

**LEITFADEN FÜR DIE VERARBEITUNG VON OBST- UND
GEMÜSEPRODUKTEN IN KLEINEN UND MITTLEREN
PRODUKTIONSBETRIEBEN**



Elena Venir

Demian Martini Lösch

Flavia Bianchi



Leitfaden für die Verarbeitung von Obst- und Gemüseprodukten in kleinen und mittleren Produktionsbetrieben

Elena Venir, Demian Martini Lösch, Flavia Bianchi

Versuchszentrum Laimburg

elena.venir@laimburg.it

VORWORT

In dieser Anleitung wird die Thematik mikrobiologische Sicherheit bei der Herstellung von Obst- und Gemüsekonserven besprochen. Die Vorgaben gelten für kleine und mittlere Produktionsbetriebe. Dieser Leitfaden, der keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, ist eine technisch-operative Unterstützung für die Verarbeitung von pflanzlichen Nahrungsmitteln im kleinem Maßstab. Diese Anleitung ist das Ergebnis einer direkten Analyse der Produktionsverfahren und durch die effektive Zusammenarbeit zwischen Laimburg, dem Südtiroler Bauernbund (SBB) und der Südtiroler Produzenten entstanden ist.

Unser besonderer Dank geht an die lokalen Produzenten, die es ermöglicht haben, Daten und Problematik in der Region zu sammeln.

Dieses Projekt wurde von der Autonomen Provinz Bozen - Südtirol im Rahmen der programmatisch-finanziellen Vereinbarungen "Capacity Building", "Capacity Building 2" und "Aktionsplan für Forschung und Ausbildung im Bereich Berglandwirtschaft und Lebensmittelwissenschaften" finanziert.



Inhaltsverzeichnis

1	STABILITÄTSFAKTOREN FÜR GEMÜSEKONSERVEN.....	4
1.1	Intrinsische Faktoren.....	5
1.1.1	Säure und pH-Wert.....	5
1.1.1	Wasseraktivität (a_w).....	9
1.1.2	An-/Abwesenheit von Sauerstoff.....	11
1.1.3	Chemische Zusammensetzung	12
1.2	Extrinsische Faktoren.....	13
1.2.1	Wärmebehandlung.....	13
1.2.2	Lagertemperatur.....	16
2	MIKROBIOLOGISCHE GEFAHREN.....	18
2.1	Listeria monocytogenes	18
2.2	Enterobacteriaceae	19
2.3	Clostridium botulinum	20
3	SAURE UND ANGESÄUERTE KONSERVENS.....	24
4	HERSTELLUNG VON PFLANZICHEN KONSERVEN.....	26
4.1	Reinigung und Vorbereitung der Gläser.....	28
4.2	Auswahl und Vorbereitung von Deckeln	28
4.3	Verfahren zum Füllen von Gefäßen.....	29
4.4	Wärmebehandlung: operative Details.....	29
4.4.1	Pasteurisierung (saure Produkte pH < 4.5).....	29
4.4.2	Sterilisation (nicht saure Produkte pH > 4.5)	32
5	ARBEITSSCHEMA: Ziele, Kontrollen und Laborausrüstung.....	33
5.1	Welche Art von Produkt möchte ich erhalten?	33
5.2	Wie soll ich das Produkt verarbeiten?	33



Postadresse | Indirizzo postale

Laimburg 6, Pfatten | Vadena
39040 Auer | Ora (Italy)

Steuer-Nr. + MwSt.-Nr. (cod.fisc. + part. IVA) VAT number: IT00136670213

VWV Nummer/numero REA: BZ-201006 vom/del 17/10/2011



versuchszentrum@laimburg.it
centrodisperimentazione@laimburg.it
laimburg.research@pec.prov.bz.it



T +39 0471 969 500

F +39 0471 969 599



www.laimburg.it



5.3	Welche Überprüfungen muss ich vornehmen?.....	36
5.4	Was wird im Labor benötigt, um die Kontrollen durchzuführen?	36
6	BEISPIELE FÜR PROBLEME BEI DER PRODUKTION	37
7	WESENTLICHE BIBLIOGRAPHIE	40



1 STABILITÄTSFAKTOREN FÜR GEMÜSEKONSERVEN

Definition von Konserven:

Unter Konserven versteht man verpackte Lebensmittel, die durch einen oder mehrere technologische Eingriffe stabilisiert werden. Diese Eingriffe sind nötig; um die, chemischen, physikalischen und mikrobiologischen Ursachen des Verfalls zu minimieren. Das Produkt wird dabei so verpackt, dass die stabilen Bedingungen, die das Lebensmittel bei Raumtemperatur haltbar machen, erhalten bleiben.

Es gibt mehrere Systeme, auf denen Stabilisierungstechniken basieren: physikalische, wie Wärmebehandlung, Dehydrierung, Gefrieren usw.; chemische, einschließlich antimikrobieller Mittel, Antioxidantien usw.; chemisch-physikalische, einschließlich pH-Wert, Oxidations-Reduktions-Potential usw. und biologische, wie Fermentation. Es ist möglich, jedes System einzeln zu verwenden oder mehrere Systeme zu kombinieren, um die Produktion zu diversifizieren.

Die mikrobiologischen Sicherheitsfaktoren von Gemüsekonserven lassen sich in zwei Kategorien einteilen: intrinsische und extrinsische:

- **Intrinsische Faktoren** → pH-Wert, Wassergehalt, reduzierendes Oxidationspotential, Vorhandensein von Nährstoffen, Verbindungen die das mikrobielle Wachstum erleichtern oder hemmen können.
- **Extrinsische Faktoren** → sie schließen die Temperatur (einer eventuellen Wärmebehandlung und/oder Lagerung) und die Atmosphäre die das Lebensmittel umgibt ein.



1.1 Intrinsische Faktoren

1.1.1 Säure und pH-Wert

Der pH-Wert gibt den Säuregrad einer Substanz an. Er wird auf einer Skala von 0 bis 14 angegeben; der Zwischenwert "7" entspricht der Neutralität, Werte unter 7 sind charakteristisch für saure Stoffe, während Werte über 7 für basische Stoffe charakteristisch sind. Der pH-Wert wird mit dem pH-Meter gemessen. Ein solches Messgerät besteht aus einer Elektrode, welche an ein elektronisches Gerät angeschlossen ist. Gewöhnlich wird die Elektrode in mehr oder weniger viskosen Flüssigkeitsmatrizen verwendet, im Handel findet man jedoch auch Modelle (**Abbildung 1**), die die Messung von festen und halbfesten Proben ermöglichen. In diesem Fall können die Messungen an mehreren Punkten der Probe durchgeführt werden, wodurch auch eine mögliche Heterogenität festgestellt werden kann.

Die Elektrodenspitze kann unterschiedlich groß sein und unterschiedliche Geometrien haben: kugelförmig, konisch, flach (**Abbildung 1**).

