

Konservierungsmittel testen und vergleichen

Sebastian Bensland, Pelé Constam, Max Mathys

MNG Rämibühl

Email: {benslans, constamp, mathysm}@mng.ch

7. Dezember 2015

PU-Bericht

Abstract

Wir haben uns das Ziel gesetzt, in diesem Projektunterricht mehr über die Konservierung der Lebensmittel herauszufinden. Anhand von drei verschiedenen Beispielen werden wir zeigen, wie Konservierungsstoffe das Verderben der Lebensmittel verhindern. In diesem Bericht wurden die Stoffe E 202, E 211 und E 251 verwendet, um einen Überblick über die diversen Methoden der Konservierung darzustellen. Das Ziel des Projektunterrichts war zudem, herauszufinden, ob der Zusatz von künstlichen Konservierungsstoffen überhaupt notwendig ist und wenn ja, in welchem Ausmass sie verwendet werden sollten.

(Anmerkung: Die verschiedenen Abschnitte sind mit dem entsprechenden Autor in Klammern gekennzeichnet. Falls kein Autor gekennzeichnet ist, wurde der Text gemeinsam verfasst.)

Inhaltsverzeichnis

1	Theoretische Grundlagen	1
1.1	Konservierungsstoffe	1
1.1.1	Arten von Lebensmittelzusatzstoffen	1
1.1.2	Arten von Konservierungsmethoden von Lebensmitteln	1
1.1.3	Biologische Konservierungsmethoden	2
1.1.4	Chemische Konservierungsmethoden	2
1.1.5	Physikalische Konservierungsmethoden	2
1.2	Schimmelpilz	2
1.2.1	Allgemein	2
1.2.2	Aufbau/Struktur	2
1.2.3	Vermehrung	3
1.2.4	Schäden durch Schimmelpilze	3
1.2.5	Schimmel auf Lebensmitteln	3
1.3	Kaliumsorbat (Pelé)	4
1.3.1	Wirkung der Sorbinsäure auf Mikroorganismen	4
1.3.2	Nebenwirkungen von Kaliumsorbat	5
1.4	Natriumbenzoat (Max)	5
1.4.1	Struktur von Natriumbenzoat	5
1.5	Natriumnitrat (Sebastian)	6
1.5.1	Struktur von Natriumnitrat	6
1.5.2	Wirkungsweise	7
1.6	Auswahl der Konservierungsstoffe und Testmaterialien	7

2 Material und Methoden	9
2.1 Kaliumsorbat (E 202) (Pelé)	9
2.1.1 Material	9
2.1.2 Versuch	9
2.2 Natriumbenzoat (E 211) (Max)	10
2.2.1 Material (je für den ersten und zweiten Versuch)	10
2.2.2 Erster Versuch mit Margarine	10
2.2.3 Zweiter Versuch mit Margarine	11
2.3 Natriumnitrat (E 251) (Sebastian)	14
2.4 Material	14
2.4.1 Versuch mit Fleisch	14
3 Resultate	16
3.1 Marmelade / Kaliumsorbat (Pelé)	16
3.1.1 Versuchsdokumentierung	16
3.1.2 Kühlschrankgruppe	16
3.1.3 Warmboxgruppe	17
3.2 Margarine / Natriumbenzoat (Max)	21
3.2.1 Versuch 1	21
3.2.2 Versuch 2	23
3.3 Fleisch / Natriumnitrat (Sebastian)	24
4 Diskussion	29
4.1 Marmelade / Kaliumsorbat (Pelé)	29
4.1.1 Kühlschrankgruppe	29
4.1.2 Warmboxgruppe	30
4.2 Margarine / Natriumbenzoat (Max)	31
4.3 Fleisch / Natriumnitrat (Sebastian)	32
5 Schlusswort und Reflexion	33

A Literaturverzeichnis	34
B Abbildungsverzeichnis	36
C Digitale Version	38

Kapitel 1

Theoretische Grundlagen

1.1 Konservierungsstoffe

Für das Testen der Wirkung der verschiedenen Konservierungsstoffe kommen nur Lebensmittelzusatzstoffe in Frage. Sie sollen den Verderb von Lebensmittel verhindern durch Verhinderung der Bildung von Bakterien, Hefe- und Schimmelpilzen [1].

1.1.1 Arten von Lebensmittelzusatzstoffen

Es existieren viele verschiedene Arten von Lebensmittelzusatzstoffen, wie zum Beispiel Farbstoffe, Backtriebmittel (zum Beispiel Hefe), Festigungsmittel und viele weitere. Lebensmittelzusatzstoffe werden in Europa auch mit einer E-Nummer bezeichnet, wie auch unsere verwendeten Stoffe: Stoffe von E 200 bis E 299 und E 1105 bezeichnen Lebensmittelzustatzstoffe, die für die Konservierung verwendet werden [2].

1.1.2 Arten von Konservierungsmethoden von Lebensmitteln

Die Methoden der Konservierung von Lebensmitteln beschränken sich nicht nur auf die Zugabe von Lebensmittelzusatzstoffen. Grundsätzlich kann zwischen folgenden Methoden unterschieden werden [3]:

- Biologische Konservierungsmethoden
- Chemische Konservierungsmethoden
- Physikalische Konservierungsmethoden

1.1.3 Biologische Konservierungsmethoden

Bei der biologischen Konservierungsmethode werden die Mikroorganismen manipuliert. Unschädliche Mikroorganismen können eingesetzt werden, die das Wachstum von schädlichen Mikroorganismen unterbinden. Eine alternative Methode ist die Abtötung der schädlichen Mikroorganismen, wie zum Beispiel durch das Einlegen des Nahrungsmittels in Alkohol.

1.1.4 Chemische Konservierungsmethoden

Bei der chemischen Konservierungsmethode werden Nahrungsmittelzusatzstoffe hinzugefügt, die schädliche Mikroorganismen abtöten oder deren Entwicklung hemmen.

1.1.5 Physikalische Konservierungsmethoden

Zu den physikalischen Konservierungsmethoden gehören Methoden, die durch physikalische Verfahren die Entwicklung von schädlichen Mikroorganismen hemmen oder unterbinden, wie zum Beispiel durch Sterilisation oder Pasteurisierung. Zudem kann durch das Reduzieren des frei zur Verfügung stehenden Wassers auch ein hemmender Effekt erzielt werden (Trocknen, Pökeln).

1.2 Schimmelpilz

1.2.1 Allgemein

Wenn Nahrungsmittel verderben, entsteht Schimmel (*Schimmelpilze*).

In der Mikrobiologie gehört der Schimmelpilz der Gruppe der filamentösen Pilze an, wobei eine Mehrzahl dieser zu den Schlauch- und Jochpilzen gehört. Filamentös bedeutet, dass der Pilz aus Myzel besteht. Schlauch- und Jochpilze unterscheiden sich jeweils in der Fortpflanzungsart [4].

