25, FR 75, Inulin 50, Inulin 100, Gruyère 50 und Gruyère 100 konnte beim Attribut rote Farbe kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Sie unterschieden sich auch nicht signifikant zur Variante Standard.

Zwischen den Varianten Inulin 50 und Inulin 100 sowie zwischen den Varianten Gruyère 50 und Gruyère 100 bestanden keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Attributs rote Farbe.

Bei den Varianten FR 50, FR 100 und WF 50 konnte ein signifikanter Unterschied zur Variante Standard festgestellt werden. Die Intensität des Attributes wurde bei der Variante FR 50 mit 5.03 bewertet, bei der Variante WF 50 mit 5.66 sowie mit 9.13 bei der Variante FR 100. Die Variante Standard als Referenzprobe wurde mit 7.57 bewertet.

Beim Attribut dunkler Rand konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Ebenfalls keine signifikanten Unterschiede gab es beim Attribut Fettverteilung.

Wie in Tabelle 18 ersichtlich, bestanden beim Attribut Schnittbild signifikante Unterschiede.

Tabelle 18 Versuch 1, signifikante Unterschiede beim Attribut Schnittbild

Variante	Unterschied untereinander	Unterschied zur Variante Standard
Standard	ABC	Referenzprobe
FR 25	A	nicht signifikant
FR 50	ABCD	nicht signifikant
FR 75	ABCDE	nicht signifikant
FR 100	DE	signifikant
Inulin 50	AB	nicht signifikant
Inulin 100	ABCDE	nicht signifikant
WF 50	EH	signifikant
Gruyère 50	CDE	signifikant
Gruyère 100	BCDE	signifikant

Zwischen den Varianten Standard, FR 25, FR 50 und FR 75 bestand beim Attribut Schnittbild kein signifikanter Unterschied. Ebenfalls kein signifikanter Unterschied lag zwischen den Varianten Inulin 50 und Inulin 100 sowie zwischen den Varianten Gruyère 50 und Gruyère 100. Die Variante WF 50 unterschied sich signifikant von allen übrigen Varianten.

Zur Variante Standard, der Referenzprobe, unterschieden sich die Varianten FR 100, WF 50, Gruyère 50 und Gruyère 100 signifikant. Das Attribut Schnittbild wurde bei der Variante FR 100 mit 2.95 bewertet, mit 2.34 bei der Variante WF 50, mit 3.14 bei der Variante Gruyère 50 sowie mit 3.46 bei der Variante Gruyère 100. Die Schnittbilder sind in Abbildung 43 zu sehen.



Abbildung 43 Versuch 1, Schnittbilder mit signifikantem Unterschied

Die Abbildung 43 zeigt von links nach rechts die Schnittbilder der Varianten Standard, FR 100, WF 50, Gruyère 50 und Gruyère 100.

Die in Abbildung 44 dargestellten Attribute beschreiben die Textur der Salamis aus Versuch 1.

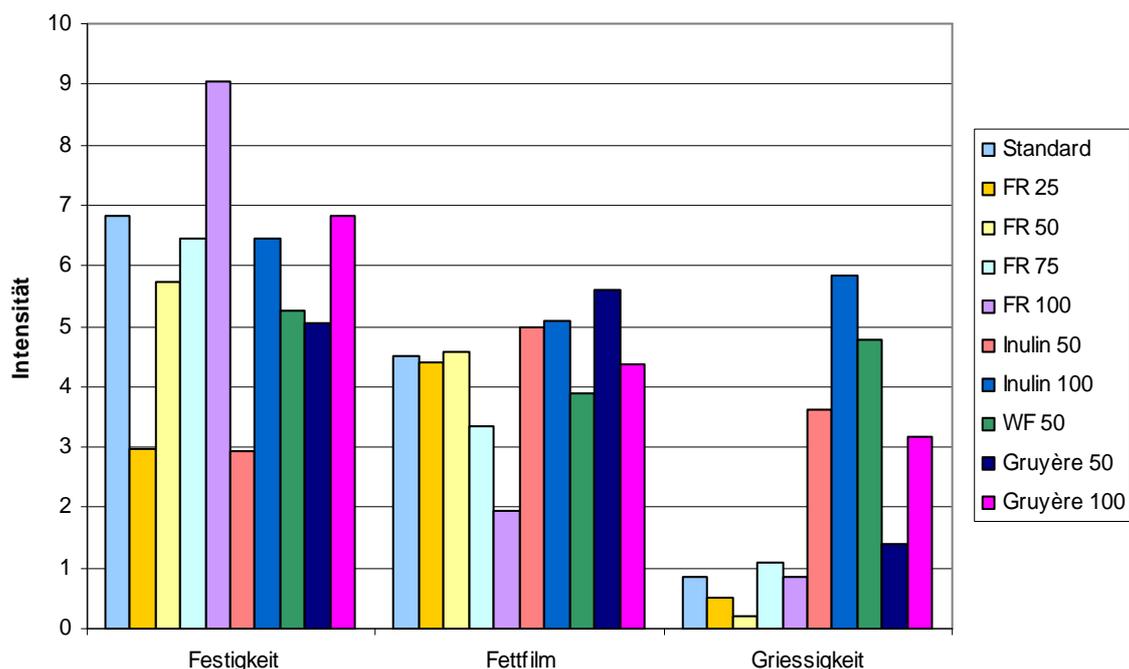


Abbildung 44 Versuch 1, sensorische Auswertung Textur

Beim Attribut Festigkeit konnten sowohl untereinander als auch zur Variante Standard signifikante Unterschiede festgestellt werden wie in Tabelle 19 ersichtlich ist.

Tabelle 19 Versuch 1, signifikante Unterschiede beim Attribut Festigkeit

Variante	Unterschied untereinander	Unterschied zur Variante Standard
Standard	AB	Referenzprobe
FR 25	C	signifikant
FR 50	B	nicht signifikant
FR 75	B	nicht signifikant
FR 100	A	signifikant
Inulin 50	C	signifikant
Inulin 100	B	nicht signifikant
WF 50	BC	nicht signifikant
Gruyère 50	BC	nicht signifikant
Gruyère 100	AB	nicht signifikant

Zwischen den Varianten Standard, FR 50, Fr 75, Inulin 100, WF 50, Gruyère 50 und Gruyère 100 konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Ebenfalls kein signifikanter Unterschied lag zwischen den Varianten Gruyère 50 und Gruyère 100. Die Varianten Inulin 50 und Inulin 100 unterschieden sich signifikant. So wurde die Festigkeit bei der Variante Inulin 50 mit 2.87 bewertet, bei der Variante Inulin 100 mit 6.09.

Zur Referenzprobe, welche mit 6.53 bewertet wurde, unterschieden sich die Varianten FR 25 mit 2.99, FR 100 mit 9.06 und Inulin 50 mit 2.94 signifikant.

Wie in Tabelle 20 ersichtlich, konnten auch beim Attribut Fettfilm signifikante Unterschiede festgestellt werden.

Tabelle 20 Versuch 1, signifikante Unterschiede beim Attribut Fettfilm

Variante	Unterschied untereinander	Unterschied zur Variante Standard
Standard	AB	Referenzprobe
FR 25	AB	nicht signifikant
FR 50	AB	nicht signifikant
FR 75	AB	nicht signifikant
FR 100	B	nicht signifikant
Inulin 50	AB	nicht signifikant
Inulin 100	AB	nicht signifikant
WF 50	AB	nicht signifikant
Gruyère 50	A	nicht signifikant
Gruyère 100	AB	nicht signifikant

Mit 1.93 unterschied sich die Variante FR 100 signifikant von den übrigen Varianten. Ebenfalls ein signifikanter Unterschied lag zwischen der Variante Gruyère 50, sie wurde mit 5.61 bewertet, und den übrigen Varianten. Wie in Tabelle 20 dargestellt, bestand jedoch bei keiner Variante ein signifikanter Unterschied zur Variante Standard.

Beim Attribut Griessigkeit konnten signifikante Unterschiede festgestellt werden. Sie sind in Tabelle 21 dargestellt.

Tabelle 21 Versuch 1, signifikante Unterschiede beim Attribut Griessigkeit

Variante	Unterschied untereinander	Unterschied zur Variante Standard
Standard	C	Referenzprobe
FR 25	C	nicht signifikant
FR 50	C	nicht signifikant
FR 75	C	nicht signifikant
FR 100	C	nicht signifikant
Inulin 50	ABC	nicht signifikant
Inulin 100	A	signifikant
WF 50	AB	signifikant
Gruyère 50	BC	nicht signifikant
Gruyère 100	ABC	nicht signifikant

Zwischen den Varianten Standard, FR 25, FR 50, FR 75, FR 100, Gruyère 50 und Gruyère 100 lag kein signifikanter Unterschied. Ebenfalls kein signifikanter Unterschied lag zwischen den Varianten Inulin 50 und Inulin 100 sowie zwischen den Varianten Gruyère 50 und Gruyère 100. Zur Variante Standard, welche mit 0.85 bewertet wurde, unterschieden sich die Varianten Inulin 100 mit einer Bewertung von 5.38 und die Variante WF 50 mit einer Bewertung von 4.78 signifikant.

Abbildung 45 zeigt die Auswertung der Attribute, welche den Geschmack der Salamis aus Versuch 1 beschreiben.

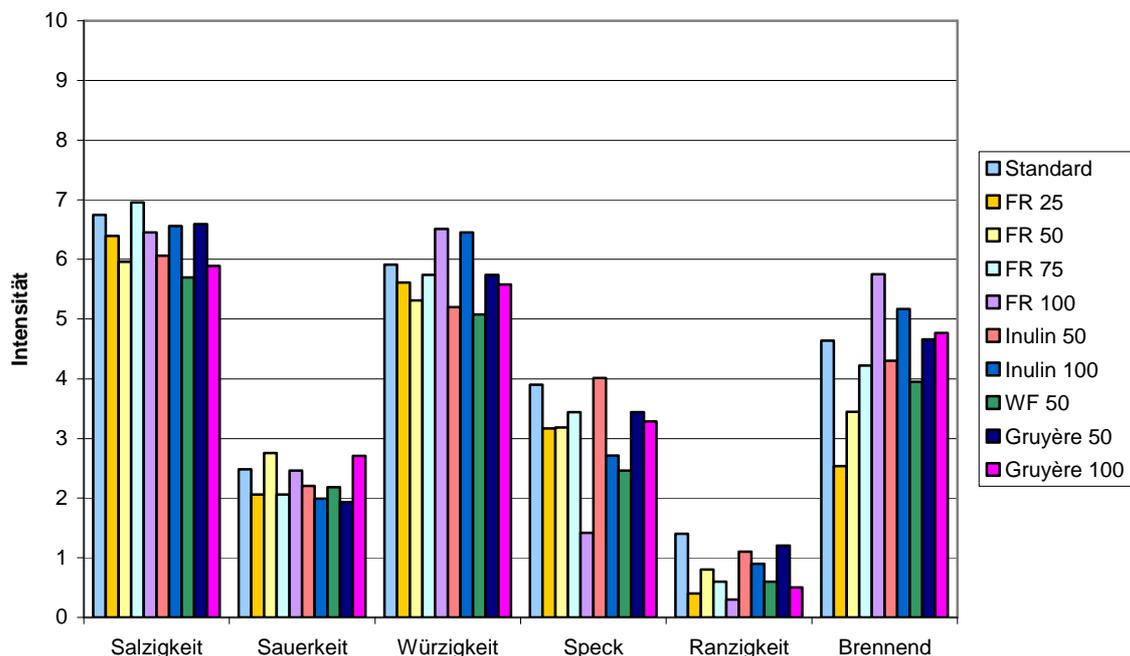


Abbildung 45 Versuch 1, sensorische Auswertung Geschmack

Bei den Attributen Salzigkeit, Sauerkeit und Würzigkeit konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Wie in Tabelle 22 aufgezeigt, bestanden beim Attribut Speck signifikante Unterschiede.

Tabelle 22 Versuch 1, signifikante Unterschiede beim Attribut Speck

Variante	Unterschied untereinander	Unterschied zur Variante Standard
Standard	A	Referenzprobe
FR 25	AB	nicht signifikant
FR 50	AB	nicht signifikant
FR 75	AB	nicht signifikant
FR 100	B	signifikant
Inulin 50	A	nicht signifikant
Inulin 100	AB	nicht signifikant
WF 50	AB	nicht signifikant
Gruyère 50	AB	nicht signifikant
Gruyère 100	AB	nicht signifikant

Mit einer Bewertung der Intensität des Attributes Speck von 3.9 und 4.01 unterschieden sich die Varianten Standard und Inulin 50 signifikant von den übrigen Varianten. Mit einer Bewertung von 1.41 unterschied sich die Variante FR 100 signifikant von den übrigen Varianten.

Ein signifikanter Unterschied zur Variante Standard konnte nur bei der Variante FR 100 festgestellt werden.

Keine signifikanten Unterschiede konnten bei den Attributen Ranzigkeit und brennend festgestellt werden.

Da die Varianten aus Versuch 2 und 3 nicht den mikrobiologischen Anforderungen entsprachen, wurde aus Sicherheitsgründen keine sensorische Beurteilung durchgeführt. Die Varianten aus Versuch 3 wurden in einem Team bestehend aus drei Personen auf ihr Äusseres, Schnittbild, Textur und Geruch hin beurteilt. Die Ergebnisse dieser Beurteilung sind in Tabelle 23 ersichtlich.