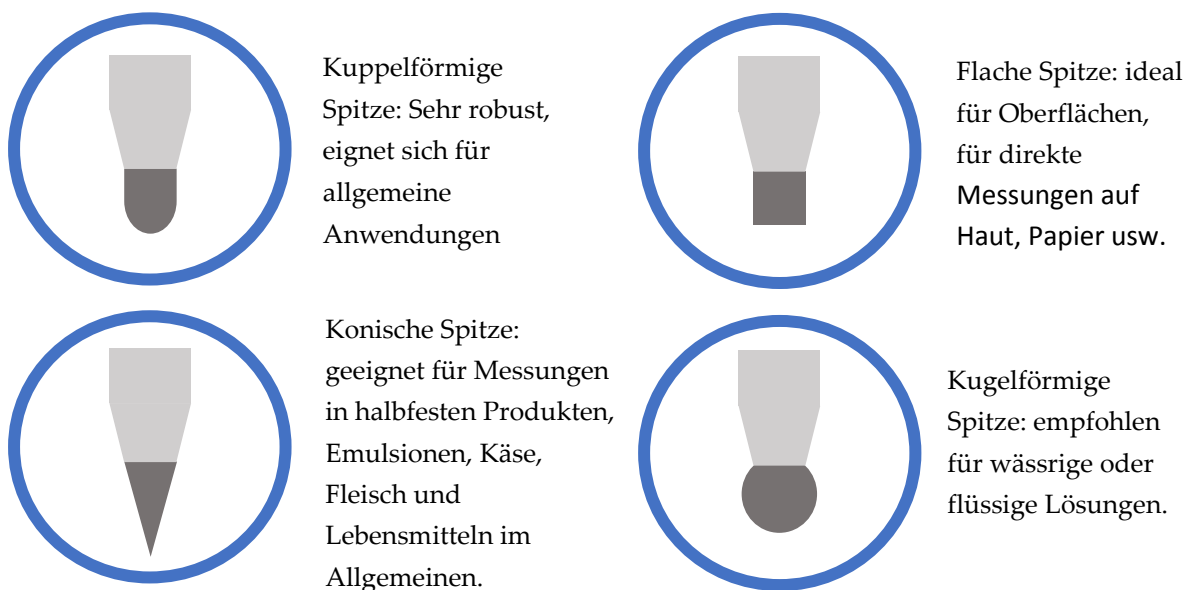


Abbildung 1. Schematische Darstellung einiger Spitzentypen von pH- Elektroden.

Mikroorganismen sind auf unterschiedliche pH- Werte angepasst, bei denen sie optimal Wachsen und sich vermehren können. Je nach pH-Optimum können sie in folgende Kategorien eingeteilt werden: acidophile (pH 2 - 5,5), neutrophile (pH 5,5 - 8), alkalophile (pH 8,5 - 11,5) und extreme alkalophile (pH > 10). Im Allgemeinen bevorzugen Bakterien pH-Werte, die nahe an der Neutralität liegen.

Pflanzliche Produkte haben im Allgemeinen einen pH-Wert unter 7. Obst ist eher sauer, pH-Wert < 4,5, während Gemüse leicht sauer ist, pH-Wert > 4,5. **Abbildung 2** zeigt in schematischer Weise die Einordnung der pflanzlichen Produkte in die pH-Skala. Dabei wird das pH-Optimum des Wachstums und der Vermehrung als entscheidendes Kriterium gewertet.

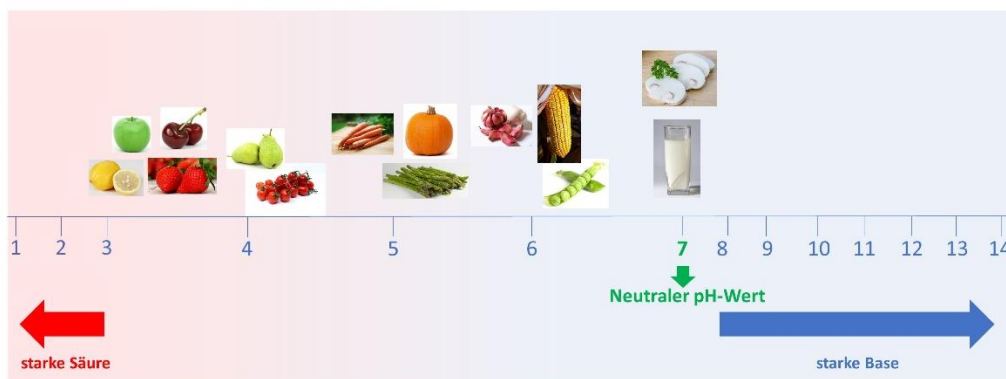


Abbildung 2. Einordnung einiger Nahrungsmittel in die pH- Skala.

Allgemeines Verfahren zur pH-Bestimmung

Die Justierung des Gerätes und der Elektroden erfolgt mit Hilfe der vorgefertigten Speziallösungen, nach den Anweisungen des Gerätes. Wenn nicht anders angegeben, ist das Verfahren im Allgemeinen wie folgt:

1. Die Elektrodenspitze etwa 1 Minute lang in die Pufferlösung mit pH 7.00 eintauchen und den Messwert auf den Wert einstellen.
2. Die Elektrode mit Wasser waschen und mit Zellstoff abtrocknen.



3. Die Elektrodenspitze etwa 1 Minute lang in die Pufferlösung mit einem pH-Wert von 4,00 eintauchen und den Messwert auf diesen Wert einstellen.
4. Die Elektrode mit Wasser waschen und mit Zellstoff abtrocknen.

Bestimmen des pH-Wertes der Proben

Einige Produkte sind heterogen, diese könnten zum Beispiel aus flüssigen und festen Komponenten mit unterschiedlichem Säuregehalt bestehen. Andere Produkte können wiederum halbfest sein. Jede dieser Kategorien muss einer geeigneten Probenvorbereitung unterzogen werden. Das im Code of Federal Regulations (CFR, Title 21) der FDA festgelegte Verfahren bietet folgende allgemeine Richtlinien in Bezug auf den Produkttyp.

Flüssige Proben:

1. Anpassung der Probentemperatur an die Raumtemperatur (25°C).
2. Die Elektrode in die Probe eintauchen und den pH-Wert ablesen.
3. Spülen und Trocknen der Elektrode, bevor die Messung an einem weiteren Teil bzw. Bereich in der Probe, wiederholt wird. Um die Homogenität der Probe zu bewerten, überprüft man die Übereinstimmung der in zwei aufeinanderfolgenden Messungen ermittelten pH-Werte in der gut gemischten Probe.

Feste Proben oder Mischungen aus festen und flüssigen Komponenten

1. Trennen Sie den Inhalt des Behälters mit einem Sieb. Notieren Sie das Gewicht des flüssigen und festen Anteils und halten Sie die beiden Fraktionen getrennt.
2. Wenn die Flüssigkeit sehr ölig ist, trennen Sie die ölige Phase von der wässrigen Phase mit einem Scheidetrichter. Entfernen Sie die ölige Phase und behalten Sie die wässrige Phase. Bringen Sie diese auf 25°C, um den pH-Wert zu messen.



3. Entfernen Sie die abgetropften festen Anteile aus dem Sieb, zerkleinern Sie sie, bis eine homogene Paste entsteht. Stellen Sie die Temperatur auf 25°C ein und messen Sie den pH-Wert.
4. Mischen Sie die festen und flüssigen Fraktionen im gleichen Verhältnis, wie sie ursprünglich im Behälter vorhanden waren und zermahlen Sie alles, bis eine homogene Konsistenz erreicht ist. Stellen Sie die Temperatur auf 25°C ein und bestimmen Sie den pH-Wert. Alternativ kann der gesamte Inhalt des Gefäßes zermahlen werden, bis eine homogene Paste entsteht.

Maßnahmen um eine korrekte Funktion des pH-Meters zu sichern

- Überwachen Sie regelmäßig den Füllstand der KCl-Lösung, damit die Elektrode nicht beschädigt wird (der empfindliche Kolben der Elektrode muss feucht gehalten werden).
- Einige Stunden vor der Verwendung müssen die Elektroden in eine Pufferlösung eingetaucht werden. Dazu verwendet man entweder destilliertes bzw. deionisiertes Wasser oder andere vom Hersteller angegebene Flüssigkeiten.
- Elektroden sollten vor dem Eintauchen in den Standardkalibrierungspuffer mit Wasser gespült werden.
- Zwischen einer Messung und der nächsten müssen die Elektroden mit Wasser oder mit der nächsten zu analysierenden Lösungen gespült werden.