1.2.2 Aufbau/Struktur

Der Schimmelpilz besteht aus zahlreichen, mikroskopisch kleinen Fäden, den Myzelien. Die Gesamtheit dieser Myzelien nennt man Myzel. Die Myzelien sind also die eigentlichen Schimmelpilze. Die Myzelien treten auch in verschiedenen Farben auf.

So können sie zum Beispiel grünlich, weisslich oder gräulich sein, jedoch sind auch andere Farben bekannt.

1.2.3 Vermehrung

Die Vermehrung der Schimmelpilze ist ungeschlechtlich und erfolgt durch Sporen, jedoch besitzen manche Arten auch einen geschlechtlichen Fortpflanzung. Ein Grund für das leichte Anschimmeln von Lebensmitteln ist, dass die Sporen normalerweise in der Luft vorkommen, jedoch ist ein grosser Anteil der Sporen allgemein ungefährlich für den Menschen. Allergien oder Krankheiten können durch Sporen bei geschwächtem Immunsystem ausgelöst werden, doch dies ist eher selten. Schimmelpilze mögen ein feucht-warmes, basisches Milieu mit einem gutem Nähr- und Sauerstoffangebot.

1.2.4 Schäden durch Schimmelpilze

Schimmelpilze können durch ihre Zellbestandteile, ihre Sporen und durch ihre Stoffwechselprodukte der Gesundheit und dem Wohlbefinden von Menschen und Tieren schaden oder beeinträchtigen. Allergische Reaktionen, ein unangenehmer Geruch und sogar Vergiftungen, welche tödlich enden können, sind alles mögliche Folgen von Schimmelpilz. Im Extremfall befallen Schimmelpilze das Körperegewebe und zerstören es, was nicht selten zum Tod führt.

Einerseits können die Kohlenhydrate der Pilz-Zellwand toxisch wirken, andererseits werden auch Metabolite erzeugt, welche vor allem kanzerogen (krebsfördernd) oder leberschädigend sind. Die Metabolite nennt man auch Mykotoxine.

1.2.5 Schimmel auf Lebensmitteln

Schimmelpilze verderben die Nahrung. Einerseits verschlechtern sie den Geschmack und das Aussehen, andererseits können sie Nahrungsmittel auch vergiften. Die Pilzgifte können weder durch Erhitzen, Säuern, Trocknen oder Einfrieren unschädlich gemacht werden. Zusätzlich verteilen Schimmelpilze sich in wasserhaltigem Essen sehr schnell. Deswegen müssen alle von Schimmel befallenen Lebensmittel zügig entsorgt werden. Dabei ist es egal, wie viel Schimmel schon vorhanden ist, da sich die Gifte und der Pilz schnell und für das menschliche Auge unsichtbar ausbreiten. Jedoch gibt es Ausnahmen, nämlich sehr trockener Hartkäse, wie Parmesan, und luftgetrocknete

Wurst- und Schinkensorten. Bei sehr trockenen Lebensmittel reicht es, lediglich einen grosszügigen Bereich um den Schimmel herum abzuschneiden [5].

Neben den gesundheitsschädigenden Schimmelpilzen gibt es auch die „Edelschimmel“, z.B. bei Salami, welche die Nahrung verfeinern sollen. Schimmelpilze auf Lebensmitteln können zwischen -10°C bis 60°C überleben, die für das Wachstum der Schimmelpilze ideale Temperatur liegt jedoch zwischen 20°C und 25°C. Eine Lagerung im Tiefkühlschrank bei -18°C reicht, um weiteres Schimmelwachstum zu verhindern.

1.3 Kaliumsorbat (Pelé)

Kaliumsorbat ist ein Salz der Sorbinsäure und kommt in der Natur in Vogelbeeren vor. Es ist wirksam gegen Schimmel, indem es bestimmte Enzyme blockiert und somit den Pilz abtötet. Kaliumsorbat ist folglich ein Fungizid. Kaliumsorbat wird häufig anstelle von Sorbinsäure benutzt, da es wasserlöslicher ist. In Alkoholen wie Eisessig oder Acteton ist die Sorbinsäure leicht löslich. Die Farbe von Kaliumsorbat ist weiss; es ist geruchslos. Die Formel lautet $C_6H_7KO_2$. Es ist ausserdem unter dem Namen E 202 als Konservierungsstoff bekannt. Der Schmelzpunkt liegt bei 270°C [6].

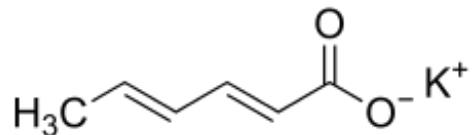


Abbildung 1.1: Strukturformel von Kaliumsorbat

1.3.1 Wirkung der Sorbinsäure auf Mikroorganismen

Die Sorbinsäure wirkt wachstumshemmend auf Pilze und abtötend gegen einige bestimmte Bakterien, jedoch besitzt sie nicht die Fähigkeit, Keime abzutöten. Die antimikrobielle Wirkung beruht auf der Unterbindung verschiedener Enzyme im Kohlenhydratstoffwechsel. Ausserdem reagiert Sorbinsäure mit S-H-Gruppen in Enzymen. Die Folge ist, dass diese inaktiv werden. Der Wirkungsgrad verändert sich mit dem Säuregrad des zu konservierenden Mittels. Je saurer, um so stärker wirkt die Sorbinsäure [7, 8].

1.3.2 Nebenwirkungen von Kaliumsorbat

Kaliumsorbat gilt als unbedenklich. Jedoch kann es bei einigen Menschen allergisch auf der Haut wirken und bei Einnahme von Sorbaten kann es zu Unverträglichkeitsreaktionen kommen. Ansosten gibt es keine bekannten Nebenwirkungen [7].

1.4 Natriumbenzoat (Max)

Natriumbenzoat ist das Natriumsalz der Benzoesäure [9]. Es entsteht somit, wenn Natrium mit Benzoesäure reagiert. Natriumbenzoat ist weiss und - wie von einem Salz zu erwarten - geruchslos und löst sich gut in Wasser.

1.4.1 Struktur von Natriumbenzoat

Natriumbenzoat ($C_7H_5NaO_2$, Abbildung 1.3) besteht aus einem Natriumkation (Na^+) und Benzoesäure ($C_7H_6O_2$, Abbildung 1.2). Benzoesäure wiederum besteht aus einer Carboxygruppe und einem Rest (hier C_6H_5 , zirkulär angeordnet) [6, 7].