Tabelle 23 Versuch 3, sensorische Beurteilung

Kriterien Variante	Äusseres	Schnittbild	Textur	Geruch
Standard	in Ordnung	in Ordnung, wenig Trockenrand leicht porös	in Ordnung	in Ordnung, Pilzgeruch
FR 25	leicht eingefallen	Verteilung in Ordnung, dunkel, leicht porös, wenig Trockenrand	in Ordnung	in Ordnung, Pilzgeruch
Wiberg 50	leicht eingefallen	Trockenrand, Kern schmierig, Verteilung in Ordnung	leicht weich	in Ordnung
Inulin 10	in Ordnung	Kern leicht schmierig, leichter Trockenrand, Verteilung in Ordnung	in Ordnung	in Ordnung
Inulin 25	in Ordnung	Trockenrand, porös, mattes Fett, nicht optimal gemischt	in Ordnung	in Ordnung
SchmK 50	leicht eingefallen	leichter Trockenrand, leicht porig, unklares Schnittbild, gelbliches Fett, heller Kern	in Ordnung	atypisch, Ammoniak
SchmK 100	leicht eingefallen	Trockenrand, unklares Schnittbild, schmierig, heller Kern, keine Körnung, leicht porig	hart	leicht atypisch
Gruyère Würfel 50	leicht eingefallen	ungleichmässig grob, gelbliches Fett, atypisch	ziemlich fest	stinkig, gärig, Silage
Gruyère Wolf 50	stark eingefallen	porig, leichter Trockenrand, leicht heller Kern, Verteilung in Ordnung	ziemlich fest	leichter Käsegeruch, gärig

Bei der Beurteilung des äusseren Erscheinungsbildes waren die Varianten Standard, Inulin 10 und Inulin 25 in Ordnung. Die Varianten FR 25, Wiberg 50, SchmK 50, SchmK 100 und Gruyère Würfel 50 waren leicht eingefallen. Stark eingefallen war die Variante Gruyère Wolf 50.

Ausser bei der Variante Gruyère Würfel 50 konnte bei allen Varianten ein Trockenrand festgestellt werden.

Vom Schnittbild her wurde die Variante FR 25 als dunkel beurteilt. Die Varianten Wiberg 50 und Inulin 10 zeigten eine gute Verteilung, jedoch wurde der Kern jeweils als schmierig beschrieben. Die Variante Inulin 25 zeichnete sich durch eine nicht optimale Durchmischung aus.

Bei den Varianten SchmK 50, SchmK 100, Gruyère Würfel 50 und Gruyère Wolf 50 wies das Fett eine gelbliche Farbe auf. SchmK 50 und SchmK 100 zeichneten sich zudem durch ein unklares Schnittbild und einen helleren Kern aus. Das Schnittbild der Variante Gruyère Würfel 50 wurde als atypisch beschrieben.

Von der Textur her wurde die Variante Wiberg 50 als leicht zu weich, die Varianten SchmK 100, Gruyère Würfel 50 und Gruyère Wolf 50 als hart oder ziemlich fest beurteilt. Die übrigen Varianten zeigten keine auffälligen Merkmale bezüglich der Textur.

Bei der Beurteilung des Geruches wurde bei den Varianten Standard und FR 25 ein Pilzgeruch wahrgenommen. Die Varianten SchmK 50 und SchmK 100 wurden als atypisch beschrieben. Ein stinkiger, gärriger Geruch wurde bei den Varianten Gruyère Würfel 50 und Gruyère Wolf 50 festgestellt.

4.5. Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Varianten wurde mit folgenden Preisen berechnet:

Die Fleischpreise stammen aus der Woche 31 des Jahres 2009.

- Wurstfleisch I, Schwein 10.50 Fr. / kg (da es sich beim Preis um einen Aktionspreis von 9.50 Fr. handelt, wurde der Kilopreis um 1 Fr. auf 10.50 Fr. erhöht)
- Hackfleisch I, Rind 11.60 Fr. / kg
- Rückenspeck, Schwein 1.90 Fr. / kg
- Salz 0.90 Fr. / kg
- Gewürzmischung Bonafirm 13.40 Fr. / kg [37]
- Pfeffer weiss, gebrochen 15.60 Fr. / kg [37]
- Pfeffer weiss, gemahlen 15.60 Fr. / kg [37]
- Knoblauchpulver 8.40 Fr. / kg [37]
- Starterkultur 6.90 Fr. / Beutel [38]
- Schimmel 14.50 Fr. / Beutel [38]
- Wursthüllen Naturin F- 2 0.60 Fr. / Stück
- Inulin 13.40 Fr. / kg [38]
- Weizenfasern 10.40 Fr. / kg [38]
- FE 19 20.35 Fr. / kg [39]
- Sonnenblumenöl 3.60 Fr. / l
- Gruyère 15.50 Fr. / kg
- Schmelzkäse 11.- Fr. / kg [40]
- CordonBleu 12.50 Fr. / kg [40]
- Kalkulation der Betriebskosten 3.00 Fr / kg [41]
(Basispreis für Kleinmengen)
- Minutenlohn Mitarbeiter 0.60 Fr. [41]

Für die Berechnung wurde angenommen, dass jede Salami 500 g wiegt. Bei einer Chargengrösse von 8 kg ergab dies 16 Stück Salami pro Variante. Für die Kalkulation der Betriebskosten wurde der Faktor 3 je kg Fleisch verwendet. Es entspricht dies dem Basispreis für Kleinmengen. Weiter wurde von einem Gewichtsverlust während der Reifung von 33 % ausgegangen.

Für die Berechnung der Warenkosten wurde auf die Rezepturen aus Tabelle 7 bis 9 zurückgegriffen. Die Warenkosten beinhalten das Fleisch und den Speck, sämtliche Gewürze und Zusatzstoffe, Därme sowie die verschiedenen Fettersatzstoffe oder Käsesorten.

Bei den Berechnungen wurde angenommen, dass der nicht verwendete Speck anderweitig verwertet werden kann und so keine Zusatzkosten entstehen.

Die Herstellung der Fettersatzstoffe wurde separat berechnet. Es wurde die ungefähre Dauer für das Abwägen und Bereitstellen der Zutaten sowie das Anrühren der Fettersatzstoffe geschätzt. Die benötigte Zeit in Minuten wurde mit 0.60 Fr. multipliziert. Die 0.60 Fr. entsprechen einem Minutenlohn für einen ausgebildeten Metzger. [41]

Der Herstellpreis schliesslich wurde mit den Warenkosten und dem Preis für die Herstellung der Fettersatzstoffe berechnet. Dabei wurde ein Gewichtsverlust von 33 % berücksichtigt.

In Tabelle 24 sind die Herstellpreise je kg aller Varianten aus allen drei Versuchen aufgelistet. In der Spalte Relativ wurde jeweils die prozentuale Differenz zur Variante Standard berechnet.

Tabelle 24 Versuch 1 - 3, Berechnung der Herstellkosten je kg

Variante	Warenkosten pro kg	Differenz zur Variante Standard	Relativ [%]	Zeitaufwand für Herstellung Fettersatzstoffe pro kg [min]	Arbeitskosten Ersatzstoffe pro kg	Herstellpreis je kg	Differenz zur Variante Standard	Relativ [%]
Standard	SFr. 10.23			0.00	SFr. 0.00	SFr. 19.59		
FR 25	SFr. 10.66	SFr. 0.42	4.15	0.00	SFr. 0.00	SFr. 20.22	SFr. 0.63	3.24
FR 50	SFr. 11.08	SFr. 0.85	8.30	0.00	SFr. 0.00	SFr. 20.85	SFr. 1.27	6.47
FR 75	SFr. 11.51	SFr. 1.27	12.45	0.00	SFr. 0.00	SFr. 21.49	SFr. 1.90	9.71
FR 100	SFr. 11.93	SFr. 1.70	16.59	0.00	SFr. 0.00	SFr. 22.12	SFr. 2.53	12.94
Inulin 10	SFr. 10.32	SFr. 0.09	0.90	1.81	SFr. 1.08	SFr. 21.26	SFr. 1.67	8.53
Inulin 25	SFr. 10.46	SFr. 0.23	2.23	1.81	SFr. 1.08	SFr. 21.34	SFr. 1.75	8.94
Inulin 50	SFr. 10.69	SFr. 0.46	4.52	1.81	SFr. 1.08	SFr. 21.47	SFr. 1.88	9.59
Inulin 100	SFr. 11.16	SFr. 0.93	9.04	1.81	SFr. 1.08	SFr. 21.72	SFr. 2.14	10.91
WF 50	SFr. 10.55	SFr. 0.32	3.11	1.81	SFr. 1.08	SFr. 21.25	SFr. 1.66	8.48
WF 100	SFr. 10.87	SFr. 0.64	6.22	1.81	SFr. 1.08	SFr. 21.29	SFr. 1.70	8.70
Wiberg 50	SFr. 10.41	SFr. 0.18	1.75	1.81	SFr. 1.08	SFr. 21.26	SFr. 1.67	8.53
Wiberg 100	SFr. 10.41	SFr. 0.17	1.70	1.81	SFr. 1.08	SFr. 20.60	SFr. 1.01	5.18
Gruyère 50	SFr. 11.54	SFr. 1.31	12.81	3.61	SFr. 2.17	SFr. 24.35	SFr. 4.76	24.31
Gruyère Wolf 50	SFr. 11.57	SFr. 1.34	13.09	0.60	SFr. 0.36	SFr. 21.71	SFr. 2.12	10.82
Gruyère 100	SFr. 12.85	SFr. 2.62	25.63	5.42	SFr. 3.25	SFr. 27.49	SFr. 7.91	40.36
SchmK 50	SFr. 11.14	SFr. 0.90	8.83	0.60	SFr. 0.36	SFr. 21.05	SFr. 1.47	7.49
SchmK 100	SFr. 12.04	SFr. 1.81	17.71	0.60	SFr. 0.36	SFr. 21.99	SFr. 2.40	12.26
CordonBleu 50	SFr. 11.28	SFr. 1.05	10.24	0.60	SFr. 0.36	SFr. 21.27	SFr. 1.68	8.59
CordonBleu 100	SFr. 12.33	SFr. 2.10	20.55	0.60	SFr. 0.36	SFr. 22.42	SFr. 2.84	14.48

Wie in Tabelle 24 ersichtlich, lagen die Warenkosten pro kg zwischen 10.23 Fr. bei der Variante Standard und 12.85 Fr. bei der Variante Gruyère 100.

Die Warenkosten der Variante Gruyère 100 waren um 25.63 % höher als diejenigen der Variante Standard. Ebenfalls eine Erhöhung der Warenkosten über 20 % konnte bei der Variante CordonBleu 100 berechnet werden. Die Kosten lagen mit 12.33 Fr. 20.55 % höher als diejenigen der Variante Standard. Eine Erhöhung der Warenkosten zwischen 10 und 20 % konnte bei den Varianten FR 75 (12.45 %), FR 100 (16.59 %), Gruyère 50 (12.81 %), Gruyère Wolf 50 (13.09 %), SchmK 100 (17.71 %) und CordonBleu 50 (10.24 %) festgestellt werden.

Werte unter 5 % ergaben sich bei den Varianten Fr 25 (4.15 %), Inulin 10 (0.9 %), Inulin 25 (2.23 %), Inulin 50 (4.52 %), WF 50 (3.11 %) sowie bei den Varianten Wiberg 50 (1.75 %) und Wiberg 100 (1.7 %).

Bei der Betrachtung der Herstellkosten je Kilogramm konnte bei der Variante Gruyère 100 mit 27.49 Fr. der höchste Kilopreis eruiert werden. Er lag 40.36 % über dem Kilopreis der Variante Standard. Der zweithöchste Kilopreis erzielte die Variante Gruyère 50. Mit 24.35 Fr. lag er 24.31 % über dem Herstellpreis der Variante Standard. Wie in Tabelle 24 ersichtlich, betrug der Unterschied bei den Herstellungskosten je kg im Vergleich zur Variante Standard bei den Varianten FR 25 (3.24 %), FR 50 (6.47 %), FR 75 (9.71 %), Inulin 10 (8.53 %), Inulin 25 (8.94 %), Inulin 50 (9.59 %), WF 50 (8.48 %), WF 100 (8.7 %), Wiberg 50 (8.53 %), Wiberg 100 (5.18 %), SchmK 50 (7.49 %) und CordonBleu 50 (8.59 %) weniger als 10 %.

Die Herstellkosten der Variante Standard beliefen sich auf 19.59 Fr. je kg. Es ist der einzige Kilopreis der unter 20 Fr. lag.

5. Diskussion

5.1. Chemische Analysen

5.1.1. Trockensubstanz

Es ist zu erwarten, dass mit sinkendem Speckanteil der Trockensubstanzgehalt sinkt. Dies lässt sich dadurch erklären, dass einerseits Fett weniger Wasser enthält und andererseits durch den erhöhten Fleischanteil mehr gebundenes Wasser vorhanden ist.

Die Ergebnisse aus Versuch 1 lassen sich folgendermassen erklären: In den Varianten Standard, FR 25, FR 50 und FR 75 kann eine Abnahme der Trockensubstanz beobachtet werden. Sie verläuft im Vergleich zum linear abnehmenden Speckanteil nicht linear. Bei der Variante FR 100 wäre ein tieferer Wert erwartet worden als bei der Variante FR 75. Mit 625.1 g / kg liegt der gemessene Wert 41.6 g tiefer als bei der Variante Standard. Jedoch ist mit rund 53 % der Gewichtsverlust der Variante FR 100 höher als derjenige der Variante Standard (41 %). Dies bedeutet, dass bei der Variante FR 100 bereits während der Reifung mehr Wasser verloren ging als bei der Variante Standard. Dieser grössere Wasserverlust der Variante FR 100 wird bei der Bestimmung der Trockensubstanz nicht berücksichtigt, was somit zu einem höheren Gehalt an Trockensubstanz führt.