Kolorimetrische Methoden

Wenn der pH-Wert des Endprodukts unter 4 liegt, können zur Verkürzung der Analysezeiten auch kolorimetrische Methoden angewandt werden. Diese Methoden sind nicht geeignet für gefärbte Produkte wie z.B. rote Fruchtsäfte oder Fruchtextrakte, Rote-Rüben-Extrakt, grüne Blattpürees usw.).



- **Indikator-Lösung**

Es werden Farbindikatoren verwendet, bei denen es ab einem bestimmten pH-Wert zu einem Farbumschlag kommt. Die vom Indikator angenommene Farbe gibt den pH-Wert der analysierten Probe an.

- **Indikatorpapier (Lackmustest)**

Ein spezielles Indikatorpapier (z.B. Lackmuspapier), wird in die zu testende Lösung eingetaucht. Die Farbe des Papiers verändert sich, und der ungefähre pH-Wert der Probe wird durch Vergleich der erfassten Farbe mit einer Farbskala bestimmt.

1.1.1 Wasseraktivität (a_w)

Seit der Antike werden Lebensmittel durch Dehydrierung konservieren. Dabei wird entweder Wasser entfernt oder es werden osmotisch aktive Substanzen wie Salz und Zuckern verwendet.

Die Wasseraktivität ist definiert als das Verhältnis zwischen dem Dampfdruck von Wasser im Lebensmittel (P) und dem Dampfdruck von reinem Wasser (P_0) bei gleicher Temperatur. Ausgedrückt wird das ganze durch folgende Formel:

$$a_w = \frac{P}{P_0}$$

Unter Wasseraktivität versteht man das Maß an verfügbarem Wasser. Eine hohe Wasseraktivität bedeutet also eine große Menge an Wassermolekülen, die für den Stoffwechsel von Mikroorganismen und für enzymatische und chemische Reaktionen zur Verfügung stehen. Lebensmittel mit hoher Wasseraktivität sind anfälliger für Veränderungen mikrobiellen Ursprungs als Lebensmittel mit geringer Wasseraktivität. **Tabelle 1** zeigt einige in der Lebensmitteltechnologie wichtige

Mikroorganismen und die Wasseraktivität a_w bei der sie zu Problemen führen können. Außerdem sind Beispiele von Lebensmitteln angegeben in welchen die Schädlinge besonders häufig vorkommen.

Zur Messung der a_w im Lebensmittelbereich können mehrere Instrumente verwendet werden. In der Regel sind dies, kapazitive Sensoren (deren Dielektrikum mit der Luftfeuchtigkeit variiert) oder die präziseren, aber teureren Taupunkthygrometer.

Tabelle 1. Wasseraktivitäten (a_w) ab denen bestimmte Mikroorganismen auftreten und Lebensmittel, welche sich durch die jeweilige a_w auszeichnen (Alzamora et al. 2000).

a_w	Art der Mikroorganismen			Betroffene Lebensmittel
	Bakterien	Schimmelpilze	Hefen	
0.99	<i>Campylobacter jejuni</i>			
0.97 – 0.95	<i>Aeromonas hydrophila</i> <i>Clostridium botulinum non proteolitico</i> <i>Clotridium perfringens</i> <i>Pseudomonas fluorescens</i> <i>Yersinia enterocolitica</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Shigella spp.</i> <i>Vibrio cholerae</i>			Frisches Fleisch, frisches Gemüse und Obst
0.95 – 0.93	<i>Clostridium botulinum proteolitico</i> <i>Vibrio parahaemolyticus</i> <i>Bacillus cereus</i> <i>Salmonella spp.</i>	<i>Rhizopus nigricans</i> <i>Stachybotrys atra</i>		Mayonnaise, Käse, Rohschinken und andere Wurstwaren, leichte Konfitüren, Backwaren
0.92 – 0.90	<i>Listeria monocytogenes</i> <i>Bacillus cereus</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Staphylococcus aureus</i> (anaerobio)	<i>Trichothecium roseum</i>		
0.89 – 0.86	<i>Staphylococcus aureus</i> (aerobio)		<i>Candida</i> <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	
0.85		<i>Aspergillus clavatus</i>		Gereifter Käse, Salami, Trockenfleisch,
0.84		<i>Byssoschlamys nivea</i>		Fruchtkonfitüren, konzentrierte Säfte, Obstkuchen, weiche Backpflaumen, Kondensmilch, Marmeladen und Gelees
0.83		<i>Penicillium expansum</i> <i>Penicillium islandicum</i> <i>Penicillium viridicatum</i>	<i>Debaryomyces hansenii</i>	
0.82		<i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Aspergillus parasiticus</i>		
0.81 – 0.80		<i>Penicillium cyclopium</i> <i>Penicillium patulum</i> <i>Saccharomyces bailii</i>		
0.79		<i>Penicillium martensii</i>		Gesalzener Fisch, Melasse, Pflaumen, Marzipan,
0.78		<i>Aspergillus flavus</i>		
0.77		<i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus ochraceous</i>		

0.75	<i>Aspergillus restrictus</i> <i>Aspergillus candidus</i>	getrocknete Feigen, Datteln
0.71	<i>Eurotium chevalieri</i>	
0.70	<i>Eurotium amstelodami</i>	Walnüsse,
0.62	<i>Saccharomyces rouxii</i>	Haferflocken,
0.61	<i>Monascus bisporus</i>	Trockenfrüchte, Honig
0.50		Pulver aus: Milch,
0.40		Kaffee, Eiern, Kakao;
0.30	Es gibt kein mikrobielles Wachstum	Cracker, Grissini, Snacks.
<0.20		Mehl, Getreide, Süßigkeiten

1.1.2 An-/Abwesenheit von Sauerstoff

Die Anwesenheit oder Abwesenheit von Sauerstoff (Redox-Potential) beeinflussen die Mikroflora in den Lebensmitteln und damit die Art der Veränderungen, die sie durchlaufen. Gase kommen im oberen Teil von Konserven oder innerhalb der Lebensmittelmatrix vor, aber auch in Flüssigkeiten können Gase gelöst sein. Wenn in der Umgebung Luft und damit Sauerstoff vorhanden ist, spricht man von aeroben und oxidierendem Milieu. In Gegenwart bestimmter Gase oder reduzierender chemischer Gruppen spricht man von anaeroben und reduzierendem Milieu (z.B. -SH-Gruppen in Fleisch, Ascorbinsäure und reduzierende Zucker in Obst und Gemüse).

Aus der Sicht der Sauerstoffnutzung können Mikroorganismen in mehrere Kategorien unterteilt werden, wie in **Tabelle 2** dargestellt.

Tabelle 2. Einteilung der Mikroorganismen nach ihrem Verhalten gegenüber Sauerstoff (Venir et al. 2012).

Aerob	Wachstum in Gegenwart von Sauerstoff
Anaerob	Wachstum in Abwesenheit von Sauerstoff
Obligat aerob	Benötigen Sauerstoff für das Wachstum
Fakultativ anaerob	Brauchen keinen Sauerstoff für das Wachstum, favorisieren jedoch Umgebungen mit Sauerstoff
Aerotollerant	Werden nicht durch die Anwesenheit von Sauerstoff beeinflusst
Obligat anaerob	Tolerieren keinen Sauerstoff
Mikroaerophile	Wachsen am besten bei geringen Sauerstoffkonzentrationen



Auf den Oberflächen von Lebensmitteln herrschen im Allgemeinen aerobe Bedingungen. Im Inneren der Lebensmittel können sich währenddessen Anaerobier entwickeln.