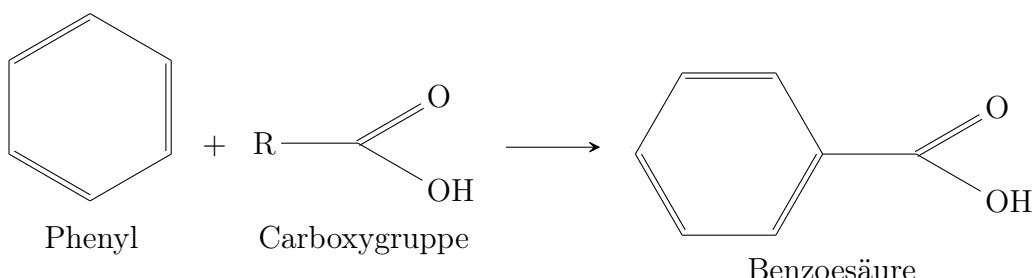


Abbildung 1.2: Entstehung von Benzoesäure

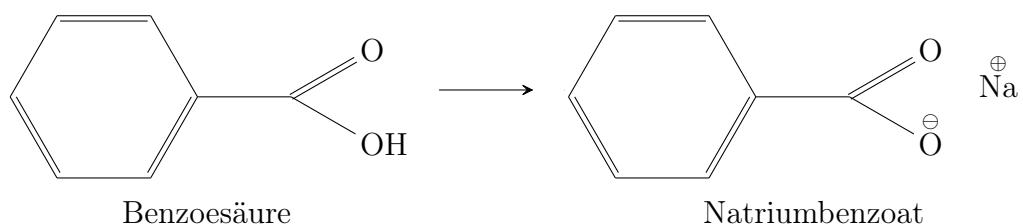


Abbildung 1.3: Entstehung von Natriumbenzoat

Wie auch Kaliumsorbat wirkt Natriumbenzoat gegen Bakterien und gegen Schimmelbildung (fungistatisch) und wird deshalb in Lebensmitteln als Konservierungsstoff verwendet. Der Stoff, der hier gegen Bakterien- und Schimmelbildung wirkt, ist die

Benzoesäure: Sie hemmt bestimmte Enzyme in Bakterien und Pilzen, bei denen das Enzym Katalase zum Einsatz kommt. Diese Hemmung führt zur Ansammlung von Wasserstoffperoxid (siehe Abbildung 1.4) in den Zellen, wodurch sie aussterben.



Abbildung 1.4: Wirkung des Enzyms Katalase: Setzt Wasserstoffperoxid in Sauerstoff und Wasser um

1.5 Natriumnitrat (Sebastian)

Natriumnitrat ist ein synthetisch hergestellter Konservierungsstoff. Nitrate kommen als natürliche Bestandteile auch im Boden vor und sind somit in kleinsten Mengen in allen pflanzlichen Lebensmittel zu finden. Nitrate und Nitrite wirken antimikrobiell. Sie tragen zur Farberhaltung und Rötung von Fleisch und Wursterzeugnissen bei. Beim Pökeln sind Nitrate vor allem auch für den Geschmack ausschlaggebend. Jedoch können Nitrate zu krebsauslösenden Nitrosaminen reagieren und dürfen darum nur unter strengen Regeln verwendet werden. Besonders schädlich sind Nitrate für Kleinkinder. Sie können den Sauerstofftransport verhindern.

1.5.1 Struktur von Natriumnitrat

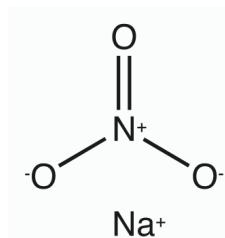


Abbildung 1.5: Strukturformel von Natriumnitrat

Natriumnitrat ($NaNO_3$) ist ein Salz und besteht aus einem Natriumkation (Na^+) und einem Nitrat anion (NO_3^-). Die chemische Verbindung kommt in reiner Form als geruchlose und farblose Kristalle vor. Es hat eine hygroskopische Eigenschaft, welche erlaubt, Feuchtigkeit in Form von Wasserdampf aufzunehmen [10].

1.5.2 Wirkungsweise

Die Wirksamkeit des Natriumnitrats als Konservierungsstoff gegen Bakterien wird nicht vom Stoff selbst verursacht. Erst durch die Umwandlung von Natriumnitrat zu Natriumnitrit (Abbildung 1.6) erhält es seine antibakterielle Wirkung. Nitritreduzierende Bakterien, welche in der Pökelflora heranwachsen, betreiben Nitritreduktase und reduzieren die Nitrate zu Nitriten. Diese Bakterien gehören zu den Mikrokokkenstämmen.



Abbildung 1.6: Reduktion von Natriumnitrat zu Natriumnitrit

Natriumnitrit bewirkt unter anderem die erwünschte Rötung vom Fleisch, indem sie Myoglobin, welches nicht hitzebeständig ist und sich unter Hitze grau verfärbt, zum stabilen Nitrosomyoglobin umwandelt, welches unter Hitze zu einer stabilen roten Farbe übergeht. Zudem trägt Natriumnitrat zur Bildung des Pökelaromas bei. Mit der Kombination von NaCl verhindert es die "Wurstvergiftung", indem das Entstehen der hitzestabilen Clostridium botulinum-Sporen blockiert wird. Clostridium botulinum ist eine Bakterienart, welche das kräftigste aller bisher gefundenen Bakterientoxine produziert, das Botulinumtoxin, welches das Nervensystem angreift [11].

1.6 Auswahl der Konservierungsstoffe und Testmaterialien

Für die Versuche wurden drei Konservierungsstoffe und drei Nahrungsmittel ausgewählt [12, 13]:

	Kaliumsorbat	Natriumbenzoat	Natriumnitrat
Englischer Name	Potassium sorbate	Sodium benzoate	Sodium nitrate
E-Nummer	E 202	E 211	E 251
Person, die den Stoff testet	Pelé	Max	Sebastian
Gesetzlich erlaubte Konzentration / empfohlene Menge	1500 mg/kg, 26.8g/l	500-1000 mg/kg	50-250 mg/kg
Testnahrung	Marmelade (ohne Zucker)	Margarine	Fleisch

Zu jedem Konservierungsstoff wurde ein Nahrungsmittel ausgewählt, von dem bekannt ist, dass der Konservierungsstoff besonders gut wirkt.

Kapitel 2

Material und Methoden

2.1 Kaliumsorbat (E 202) (Pelé)

2.1.1 Material

- Mixer
- Litermass
- Pfanne
- 700 g Beerenmischung (Migros, ohne Zucker)
- Kaliumsorbat, abgepackt in die richtigen Mengen
- Waage (optional, falls das Kaliumsorbat nicht schon abgewogen wurde)
- Rührlöffel

2.1.2 Versuch

Schritt 1: Herstellen der Marmelade. Es wurden 700 Gramm einer Beerenmischung beim Grossverteiler Migros gekauft. Diese zerkleinert man anschliessend und fügt nach eigenem Ermessen Wasser hinzu. In diesem Fall wurden 0.6 Liter verwendet. Es wird kein zusätzlicher Zucker der Mischung beigegeben. Die hergestellte Marmelade ist natürlich eher ein Fruchtmus als fest, jedoch reicht sie für das Experiment aus. Anschliessend wurde die Frucht-Wasser-Mischung erhitzt und mit Kaliumsorbat versetzt [14].