Bei den Varianten Inulin 50 und Inulin 100 sowie WF 50 und WF 100 ist zu erwarten, dass jeweils die Variante mit dem tieferen Anteil an Fettersatzstoff, also die Variante Inulin 50 respektive WF 50, den höheren Trockensubstanzgehalt aufweist. Dies deshalb, weil der Trockensubstanzgehalt der angerührten Fettersatzstoffe mit 480 g / kg beim Inulin und 428 g / kg bei den Weizenfasern tiefer ist als derjenige des verwendeten Rückenspeckes. Die Ergebnisse zeigen sowohl bei der Variante Inulin 100 als auch bei der Variante WF 100 einen höheren Trockensubstanzgehalt als bei den Varianten Inulin 50 beziehungsweise WF 50. Die Varianten Inulin 100 und WF 100 zeichnen sich durch einen grösseren Gewichtsverlust aus als die Variante Inulin 50 und WF 50. Somit kann gesagt werden, dass ein grosser Teil des Wassers während der Reifung verdunstet ist, was schliesslich zu den höheren Werten der Varianten Inulin 100 und WF 100 geführt hat.

Bei den Varianten Gruyère 50 und Gruyère 100 weist ebenfalls die Variante mit dem geringeren Speckanteil, also Gruyère 100, den höheren Trockensubstanzgehalt auf. Sie zeichnet sich auch durch den grösseren Gewichtsverlust aus. Der Unterschied ist mit rund 1.5 % jedoch gering. Der Trockensubstanzgehalt von Gruyère liegt bei 636 g / kg. Er ist ebenfalls tiefer als derjenige des Rückenspeckes. Dies führt zur gleichen Schlussfolgerung wie oben bereits erwähnt.

In Versuch 2 weist die Variante FR 25 einen geringeren Trockensubstanzgehalt auf als die Variante Standard. Sie zeichnet sich ebenfalls durch einen grösseren Gewichtsverlust aus. Auch hier ist bereits während der Reifung ein grosser Teil des Wassers verdunstet. Dies führt bei der Untersuchung zu einem höheren Gehalt der Trockensubstanz.

Der tiefste Trockensubstanzgehalt aus Versuch 2 ist bei der Variante Wiberg 100 gemessen worden. Da keine weiteren Varianten mit diesem Fettersatzstoff produziert wurden, kann dieses Ergebnis nicht verifiziert werden.

Bei den Varianten Inulin 10, Inulin 25 und Inulin 50 kann eine Abnahme der Trockensubstanz in Korrelation mit der Speckreduktion beobachtet werden. Hier bestätigt sich die Annahme, dass mit sinkendem Speckanteil der Trockensubstanzgehalt ebenfalls sinkt. Da bei der Bestimmung der Gewichtsverluste dieser drei Varianten kaum Unterschiede aufgetreten sind (die Werte liegen alle bei rund 39 %), kann gesagt werden, dass der Gewichtsverlust einen Einfluss auf den Trockensubstanzgehalt hat.

Bei den Varianten SchmK 50 und SchmK 100 sowie bei den Varianten CordonBleu 50 und CordonBleu 100 kann, wie bereits in Versuch 1 beobachtet, bei den Varianten mit dem geringeren Speckanteil (Variante SchmK 100 und CordonBleu 100) ein höherer Trockensubstanzgehalt festgestellt werden. Dies obwohl der Trockensubstanzgehalt des verwendeten Käses mit 525 g / kg (Cordon Bleu) und 527 g / kg (Schmelzkäse) tiefer ist als bei Rückenspeck. Beide Varianten weisen jedoch den grösseren Gewichtsverlust auf. Dies bedeutet, dass ein grosser Teil des Wassers während der Reifung verdunstet ist, was, wie bereits erwähnt, zu höheren Trockensubstanzgehalten führt.

Bei den Varianten Gruyère Würfel 50 und Gruyère Wolf 50 sind keine grossen Unterschiede festgestellt worden.

5.1.2. Rohasche

Bei der Veraschung einer Fleischprobe werden bereits im Fleisch vorhandene (originäre) Mineralstoffe wie beispielsweise Kalium und Phosphat und zugesetzte Mineralstoffe wie Kochsalz erfasst. Fleisch hat einen originären Mineralstoffgehalt von 1 bis 1.5 %, im Fettgewebe beträgt er 0 bis 0.2 % [1]. Wird der Speckanteil gesenkt und der Fleischanteil erhöht, ist ein höherer Rohaschegehalt zu erwarten.

Bei den Varianten FR 25, FR 50, FR 75 und FR 100 aus Versuch 1 steigt denn auch der Aschegehalt. Von der Variante Standard wäre ein tieferer Wert als von der Variante FR 25 erwartet worden, er ist jedoch rund 13 % höher. Es wäre möglich, dass diese Schwankung durch eine Unsicherheit bei der Analyse zustande gekommen ist. Es könnte zudem sein, dass die zu hohe Menge des Zusatzstoffes Bonafirm den Rohaschegehalt hat ansteigen lassen.

Obwohl bei den Varianten Inulin 50 und Inulin 100 der Fleischanteil gleich gross ist, unterscheiden sich die beiden Proben im Rohaschegehalt. Dies kann dahingehend erklärt werden, dass der Aschegehalt im Inulin mit 0.6 g / kg etwas höher ist als derjenige des Speckes.

Bei den Varianten WF 50 und WF 100 sowie bei den Varianten Gruyère 50 und Gruyère 100 weist diejenige Variante mit dem geringeren Speckanteil, also die Varianten WF 100 und Gruyère 100, höhere Rohaschegehalte auf. Auch hier ist der Rohaschegehalt der zugesetzten Stoffe höher als bei Rückenspeck. Bei den Weizenfasern liegt er bei 2.5 g / kg, beim Gruyère bei 34.6 g / kg.

Wie schon in Versuch 1 liegt auch in Versuch 2 der Aschegehalt der Variante Standard höher als derjenige der Variante FR 25. Der Unterschied liegt bei rund 4 g oder etwa 8 %. Da die Proben vorgängig getrocknet wurden, haben unterschiedliche Gewichtsverluste während der Reifung keinen Einfluss mehr auf die Ergebnisse.

Ein Grund für den tieferen Aschegehalt der Variante FR 25 könnte eine Ungenauigkeit der Analyse sein. Diese Annahme bestätigt sich auch bei der Betrachtung der Varianten Gruyère Würfel 50 und

Gruyère Wolf 50. Beide Varianten zeichnen sich durch die gleiche Rezeptur aus, dennoch kann ein Unterschied im Rohaschegehalt von etwa 10 % festgestellt werden.

Ebenfalls unerwartete Werte sind bei den Varianten Inulin 10, Inulin 25 und Inulin 50 gemessen worden. Aufgrund des höheren Aschegehaltes des Inulins im Vergleich zum Speck wäre bei der Variante Inulin 50 der höchste Aschegehalt dieser drei Varianten erwartet worden. Er liegt jedoch rund 16 % unter demjenigen der beiden anderen Varianten. Es kann wiederum von einer Ungenauigkeit bei der Analyse ausgegangen werden.

Bei den Varianten SchmK 50 und SchmK 100 sowie bei den Varianten CordonBleu 50 und CordonBleu 100 zeichnet sich jeweils die Variante ohne Speckzugabe, also Variante SchmK 100 und CordonBleu 100, durch einen höheren Rohaschegehalt aus. Dies ist zu erwarten, da die Rohaschegehalte der verwendeten Käsesorten mit 49.8 g / kg (Käse Cordon Bleu) und 63.2 g / kg (Schmelzkäse) höher sind als der des Speckes.

5.1.3. Rohprotein

Mit steigendem Fleischanteil steigt auch der Gehalt an Rohprotein. Zu erwarten wäre deshalb, dass in Versuch 1 der Rohproteingehalt der Variante Standard tiefer ist als derjenige der Variante FR 25, er ist jedoch 3.5 % höher. Ein Grund dafür könnte eine Unsicherheit bei der Analyse sein. Bei den Varianten FR 25, FR 50, FR 75 und FR 100 ist die Zunahme des Rohproteingehalts und somit die Zunahme des Fleischanteils gut zu sehen. Weiter kann beobachtet werden, dass die Varianten, welche keinen Speck mehr enthalten, also die Varianten Inulin 100, WF 100 und Gruyère 100, höhere Rohproteinwerte aufweisen als diejenigen mit 50 % Speck und 50 % Fettersatzstoff oder Käse (Varianten Inulin 50, WF 50, Gruyère 50). Daraus lässt sich schliessen, dass die Fettersatzstoffe einen höheren Proteingehalt besitzen als der Speck.

Die Variante Gruyère 50 hat etwa den gleichen Rohproteingehalt wie die Variante FR 50, die Variante Gruyère 100 ist vergleichbar mit der Variante FR 75. Der hohe Rohproteingehalt der beiden Gruyère-Varianten basiert auf der Tatsache, dass Gruyère einen Proteingehalt von etwa 271 g / kg besitzt.

In Versuch 2 wäre ebenfalls bei der Variante FR 25 der höhere Rohproteingehalt erwartet worden als bei der Variante Standard. Dies aufgrund des höheren Fleischanteils der Variante FR 25. Mögliche Ursachen für den tieferen Wert der Variante Standard könnte eine Unsicherheit der Analyse sein. Weiter wäre möglich, dass die Zutaten nicht exakt abgewogen wurden und im Brät keine homogene Mischung erreicht wurde.

Die Variante Wiberg 100 zeichnet sich durch den tiefsten Rohproteingehalt aus. Er liegt rund 13 % unter demjenigen der Variante Standard. Der Fleischanteil ist bei beiden Varianten gleich gross. Der Proteingehalt des Produktes FE 19 der Firma Wiberg liegt gemäss Hersteller bei rund 3 %. Geht man davon aus, dass das Ergebnis des Proteingehaltes bei der Variante Standard zu hoch ist, weisen die Varianten Standard und Wiberg 100 in etwa den gleichen Proteingehalt auf.

Bei den Varianten Inulin 10, Inulin 25 und Inulin 50 ist der Fleischanteil stets gleich gross. Hat der Proteingehalt bei den Varianten Inulin 50 und Inulin 100 aus Versuch 1 mit steigendem Inulinzusatz zugenommen, kann in Versuch 2 genau das Gegenteil beobachtet werden. Der Proteingehalt des Inulingels liegt mit 2.6 g / kg unter der Nachweisgrenze. Um hier genauere Aussagen machen zu

können, müsste eine Analyse mit einer tieferen Nachweisgrenze verwendet werden. Zudem sollte ebenfalls eine Speckprobe untersucht werden. Anhand der so gewonnenen Resultate könnte der Sachverhalt abschliessend geklärt werden.

Bei den Varianten SchmK 50 und SchmK 100 sowie bei CordonBleu 50 und CordonBleu 100 ist ebenfalls die Fleischmenge überall gleich gross. Die höheren Werte der Varianten ohne Speckzugabe, also SchmK 100 und CordonBleu 100, lassen sich dadurch erklären, dass der Proteingehalt in Käse höher ist als in Speck. So beträgt der Proteingehalt des Käse Cordon Bleu 202 g / kg. Beim Schmelzkäseblock beträgt er rund 199 g / kg.

Die Varianten Gruyère Würfel 50 und Gruyère Wolf 50 sind nach der gleichen Rezeptur hergestellt worden. Der Unterschied von 1.4 % kann somit auf die Messunsicherheit der Analyse zurückgeführt werden.

5.1.4. Rohfettgehalt und Fettreduktion

Mit sinkendem Speck Einsatz nimmt auch der Rohfettgehalt ab.

In den Varianten Standard, FR 25, FR 50, FR 75 und FR 100 wird der Speckanteil schrittweise reduziert. Diese Reduktion ist auch beim Rohfettgehalt sichtbar, wenngleich die Abnahme nicht linear ist.

Die Varianten Inulin 50 und WF 50 haben einen ähnlichen Rohfettgehalt wie die Variante FR 50. Bei den Varianten Inulin 100 und WF 100 liegt der Rohfettgehalt tiefer als bei der Variante FR 100. Der tiefere Rohfettgehalt lässt sich dadurch erklären, dass bei der Variante FR 100 der Speckanteil durch Fleisch ersetzt wurde. Im Gegensatz zum praktisch fettfreien Fettersatzstoff, welcher bei den Varianten Inulin 100 und WF 100 eingesetzt wurde, besitzt Fleisch, je nach Art, einen Fettanteil zwischen 4 und 40 %. Da Gruyère einen Fettanteil von etwa 30 % besitzt, senkt sich der Rohfettgehalt nur geringfügig.

Betrachtet man nun die effektive Fettreduktion, ergibt sich folgendes: Die Varianten FR 50, Inulin 50, WF 50 und Gruyère 50 besitzen alle den gleich grossen Speckanteil. Die grösste Fettreduktion erreicht man mit 43.7 % bei der Variante WF 50, gefolgt von den Varianten Inulin 50 (36.9 %) und FR 50 (36.2 %). Die geringste Fettreduktion erhält man durch den Einsatz von Gruyère. Er beträgt 23.5 %.

Wird der Speck vollständig ersetzt, wie dies in den Varianten FR 100, Inulin 100, WF 100 und Gruyère 100 geschehen ist, erreicht man mit den Varianten Inulin 100 und WF 100 die grösste Fettreduktion. Sie beträgt 76.5 % (Inulin 100), respektive 73.7 % (WF 100). Die fettfreien Fettersatzstoffe ermöglichen diese grosse Reduktion. Bei der Variante FR 100 beträgt sie 65.2 %. Da bei der Variante Gruyère 100 der Speck durch den Gruyère mit einem Fettanteil von etwa 30 % ersetzt wird, beträgt die Reduktion des Fettgehaltes lediglich 32.6 %.

In Versuch 2 beträgt der Rohfettgehalt der Variante Standard 250 g / kg. Bei der Variante Inulin 10 wäre ein tieferer Wert erwartet worden, da diese Variante 10 % weniger Speck enthält. Der Rohfettgehalt ist aber um rund 1.7 % höher als derjenige der Variante Standard. Grund für den höheren Wert kann eine Ungenauigkeit bei der Analyse sein.