Aerobe Mikroorganismen, oxidieren Nährstoffe, wodurch sie die Sauerstoffkonzentration reduzieren, was dazu führt, dass Bedingungen anaerob werden. Ändern sich die Verhältnisse zugunsten der anaeroben Mikroorganismen, führt dies oft zu Fäulnis bzw. zur Bildung von übelriechenden Metaboliten.

Bei pflanzlichen Konserven begünstigen Verarbeitungsschritte wie z.B. Wärmebehandlungen oder die Verwendung von Ölen als Konservierungsmittel, die Schaffung anaerober Bedingungen. Damit können oxidative Phänomene verhindert werden, wodurch die Farbe und die ernährungsphysiologischen Eigenschaften der Produkte stabilisiert werden. Andererseits fördern anaerobe Bedingungen die Entwicklung bedeutende Krankheitserreger, wie z.B. *Clostridium botulinum*. Es ist daher von grundlegender Bedeutung, die technologischen Schritte nach der Art der potenziell vorhandenen Mikroflora auch in Bezug auf das Vorhandensein/Fehlen von Sauerstoff zu definieren.

1.1.3 Chemische Zusammensetzung

Die chemische Zusammensetzung des Produkts (Kohlenhydrate, Proteine und Fette) kann das Wachstum bestimmter Mikroorganismen begünstigen oder hemmen. Die häusliche Produktion zeichnet sich durch das Fehlen von Substanzen mit antimikrobieller Wirkung aus. Dies verleiht der Produktion im kleinen Maßstab besonderen Wert. Andererseits muss der Produktionsprozess genauer definiert werden, da die in der industriellen Produktion typischen mikrobiellen Hürden fehlen.



1.2 Extrinsische Faktoren

Wie bereits erwähnt, beeinflussen extrinsische Faktoren das Verhalten von Mikroorganismen, wie z.B. die Wärmebehandlung, die Temperatur und die Lagerungsatmosphäre.

Die Wärmebehandlung, der eine Konserve in der Regel unterzogen wird, ist von grundlegender Bedeutung, da die gesundheitliche Sicherheit des Endprodukts maßgeblich davon abhängt.

Durch die Wärmebehandlung wird die Stabilität der Konserven bei Raumtemperatur gewährleistet. Somit ist keine Kühlung des Produkts während der Lagerung erforderlich.

1.2.1 Wärmebehandlung

Die am häufigsten angewandten Wärmebehandlungen sind Pasteurisation und Sterilisation.

Pasteurisation

Als Pasteurisation bezeichnet man eine kurzzeitige Wärmebehandlung bei Temperaturen $\leq 100^{\circ}\text{C}$. Die meisten vegetativen Formen von Mikroorganismen werden durch eine solche Behandlung beseitigt, Enzyme werden inaktiviert. Nicht wirksam ist die Methode gegen die meisten bakteriellen Sporen. In Abhängigkeit von den inhärenten Eigenschaften der Produkte und der Art ihrer Lagerung, kann eine Pasteurisierung die Haltbarkeit (*shelf life*) von pflanzlichen Lebensmitteln um mehrere Monate verlängern. Bei Produktionen im kleinen Maßstab ist es üblich, eingelegte Produkte durch Kochen im Wasserbad zu pasteurisieren. Für eine wirksame Pasteurisation sollte die thermische Resistenz von Mikroorganismen berücksichtigt

werden, insbesondere derer welche in der Gemeinschaftsverordnung als Krankheitserreger angegeben sind.

Tabelle 3 zeigt die dezimalen Reduktionszeiten bei 70°C (D70) von pathogenen Mikroorganismen, die in pflanzlichen Produkten vorkommen können. Die Behandlungstemperatur, welche in diesem Fall 70°C beträgt, bezieht sich immer auf den Kern der Produkte.

Bei geschnittenem Obst und Gemüse muss die Temperatur durch Einführen der Temperatursonde in ein repräsentatives Stück des Produkts gemessen werden. Ist das Produkt verpackt sollte sich das Stück in der Mitte der Packung befinden.

Tabelle 3. Erforderliche Wärmebehandlungszeit (bei einer Temperatur von 70°C) zur Verringerung der Mikrobendichte, um den Faktor 10 (90% Reduktion). Unter Berücksichtigung der Reg CE 2073/2005, 1441/2007 und nachfolgenden Änderungen und Ergänzungen in Bezug auf Produkte pflanzlichen Ursprungs.

Mikroorganismen	D ₇₀ (Minuten)
<i>Listeria monocytogenes</i>	0.3
<i>Salmonella spp.</i>	0.001 – 0.01
<i>Escherichia coli</i>	0.001

Ein nicht zu vernachlässigender Faktor bei Wärmebehandlungen ist die geographische Lage der Produktionsstätte, da die Siedetemperatur mit zunehmender Höhe abnimmt. Deshalb müssen in Berggebieten die Pasteurisierungszeiten und -temperaturen je nach Höhe neu berechnet werden.

Allgemeine Angaben zu den Siedezeiten, wurden für Produktionsanlagen entwickelt, die sich auf 0 Meter über dem Meeresspiegel befinden. In einer Höhe von 1000 Metern

könnten diese Siedezeiten unzureichend sein, weshalb es ratsam ist, die Behandlungszeit zu verlängern oder andere Methoden wie die Überdruckbehandlung anzuwenden. **Abbildung 3** zeigt die Abweichung der Siedetemperatur des Wassers in Abhängigkeit von der Meereshöhe.

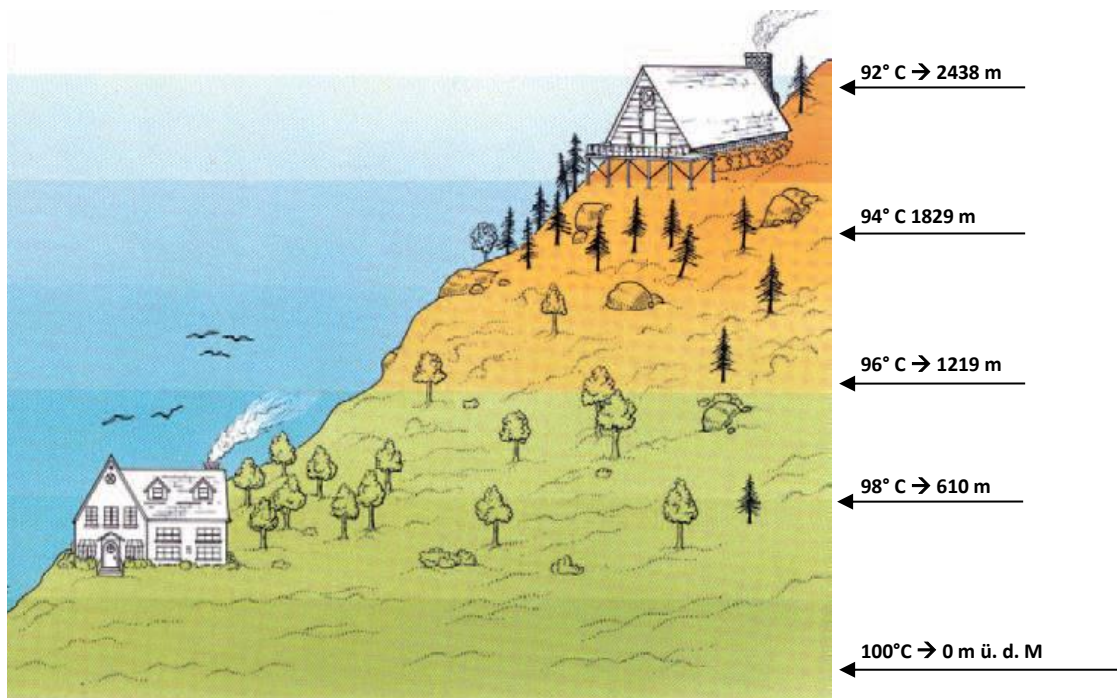


Abbildung 3. Abweichung der Siedetemperatur des Wassers in Abhängigkeit von der Meereshöhe (USDA, geändert).