Schritt 2: Versetzen der Marmelade mit Konservierungsmitteln. Als erstes muss man die angemessenen Konzentrationen des Konservierungsmittels bestimmen. Es wurden vier verschiedene Konzentrationen ausgewählt. Ein Behälter hatte keine Konservierungsstoffe, einer hatte eine geringe Konzentration, einer hatte eine mittlere Konzentration und der letzte eine hohe Konzentration. Der Richtwert war 26.8g/l, der eine mittlere Konzentration darstellt, weshalb die Einteilung wie folgt ist:

- Hohe Konzentration: 46.6g/l bei 150 ml: 0.7g Kaliumsorbat
- Mittlere Konzentration: 26.8g/l bei 150 ml: 0.4g Kaliumsorbat
- Geringe Konzentration: 13g/l bei 150 ml: 0.2g Kaliumsorbat
- Keine Konzentration: 0g/l bei 150 ml: 0g Kaliumsorbat.

Schritt 3: Versuchsaufbau. Das Experiment mit Kaliumsorbat und Marmelade wurde in zwei Gruppen eingeteilt mit je vier Marmeladenproben. Die eine Gruppe wurde im Kühlschrank bei 5°C untergebracht, die andere lag in einer lichtdichten Box bei 18-23°C. Jede der vier Proben hat jeweils eine andere Konzentration an Kaliumsorbat.

2.2 Natriumbenzoat (E 211) (Max)

2.2.1 Material (je für den ersten und zweiten Versuch)

- Margarine
- Natriumbenzoat
- Waage
- 3 Glasbehälter für Margarine
- Glasstab

2.2.2 Erster Versuch mit Margarine

Beim Versuch Natriumbenzoat mit Margarine wurden in drei Glasbehälter je 100g Margarine platziert. Die Konzentrationen an E 211 betrugen 0, 500 und >1500mg/kg.

Schritt 1: Präparieren der Margarine. Eine (vegane) Pflanzenmargarine wurde in einem Fachgeschäft für Bioproduct (Reformhaus Vier Linden, Hegibachplatz, Zürich) gekauft. Es wurde nachgefragt, ob diese Margarine irgendwelche künstlichen Konservierungsstoffe enthält, was die Verkäufer verneinten. Damit die Margarine besser gewogen und mit Konservierungsmitteln versetzt werden kann, wurde die Margarine in einem Behälter in ein Wasserbad gelegt, das Wasserbad erhitzt, sodass sie sich verflüssigte. Um mögliche Reaktionen mit Natriumbenzoat zu vermeiden, wurde die Margarine anschliessend auf Raumtemperatur abgekühlt.

Schritt 2: Versetzen der Konservierungsmittel in die Margarine. Die Margarine wurde in drei Glasbehälter aufgeteilt, siehe Abbildung unten. In jedes Glas wurden 100g Margarine eingefüllt. In den ersten Glasbehälter (weiss) wurden keine Konservierungsstoffe hinzugefügt. In den zweiten Behälter (Abbildung unten: 2. Position von links) wurden 50mg Natriumbenzoat hinzugefügt. Diese Menge entspricht ungefähr der gesetzlich vorgegebenen Höchstkonzentration. In das dritte Glas (Abbildung unten: 3. Position von links) wurden deutlich mehr als die gesetzlich erlaubte Menge an Konservierungsmittel hinzugefügt: >150mg.

Schritt 3: Versuchsaufbau. Siehe Abbildung 2.1.



Abbildung 2.1: Woche 1. Drei Glasbehälter mit Margarine und 0, 50 und 150 mg E 211 Natriumbenzoat

2.2.3 Zweiter Versuch mit Margarine

Es wurde ein zweiter Versuch durchgeführt, weil der erste Versuch nicht die erwarteten Ergebnisse lieferte (dies wird im Abschnitt Resultate weiter beschrieben). Nun wurde

die Margarine nicht erhitzt, bevor sie in Behälter abgefüllt wurde.

Schritt 1: Präparieren der Margarine. Es wurde die gleiche Margarine wie beim ersten Versuch verwendet. Sie wurde bei Raumtemperatur stehen gelassen, sodass sie langsam eine Temperatur von etwa 20 Grad Celsius erreichte. Die Packung wurde in drei gleich grosse Mengen Margarine aufgeteilt und in drei Becher-Behälter eingefüllt.

Schritt 2: Versetzen der Konservierungsmittel in die Margarine. Es wurden, wie beim Versuch 1, 0, 50 mg und 150 mg Natriumbenzoat abgewogen und in die Margarine eingebracht sowie anschliessend mit einem Glasstab vermischt.

Schritt 3: Versuchsaufbau. Siehe Abbildung 2.2.



Abbildung 2.2: Versuchsaufbau des 2. Versuchs.

2.3 Natriumnitrat (E 251) (Sebastian)

2.4 Material

Verwendet wurden für diese Experimente:

- 3x 100g Fleisch (sehr wichtig, dass alle Fleisch Stücke vom gleichen Schnitt kommen)
- 6x dicht verschliessbare Behälter (alle Behälter können verwendet werden, jedoch muss man sie luftdicht verschliessen können und sie sollen für die Dokumentation und Beobachtung durchsichtig sein)
- 3x 300ml Wasser (am besten destilliertes Wasser, sonst Wasser mit einem sehr geringen Mineralisations-Gehalt, weil es sonst die Ergebnisse verfälschen könnte)
- 3x 15g Kochsalz (Natriumchlorid NaCl ohne Mineralzusätze)
- 1x 250mg Natriumnitrat
- 1x 50mg Natriumnitrat
- 3x Rührstab

2.4.1 Versuch mit Fleisch

Der Versuch wurde in drei Teile unterteilt, um zu testen, ab welcher Natriumnitrat-Konzentration in der Pökellake ein Unterschied erkennbar wird. Man wird das Fleisch zuerst, je einzeln verschlossen in einer Pökelsalzlösung im Beutel, für 7 Tage einlegen. Dann wird das Fleisch entfernt und in neue Beutel für 7 Tage gelegt. Die Pökelsalzlösung in den drei Präparaten unterscheidet sich nur am Natriumnitrat-Gehalt.

Schritt 1: Versuchsaufbau. Man stellt die drei Behälter nebeneinander auf und schreibt sie unterschiedlich an (0mg, 50mg, 250mg). Nun schüttet man in jeden Behälter je 15g Natriumchlorid und je 300 ml Wasser. Man präpariert einen Rührstab für jeden Behälter. Die Rührstäbe dürfen nicht untereinander ausgetauscht werden. Mit dem Rührstab vermischt man das Kochsalz mit dem Wasser, bis sich die Salzkristalle vollständig aufgelöst haben. Nun gibt man in den Behälter, der mit 50mg markiert ist,

50mg Natriumnitrat und vermischt die Lösung, bis sich das Natriumnitrat aufgelöst hat. In den Behälter, der mit 250mg angeschrieben ist, gibt man 250mg Natriumnitrat und verröhrt auch diese Lösung, bis sich kein Natriumnitrat mehr erkennen lässt. Nun legt man in jeden Behälter ein 100g schweres Stück Fleisch hinein, so dass das Fleisch vollständig mit der Lösung bedeckt wird. Die Behälter muss man anschliessend dicht verschliessen und ausserhalb der Reichweite von Kindern aufbewahren.