Vergleicht man die Varianten Inulin 10, Inulin 25 und Inulin 50 wird ein jeweils tieferer Rohfettgehalt erwartet, da die Speckmenge durch immer grösser werdende Anteile an Inulin ersetzt wird. Das Inulin besitzt einen Rohfettgehalt von 0.6 g / kg. Die Reduktion kann denn auch bei diesen drei Varianten beobachtet werden.

Wie zu erwarten, weist die Variante FR 25 einen tieferen Rohfettgehalt auf als die Variante Standard. Dies deshalb, weil 25 % des Speckes durch Fleisch ersetzt wird, welches weniger Fett enthält als Speck.

Bei den Varianten SchmK 50 und SchmK 100 sowie bei CordonBleu 50 und CordonBleu 100 weisen die Varianten ohne Speckzugabe, also die Varianten SchmK 100 und CordonBleu 100, den tieferen Rohfettgehalt auf. Das lässt sich dadurch erklären, dass die beiden verwendeten Käsesorten einen Rohfettgehalt von etwa 250 g / kg besitzen.

Da die Varianten Gruyère Würfel 50 und Gruyère Wolf 50 nach der gleichen Rezeptur hergestellt wurden, sind keine Unterschiede im Rohfettgehalt feststellbar.

Betrachtet man nun die Fettreduktion, stellt man bei der Variante Inulin 10 entgegen den Erwartungen eine Erhöhung des Fettgehaltes um knapp 2 % fest. Grund dafür sind Messungenauigkeiten durch die Analysen.

Bei den übrigen Varianten kann hingegen eine Fettreduktion festgestellt werden. Mit 50 % ist sie bei der Variante SchmK 100 am grössten, gefolgt von der Variante CordonBleu 100 mit 46.4 %. Der Schmelzkäse hat einen Rohfettgehalt von 243.8 g / kg, während der Käse Cordon Bleu einen Rohfettgehalt von 256.8 g / kg aufweist. Dies erklärt die grössere Fettreduktion der Variante SchmK 100 gegenüber der Variante CordonBleu 100.

Bei der Variante Inulin 50, welche noch 50 % der ursprünglichen Speckmenge enthält, kann eine Fettreduktion von 42.8 % erreicht werden. Die Varianten SchmK 50 und CordonBleu 50 erzielen bei gleicher Speckmenge eine Fettreduktion von 25.7 resp. 20.2 %. Grund dafür ist der höhere Fettgehalt der Käse im Vergleich zum praktisch fettfreien Inulin.

In Versuch 2 zeichnet sich das Inulin als effizienteste Alternative zur Fettreduktion aus. Weil es mit einem Rohfettgehalt 0.6 g / kg praktisch fettfrei ist, kann bereits mit geringen Mengen eine grosse Fettreduktion erreicht werden.

Über die Fettreduktion lässt sich zusammenfassend sagen, dass die Grösse der Fettreduktion stark von den Ersatzstoffen beeinflusst wird. Wird der gesamte Rückenspeck durch andere Zutaten ersetzt, ergeben sich gegenüber der unveränderten Rezeptur der Variante Standard folgende Fettreduktionen:

- Ersetzen des Speckes durch Hauptzutaten (Variante FR 100) -65 %
- Einsatz von Inulin (Variante Inulin 100) -76 %
- Einsatz von Weizenfasern (Variante WF 100) -74 %
- Einsatz von FE 19 (Variante Wiberg 100) -45 %
- Einsatz von Schmelzkäse (Variante SchmK 100) -50 %
- Einsatz von Käse Cordon Bleu (Variante CordonBleu 100) -46 %
- Einsatz von Gruyèrekäse (Variante Gruyère 100) -33 %

5.1.5. Zucker

In Versuch 1 enthält die Variante Standard 13.7 g / kg Zucker. Da bei dieser Variante auch die Nitratwerte sehr hoch sind, kann davon ausgegangen werden, dass bei der Herstellung der nitrathaltige Zusatzstoff Bonafirm falsch abgewogen wurde. Nebst einer gewissen Unsicherheit bei der Analyse könnte dies auch ein Grund für den hohen Zuckergehalt von 10.4 g /kg in der Variante FR 100 sein. Der zweithöchste Zuckergehalt ist in der Variante Inulin 100 gemessen worden. Bei Inulin handelt es sich um ein Fructan, welches sich enzymatisch oder durch Säurehydrolyse zum Baustein Fructose abbauen lässt. Die in der Analyse verwendete Schwefelsäure könnte möglicherweise reichen, um eine partielle Hydrolyse des Inulins auszulösen. Da die Orcin- Reagenz nicht nur für Saccharose spezifisch ist, kann die entstandene Fructose damit reagieren, was zu höheren Werten führt. Möchte man bei den Varianten Inulin 50 und Inulin 100 ein unverfälschtes Ergebnis erhalten, wäre eine spezifische Nachweismethode für Saccharose sinnvoll.

Die übrigen Varianten weisen Werte unter 4.5 g / kg auf.

Bei der Untersuchung der Varianten aus Versuch 2 liegen die Varianten FR 25, CordonBleu 50, Gruyère Würfel 50 und Gruyère Wolf 50 unter der Nachweisgrenze.

Die höchsten Werte sind bei den Varianten Inulin 50 (4.5 g / kg), Inulin 25 (3.8 g / kg) und Wiberg 100 (2.4 g / kg) gemessen worden. Sie lassen sich, wie bereits oben erläutert, durch die unspezifische Methode erklären.

Die übrigen Varianten weisen Werte von weniger als 2 g / kg Zucker auf.

5.1.6. Rohfaser

Bei der Bestimmung des Rohfasergehaltes der Varianten aus Versuch 1 fallen die hohen Werte der Varianten WF 50 und WF 100 auf. Obwohl die Varianten Inulin 50 und Inulin 100 ebenfalls Nahrungsfasern enthalten, wird ein Wert von unter 2 g / kg gemessen. Während das eingesetzte Weizenfaserpräparat zu über 70 % aus wasserunlöslicher Zellulose besteht, handelt es sich bei Inulin um eine wasserlösliche Nahrungsfaser. Bei der Bestimmung des Rohfasergehaltes werden nur wasserunlösliche Nahrungsfasern erfasst, was die tiefen Werte der Varianten Inulin 50 und Inulin 100 erklärt. Die Werte der übrigen Varianten liegen unter 2 g / kg.

Ebenfalls unter 2 g / kg Rohfasern liegen die Werte der Varianten aus Versuch 2.

5.1.7. Elektronische Nase

Mit der elektronischen Nase wird die Summe aller flüchtigen Verbindungen erfasst. Dabei kann aber nicht unterschieden werden, ob eine Verbindung aromawirksam oder geruchsaktiv ist oder nicht.

Die Varianten FR 50, Inulin 50 und WF 50 aus Versuch 1 weisen ein ähnliches Aromaprofil auf. Alle Varianten sind mit 50 % der ursprünglichen Speckmenge hergestellt worden. Auch die Varianten bei denen kein Speck zugegeben wurde, also die Varianten FR 100, Inulin 100 und WF 100 können zu einer Gruppe zusammengefasst werden. Ebenfalls ein ähnliches Aromaprofil weisen die Varianten Gruyère 50 und Gruyère 100 auf. Die Varianten Standard und FR 25 können keiner Gruppe zugeteilt

werden. Es kann somit gesagt werden, dass die erste Hauptkomponente vor allem mit dem Anteil an Speck korreliert, während die zweite mit dem Gruyère in Zusammenhang steht. Mit Gruyère kann man den Speck somit nicht ersetzen, da sich das Profil der flüchtigen Verbindungen verändert hat.

Mit der Hauptkomponentenanalyse lassen sich keine Aussagen über das Vorhandensein einzelner bestimmter Stoffe machen. Dazu müsste man die einzelnen Fingerprint- Daten, welche in Form von Massenspektren dargestellt werden, mit den Daten aus einer entsprechenden Datenbank oder Bibliothek vergleichen.

In Versuch 3 können vier Gruppen festgestellt werden. Die erste Gruppe beinhaltet die Varianten, welche keine Fettersatzstoffe (Standard, FR 25) oder Inulin enthalten (Inulin 10, Inulin 25) enthalten. Die Variante Wiberg 50 bildet eine Gruppe für sich. Ebenfalls eine Gruppe bilden die beiden Varianten mit Schmelzkäse (SchmK 50, SchmK 100) sowie die beiden Varianten mit Gruyèrekäse (Gruyère Würfel 50, Gruyère Wolf 50). Es kann gesagt werden, dass der Zusatz von FE 19, Schmelzkäse und Gruyère das Profil der flüchtigen Verbindungen (Aromaprofil) beeinflusst. Der Zusatz von Inulin hingegen hat keinen Einfluss.

Die Ergebnisse aus Versuch 3 bestätigen diejenigen aus Versuch 1. Auch dort kann gesagt werden, dass der Gruyère das Profil der flüchtigen Verbindungen deutlich beeinflusst. Inulin hat keinen Einfluss auf das Aromaprofil. Die Mengen an Rückenspeck sind in Versuch 3 höher als in Versuch 1, wodurch sich die Resultate nicht vergleichen lassen.

5.1.8. Nitrit- Nitrat

In der aktuellen Zusatzstoffverordnung (ZuV) ist lediglich die Nitrit-, beziehungsweise Nitratmenge definiert, welche beim Herstellungsprozess maximal zugegeben werden darf [15]. Über erlaubte Restmengen sind keine Werte definiert.

In Versuch 1 sind mit Ausnahme von Variante FR 75 Nitritwerte unter 1 mg / kg gemessen worden. Bei der Variante FR 75 resultiert ein Nitritwert von 2.5 mg / kg. Möglichkeiten für diesen hohen Wert könnten bei der Testdurchführung liegen. Da die Salami farblich nicht von den übrigen Proben abweicht, kann eine mangelnde Umrötung ausgeschlossen werden.

Der hohe Nitratwert bei der Variante Standard mit 413.9 mg / kg lässt sich durch ein falsches Abwägen des Zusatzstoffes Bonafirm erklären. Bestätigt wird dies durch den ebenfalls hohen Zuckergehalt. Mit dem hohen Nitratwert ist der Toleranzwert überschritten worden. Die Variante Standard hätte deshalb beanstandet werden können.

Der zweithöchste Nitratwert aus Versuch 1 ist bei der Variante FR 100 mit 20.1 mg / kg gemessen worden. Da bei dieser Variante der Zuckergehalt ebenfalls erhöht ist, kann auch hier die Annahme getroffen werden, dass der Zusatzstoff Bonafirm nicht genau abgewogen wurde.

Bei den übrigen Varianten sind keine auffälligen Werte festgestellt worden.

In Versuch 3 sind sowohl die Nitrit- wie auch die Nitratwerte gesamthaft betrachtet höher als in Versuch 1. Ein Grund dafür könnte bei der Reifung liegen, welche bei Versuch 3 eine Woche kürzer war als bei Versuch 1. Die gemessenen Werte zeigen ansonsten keine Auffälligkeiten.

5.2. Physikalische Analysen und technologische Merkmale

5.2.1. Gewichtsverlauf während der Reifung

Da von jeder Variante nur eine Salami gewogen wurde und diese nach dem Wägen wieder an den gleichen Platz zurückgehängt wurde, sind Schwankungen innerhalb der Variante sowie mögliche Schwankungen durch die unterschiedliche Position in der Reifekammer nicht berücksichtigt worden. Um ein genaueres Ergebnis über den Gewichtsverlauf zu erhalten, hätten von jeder Variante mehrere Salamis gewogen werden müssen. Zudem hätten die Salamis umgehängt werden müssen um unterschiedliche Gewichtsverluste durch verändernde Luftbewegungen zu kompensieren.

Bei den Varianten mit zunehmendem Fleischanteil (Varianten FR 25, FR 50, FR 75, FR 100) aus Versuch 1 kann ein grösserer Gewichtsverlust beobachtet werden. Dies lässt sich dadurch erklären, dass Muskelfleisch im Vergleich zum Fett einen höheren Wasseranteil aufweist und mit zunehmendem Muskelfleischanteil die Salami einen höheren Wassergehalt enthält. Bei der Variante Standard wäre ein geringerer Gewichtsverlust als bei der Variante FR 25 erwartet worden, da der Speckanteil der Variante Standard grösser ist als derjenige der Variante FR 25. Eine mögliche Ursache für den grösseren Gewichtsverlust der Variante Standard wäre die bereits beschriebene veränderte Luftbewegung, welche durch die Position der gewogenen Salami in der Reifekammer zurückzuführen ist.

Bei den Varianten Inulin 50 und Inulin 100 weist die Variante mit dem geringeren Fettanteil (Inulin 100) den grösseren Gewichtsverlust auf. Ein möglicher Grund dafür ist die Herstellung des Inulingels. Das Pulver wird mit der gleichen Menge Wasser angerührt.

Vergleicht man die Varianten WF 50 und WF 100 miteinander, weist ebenfalls die Variante ohne Speckzugabe (WF 100) den grösseren Gewichtsverlust auf. Da die Weizenfasern, wie das Inulin auch, mit dem gleichen Teil Wasser angerührt werden, könnte dies eine Ursache für den grösseren Gewichtsverlust sein. Laut Hersteller bilden die Weizenfasern im Wurstbrät ein Netzwerk und besitzen zudem kapillare Eigenschaften. Das Wasser wird somit schneller aus dem Wurstkern an die Oberfläche geleitet, was unter anderem die Trocknungszeit reduziert. Die schnellere Trocknungszeit könnte ebenfalls einen Hinweis auf den grossen Gewichtsverlust sein. Hätte man die Variante WF 100 eine Woche früher aus der Reifekammer genommen, wäre ein Gewichtsverlust von 48.21 % zu verzeichnen gewesen. Zwischen den Varianten Gruyère 50 und Gruyère 100 liegt ein Gewichtsverlust von 1.44 %. Dieser geringe Unterschied lässt sich dadurch erklären, dass der zugegebene Gruyère relativ wenig Wasser und viel Fett enthält.