Sterilisation

Unter Sterilisation versteht man eine Hitzebehandlung bei der auch bakterielle Sporen abgetötet werden. Die Behandlung erfolgt bei Temperaturen $> 100^{\circ}\text{C}$ die Behandlungszeiten variiert je nach Methode. In der Konservenindustrie werden die Sterilisationsparameter im Allgemeinen so eingestellt, dass die Zahl der Sporen von *Clostridium botulinum*, durch die Behandlung, um mindestens 12 Dezimalstellen reduziert wird. Weil bei der Sterilisation mit Temperaturen über der Siedetemperatur gearbeitet wird, ist es notwendig, geeignete Autoklaven zu verwenden. Darunter

versteht man gasdichte Druckbehälter, die bei Überdruck Temperaturen von $> 121^{\circ}\text{C}$ erreichen. Auch in der häuslichen Praxis ist es möglich, Produkte zu sterilisieren und den Prozess mit speziellen Temperatursonden zu kontrollieren. Dazu werden sogenannte Datenlogger verwendet (**Abbildung 4**), die an einer Musterverpackung angebracht werden.



Abbildung 4. Beispiele für hermetisch abgedichtete Temperaturfühler (Datenlogger) zur Messung der Kinetik der Wärmebehandlung. Bilder aus Sinergica Soluzioni S.r.l. (Copyright © 2004/2011).

1.2.2 Lagertemperatur

Der Begriff Kühlung beschreibt in der Lebensmitteltechnologie eine Lagertemperatur die leicht unter 7°C liegt. Die Haltbarkeit von Lebensmitteln kann dadurch von mehreren Tagen auf mehrere Wochen verlängert werden. Niedrige Temperaturen verlangsamen die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen und folglich das Wachstum von Mikroorganismen. Die optimale Kühltemperatur für die Lagerung liegt in der Regel knapp unter der Mindestwachstumstemperatur pathogener Mikroorganismen. **Tabelle 4** zeigt einige in der Lebensmittelindustrie wichtige Mikroorganismen und unter welchen Wachstumsbedingungen sie sich vermehren können. Darunter der psychrotrophe Erreger *Clostridium botulinum* (nicht-

proteolytisch) und *Listeria monocytogenes*, welche wichtige Pathogene in Hinblick auf minimal behandelte Produkte mit verlängerter Haltbarkeit sind. (REPFEDs: gekühlte verarbeitete Lebensmittel mit verlängerter Haltbarkeit). Es ist zu beachten, dass psychrotrophe und psychrophile Mikroorganismen auch unter gekühlten Bedingungen wachsen können. Daher können bei hohen Anfangskontaminationen auch gekühlte Lebensmittel innerhalb kurzer Zeit verderben.

Tabelle 4. Wachstumsbedingungen einiger pathogener Mikroorganismen, die in der Lebensmitteltechnologie von Interesse sind (Fratamico et al. 2005).

Mikroorganismen	T _{min} ; T _{max} (°C)	T _{opt} (°C)	pH _{min} ; pH _{max}	pH _{opt}	NaCl% _{max}	NaCl% _{opt}	a _w min
<i>Aeromonas</i> spp.	>0, <4; >42, <45	28-35	<4.50	7.20	>5.0, <6.0	1-2	
<i>Bacillus cereus</i>	4; 55	30-40	5.00; 8.80	6.00-7.00			0.930
<i>Campylobacter</i> spp.	32; 45	42-43	4.90; ≈9.00	6.50-7.50	1.50	0.5	>0.987
<i>Clostridium botulinum</i> proteolytisch	10-12; 50	35-40	4.60		10.0		0.940
<i>Clostridium botulinum</i> nicht proteolytisch	2.5-3.3; 37	25-30	4.90		5.0		0.970
<i>Clostridium perfringens</i>	12; 50	43-47	5.50, 5.80; 8.00-9.00	7.20		5-8	0.970- 0.930
<i>Escherichia coli</i>	7-8; 44-46	35-40	4.40; 9.00	6.00-7.00			0.950
<i>Listeria monocytogenes</i>	-1.5; 45	37	4.39; 9.40	7.00	10.0		0.920
<i>Salmonella</i> spp.	5.2; 46.2	35-43	3.80; 9.50	7.00-7.50			0.940
<i>Shigella</i> spp.	6.1; 47.1		4.90; 9.34		3.8-5.2		
<i>Staphylococcus aureus</i>	7; 48	37	4.00; 10.00	6.00-7.00			0.830
<i>Streptococcus</i> spp.	10-15; >40 <45	37	4.80-5.30; <9.30	7.00	>4.0 <6.5		
<i>Yersinia enterocolitica</i>	-1.3; 42	25-37	4.20; 9.60- <10.00	7.20	5.0-7.0		



2 MIKROBIOLOGISCHE GEFAHREN

Pflanzliches Gewebe zeichnet sich, durch einen pH-Wert zwischen 5 und 7 (bei vielen Früchten auch niedriger), hohem Wassergehalt und einer vielfältigen chemischen Zusammensetzung aus. Diese Eigenschaften machen es zu einem geeigneten Substrat für das Wachstum vieler Mikroorganismen.

Die relevanten mikrobiologischen Gefahren bei der Herstellung von pflanzlichen Konservenprodukten hängen hauptsächlich von der Ausgangskontamination und dem Verarbeitungsprozess ab.

Die Erstkontamination kann verschiedenen Ursprungs sein. Kontaminationen aus Boden, Bewässerungswasser und Düngemitteln sind typisch. Die Mikrobenpopulation auf frischem Gemüse bzw. Obst wird von vielen Faktoren beeinflusst: Erstbelastung, Ernte, Sortieren, Schälen, Verpacken, Kontakt mit Maschinen/Anlagen, die für die Ernte und den Transport verwendet werden.

Es folgt eine kurze Beschreibung einiger Mikroorganismen, die für die mikrobiologische Sicherheit von Produkten pflanzlichen Ursprungs relevant sind.

Die Beschreibungen basieren auf den Kenntnissen über Obst und Gemüse, unter Berücksichtigung der mikrobiologischen Kriterien, die in der Verordnung (EG) 2073/2005, 1441/2007 und nachfolgenden Änderungen und Ergänzungen festgelegt sind.

2.1 *Listeria monocytogenes*

L. monocytogenes ist ein nicht-sporenbildendes aerobes Bakterium, welches bei der Aufnahme von verunreinigten Lebensmitteln eine Listeriose hervorrufen kann. *L. monocytogenes* ist allgegenwärtig, im Boden, im Darmtrakt einiger Tiere und auf Pflanzen. Kontaminiertes Gemüse ist daher eine häufige Ansteckungsursache. *L.*



monocytogenes kann sich, wenn auch sehr langsam, bei einer Mindesttemperatur von -1,5°C vermehren. Das Vorkommen von Listerien in Lebensmitteln ist häufig auf eine Umweltkontamination zurückzuführen. Aber auch Kreuzkontamination zwischen gekochten und rohen Lebensmitteln wie Fleisch und Gemüse kommen vor.