Schritt 2: Beobachten und Notieren Jetzt gilt es, die Präparate genau zu beobachten und die Unterschiede zu notieren. Man soll vor allem auf die Farbe des Fleisches achten, weil Natriumnitrat zur Erhaltung der Rötung vom Fleisch beitragen soll.

Schritt 3: Umlagerung Nach 7 Tagen wird man die Fleischstücke umlagern. Man präpariert wieder je 3 neue Behälter, welche wieder dicht verschliessbar und durchsichtig sein müssen. Die Behälter werden erneut angeschrieben (0mg, 50mg, 250mg). Jetzt wird einzeln jedes Stück Fleisch aus der Pökellake herausgenommen und in den entsprechenden neuen Behälter gelegt (das Fleisch vom 0mg zum 0mg Behälter usw.). Besonders spannend ist es, jetzt die verschiedenen Gerüche zu beschreiben und zu seinen Notizen, Beobachtungen hinzuzufügen.

Kapitel 3

Resultate

3.1 Marmelade / Kaliumsorbat (Pelé)

3.1.1 Versuchsdokumentierung

Der Versuch ist am 15.10.15 gestartet worden. Der Kühlschrank ist auf 5°C eingestellt. Die Innentemperatur der Kartonbox beträgt im Mittel 20.5°C. Es wurde jeweils einmal morgens und einmal abends gemessen für zwei Wochen mit einem digitalen Thermometer.

3.1.2 Kühlschrankgruppe

Bis zum 29.10.15 hat sich kein bisschen Schimmel auf den vier Proben gezeigt. Jedoch gab es einen Wasserverlust, leicht zu erkennen an der sinkenden Füllhöhe. 2.11.15: Die Proben im Kühlschrank haben noch keinen sichtbaren Schimmel, jedoch fingen sie in den letzten Tagen an, unangenehm zu riechen. 10.11.15: Das Experiment wurde beendet. Die Proben sehen immer noch schimmelfrei aus, jedoch riechen sie sehr unangenehm. Sichtbarer Schimmel hat sich bis jetzt noch nicht gebildet. Auch die Füllhöhe der Petrischale ist massiv gesunken, weil das ganze Wasser in der Marmelade evaporiert ist.

3.1.3 Warmboxgruppe



Abbildung 3.1: 0mg, erste vier Tage

Erste vier Tage: Keine Probe hatte Schimmel (Abbildung ??).



Abbildung 3.2: 0mg, Tag 5

Tag 5: Erste Schimmelflecken bei der Probe ohne Konservierungsstoffe (Abbildung 3.2). Die anderen Proben sind in einwandfreiem Zustand.

Tag 7: 200 mg Probe fängt an zu schimmeln (keine Abbildung).



Abbildung 3.3: 200mg, Tag 8



Abbildung 3.4: 700mg, Tag 8

Tag 8: Die 200 mg Probe (Abbildung 3.3) schimmelt weiter, 700 mg (Abbildung 3.4) Probe hat angefangen zu schimmeln. Bei der 0 mg Probe bedeckt der Schimmel ca. 20% der Oberfläche (keine Abbildung).

Tage 9-12: Weiterer Schimmelzuwachs bei allen Proben bis auf die 400 mg Probe. Diese wurde noch nicht vom Schimmel befallen.



Abbildung 3.5: 0mg, Tag 13

Tag 13: 90% der 0 mg Probe sind bedeckt (Abbildung 3.5), 30% der 200 mg Probe sind bedeckt (keine Abbildung), 25% der 700 mg Probe sind bedeckt (keine Abbildung).



Abbildung 3.6: 0mg, Tag 15



Abbildung 3.7: 200mg, Tag 15

Tag 15: 0 mg Probe zu 100% bedeckt (Abbildung 3.6), 200 mg Probe zu 45% bedeckt (Abbildung 3.7), 700 mg zu 60% bedeckt (keine Abbildung). Jedoch ist die 400 mg Probe bis jetzt noch nicht befallen (keine Abbildung).

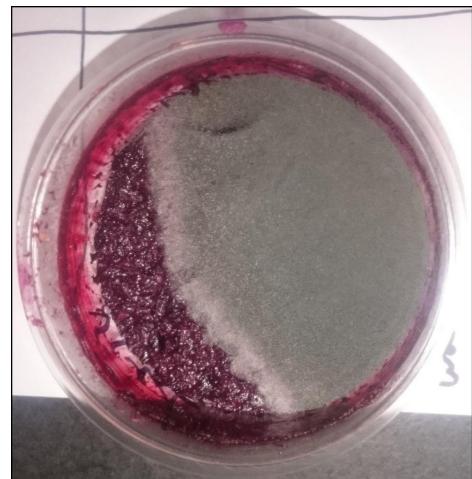


Abbildung 3.8: 200mg, Tag 16

Tag 16: 0 mg 100% bedeckt (keine Abbildung), 200 mg 55% bedeckt, 700 mg (Abbildung 3.8) 70-80% bedeckt. Die 400 mg Probe (keine Abbildung) hat noch keinen sichtbaren Schimmel, jedoch fing sie heute an unangenehm (“schimmelig”) zu riechen.

Tag 21: 0 mg 100% bedeckt, 200 mg 80% bedeckt, 700 mg 100% bedeckt, 400 mg kein sichtbaren Schimmel

Tag 25: Das Experiment wurde beendet. Alle Proben, bis auf die 400 mg Probe, sind komplett mit Schimmel bedeckt und riechen stark unangenehm. Die Füllhöhe der Petrischalen sind um $\frac{3}{4}$ gesunken im Vergleich zur Original-Füllhöhe.

3.2 Margarine / Natriumbenzoat (Max)

3.2.1 Versuch 1

Der Zustand der Proben mit der Margarine hat sich nach fünf Wochen wie folgt entwickelt:



Abbildung 3.9: Woche 5. Drei Glasbehälter mit Margarine und 0, 50 und >150 mg E 211 Natriumbenzoat

Während fünf Wochen hat sich die Margarine in Schichten aufgelöst: Das Öl lag auf den restlichen Bestandteilen der Margarine auf (Abbildung 3.9).

Auch nach zehn Wochen hat sich noch kein Schimmel auf der Margarine gebildet.

3.2.2 Versuch 2

Der Zustand der Margarinenproben hat sich nach 3 Wochen wie folgt entwickelt:



Abbildung 3.10: Woche 3. Drei Glasbehälter mit Margarine und 0, 50 und >150 mg E 211 Natriumbenzoat.