Da die Reifung bei Versuch 2 nur vier Wochen dauerte, können die Ergebnisse nicht mit denjenigen aus Versuch 1 verglichen werden.

Wie erwartet ist der Gewichtsverlust der Variante FR 25 aufgrund des erhöhten Fleischanteils mit 39.81 % höher als derjenige der Variante Standard mit 36.89 %. Die Variante Wiberg 100 liegt mit einem Gewichtsverlust von 37.86 % lediglich knapp 1 % über dem der Variante Standard und rund 2 % über dem Mittelwert des Gewichtsverlustes aller Varianten aus Versuch 2. Da nur eine Variante Salami mit dem Fettersatzstoff Wiberg produziert wurde, können keine weiteren Vergleiche mehr gemacht werden. Zwischen den Varianten Inulin 10, Inulin 25 und Inulin 50 besteht praktisch

kein Unterschied im Gewichtsverlust. Eine mögliche Erklärung dafür wäre eine zu geringe Abstufung des Inulingehaltes. Zusammen mit den Ungenauigkeiten beim Wägen (Messgenauigkeit der Waage 5 g) könnten so mögliche Unterschiede im Gewichtsverlust nicht erkannt werden. Möglich wäre auch, dass die gewogenen Salami kein repräsentatives Ergebnis liefern. Um einen möglichen Gewichtsverlust zu erkennen, müssten in einem nächsten Versuch mehrere Salamis der gleichen Variante gewogen werden. Zudem müssten die Salamis regelmässig umgehängt werden um mögliche Gewichtsverluste durch ungleiche Klimabedingungen innerhalb der Reifekammer zu kompensieren. Bei den Varianten SchmK 50 und SchmK 100 ist der Gewichtsverlust in der Variante ohne Speckzugabe (SchmK 100) rund 7 % grösser. Bei der Variante CordonBleu 100 kann ebenfalls ein grösserer Gewichtsverlust beobachtet werden als bei der Variante CordonBleu 50, bei der die Hälfte des Speckes durch den Käse ersetzt wurde. Bei den Varianten SchmK 100 und CordonBleu 100 können die höchsten Gewichtsverluste festgestellt werden. Der grosse Gewichtsverlust könnte durch die Zusammensetzung der verwendeten Käsesorten entstanden sein. Im Vergleich zum Gruyère zeichnen sich beide Sorten durch einen höheren Wassergehalt aus. Die Varianten Gruyère Würfel 50 und Gruyère Wolf 50 unterscheiden sich lediglich in der Art wie der Gruyèrekäse zerkleinert wurde. Bei der Variante Gruyère Würfel 50 wurde der Käse von Hand fein gewürfelt, während bei der Variante Gruyère Wolf 50 der Käse zusammen mit dem Fleisch und dem Speck im Wolf zerkleinert wurde. Auf den Gewichtsverlust haben die unterschiedlichen Zerkleinerungsarten des Gruyères keinen Einfluss.

5.2.2. Schälbarkeit

Mit dem Versuch der Schälbarkeit wird dargestellt, wie viel Kraft für das Schälen der Salami aufgewendet werden muss. Werden hohe Kräfte gemessen, bedeutet dies für den Kunden, dass sich die Salami nur schwer schälen lässt.

In Versuch 1 liegen mit Ausnahme von Variante WF 100 alle Werte unter 4.5 N und lassen sich somit gut schälen. Die Variante WF 100 mit 14.48 N hingegen ist schlecht schälbar. Sie weist zudem eine hohe Standardabweichung auf. Dies bedeutet, dass sich die einzelnen Salami innerhalb einer Variante stark unterscheiden. Betrachtet man die Ergebnisse weiter, lässt sich keine Tendenz bezüglich der Reduktion des Speckanteils und der Schälbarkeit feststellen. Weder die Speckreduktion noch der Einsatz von unterschiedlichen Fettersatzstoffen scheint einen Einfluss auf die Schälbarkeit zu haben.

In Versuch 2 fallen die grossen Standardabweichungen und die hohen Werte bei den Messungen auf. Die grössten Werte sind bei den Varianten SchmK 100 mit 31.97 N und CordonBleu 100 mit 44.79 N gemessen worden. Dies bedeutet, dass sich die Salamis nur mit grossem Kraftaufwand schälen lassen. Die Salamis sind nach Beendigung der Reifung noch während rund zehn Tagen gelagert worden. Dabei sind sie eingefallen und weisen nun keinen runden Querschnitt mehr auf. Ein runder Querschnitt ist aber bei der Durchführung der Messung eine Voraussetzung für einwandfreie Ergebnisse. Das Resultat ist dadurch sicherlich verfälscht worden. Bei der Variante Wiberg 100 liegt genau das Gegenteil vor. Die Kraft beträgt lediglich 0.86 N. Die Salami lässt sich somit mühelos

schälen. Auffallend bei dieser Variante ist die stark fettige, schmierige Randschicht. Die Haut haftet schlecht daran, was dazu führt, dass dieser tiefe Wert gemessen wurde.

Bei der Variante Gruyère Würfel 50 fällt die grosse Standardabweichung auf. Dadurch, dass die Käsewürfel nicht homogen verteilt sind und eine leicht fettige Oberfläche aufweisen, lässt sich jede Salami unterschiedlich gut schälen. Liegen die Käsewürfel direkt am Rand, verhindert der Fettfilm ein gutes Anhaften der Haut auf der Salami und sie lässt sich leicht schälen. Liegen keine oder nur wenige Käsewürfel am Rand, bleibt der Fettfilm aus und die Haut haftet besser. Zum Schälen ist dann ein grösserer Kraftaufwand notwendig.

5.2.3. Warner- Bratzler Prüfung

Die Warner- Bratzler Prüfung simuliert, wie gross die Arbeit ist, um die Salami mit einem Messer zu durchtrennen.

In Versuch 1 fallen vor allem die Varianten FR 100 und WF 100 auf. Sie lassen sich nur mit Mühe von Hand schneiden.

Mit Ausnahme der Variante Standard steigen die Werte bei den Varianten FR 25, FR 50, FR 75 und FR 100 an. Die Arbeit, die geleistet werden muss um die Salami zu durchtrennen, steigt mit der Erhöhung des Fleischanteils an. Die Auswertung der sensorischen Untersuchung stimmt mit den Messungen überein. So wird beim Attribut Festigkeit die Variante Standard höher bewertet als die Variante FR 25. Die Varianten FR 25, FR 50, FR 75 und FR 100 sind dann jeweils höher bewertet worden als die vorhergegangene Variante.

Grössere Ungenauigkeiten bei der Versuchsdurchführung können somit ausgeschlossen werden. Mögliche Ursache für den Wert der Variante Standard könnte deren Position während der Reifung sein. Es wäre zudem zu überprüfen, welchen Einfluss der Zusatzstoff Bonafirm, beziehungsweise zu grosse Mengen davon, auf die Festigkeit ausübt.

Bei den Varianten Inulin 50 und Inulin 100 lässt sich feststellen, dass die Variante mit dem grösseren Speckanteil (Inulin 50) einen tieferen Wert aufweist. Dies lässt sich auch bei den Varianten WF 50 und WF 100 feststellen, sowie bei den Varianten Gruyère 50 und Gruyère 100.

Im Vergleich zu Versuch 1 sind in Versuch 2 allgemein tiefere Werte gemessen worden. Es ist jedoch anzumerken, dass die Reifung in Versuch 2 eine Woche kürzer war als in Versuch 1.

Bei der Variante Standard ist ein höherer Wert gemessen worden als bei der Variante FR 25. Die Standardabweichung ist ebenfalls höher. Dies bedeutet, dass innerhalb der Variante die einzelnen Salamis sehr unterschiedlich sind.

Der tiefste Wert aus Versuch 2 ist bei der Variante Wiberg 100 gemessen worden. Da jedoch keine weiteren Varianten mit dem Fettersatzstoffe FE 19 hergestellt wurden, kann das Ergebnis nicht weiter diskutiert werden.

Bei den Varianten Inulin 10, Inulin 25 und Inulin 50 wäre mit steigendem Inulinanteil auch ein höherer Messwert erwartet worden. Dies analog zu den Varianten Inulin 50 und Inulin 100 aus Versuch 1. Inulin 25 und Inulin 50 zeichnen sich beide durch eine grosse Standardabweichung aus, was wiederum auf unterschiedliche Salamis innerhalb der Variante zurückzuführen ist.

Bei den Varianten SchmK und CordonBleu ist jeweils bei der Rezeptur mit dem grösseren Speckanteil (Variante SchmK 50 und CordonBleu 50) der tiefere Wert gemessen worden. Beide weisen aber auch den geringeren Gewichtsverlust bei der Reifung auf, was eine Erklärung für die tieferen Werte bei der Warner- Bratzler Prüfung darstellt.

Die Varianten Gruyère Würfel 50 und Gruyère Wolf 50 unterscheiden sich nicht in der Rezeptur. Beide weisen ähnliche Gewichtsverluste während der Reifung auf. Lediglich die Art der Zerkleinerung des Gruyèrekäse ist unterschiedlich. Es wäre somit möglich, dass die Art der Zerkleinerung einen Einfluss auf die maschinelle Durchtrennbarkeit einer Salami hat.

Die statistische Auswertung der Ergebnisse aus Versuch 1 zeigt, dass sich die Varianten FR 25, FR 100, Inulin 100, WF 100 und Gruyère 100 signifikant von den jeweils übrigen Varianten unterscheiden.

Bei der sensorischen Beurteilung durch das Panel ist beim Attribut Festigkeit bei den Varianten FR 25, FR 100 und Inulin 50 ein signifikanter Unterschied zur Referenzprobe (Variante Standard) festgestellt worden. Bei diesen drei Varianten stimmen die sensorische Beurteilung und die instrumentelle Messung überein. Die Variante WF 100 ist nicht durch das Panel beurteilt worden. Sie ist jedoch bei der sensorischen Erstbeurteilung als sehr hart beschrieben worden. Hier stimmt die Messung ebenfalls mit der sensorischen Beurteilung überein.

Die statistische Auswertung der Messergebnisse der Variante Gruyère 100 führt ebenfalls zu einem signifikanten Unterschied gegenüber den übrigen Varianten. Bei der sensorischen Beurteilung durch das Panel hingegen besteht dieser Unterschied nur gegenüber den Varianten FR 25 und Inulin 50.

Die Salami aus Versuch 2 sind nicht durch das sensorische Panel untersucht worden. Es können deshalb keine Vergleiche zwischen der sensorischen Wahrnehmung und der instrumentellen Messung gezogen werden.

Die Variante Wiberg 100, welche sich von 7 Varianten signifikant unterscheidet, von 4 jedoch nicht, weist den tiefsten Messwert aus Versuch 2 auf. Bei der sensorischen Erstbeurteilung ist sie als extrem weich beschrieben worden. Die sensorische Beurteilung und die instrumentelle Messung stimmen überein.

Lediglich die Variante CordonBleu 100 unterscheidet sich signifikant von allen übrigen Varianten. Es handelt sich dabei auch um die Variante mit dem grössten Gewichtsverlust während der Reifung. Der Gewichtsverlust hat einen Einfluss auf die Festigkeit. Um genauere Aussagen über die Festigkeit machen zu können, müssten Salami gemessen werden, welche alle den gleichen Gewichtsverlust aufweisen.

5.3. Mikrobiologie

Bei der Auswertung der Proben aus Versuch 1 sind keine Grenz- oder Toleranzwerte überschritten worden. Die Varianten sind aus mikrobiologischer Sicht einwandfrei und können ohne Bedenken verzehrt werden.

Anders sieht es bei Versuch 2 aus. Bei der Untersuchung auf Enterobacteriaceae sind lediglich die beiden Varianten SchmK 50 und CordonBleu 100 unter 100 KbE / g geblieben. Gemäss der aktuellen Hygieneverordnung wird Salami der Produktgruppe der naturbelassen genussfertigen und rohen, in den genussfertigen Zustand gebrachten Lebensmitteln zugeordnet. Lebensmittel, die dieser Gruppe angehören, müssen auf *Escherichia coli* und koagulasepositive Staphylokokken untersucht werden. Zu hohe Werte bedeutet dabei ein Überschreiten des Toleranzwertes. Obwohl hohe Enterobacteriaceae- Werte festgestellt wurden, wird kein Toleranzwert überschritten da diese Untersuchung nicht vom Gesetzgeber vorgeschrieben ist. Die Salami können nicht als im Wert vermindert bezeichnet werden.

Die Varianten FR 25 und Inulin 50 sind positiv auf *Salmonella spp* getestet worden. Es liegt somit eine Überschreitung des Grenzwertes bei den Lebensmittelsicherheitskriterien vor. Diese beiden Varianten gelten deshalb als gesundheitsgefährdend.

Negative Werte gibt es bei allen Varianten bei der Untersuchung auf *L. monocytogenes* und *Cl. perfringens*.

Obwohl nach der aktuellen Hygieneverordnung nur die Varianten FR 25 und Inulin 50 als nicht geniessbar gelten würden, sind aus Sicherheitsgründen alle Varianten vernichtet worden. Es findet deshalb keine sensorische Untersuchung des zweiten Versuches statt.

Zum besseren Verständnis der nachfolgenden Diskussion wird kurz auf die Thematik der Enterobacteriaceae eingegangen.

Die Familie der Enterobacteriaceae besteht aus gramnegativen, gewöhnlich fakultativ anaeroben, kleinen unbeweglichen oder peritrich begeißelten, geraden, stäbchenförmigen Bakterien. Sie spielt eine grosse Rolle als Indikatororganismus für Hygienemängel.