Die thermische Resistenz von *L. monocytogenes* ist höher als die, anderer pathogener Bakterien, die pflanzliche Produkte besiedeln (Salmonellen und Coliforme). Jedoch reicht eine Pasteurisierungsbehandlung aus, um sie zu eliminieren (70°C für 2 Minuten). Eine Behandlung, welche eine wirksame Eliminierung von *L. monocytogenes* bewirkt ist somit auch gegen andere vegetative Formen von Krankheitserregern wirksam.

2.2 Enterobacteriaceae

Die Kontamination von Produkten durch Mikroorganismen aus dieser Familie ist oft auf den Einsatz organischer Dünger zurückzuführen. Das Vorhandensein dieser Mikroorganismen in Lebensmitteln ist meist ein Hinweis auf eine Fäkalkontamination. Zur Familie der *Enterobacteriaceae* gehören viele Gattungen wie z.B. *Escherichia*, *Salmonella*, *Yersinia* und *Shigella*. Sie sind wahrscheinlich die am häufigsten in pflanzlichen Lebensmitteln vorkommenden Pathogene, weshalb *Escherichia* und *Salmonella* von den EG-Verordnungen 2073/2005 und 1441/2007 erfasst werden.

Als Habitat der meisten *E. coli* Stämme gilt der Darm von Menschen und Tieren. *E. coli* gelangt meist über organischen Dünger, Bewässerungswasser oder kontaminiertes Saatgut in das Agrar-Ökosystem. Verbreitet werden die Bakterien unter anderem von Tieren wie Insekten, Parasiten, Nematoden. Sie können im Boden bis zu 20 Monaten überleben, auf Pflanzenteilen wie Blättern und Wurzeln sogar noch länger. Folglich fällt eine *E. coli* Kontamination unter die "Prozesshygienekriterien", die in den oben genannten Verordnungen für unpasteurisierte, verzehrfertige Pflanzenprodukte



enthalten sind. *E. coli* ist besonders hitzeempfindlich und kann durch eine Pasteurisierungsbehandlung wirksam eliminiert werden.

Viele Salmonella-Serotypen wurden auf Gemüse wie Sellerie, Salat, Kohl, Endivien sowie Brunnenkresse nachgewiesen. Auch ihr Verzehr kann schwere Krankheiten verursachen. Salmonellen werden meist durch Lebensmittel oder Wasser übertragen. Selbst ein gekochtes Produkt, das mit einer Kontaminationsquelle in Berührung gekommen ist, kann eine Gefahr für den Konsument darstellen. Die Gefahr einer Salmonelleninfektion geht besonders von Produkten mit geringem Säuregehalt aus. Also allgemein von Gemüse, aber auch von Melonen und anderen tropischen Früchten. Auch verarbeitete Produkte, die keiner Wärmebehandlung unterzogen werden, (z.B. Apfelwein und Fruchtsäfte) sind gefährlich. Angesichts der Gefährlichkeit dieses Mikroorganismus gibt es bezüglich Salmonellen genaue Lebensmittelsicherheitskriterien, welche die Akzeptanz eines Produkts oder einer Charge definieren.

2.3 *Clostridium botulinum*

C. botulinum ist ein sporenbildendes, obligat anaerobes Bakterium. Es zählt zu den Umweltkeimen, was bedeutet, dass es überall vorkommt. Man findet es zum Beispiel in Ablagerungen in Seen und Meeren, sowie im Darmtrakt von Fischen und Säugetieren. Vor allem kommt es jedoch im Boden vor und kann deshalb in fast allen Nahrungsmitteln, sowohl pflanzlicher als auch tierischer, Herkunft vorkommen. *C. botulinum* wird in zwei Hauptgruppen unterteilt, die proteolytischen und die nicht proteolytischen Clostridien. Die beiden Gruppen haben unterschiedliche Mindestanforderungen für das Wachstum (**Tabelle 5**).



Tabelle 5. Grundvoraussetzungen für das Wachstum von *Clostridium botulinum* (Peck 2006).

Bedingungen	Gruppe I proteolytisch	Gruppe II nicht proteolytisch
pH	4.6	5.0
Hemmende Salzkonzentration (NaCl)	10%	5%
a_w Minimum von NaCl	0.96	0.97
a_w Minimum von Glycerol	0.93	0.97
Optimale Wachstumstemperatur (°C)	37.0	25.0
Minimale Wachstumstemperatur (°C)	10 - 12	2.5 – 3.0

Grundsätzlich können proteolytische Stämme bei niedrigeren pH-Werten und höhere Temperaturen wachsen, als die nicht-proteolytische, letztere sind dagegen bei pH < 5 inhibiert, können aber bei relativ niedrigen Temperaturen wachsen.

Kenntnisse über die Wachstumsanforderungen von *C. botulinum* erlauben es, intrinsische und extrinsische Faktoren so zu verändern, dass sie das Wachstum bzw. die Keimung der vorhandenen Sporen hemmen. Vor allem die Senkung des pH- Werts gilt als effektive Hemmung von *C. botulinum*.

Besondere Gefahr geht von hitzetoleranten Sporen aus, die, insbesondere bei proteolytischen Stämmen, die üblichen Pasteurisierungsbehandlungen überleben können. Wenn die Bedingungen günstig sind, können die überlebenden Sporen keimen und die vegetative Form hervorbringen, diese vermehrt sich und kann das Botulinumtoxin produzieren. Dabei handelt es sich um ein starkes Neurotoxin, das selbst in sehr niedrigen Konzentrationen tödlich sein kann. Das Toxin ist nicht sehr hitzebeständig und wird schnell inaktiviert, wenn es für mindestens 5 Minuten einer Temperatur von über 85°C ausgesetzt wird. Die Kontamination mit *C. botulinum* ist heimtückisch, weil die Entwicklung des Erregers und die Produktion des Toxins nicht immer zu Veränderungen der sensorischen Eigenschaften führen, die der Verbraucher bei kontaminierten Produkten wahrnimmt.

Zusammenfassend lässt sich sagen: eine wirksame Sterilisationsbehandlung eliminiert vegetative Formen und Sporen. Die Pasteurisierung eliminiert nur vegetative Formen, nicht aber die Sporen, welche unter günstigen Bedingungen keimen und vegetative Formen hervorbringen können. Die vegetative Form kann wiederum, unter bestimmten Umweltbedingungen, das Botulinumtoxin produzieren. In sauren Konserven wird die Keimung der Sporen verhindert.

Tabelle 6 zeigt, wie viele Tage *C. botulinum* benötigt, um auf verschiedenen Substraten und bei unterschiedlichen Temperaturen Toxine zu produzieren.

Tabelle 6. Produktionszeiten von Botulinumtoxin in verschiedenen Pflanzensubstraten. (Bell und Kyriakides 2000).

Produkt	Temperatur	Produktionszeit der Toxine (in Tagen)
Gehackter Kohl, vakuumverpackt	21°C	10
Fertigsalat	15°C - 25°C	14 - 4
Kopfsalat, Kohl, Brokkoli, Karotten und grüne Bohnen	21°C	6
Verpackter Kopfsalat	21°C	17
Verzehrfertiges Frischgemüse und verzehrfertige Salate in einer Schutzatmosphäre	15°C	11-21
Ofenkartoffel	22°C - 30°C	7 - 3
Vakuumverpackte Kartoffel	10°C - 22°C	9 - 3

In **Diagramm 1** sind die möglichen Entwicklungen von *C. botulinum* in Abhängigkeit von den Stabilitätsparametern von Gemüsekonserven beispielhaft dargestellt. Die Stabilitätsparameter werden durch die Verarbeitungstechnologie bestimmt.