Es bildete sich kein Schimmel bei allen Präparaten. Jedoch wurde ein Unterschied der Farbe der Margarinenoberfläche festgestellt, der Geruch unterschied sich ebenfalls:

	0 mg/kg	500mg/kg	>1500mg/kg
Farbe der Oberfläche	leicht dunkel	hell	leicht dunkel, mit dunkleren Bruchstücken (siehe Tiefenstruktur, 3)
Geruch	leicht ranzig	sehr leicht ranzig, fast kein Geruch	sehr leicht ranzig, fast kein Geruch

Tiefenstruktur Siehe Abbildung 3.11.



Abbildung 3.11: Tiefenstrukturen der Margarinen mit 0, 50 und 150 mg E 211 Natriumbenzoat.

3.3 Fleisch / Natriumnitrat (Sebastian)



Abbildung 3.12: Fleisch mit 0mg, 50, 250mg Natriumnitrat, Tag 1.

Nach 1. Tag: Das Fleisch besitzt bei allen drei Versuchen momentan noch die rote Farbe, welche das Fleisch frisch aussehen lässt (Abbildung 3.12).



Abbildung 3.13: Fleisch mit 0mg, 50, 250mg Natriumnitrat, Tag 4.

Nach 4 Tagen: Das Fleisch Nr. 1 hat sich an den Rändern von rot in ein grünliches Grau leicht verfärbt. Dies ist leider nicht sehr gut auf dem Photo zu erkennen. Die anderen zwei Behälter ähneln sich immer noch sehr. Das kräftige Rot ist jedoch auch ein wenig verblassen (Abbildung 3.13).



Abbildung 3.14: Fleisch mit 0mg, 50, 250mg Natriumnitrat, Tag 7.

Nach 7 Tagen: Abbildung 3.14: Beim Fleisch Nr.1 sind jetzt deutliche Verfärbungen zu erkennen. Das Fleisch verbreitet einen starken, übeln Geruch. Fleisch Nr. 2 sieht noch ziemlich frisch aus. Jedoch ist auch hier ein Verblassen des kräftigen Rots zu erkennen. Das Fleisch hat im Vergleich zum Nr. 1 keinen Geruch. Das Fleisch Nr. 3 erstrahlt in einem kräftigen Rot und besitzt auch wie Nr. 2 keinen Geruch.



Abbildung 3.15: Fleisch mit 0mg Natriumnitrat, von links und rechts, Tag 14.

Nach 14 Tagen: Abschluss des Experiments. Das Fleisch Nr. 1 (Abbildung 3.15) hat sich komplett verfärbt. Nur an manchen stellen ist noch ein klarer roter Farbton zu erkennen. Die Farbe ist deutlich grüner geworden, im Vergleich zum Farbton vor 7 Tagen. Der Geruch ist unerträglich.



Abbildung 3.16: Fleisch mit 50mg Natriumnitrat, von links und rechts, Tag 14.

Das Fleisch, welches mit 50 mg Natriumnitrat eingelegt worden war (Abbildung 3.16), ähnelt sich jetzt auch stark dem Fleisch Nr.1. Das Fleisch hat auch fast flächendeckend seine Farbe verändert. Nur auf der Unterseite ist es noch zur Mehrheit rot. Man kann jedoch sehr gut die grüne Flüssigkeit im Plastiksack erkennen, welche sich vom Fleisch getrennt hat. Der Geruch ist nicht mehr neutral und ähnelt sich jetzt auch stark dem Verwesungsgeruch.



Abbildung 3.17: Fleisch mit 250mg Natriumnitrat, von links und rechts, Tag 14.

Fleisch Nr. 3 (Abbildung 3.17) besitzt im direkten Vergleich mit Fleisch Nr. 2 im Foto von unten ein viel kräftigeres, pinkes Rot. Auch von oben sieht das Fleisch Nr. 3 noch viel frischer aus. Am Rand kann man jedoch das Voranschreiten der Verfärbung gut beobachten. Der üble Geruch ist immer noch fast gar nicht vorhanden.

Kapitel 4

Diskussion

4.1 Marmelade / Kaliumsorbat (Pelé)

4.1.1 Kühlschrankgruppe

Die Proben im Kühlschrank haben während des ganzen Experimentes keinen sichtbaren Schimmel entwickelt. Allerdings fingen sie nach 4 Wochen an, schimmelig zu riechen. Ich denke, dass liegt daran, dass die konservierende Wirkung des Kaliumsorbats und Kühlschranks dem Schimmel keine Chance gaben, sich sichtbar und effektiv auszubreiten. Da aber die ganze Marmelade wahrscheinlich voll von Giftstoffen und Myzelien sind, angedeutet durch den Geruch, kann man sie klarerweise nicht mehr essen. Auch das Austrocknen der Marmelade hatte wahrscheinlich einen konservierenden Effekt, da dadurch das Schimmelwachstum gehindert wird. Alles in allem hielt die Marmelade sehr gut. Ohne Einmachglas und Zucker blieb sie etwa für zwei Wochen im Kühlschrank essbar. Danach wurde sie zu trocken. Mit Zusatzstoffen wie Zucker und einem Einmachglas hätte die Haltbarkeit sicher um das Zwei- bis Dreifache zugenommen.

Man kann also sehen, dass es für (halb-) flüssige Lebensmittel bessere Methoden zur Konservierung gibt, als diese mit synthetisierten Konservierungsstoffen vollzupumpen, da hier die physikalischen Methoden zur Konservierung ausgereicht hätten. Einerseits behindert die konstante Temperatur des Kühlschranks bei 5 °C das Schimmelwachstum und andererseits behindert der Kühlschrank selbst den Zugang des Schimmels zum Lebensmittel. Auch würde ein Einmachglas das Lebensmittel zusätzlich schützen, da es luftdicht und somit unüberwindbar für Keime und Schimmelsporen ist. Es ist sozusagen eine Abschottung zur Außenwelt.

4.1.2 Warmboxgruppe

Die Warmboxgruppe entwickelte relativ schnell Schimmel. Bereits nach vier Tagen traten die ersten Flecken auf. Dies ist ein grosser Unterschied zur Kühlschrankgruppe, welche nie von sichtbarem Schimmel befallen wurde. Der grosse Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist, dass die Warmboxgruppe an der warmen, frischen Luft liegt. Dadurch wird sie viel anfälliger auf Schimmel, da an der frischen Luft mehr Sporen vorhanden sind und die Zimmertemperatur von durchschnittlich 20 °C bietet ein gutes Klima für Schimmel.

Die erste Probe, welche von Schimmel befallen wurde, war die Probe ohne Konserverungstoffe. Am vierten Tag fing der Befall an, von da an wurde sie innerhalb von elf Tagen komplett zugedeckt mit Schimmel.