Enterobacteriaceae können bei Rohwürsten zu einer Kernfäule führen. Durch ein schnelles Trocknen während der Reifung wird ein Trockenrand gebildet. Dieser behindert die weitere Trocknung und führt zu einer erhöhten, mikrobiologisch risikoreichen Innenfeuchtigkeit der Wurst. [6]

Vertreter der Gattung *Proteus*, zu welcher *Proteus vulgaris* gehört, kommen häufig als Fäulnisorganismen in Fleisch, Fisch, Eiern und weiteren Lebensmitteln vor. Sie bilden übelriechende Stoffwechselprodukte [42]. Wegen der Bildung von Ammoniak und Ketosäuren durch oxidative Desaminierung von Aminosäuren sind sie für den Verderb eiweissreicher Lebensmittel verantwortlich. [43]

Escherichia coli dient als Indikatororganismus für eine Fäkalkontamination [44]. Er ist ein normaler Darmbewohner von Mensch und Tier und im Allgemeinen apathogen. Seit längerem werden aber pathogene Stämme nachgewiesen, welche zu schweren Durchfallerkrankungen führen. Durch fäkale Verunreinigung gelangt der Erreger auf Lebensmittel und von diesen wiederum auf den Menschen. *E. coli* unterscheidet sich von anderen Enterobacteriaceae dadurch, dass er sich noch bei 44 bis 45 °C vermehren kann. Das Optimum für eine Vermehrung liegt bei 37 °C. Die Hitzeempfindlichkeit ist abhängig von der Temperatur und dem pH- Wert sowie von der NaCl- Konzentration des Milieus. Bei Milch beispielsweise wird *E. coli* durch eine Pasteurisation inaktiviert. Gewisse Stämme überleben Temperaturen von - 80 bis - 20 °C. Die minimale Vermehrungstemperatur liegt bei + 6.5 bis 7.3 °C.

Unter optimalen Bedingungen liegt der minimale pH- Wert für ein Wachstum bei 4.5, der minimale a_w - Wert bei 0.97. Bei einer NaCl- Konzentration von über 8.5 % wird das Wachstum gehemmt. [45] *Klebsiella Oxytoca* gehört zur Gattung *Klebsiella*. Der Temperaturbereich für das optimale Wachstum dieser Gattung liegt zwischen 35 und 37 °C. Der optimale pH beträgt 7.2 [42]. *Klebsiella* ist ubiquitär und kommt sowohl im Erdboden als auch im Wasser vor [44]. *Klebsiella Pneumoniae* (Syn. *K. airogenes*) kann Mastitis verursachen und bei Hart-, Schnitt- und Frischkäse zu Blähungen führen [42].

Serratia spp. fällt durch die Bildung des roten Farbstoffes Prodigiosin auf. Es bildet auf kohlenhydratreichen Lebensmitteln blutropfenähnliche Kolonien, lebt aber auch in Milch, Wasser und im Erdboden. [42] Bei den meisten Arten kann zwischen 10 und 36 °C ein gutes Wachstum beobachtet werden [44].

Der primäre Standort von *Salmonella spp.* ist der Darm von Menschen und Tieren. So besitzen Enten und Tauben natürlicherweise Salmonellen. Durch die fäkale Ausscheidung gelangen die Salmonellen auf andere Tiere, Lebens- oder Futtermittel und seltener auf andere Menschen.

Salmonella spp. können im Gegensatz zu anderen Enterobacteriaceae Lactose nicht vergären. Sie sind mesophil und haben ihr Vermehrungsoptimum bei 37 °C. Gegenüber Lagertemperaturen unter 0 °C und einfrieren sind sie empfindlich, werden aber oft nur subletal geschädigt. *Salmonella spp* weist eine geringe Hitzeresistenz auf und werden bei Pasteurisationsbedingungen sicher abgetötet. Bei Lebensmitteln mit niedrigen a_w - Werten sowie bei Produkten mit zunehmenden Konzentrationen an Fett, Eiweiss und Kohlenhydraten weisen sie eine erhöhte Hitzeresistenz auf. Das pH- Optimum für das Wachstum liegt bei 6.5 bis 7.5, ein Wachstum ist im Bereich von pH 4.5 bis 9 möglich. Der minimale a_w - Wert für die Vermehrung in flüssigen Lebensmitteln mit neutralem pH- Bereich liegt bei 0.945 bis 0.95, in sauren Lebensmitteln bei mehr als 0.95. Bei einer NaCl- Konzentration von 6 bis 8 % werden Salmonellen gehemmt, eine Inaktivierung erfolgt bei einer Konzentration von 9 bis 15 %. Salmonellen besitzen eine geringe Strahlenresistenz. In leicht saurem Milieu wirkt Nitrit hemmend, in saurem Milieu bakterizid. [45]

Nach den positiven Salmonellenbefunden sind zwei weitere Proben, welche keinen Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit haben aber am gleichen Ort produziert wurden, auf Enterobacteriaceae untersucht worden. Bei den beiden Proben handelt es sich ebenfalls um Salami, welche nach der gleichen Rezeptur wie die Variante Standard produziert wurden. Beide Proben weisen erhöhte Enterobacteriaceae- Werte auf.

Die Salami aus Versuch 2 und die beiden zusätzlichen Proben sind mit Fleisch aus der gleichen Charge hergestellt worden, jedoch waren nicht die gleichen Personen für die Produktion zuständig. Eine Kontamination durch die beteiligten Personen kann somit ausgeschlossen werden. Es ist anzunehmen, dass das verwendete Fleisch mit Enterobacteriaceae kontaminiert war. Da vom Fleisch jedoch keine Proben gezogen worden sind, kann der Verdacht nicht bestätigt werden.

Belastete Gewürze als Kontaminationsquelle können ausgeschlossen werden. Dies auf Grund der Untersuchung der Gewürze auf Enterobacteriaceae welche keine erhöhten Werte ergab.

Obwohl es einige Anhaltspunkte gibt, ist die Kontaminationsquelle nicht mehr eindeutig eruierbar

Bei Versuch 3 sind in einzelnen Varianten wiederum erhöhte Enterobacteriaceae- Werte festgestellt worden. Auffallend sind die Werte der Varianten Gruyère Würfel 50 und Gruyère Wolf 50. Nebst den hohen Werten an Enterobacteriaceae weisen sie einen stechenden Geruch auf. Ursache für diesen Geruch könnte *Proteus vulgaris* sein, welcher in beiden Varianten gefunden worden ist.

Die Kontaminationsquelle ist unklar. Die Produktion ist an einem anderen Ort durchgeführt worden, die Gewürze und das Fleisch können als Kontaminationsquelle ausgeschlossen werden. Dies mit der Begründung, dass dann alle Varianten kontaminiert sein müssten.

Der Gruyèrekäse als Kontaminationsquelle ist eher unwahrscheinlich. Durch die Pasteurisation der Milch bei der Käseherstellung werden Enterobacteriaceae abgetötet. Eine sekundäre Kontamination mit Enterobacteriaceae führt bei Käse zu Frühblähungen. Ein solcher Käse käme jedoch gar nicht in den Verkauf.

5.4. Sensorische Beurteilung

Bevor die Salami aus Versuch 1 durch die Panelisten verkostet und beurteilt werden, werden in einem kleinen Team die Proben vorverkostet und die Attribute definiert. Die Variante WF 100 schnitt dabei so schlecht ab, dass beschlossen wurde, sie nicht zu beurteilen. Von dieser Variante liegen deshalb keine Resultate vor. Sie kann jedoch aufgrund ihres Aussehens und ihres Geschmacks als nicht brauchbar bezeichnet werden.

Bei der Beurteilung der roten Farbe kann zwischen den Varianten Inulin 50 und Inulin 100 sowie zwischen den Varianten Gruyère 50 und Gruyère 100 kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Menge des Fettersatzstoffes beziehungsweise Gruyère hat somit keinen Einfluss auf die Farbe.

Vergleicht man die Varianten Standard, FR 25, FR 50, FR 75 und FR 100 miteinander, unterscheiden sich die Varianten FR 50 und FR 100 signifikant von den anderen. Der Speckanteil wirkt sich somit auf die Farbe aus. Dies zeigt sich auch im Vergleich der einzelnen Varianten mit der Variante Standard, welche als Referenzprobe dient. Die Varianten FR 50 und FR 100 unterscheiden sich signifikant von der Variante Standard. Bei der Variante FR 100 wird die Intensität der roten Farbe höher bewertet als bei der Variante Standard. Ein Grund dafür könnte der fehlende – weisse – Speck sein, der die Salami dadurch röter erscheinen lässt. Die rote Farbe der Variante FR 50 wird mit 5.03 am wenigsten intensiv bewertet. Die Variante WF 50 unterscheidet sich ebenfalls signifikant von der Variante Standard. Die Intensität der roten Farbe wird als wenig intensiv bewertet. Die Weizenfasern sind als kleine Punkte in der Salami sichtbar und lassen sie dadurch heller erscheinen. Die könnte ein Grund sein für die tiefere Bewertung.

Bei den Attributen dunkler Rand und Fettverteilung sind keine signifikanten Unterschiede festgestellt worden. Die Varianten aus Versuch 1 unterscheiden sich somit nicht bezüglich dunklem Rand und Fettverteilung.

Bei der Beurteilung des Schnittbildes bedeutet eine hohe Bewertung, dass es einem typischen Schnittbild, wie beispielsweise der Variante Standard, entspricht. Vergleicht man die Varianten Standard, FR 25, FR 50, FR 75 und FR 100 untereinander, zeigt sich lediglich bei der Variante FR 100 ein signifikanter Unterschied. Die übrigen Varianten unterscheiden sich nicht signifikant. Zwischen den

Varianten Inulin 50 und Inulin 100 sowie zwischen den Varianten Gruyère 50 und Gruyère 100 ist ebenfalls kein signifikanter Unterschied feststellbar. Die Varianten FR 100, WF 50, Gruyère 50 und Gruyère 100 unterscheiden sich in Bezug auf das Schnittbild signifikant von der Variante Standard. Bei der Variante FR 100, welche mit 2.95 bewertet wurde, ist dies auf den fehlenden Speck zurückzuführen. Das Schnittbild weist nicht mehr die typische Struktur des Speckes auf. Im Schnittbild der Variante WF 50 sind die Weizenfasern als krümelige Masse oder kleine Punkte sehr gut sichtbar. Es weicht stark vom typischen Schnittbild ab und wirkt unansehnlich. Sowohl bei der Variante Gruyère 50 als auch bei der Variante Gruyère 100 ist der gewürfelte Käse gut sichtbar. Es ergibt sich ein untypisches aber klares und, vor allem bei der Variante Gruyère 100, regelmässiges Schnittbild.

Beim Attribut Festigkeit unterscheiden sich die Varianten FR 25, FR 100 und Inulin 50 signifikant von der Variante Standard. Bei den übrigen Varianten kann kein signifikanter Unterschied zur Referenzprobe festgestellt werden. Die Varianten FR 25 und Inulin 50 werden mit einer Bewertung der Festigkeit von 2.99 respektive 2.94 weicher beurteilt als die Variante Standard mit 6.81. Mit 9.06 wird die Variante FR 100 beurteilt. Die Festigkeit ist somit höher als bei der Variante Standard. Diese Unterschiede könnten vom Trocknungsprozess stammen. Die Varianten FR 25 und Inulin 50 weisen einen Gewichtsverlust von 38.83 % beziehungsweise 37.94 % auf. Bei der Variante FR 100 beträgt der Gewichtsverlust 53.21 %. Es kann angenommen werden, dass die Variante FR 100 im Attribut Festigkeit weniger hoch beurteilt worden wäre, wenn man die Reifung bei einem Gewichtsverlust von etwa 33 % beendet hätte.

Bei der Bewertung des Fettfilmes unterscheidet sich die Variante FR 100 signifikant von den übrigen Varianten. Ebenfalls ein signifikanter Unterschied besteht zwischen der Variante Gruyère 50 und den übrigen Varianten. Die Variante FR 100 wird mit 1.93 bewertet. Eine tiefe Ausprägung des Attributes bedeutet, dass sich nur ein geringer Fettfilm auf der Zunge bildet. Da bei der Variante FR 100 kein Speck zugegeben wurde, kann die tiefe Bewertung so begründet werden. Bei der Variante Gruyère 50 wird das Attribut mit 5.61 bewertet. Es wäre möglich, dass Käse und Speck zusammen einen stärkeren Fettfilm bilden als nur Käse oder unterschiedliche Speckanteile. Vergleicht man die Variante Standard mit den übrigen Varianten, unterscheidet sich keine der Varianten signifikant von der Variante Standard. Dies bedeutet, dass die Rezepturänderungen, welche in Versuch 1 vorgenommen wurden, keinen Einfluss auf das Attribut Fettfilm haben.

Beim Attribut Griessigkeit unterscheiden sich die Varianten Inulin 100 und WF 50 signifikant von den übrigen Varianten. Es besteht bei beiden Varianten ebenfalls ein signifikanter Unterschied zur Referenzprobe. Bei der Variante Inulin 50 kann kein signifikanter Unterschied zur Referenzprobe festgestellt werden. Dies lässt darauf schliessen, dass ein zu hoher Inulinanteil das Attribut Griessigkeit verstärkt. Bei der Variante WF 50 müsste der Anteil an Weizenfasern unter 50 % gesenkt werden damit sie nicht als griessig wahrgenommen wird.

Bei den Attributen Salzigkeit, Sauerkeit, Würzigkeit, Ranzigkeit und brennend sind keine signifikanten Unterschiede festgestellt worden. Die Rezepturänderungen sowie der Einsatz von Fettersatzstoffen hatten keinen Einfluss auf diese Attribute.