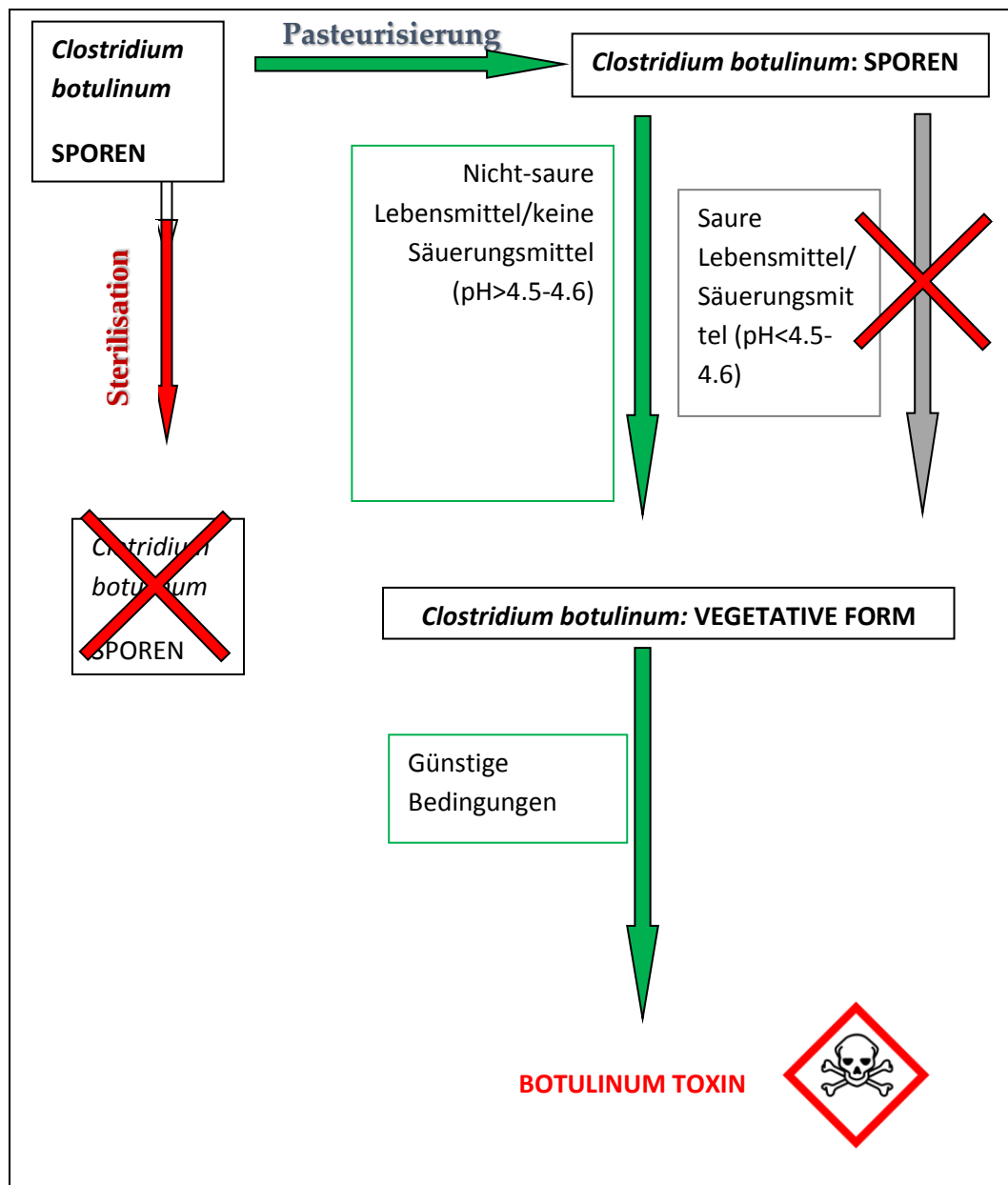


Diagramm 1. Mögliche Entwicklung von *C. botulinum* in Lebensmittelkonserven nach verschiedenen Konservierungsansätzen (Venir et al. 2012).

Auf der Grundlage dieses Schemas können Gemüsekonserven in "sauer/gesäuert pasteurisiert" und "nicht säurehaltig sterilisiert" unterteilt werden.



3 SAURE UND ANGESÄUERTE KONSERVENS

Nach den, im Code of Federal Regulations (CFR, Title 21) der amerikanischen FDA gesammelten Regeln, bezeichnet der Begriff "saure Lebensmittel" Lebensmittel, die von Natur aus einen pH-Wert von 4.60 haben. In der betrieblichen Praxis ist es jedoch üblich, sich auf einen pH-Wert von 4.50 zu beziehen. "Gesäuerte Lebensmittel" sind dagegen säurearme Lebensmittel, denen Säuren oder säurehaltige Lebensmittel zugesetzt wurden. Diese Produkte haben eine Wasseraktivität > 0.85 und einen pH-Wert von 4.60.

Darüber hinaus besagen diese Regeln, dass gesäuerte Lebensmittel einer Wärmebehandlung unterzogen werden müssen, um die vegetativen Formen pathogener und verändernder Mikroorganismen zu zerstören, die während der Lagerung, des Vertriebs oder der häuslichen Aufbewahrung wachsen können.

Die Pasteurisierung allein ermöglicht die Stabilisierung von sauren Lebensmitteln, d.h. solche mit einem pH-Wert $< 4.50-4.60$. Aus praktischer Sicht ist es immer von Vorteil, den pH-Wert nahe 4.00 zu halten.

Ist das Ausgangsmaterial nicht ausreichend sauer, muss der pH-Wert durch Abbrühen in sauren Lösungen (z.B. mit einer 50%igen Lösung aus Wasser und Essig) oder durch Zugabe von Säuren gesenkt werden. Das Abbrühen (Blanchieren) dauert in der Regel 2-5 Minuten bei einer Temperatur zwischen 80 und 100°C. Einige Versauerungsverfahren sind unten angeführt (aus dem FDA CFR - Code of Federal Regulations, Titel 21).

Versauerungsverfahren umfassen:

- Einkochen von Produkten mit angesäuerter wässriger Lösung
- Eintauchen der gekochten Lebensmittel in saure Lösungen. Diese Praxis ist für die Ansäuerung ausreichend, es muss jedoch sichergestellt werden, dass die



Konzentration der Säure in der Lösung konstant auf dem gewünschten Niveau gehalten wird.

- Direkte Zugabe der Säurelösung zu bestimmten Mengen von Lebensmitteln.
- Direkte Zugabe von bestimmten Mengen an Säure zu den einzelnen Behältern.
Es ist notwendig, die richtige Menge an Säure für jedem Behälter zu ermitteln.
- Mischen von säurehaltigen Lebensmitteln mit säurearmen Lebensmitteln in bestimmten Verhältnissen und nach spezifischen Rezepturen.

Die Mischung aus Wasser und Essig, die zur Ansäuerung des Gemüses verwendet wird, muss dauerhaft, eine signifikante Senkung des pH-Wertes gewährleistet.

Während der Behandlung kann der pH-Wert in der Mischung ansteigen. Bei aufeinanderfolgendem Aufkochen innerhalb derselben Lösung, ist es angebracht, die Auswirkung der Wärmebehandlung auf die pH-Änderung zu ermitteln (**Tabelle 7**).