Die Probe, welche als zweites befallen wurde, war die 200 mg Probe, welche die geringste Kaliumsorbatkonzentration erhalten hat. Bei dieser Probe liess der Schimmelbefall länger auf sich warten als bei der Probe ohne Konservierungsstoffe. Ich bin der Ansicht, dass dies klar ein Effekt von Kaliumsorbat ist und er ist nicht irgendwelchen physikalischen Gegebenheiten zuzuordnen. Von den ersten Schimmelanzeichen an verlief der weitere Zuwachs eher gemässigt. Während bei der 0 mg Probe innerhalb von eineinhalb Wochen alles komplett zugedeckt war, war die 200 mg Probe erst nach 2-2.5 Wochen komplett bedeckt. Das ist klar auch wieder dem Kaliumsorbat zu verdanken, da es das Schimmelwachstum relativ stark behindert hat und es um eine Woche verlangsamen konnte.

Die dritte Probe, welche befallen wurde, war überraschenderweise nicht die 400 mg Probe, sondern die Probe mit 700 mg Kaliumsorbat. Dies ist ungewöhnlich, da man erwartet, dass die 400 mg Probe eine geringere Schimmelresistenz aufweisen würde, jedoch war dies nicht der Fall. Auch merkwürdig war, dass die 700 mg Probe fast das schnellste Schimmelwachstum besass. Innerhalb von einer Woche war sie nämlich schon zu $\frac{3}{4}$ mit Schimmel bedeckt. In der gleichen Zeit wurde die 200 mg Probe nur etwa zur Hälfte bedeckt. Da nicht mehrere Warmboxgruppen aufgestellt wurden und mehrere Anläufe des Experiments durchgeführt wurden, kann man bei so einem Ergebnis nur auf Zufall schliessen. Es ist auch nicht logisch anzunehmen, ab einer gewissen Konzentration Kaliumsorbat würde die Wirkung nachlassen, weswegen es höchstwahrscheinlich nur Zufall war.

Die 400 mg Probe hatte eigenartigerweise nie Schimmelbefall. Entweder war es nur Glück oder es gibt einen physikalischen Grund. Einen chemischen Grund kann es ja

nicht geben, da die Kaliumsorbitmenge mit absoluter Sicherheit nicht falsch abgewogen wurde. Denn es wurde dreimal kontrolliert, ob die richtige Menge vorhanden ist vor der Vermischung des Kaliumsorbates mit der Marmelade. Ich denke, die 400 mg Probe hatte "Glück" in diesem Sinne: Es war mir aufgefallen, dass die 400 mg Probe immer über eine geringere Füllhöhe verfügte als die anderen Proben, obwohl sie ursprünglich alle auf das gleiche Niveau gefüllt worden waren. Das geringere Füllniveau deutet einen grösseren Wasserverlust an, wodurch die Schimmelbildung behindert wäre. In diesem Fall hatte das einen grossen Einfluss, denke ich, da die Schimmelbildung komplett ausblieb. Natürlich ist nicht nur der Wasserverlust an diesem Ergebnis schuld. Kaliumsorbit hatte sicher eine grössere Wirkung als der Wasserverlust an sich, jedoch ist es ein Faktor, der nicht einfach ignoriert werden darf. Eigentlich war es der gleiche Fall wie in der Kühlschrankgruppe. Der Wasserverlust, zusammen mit der konservierenden Wirkung von Kaliumsorbit, verhinderte sichtbaren Schimmel, jedoch nicht einen unangenehmen Geruch.

Ich glaube, bei der Warmboxgruppe hätte die Schimmelbildung weitgehend einfacher behindert werden können als durch Kaliumsorbit. Ein Einmachglas und natürliche Konservierungsstoffe wie Zucker hätten die gleiche Arbeit verrichtet, vielleicht sogar noch effektiver.

4.2 Margarine / Natriumbenzoat (Max)

Die Margarine hat sich nach zwei Wochen in Schichten aufgelöst, weil die verwendete Margarine eine Pflanzenmargarine war: So bestand sie praktisch ausschliesslich aus einem Gemisch von verschiedenen Ölen. Da sich das Öl von den restlichen Bestandteilen der Margarine löste und sich an der Oberfläche ansammelte, konnte sich kein Schimmel bilden. Schimmel benötigt Wasser, um sich zu bilden. Das Öl verdrängte Wasser, und darum waren die Teile der Margarine, an denen sich Schimmel bilden könnte (wie zum Beispiel Kokosöl), von einer Ölschicht isoliert.

Öl kann durchaus verderben, jedoch nicht, weil es mit Schimmel bedeckt wird, sondern weil es "ranzig" wird: Durch Oxidation zerfallen die Lipide in übelriechende Substanzen. Der Geruch wurde in der 5. Woche getestet: Die Margarine, die keine Konservierungsstoffe enthielt, roch am stärksten, während die Margarine, die >1500mg Konservierungsstoffe enthielt, am wenigsten stark roch. Der Geruch war nicht sehr unangenehm, er war dem Geruch einer frischen Margarine sehr ähnlich.

Da sich beim ersten Versuch im Laufe der Zeit eine Ölschicht bildete, wurde wie erwähnt ein zweiter Versuch durchgeführt, bei dem die Margarine nicht erhitzt wurde. Es wurde vermutet, dass die hohe Temperatur der Margarine die Struktur so verändert hatte, dass sich sich die verschiedenen Öle nicht mehr binden konnten und so keine gleichmässige Verteilung der Öle möglich war.

Es wurde erwartet, dass sich so Schimmel an der Margarine bilden könnte, da nicht nur das Öl der Margarine mit der Luft in Kontakt war, sondern alle Bestandteile. Es entstand jedoch kein Schimmel, die Margarine trocknete nur an der Oberfläche. Der Geruch entwickelte sich wie beim 1. Versuch: Die Margarine, deren Konservierungsstoffkonzentration am niedrigsten war, roch am intensivsten.

4.3 Fleisch / Natriumnitrat (Sebastian)

Durch das Experiment mit Natriumnitrat konnte man die effektive Konservierung dieses Stoffes gut beobachten. Das Präparat ohne Natriumnitrat hat schon nach kurzer Zeit Anzeichen auf eine Verwesung gezeigt. Nach 14 Tagen hat das Fleisch praktisch seine ganze rote Farbe verloren und sich komplett grau verfärbt. Der Geruch zeigt auch, wie stark die Verwesung bei diesem Fleisch schon voran geschritten ist. Der Salzgehalt alleine in der Lösung reicht folglich nicht aus, um die Verwesung ersichtlich zu hemmen. Die Experimente im Zusammenhang mit wenig Natriumnitrat haben schon sehr viel bessere Ergebnisse ergeben. Bereits der Versuch mit nur 50 mg Natriumnitrat in der Pökellösung hat den ersichtlichen Verwesungsprozess um 7 Tage aufgeschoben. Beim Umlagern vom Fleisch der Natriumnitrat-Lösungen nach 7 Tagen, erkennt man auch, dass ein übler Geruch nicht vorhanden ist. Das Fleisch riecht immer noch frisch. Erst nach einer weiteren Woche ist auch bei diesem Fleisch jetzt der Verwesungsprozess erkennbar. Erst beim Öffnen des Behälters, nach zwei Wochen, herrscht auch hier ein starker Gestank. Beim dritten Versuch, wo die Natriumnitrat Konzentration verfünffacht wurde, hat man, wie erwartet, die besten Resultate bekommen. Das Fleisch besitzt nach 14 Tagen immer noch seine rote Farbe und weist keinen üblen Geruch auf. Man kann keinen wesentlichen Unterschied erkennen vom Anfang bis zum Ende des Experiments. Diese eindeutigen Resultate weisen darauf hin, wie essenziell Nitrite, bei der Herstellung von Pökelprodukten, sind. Die Nitrite, welche bei der Umwandlung von Nitraten zu Nitrite entstehen, versichern die Langlebigkeit dieser Produkte. Zudem sind sie auch ein wichtiger Bestandteil, dass die Produkte bis zum Schluss appetitlich aussehen und den Kunden zum Kauf animieren.