Beim Attribut Speck unterscheiden sich die Varianten Standard und Inulin 50 signifikant von den übrigen Varianten. Ebenfalls ein signifikanter Unterschied besteht zwischen den Varianten FR 100 und den übrigen Varianten. Mit 3.90 und 4.01 wird die Intensität des Attributes Speck bei den

Varianten Standard und Inulin 50 höher bewertet als die übrigen Varianten. Die Variante FR 100 wird mit 1.41 tiefer bewertet als die übrigen Varianten. Sie unterscheidet sich zudem als einzige signifikant von der Variante Standard, welche als Referenzprobe dient. Es kann somit gesagt werden, dass der Speckanteil bis zu 75 % reduziert werden kann, bevor eine signifikante geschmackliche Veränderung festgestellt werden kann. Bei den Varianten Gruyère 100 und Inulin 100, welche keinen Speck enthalten, kann im Attribut Speck kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Es wäre möglich, dass durch das Vorhandensein eines typischen Schnittbildes das Attribut Speck intensiver wahrgenommen wird.

Zusammenfassend lässt sich zu Versuch 1 sagen, dass eine Speckreduktion bis zu 75 % möglich ist, ohne dass signifikante Unterschiede zur Referenzprobe festzustellen sind. Die Hälfte des Speckes mit Inulin zu ersetzen ergibt ebenfalls keine Unterschiede. Der Einsatz von zu viel Inulin oder derjenige von Weizenfasern wird sensorisch wahrgenommen und als griessig beschrieben. Die Weizenfasern fallen zudem bei der Farbe und beim Schnittbild eher negativ auf.

Auf die geprüften Attribute, welche den Geschmack beschreiben, hat der gewürfelte Gruyèrekäse keinen Einfluss. Es ergibt sich jedoch ein ungewohntes Schnittbild.

Aufgrund der mikrobiologischen Auswertung sind die Versuche 2 und 3 nicht mit dem geschulten Panel verkostet worden. Von diesen Versuchen liegen deshalb keine Ergebnisse vor.

Bei der Beurteilung der Salami aus Versuch 3 kann mit Ausnahme der Varianten Gruyère Würfel 50 überall ein mehr oder weniger stark ausgeprägter Trockenrand beobachtet werden. Die Ursache dafür könnte bei der Trocknung in der Reifekammer liegen.

Optisch fällt bei der Variante Wiberg 50 der schmierige Kern auf. Von der Textur her ist sie etwas weich. Beide Aspekte sind bereits bei der Beurteilung der Variante Wiberg 100 genannt worden, dies anlässlich der sensorischen Erstbeurteilung des Versuches 2. Wurde damals Wiberg 100 im Geruch als „muffig“ bezeichnet, wird er bei der Variante Wiberg 50 als „in Ordnung“ beschrieben. Sollte eine weitere Variante mit dem Produkt FE 19 hergestellt werden, müsste in Betracht gezogen werden, die Menge des Fettersatzstoffes noch weiter zu senken.

Der Einsatz von Inulin führt zu einem leicht unklaren Schnittbild, wie die Beurteilungen der Varianten Inulin 10 und Inulin 25 zeigen. Die Aspekte Äusseres, Textur und Geruch werden positiv beurteilt.

Die Varianten SchmK 50 und SchmK 100 sind vor allem im Geruch als atypisch bezeichnet worden. In der sensorischen Erstbeurteilung von Versuch 2 wurde die Variante SchmK 50 als im Geruch in Ordnung bezeichnet, während die Variante SchmK 100 einen leichten Käsegeruch aufwies. Es ist möglich, dass die mikrobiologische Belastung der Variante SchmK 50 zu dem atypischen Geruch führt. Eine nochmalige Produktion kann jedoch durchaus in Betracht gezogen werden.

Die Varianten Gruyère Würfel 50 und Gruyère Wolf 50 zeichnen sich beide durch eine hohe Anzahl von Enterobacteriaceae aus. Es kann davon ausgegangen werden, dass dies die Ursache für den stinkigen Geruch ist. Beide Varianten sind in der sensorischen Erstuntersuchung von Versuch 2 positiv beurteilt worden. Wird die Variante Gruyère Würfel 50 nochmals produziert, sollte darauf geachtet werden, dass die Gruyèrewürfel alle gleichmässig gross geschnitten werden.

5.5. Wirtschaftlichkeit

Bei der Betrachtung der Warenkosten kann festgestellt werden, dass die unveränderte Rezeptur, also die Variante Standard, die tiefsten Warenkosten mit sich bringt. Je mehr Speck durch Fleisch ersetzt wird, so geschehen bei den Varianten FR 25, FR 75, FR 50 und FR 100, desto höher sind die Warenkosten. Im Vergleich zwischen den Varianten Standard und FR 100 beträgt der Unterschied 16.59 %. Der Einsatz von Fettersatzstoffen führt ebenfalls zur Erhöhung der Warenkosten. Wird der Speck vollständig durch Inulin ersetzt, wie dies bei der Variante Inulin 100 gemacht wurde, liegen die Warenkosten bei 11.16 Fr. / kg, was rund 9 % höher ist als bei der Variante Standard. Der Einsatz von Weizenfasern führt zu Warenkosten von 10.87 Fr. / kg (WF 100). Dies bedeutet eine Erhöhung der Warenkosten im Vergleich zur Variante Standard um 6.22 %.

Praktisch keinen Einfluss auf die Warenkosten hat der Fettersatzstoff FE 19. Bei beiden Varianten, Wiberg 50 und Wiberg 100, liegen die Warenkosten bei 10.41 Fr. pro kg. Der Speck und der angerührte Ersatzstoff sind ungefähr gleich teuer. Der eingesetzte Käse führt ebenfalls zur Erhöhung der Warenkosten. Die Preise der verschiedenen Käsesorten liegen zwischen 11 und 16 Fr. pro kg und haben somit einen Kilopreis der etwa sieben Mal so hoch ist wie derjenige des Rückenspeckes.

Die Variante Standard zeichnet sich durch die tiefsten Herstellkosten aus. Die höchsten Herstellkosten sind bei der Variante Gruyère 100 erzielt worden. Die Kosten liegen rund 40 % über denjenigen der Variante Standard. Unter anderem lassen sich die Kosten dadurch erklären, dass die gesamte Speckmenge durch Gruyère ersetzt wird, welcher von Hand in feine Würfel geschnitten wird. Dass diese Handarbeit einen grossen Einfluss hat, zeigen die Varianten Gruyère 50 und Gruyère Wolf 50. Bei beiden Varianten liegen auf Grund der gleichen Rezeptur die Warenkosten bei rund 11.55 Fr. pro kg. Bei den Herstellkosten beträgt der Unterschied 2.64 Fr. pro kg, was rund 12 % entspricht. Die Variante Gruyère 50 erzielt mit 24.35 Fr. je kg den zweithöchsten Herstellpreis. Er liegt 24.31 % über demjenigen der Variante Standard.

Auch die weiteren Varianten zeichnen sich durch hohe Herstellpreise aus. Eine Erhöhung um weniger als 5 % kann lediglich bei der Variante FR 25 festgestellt werden. Mit einem Herstellpreis von 20.60 Fr./ kg beträgt die Erhöhung der Variante Wiberg 100 5.18 %. Bei der sensorischen Beurteilung weist sie jedoch einen muffigen Geruch auf. Sie ist extrem weich und hat ein unklares, verschmiertes Schnittbild. Aus diesen Gründen macht eine Produktion wenig Sinn.

Eine Erhöhung der Herstellkosten um maximal 10 % ergibt sich bei den Varianten FR 50, FR 75, Inulin 10, Inulin 25, Inulin 50, WF 50, WF 100, Wiberg 50, SchmK 50 und CordonBleu 50.

Nebst der Erhöhung der Herstellkosten um weniger als 10 % haben die Variante FR 50 und FR 75 den Vorteil, dass keine speziellen Fettersatzstoffe verarbeitet werden. Mit Ausnahme der Variante FR 50, beim Attribut rote Farbe, kann bei der sensorischen Beurteilung kein signifikanter Unterschied zur Variante Standard festgestellt werden. Zudem beträgt die Fettreduktion im Vergleich zur Variante Standard etwa 36 (FR 50) respektive 60 % (FR 75). Eine Produktion kann somit in Betracht gezogen werden.

Bei der sensorischen Überprüfung haben die Varianten WF 50, WF 100 und CordonBleu 50 nicht überzeugt. Die Variante WF 50 zeichnet sich bei der Herstellung durch ein gummiges Brät aus, das schlecht bindet und sich nur schwer stossen lässt. Sie würden von der Kundschaft sicherlich nicht

akzeptiert werden. Eine Produktion kann somit ausgeschlossen werden. Bei der Herstellung der Varianten Inulin 50 und Inulin 100 kann eine mehr oder weniger starke Klumpenbildung beobachtet werden. Vor allem bei der Variante Inulin 100 zieht das Brät stark an. Sie fällt bei der sensorischen Untersuchung eher negativ auf und wird als griessig beschrieben. Eine Produktion macht somit wenig Sinn. Die Varianten Inulin 25 und Inulin 50 zeigen bei der sensorischen Untersuchung keine grossen Unterschiede zur Referenzprobe. Zudem kann eine Fettreduktion von etwa 18 beziehungsweise 40 % erzielt werden. Bei beiden Varianten wäre eine Produktion denkbar. Inulin 10 ist von der sensorischen Beurteilung her in Ordnung. Die Fettreduktion ist jedoch minimal, was wenig Sinn für eine Produktion macht. Um Aussagen über die Fettreduktion machen zu können, müsste die Variante Wiberg 50 auf den Rohfettgehalt hin untersucht werden. Rein sensorisch ist sie jedoch in Ordnung.

Die Varianten FR 100, Inulin 100, SchmK 100 und CordonBleu 100 zeichnen sich durch Herstellkosten aus, die um mehr als 10 % höher sind als diejenigen der Variante Standard. Das macht sie wirtschaftlich wenig interessant. Neben den hohen Herstellkosten fallen sie auch bei der sensorischen Beurteilung eher negativ auf. So erinnert die Variante FR 100 nur wenig an Salami. Sie unterscheidet sich sensorisch signifikant von der Variante Standard. Bei der Variante Inulin 100 resultiert zwar eine Fettreduktion von 76 %, sensorisch wird sie aber als griessig wahrgenommen. Die Variante SchmK 100 wird als leicht atypisch im Geruch beschrieben. Sie weist ein gleichmässiges, aber leicht schmieriges Schnittbild auf. Die Variante CordonBleu 100 überzeugt weder optisch noch geruchlich. Der Käsegeruch ist zu stark, ausserdem erscheint das Schnittbild durch den Käse gelblich. Obwohl alle vier Varianten eine Fettreduktion von über 50 % im Vergleich zur Variante Standard aufweisen, macht eine Produktion wenig Sinn.

Bei allen Berechnungen ist die Annahme getroffen worden, dass der nicht verwendete Speck anderweitig verwertet werden kann. Ist dies nicht möglich, muss die entsprechende Menge Speck der jeweiligen Variante dazugerechnet werden, was zu höheren Waren- und Herstellkosten führt.

6. Schlussfolgerung

Um eine fettreduzierte Rohwurst herzustellen, gibt es unterschiedliche Möglichkeiten.

So kann der Rückenspeck durch die Hauptzutaten (Schweine- und Rindfleisch) ersetzt werden. Die sensorische Beurteilung durch ein geschultes Panel zeigt, dass bis zu einer Speckreduktion von 75 % bei den geprüften Attributen keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf Geschmack oder Aussehen festgestellt werden kann. Durch das Ersetzen von 75 % der Speckmenge durch die Hauptzutaten werden die Herstellkosten pro Kilogramm fertiger Salami um knapp 10 % erhöht. Gegenüber der Standardrezeptur kann mit der Speckreduktion der Fettgehalt im Vergleich zur Standardrezeptur um etwa 60 % gesenkt werden.

Bei den verwendeten Fettersatzstoffen hat sich vor allem das Inulin bewährt.

Der Einsatz von Weizenfasern führt zu keinem befriedigenden Ergebnis. Es wäre möglich, dass mit einer Dosierung unter 50 % ein sensorisch besseres Ergebnis entsteht. Ob ein solches Produkt jedoch optisch zu überzeugen vermag, bleibt fraglich. Damit ein ansehnliches Schnittbild erreicht wird, muss die krümelige Struktur der angerührten Weizenfasern vermieden werden. Die Fettreduktion (gegenüber der Standardrezeptur), welche mit dem Einsatz von 50 % Weizenfasern und 50 % Speck erreicht wird, liegt bei rund 44 %.

Das Produkt FE 19 muss im Gegensatz zu den beiden anderen Fettersatzstoffen am Vortag angerührt werden. Neben Wasser wird dabei auch ein Pflanzenöl benötigt. Aufgrund der mikrobiologischen Belastung konnten beide Varianten, welche mit FE 19 hergestellt wurden, nicht durch das geschulte Sensorik- Panel untersucht werden. Es kann aber angenommen werden, dass maximal die Hälfte des Speckes durch FE 19 ersetzt werden kann. Die Herstellkosten je Kilogramm werden gegenüber der Standardrezeptur um etwa 8 % erhöht.

Am besten bewährt hat sich das Inulin. Das Pulver bildet nach dem Anrühren mit Wasser rasch ein festes Gel, welches sich mit den übrigen Hauptzutaten im Wolf zerkleinern lässt. Eine Dosierung über 50 % macht wenig Sinn, da das Endprodukt dadurch sensorisch als griessig beschrieben wird. Wird die Hälfte des Speckes durch Inulin ersetzt, erreicht man gegenüber der Standardrezeptur eine Fettreduktion von etwa 37 %. Die Herstellkosten werden dabei um weniger als 10 % erhöht. Das Inulin bleibt auch nach der Reifung der Salami weiss, es führt aber zu einem etwas unklaren Schnittbild. Zudem entsteht der Eindruck, das Brät wäre nicht optimal gemischt worden. Dieser Sachverhalt ist jedoch bei der Untersuchung durch das geschulte Sensorik- Panel nicht bestätigt worden.

Der Einsatz von Käse gibt je nach Art der Zerkleinerung Produkte mit einem gewöhnungbedürftigen Schnittbild. Mehr als die Hälfte des Speckes sollte nicht durch Käse ersetzt werden, da sonst die Aromatik des Käses zu stark in den Vordergrund tritt. Die Fettreduktion fällt dabei im Gegensatz zu den Fettersatzstoffen mit etwa 20 % eher gering aus. Die Herstellkosten werden je nach Käsesorte und Art der Zerkleinerung um 8 bis 24 % erhöht.

Da nicht alle Varianten mit Käse durch das geschulte Sensorik. Panel untersucht werden konnten, sind weitere Schlussfolgerungen schwierig.

7. Literaturverzeichnis

- [1] Sielaff, H. (1996): Fleischtechnologie. B. Behr's Verlag GmbH, Hamburg.
- [2] Troeger, K. et al. (2007): Qualität von Fleisch und Fleischwaren. 2. Auflage. Band 2, Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main.
- [3] Anon. (2008): Rohwurst. Unterrichtsskript ABZ, unveröffentlicht.
- [4] Anon. (2009):
http://elearning.zhaw.ch/moodle/file.php/930/Lebensmittelbuch/Data%20SLMB_MSDA/Version%20D/11_Fleisch.pdf. (6. August 2009)
- [5] Böhler, G. (2007): Herstellung und Qualität von Rohwurstwaren. metzger + wurster, 5.
- [6] Krämer, J. (2002): Lebensmittelmikrobiologie. 4. Auflage. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- [7] Anon. (1985): Mikrobiologie und Qualität von Rohwurst und Rohschinken. Band 5. Kulmbach.
- [8] Biesalski, H., Grimm, P. (2007): Taschenatlas Ernährung. 4. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- [9] Anon. (4. August 2009): <http://www.abipur.de/hausaufgaben/alt/files/html/26304.jpg>
- [10] Anon. (2009): http://mibi1.uni-muenster.de/imperia/md/content/biologie_immb_meinhardt/_v/cistrans.gif. (1. Juli 2009)
- [11] Anon. (2006): Trans- Fettsäuren: Empfehlungen des Bundesamtes für Gesundheit, S. 829
- [12] Schmit, A. (2007): Fett aus Fleisch und Fleischerzeugnissen in der Ernährung des Menschen, ALP science, Nr. 511
- [13] Anon. (2009): http://www.sge-ssn.ch/fileadmin/pdf/100-ernaehrungsthemen/10-gesundes_essen_trinken/Merkblatt_Lebensmittelpyramide.pdf. (10. Juni 2009)

-
- [14] Anon. (2009): Verordnung des EDI über Lebensmittel tierischer Herkunft vom 23. November 2005 (Stand am 25. Mai 2009), <http://www.admin.ch/ch/d/sr/8/817.022.108.de.pdf>. (8. August 2009)
- [15] Anon. (2009): Verordnung des EDI über die in Lebensmitteln zulässigen Zusatzstoffe (Zusatzstoffverordnung, ZuV) vom 22. Juni 2007 (Stand am 25. Mai 2009), <http://www.admin.ch/ch/d/sr/8/817.022.31.de.pdf>. (8. August 2009)
- [16] Anon. (2009): Verordnung des EDI über die Kennzeichnung und Anpreisung von Lebensmitteln (LKV) vom 23. November 2005 (Stand am 25. Mai 2009), <http://www.admin.ch/ch/d/sr/8/817.022.21.de.pdf>. (8. August 2009)
- [17] Ragotzky, K. (1997): Fettaustausch und Fettersatz: neue Lebensmittel auf dem Prüfstand. B. Behr's Verlag GmbH, Hamburg.
- [18] Warwel, S. (1999): Fettersatzstoffe, Fettaustauschstoffe, Designer- Lipide. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A, Angewandte Wissenschaft, Heft 484, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup.
- [19] Anon. (2009): http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=969173083&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=969173083.pdf. (16. Juni 2009)
- [20] Grünh, E. (1994): Inulin- neu in Lebensmitteln?. Ernährungsumschau. Band 5, Seite B 22.
- [21] Anon. (2009): Vitacel Weizenfaser, Funktioneller Ballaststoff in schnittfester Rohwurst. technische Information, Mail Evelin De Groote, Keme Fasana Food Engineering AG (20. 4. 09)
- [22] Ampuero, S. (2009): Matière sèche et cendres brutes – aliments pour animaux (solid) – gravimétrie. Analysenmethode. MS ALP (unveröffentlicht)
- [23] Heimo, D. (2009): Rohprotein und Stickstoff nach Kjeldahl (Kjeltec 2400/ 2460). Analysenmethode. MS ALP (unveröffentlicht)
- [24] Joye, C. (2009): Graisse brute (SOXTEC). Analysenmethode. MS ALP (unveröffentlicht)
- [25] Fahrni, P. (2009): Gesamtzucker. Analysenmethode. MS ALP (unveröffentlicht)

- [26] Ampuero, S. (2009): Cellulose brute – aliments pour animaux – Weender. Analysenmethode. MS ALP (unveröffentlicht)
- [27] Irmeler, S. (2009): Analyse des Aromaprofils mit der elektronischen Nase (SMartNose). Arbeitsvorschrift. E- Mail 30. Juni 2009 (unveröffentlicht)
- [28] Anon. (2009): Nitrite/ Nitrat, colormetric method, photometric endpoint determination. Version August 2005. Arbeitsanweisung. E- Mail 11. Juni 2009 (unveröffentlicht)
- [29] Guggisberg, D. (2009): Schälbarkeit von Salami und Lyoner (Zugversuch). Analysenmethode. ALP (unveröffentlicht)
- [30] Guggisberg, D. (2009): Warner- Bratzler Prüfung von Salami und Lyoner. Analysenmethode. ALP (unveröffentlicht)
- [31] Anon. (2009): Salmonellen spp. in Lebensmitteln. <http://www.slmb.bag.admin.ch/slmb/methoden/index.html>. (22. Juli 2009)
- [32] Anon. (2009): Enterobacteriaceae in Lebensmitteln; Koloniezählverfahren. <http://www.slmb.bag.admin.ch/slmb/methoden/index.html>. (22. Juli 2009)
- [33] Anon. (2009): Clostridium perfringens; Lebensmittel. <http://www.slmb.bag.admin.ch/slmb/methoden/index.html>. (22. Juli 2009)
- [34] Hummerjohann, J. (2009): Listeria monocytogenes (Schnelltest). Untersuchungsmethode. E- Mail 22. Juli 2009 (unveröffentlicht)
- [35] Anon. (2009): Hygieneverordnung des EDI (HyV) vom 23. November 2005. <http://www.admin.ch/ch/d/as/2005/6521.pdf>. (9. Juli 2009)
- [36] Anon. (2009): Verordnung über die hygienischen und mikrobiologischen Anforderungen an Lebensmittel, Gebrauchsgegenstände, Räume, Einrichtungen und Personal (Hygieneverordnung, HyV) Änderung vom 27. März 2002. <http://www.admin.ch/ch/d/as/2002/839.pdf>. (13. August 2009)
- [37] Leute, H. (2009): Leitung Forschung und Entwicklung. Pacovis AG (telefonische Mitteilung)
- [38] Anon. (2009): Scheid- Rusal AG (telefonische Mitteilung)

- [39] Anon. (2009): Wiberg (telefonische Mitteilung)
- [40] Bossard, M. (2009): Projektleiter Entwicklung Emmi Fondue AG (E- Mail)
- [41] Müller, J. (2009): Unternehmensberater MT Metzger-Treuhand AG
(telefonische Mitteilung)
- [42] Müller, G., Weber, H. (1996): Mikrobiologie der Lebensmittel, Grundlagen. 8. Auflage.
Behrs Verlag Hamburg
- [43] Anon. (2009): http://books.google.ch/books?id=bwh0BxZH0rYC&pg=RA1-PT457&lpg=RA1-PT457&dq=proteus+vulgaris%2B+Eigenschaften&source=bl&ots=1D3IBqvv0c&sig=gsX61zgkDq9pgwLMr0ysfgXrRig&hl=de&ei=UeGcSurXEM-K-Qb1-ISPBA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=8&ved=0CBwQ6AEwBzgK#v=onepage&q=&f=false. (1. September 2009)
- [44] Janda, J. Abbot, S. (2006): The Enterobacteria, second Edition. ASM Press, Washington USA.
- [45] Gantenbein, C. (2007): Lebensmittelmikrobiologie (Theorie). Unterrichtsunterlagen ZHAW (unveröffentlicht).

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Stufenmodell der Rohwurstherstellung [1]	6
Abbildung 2 Bildung von Stickoxid bei der Pökellung [6]	8
Abbildung 3 Umformung des Myoglobins bei der Pökellung [6]	8
Abbildung 4 Entwicklung der Mikroflora während der Reifung [7].....	12
Abbildung 5 Klassifizierung der Lipide [8]	13
Abbildung 6 Struktur von Isopren [9]	13
Abbildung 7 cis- trans Konfiguration [10].....	14
Abbildung 8 Resorption, Transport & Lipidverteilung [8].....	16
Abbildung 9 Fettgehalt von verschiedenen Fleischstücken und Fleischprodukten [12]	19
Abbildung 10 Darstellung von Inulin [17].....	22
Abbildung 11 Inulingewinnung [17]	23
Abbildung 12 angerührte Fettersatzstoffe (links Inulin, rechts Weizenfaser)	30
Abbildung 13 angerührtes Gel Wiberg	31
Abbildung 14 Herstellungsprozess	32
Abbildung 15 Schälbarkeit von Salami	34
Abbildung 16 Warner- Bratzler Prüfung	35
Abbildung 17 Versuch 1, Trockensubstanz.....	37
Abbildung 18 Versuch 2, Trockensubstanz.....	38
Abbildung 19 Versuch 1, Rohasche	39
Abbildung 20 Versuch 2, Rohasche	40
Abbildung 21 Versuch 1, Rohprotein.....	41
Abbildung 22 Versuch 2, Rohprotein.....	42
Abbildung 23 Versuch 1, Rohfettgehalt.....	43
Abbildung 24 Versuch 1, prozentuale Fettreduktion	44
Abbildung 25 Versuch 2, Rohfettgehalt.....	45
Abbildung 26 Versuch 2, prozentuale Fettreduktion	46
Abbildung 27 Versuch 1, Zucker	47
Abbildung 28 Versuch 2, Zucker	48
Abbildung 29 Versuch 1, Rohfaser.....	49
Abbildung 30 Versuch 2, Rohfaser.....	49
Abbildung 31 Versuch 1, Hauptkomponentenanalyse der Fingerprint- Rohdaten.....	50
Abbildung 32 Versuch 3, Hauptkomponentenanalyse der Fingerprint- Rohdaten.....	51
Abbildung 33 Versuch 1, prozentualer Gewichtsverlauf	53
Abbildung 34 Versuch 2, prozentualer Gewichtsverlauf	54
Abbildung 35 Versuch 1, Schälbarkeit	55
Abbildung 36 Versuch 2, Schälbarkeit	56
Abbildung 37 Querschnitt CordonBleu 100	56
Abbildung 38 Versuch 1, Warner- Bratzler Prüfung	57
Abbildung 39 Versuch 2, Warner- Bratzler Prüfung	58

Abbildung 40 Versuch 1, statistische Auswertung Warner- Bratzler Prüfung	59
Abbildung 41 Versuch 2, statistische Auswertung Warner- Bratzler Prüfung	59
Abbildung 42 Versuch 1, sensorische Auswertung Aussehen.....	63
Abbildung 43 Versuch 1, Schnittbilder mit signifikantem Unterschied	65
Abbildung 44 Versuch 1, sensorische Auswertung Textur.....	65
Abbildung 45 Versuch 1, sensorische Auswertung Geschmack.....	67

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 unterschiedliche Reifungsverfahren für schnittfeste Rohwurst [7]	9
Tabelle 2 Wirkung von Schimmelpilzen und Hefen während der Reifung	12
Tabelle 3 Fettkonsum und Prävention [8].....	18
Tabelle 4 Beispiele zu Anwendung, Einsatzmenge & Effekten von Fructosepolymeren [18].....	23
Tabelle 5 Versuch 1, sensorische Erstbeurteilung.....	26
Tabelle 6 Versuch 2, sensorische Erstbeurteilung.....	27
Tabelle 7 Versuch 1, Darstellung der verschiedenen Varianten	30
Tabelle 8 Versuch 2, Darstellung der verschiedenen Varianten	31
Tabelle 9 Versuch 3, Darstellung der verschiedenen Varianten	32
Tabelle 10 Versuch 1, Nitrit- Nitrat- Bestimmung.....	52
Tabelle 11 Versuch 3, Nitrit- Nitrat- Bestimmung.....	52
Tabelle 12 Versuch 1, mikrobiologische Ergebnisse.....	60
Tabelle 13 Versuch 2, mikrobiologische Ergebnisse.....	61
Tabelle 14 Versuch 3, mikrobiologische Ergebnisse.....	61
Tabelle 15 Versuch 3, mikrobiologische Ergebnisse Interlabor Belp AG.....	62
Tabelle 16 mikrobiologische Untersuchung der Gewürze auf Enterobacteriaceae	62
Tabelle 17 Versuch 1, signifikante Unterschiede beim Attribut rote Farbe	64
Tabelle 18 Versuch 1, signifikante Unterschiede beim Attribut Schnittbild	64
Tabelle 19 Versuch 1, signifikante Unterschiede beim Attribut Festigkeit	66
Tabelle 20 Versuch 1, signifikante Unterschiede beim Attribut Fettfilm	66
Tabelle 21 Versuch 1, signifikante Unterschiede beim Attribut Griessigkeit.....	67
Tabelle 22 Versuch 1, signifikante Unterschiede beim Attribut Speck.....	68
Tabelle 23 Versuch 3, sensorische Beurteilung	69
Tabelle 24 Versuch 1 - 3, Berechnung der Herstellkosten je kg	71