Kapitel 5

Schlusswort und Reflexion

In diesem Bericht wurde Wissen über Konservierung von Lebensmitteln selbstständig erarbeitet, wie zum Beispiel welche verschiedenen Konservierungstechniken existieren oder welche Typen von Konservierungsmitteln im Alltag verwendet werden. Zudem wurde die Funktionsweise von Pilzen, die die Nahrung verderben können (Schimmelpilze), recherchiert und dokumentiert.

Da verschiedene Arten von Konservierungsstoffen unterschiedlich funktionieren und für verschiedene Lebensmittel geeignet sind, wurden drei Versuche mit je einem Konservierungsstoff und Lebensmittel durchgeführt, um deren Wirkung nachzuweisen.

Von diesen drei Versuchen lieferten zwei das erwartete Ergebnis: Die Schimmelbildung wurde bei den Proben mit höherer Konservierungsstoffkonzentration verringert. Bei einem Versuch ist es nicht “gelungen”, das Lebensmittel mit Schimmel befallen zu lassen.

Insgesamt gab dieses Projekt einen umfassenden, aufschlussreichen und gründlichen Einblick in und Verständnis für das vielfältige Thema der Konservierung von Lebensmitteln und brachte ebenfalls Übung im selbständigen Verfassen einer wissenschaftlichen Arbeit.

Anhang A

Literaturverzeichnis

- [1] *Konservierungsmittel*. Wikipedia. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Konservierungsmittel> (besucht am 26.10.2015).
- [2] *Liste der Lebensmittelzusatzstoffe*. Wikipedia. URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Lebensmittelzusatzstoffe (besucht am 26.10.2015).
- [3] *Konservierungsmethoden*. Wikipedia. URL: <http://www.lebensmittellexikon.de/k0000780.php> (besucht am 29.10.2015).
- [4] *Schimmelpilz*. Wikipedia. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Schimmelpilz> (besucht am 26.10.2015).
- [5] *Schimmelpilz in Lebensmitteln*. Wikipedia. URL: <http://www.zentrum-der-gesundheit.de/schimmelpilz-in-lebensmitteln-ia.html> (besucht am 26.10.2015).
- [6] *Kaliumsorbat*. Wikipedia. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumsorbat> (besucht am 26.10.2015).
- [7] *Kaliumsorbat*. URL: http://www.zusatzstoffe-online.de/zusatzstoffe/51.e202_kaliumsorbat.html (besucht am 26.10.2015).
- [8] Vogel und Prahl. *Sorbinsäure als Konservierungsmittel*. VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1968. ISBN: 0-8493-6786-7.
- [9] *Natriumbenzoat*. Wikipedia. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Natriumbenzoat> (besucht am 26.10.2015).
- [10] *Natriumnitrat*. Wikipedia. URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Natriumnitrat> (besucht am 01.12.2015).
- [11] *Konservierungsstoffe*. URL: http://www.gesundheits-lexikon.com/Mikronaehrstoffmedizinische_Praevention-und-Therapie-mit-Mikronaehrstoffen-Vitalstoffen-/Lebensmittelqualitaet/Konservierungsstoffe.html (besucht am 01.12.2015).
- [12] *E200 - 249*. URL: http://www.gifte.de/Lebensmittel/e_200_-_249.htm (besucht am 22.11.2015).
- [13] *Liste der Lebensmittelzusatzstoffe*. Wikipedia. URL: https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Lebensmittelzusatzstoffe (besucht am 10.11.2015).

- [14] *Schnelle Marmelade ohne Zucker zum Selbermachen.* URL: <http://www.mydailygreen.de/rezepte/schnelle-marmelade-ohne-zucker-zum-selbermachen/> (besucht am 23.11.2015).

Anhang B

Abbildungsverzeichnis

1.1	Strukturformel von Kaliumsorbat	4
1.2	Entstehung von Benzoësäure	5
1.3	Entstehung von Natriumbenzoat	5
1.4	Wirkung des Enzyms Katalase: Setzt Wasserstoffperoxid in Sauerstoff und Wasser um	6
1.5	Strukturformel von Natriumnitrat	6
1.6	Reduktion von Natriumnitrat zu Natriumnitrit	7
2.1	Woche 1. Drei Glasbehälter mit Margarine und 0, 50 und 150 mg E 211 Natriumbenzoat	11
2.2	Versuchsaufbau des 2. Versuchs.	13
3.1	0mg, erste vier Tage	17
3.2	0mg, Tag 5	17
3.3	200mg, Tag 8	18
3.4	700mg, Tag 8	18
3.5	0mg, Tag 13	19
3.6	0mg, Tag 15	19
3.7	200mg, Tag 15	20
3.8	200mg, Tag 16	20
3.9	Woche 5. Drei Glasbehälter mit Margarine und 0, 50 und >150 mg E 211 Natriumbenzoat	22

3.10 Woche 3. Drei Glasbehälter mit Margarine und 0, 50 und >150 mg E 211 Natriumbenzoat.	23
3.11 Tiefenstrukturen der Margarinen mit 0, 50 und 150 mg E 211 Natriumbenzoat.	24
3.12 Fleisch mit 0mg, 50, 250mg Natriumnitrat, Tag 1.	24
3.13 Fleisch mit 0mg, 50, 250mg Natriumnitrat, Tag 4.	25
3.14 Fleisch mit 0mg, 50, 250mg Natriumnitrat, Tag 7.	25
3.15 Fleisch mit 0mg Natriumnitrat, von links und rechts, Tag 14.	26
3.16 Fleisch mit 50mg Natriumnitrat, von links und rechts, Tag 14.	27
3.17 Fleisch mit 250mg Natriumnitrat, von links und rechts, Tag 14.	28

Anhang C

Digitale Version

Die digitale Version dieser Arbeit kann als PDF mit klickbaren Zitaten, Referenzen und Links hier gefunden werden:

<https://mmathys.github.io/pu.pdf>