Tabelle 7. pH-Wert Änderung einer kochenden Wasser-Essig-Mischung (Venir et al. 2012).

Kochzeit (min)	pH
0	2.90
5	3.03
10	3.06

Im gezeigten Beispiel kommt es zu keiner ausschlaggebenden Änderung des pH-Werts, jedoch zeigt es die Tendenz einer Erhöhung desselben.

Ein häufiges Problem bei sauren, pasteurisierten Konserven ist die nachträgliche Zugabe von aromatischen Kräutern, Gewürzen oder anderen Nebenzutaten, die meist keiner Wärmebehandlung unterzogen wurden und sich oft durch nichtsaure pH-Werte auszeichnen. In solchen Fällen sollte eine Gesamtreduktion des pH-Wertes für alle Inhaltsstoffe gewährleistet werden und es muss nach dem Abbrühen der endgültige pH-Wert jedes Inhaltsstoffes überprüft werden. **Tabelle 8** zeigt



beispielhaft den pH-Wert der Inhaltsstoffe, die für die Produktion von grünen Bohnen in Öl verwendet werden. Die Säuerungsbehandlung senkt den pH-Wert bei grünen Bohnen auf sichere Werte, ist aber bei ganzen Knoblauchzehen nicht wirksam (pH 4.77). Eine einfache Portionierung des Knoblauchs garantierte in unserem Beispiel die Ansäuerung auf Werte welche *C. botulinum* hemmen (pH 3.97).

Tabelle 8. pH-Werte von Gemüse und aromatischen Kräutern, vor und nach dem Ansäuern durch das Abbrühen in sauren Lösungen.

pH		
	Frisches Gemüse	Nach der Ansäuerung
Bohnen	6.16 ± 0.50	4.04 ± 0.08
Ganzer Knoblauch	5.81 ± 0.04	4.77 ± 0.32
Knoblauch in Stücken	5.81 ± 0.04	3.97 ± 0.07

4 HERSTELLUNG VON PFLANZICHEN KONSERVEN

Um ein qualitativ hochwertiges Produkt zu erhalten, das seine natürliche Farbe und seinen Geruch/Geschmack behält, ist es ratsam, den Sauerstoff sowohl aus dem Gewebe der Lebensmittel als auch aus den Gefäßen, in denen sie abgefüllt werden, zu entfernen. Dadurch werden zelluläre Enzyme schnell inaktiviert. Außerdem entsteht ein Unterdruck im Glas, dessen Verschluss durch eine Dichtung gewährleistet werden muss. Um den Sauerstoff aus den Produkten zu entfernen werden diese abgebrüht bzw. mit sauren Lösungen, Zuckerlösungen oder Ölen aufgefüllt. (**Abbildung 5**). Durch das Abbrühen werden Enzyme inaktiviert, die Farb- und Konsistenzveränderungen verursachen können. Die Luft aus dem Zellgewebe wird entfernt, wodurch die Produkte nicht mehr auf dem Sud schwimmen. Zusätzlich wird durch das Abbrühen der Unterdruck in geschlossenen Gläsern erhöht und pro Glas kann eine größere Menge des Produkts eingefüllt werden.

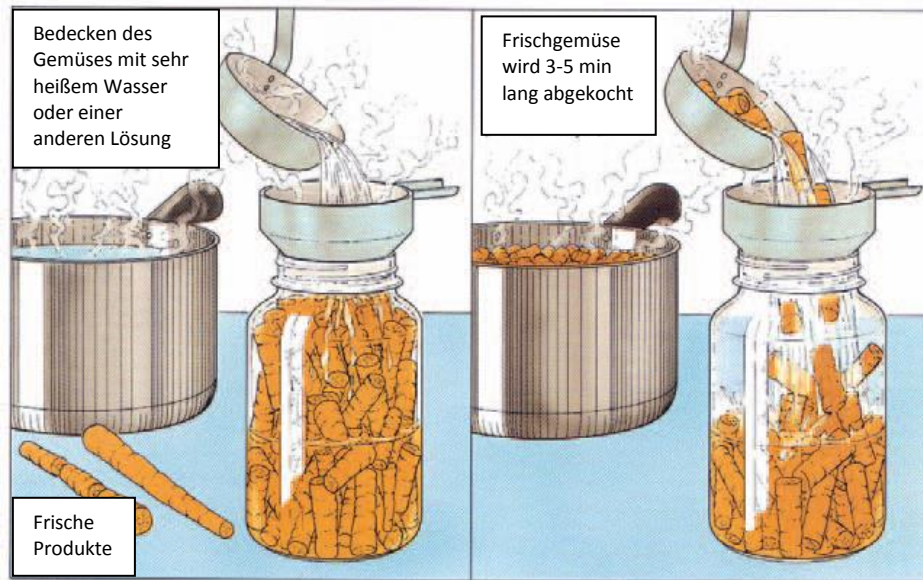


Abbildung 5. Konservierung von Gemüse durch heißes Wasser (USDA, geändert).

Der Luftraum unter dem Deckel wird als Headspace bezeichnet (**Abbildung 6**). Dieser Kopfraum sollte nicht vollständig aufgefüllt werden. Folgende Abstände zwischen Deckel und Flüssigkeit sollten eingehalten werden. Ungefähr 5-10 mm bei Konfitüren und Gelees, 10-15 mm bei Früchten und Tomaten, die in kochendem Wasser pasteurisiert werden sollen und 6-25 mm für säurearme Lebensmittel, die sterilisiert werden sollen.

Diese Luftschicht ist notwendig da sich Speisen bei der Behandlung der Gläser ausdehnen können, außerdem ist er für die Bildung eines Vakuums während der Kühlung der Behältnisse wichtig.

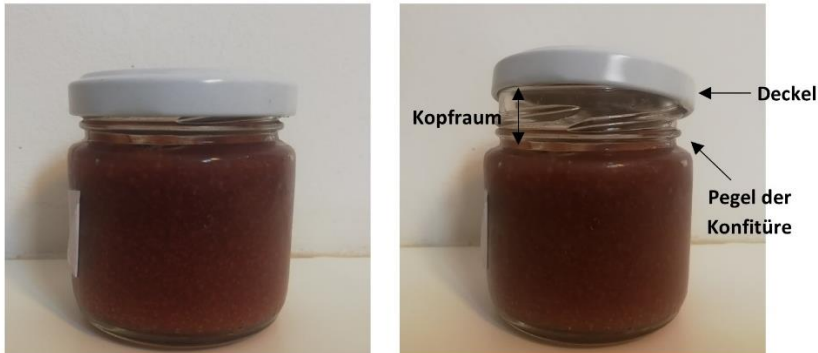


Abbildung 6. Kopfraum.

4.1 Reinigung und Vorbereitung der Gläser

Vor dem Gebrauch müssen die Gläser mit Wasser und Spülmittel gewaschen und gut ausgespült werden. Es wird empfohlen, wie folgt vorzugehen:

- Verwenden Sie einen Topf, der groß genug ist, um die gereinigten leeren Gläser in Wasser zu tauchen.
- Bringen Sie das Wasser zum Kochen und lassen Sie die Gläser bis zum Gebrauch im kochendem Wasser. Alternativ können die Gefäße in der Spülmaschine gewaschen, getrocknet und vorgewärmt werden, wobei die Maschine bis zur Verwendung der Gläser geschlossen bleibt; oder die Gefäße können im Ofen auf Temperaturen über 100°C erhitzt werden.
- Die Gläser müssen bis zum Füllen warmgehalten werden.

4.2 Auswahl und Vorbereitung von Deckeln

Selbstdichtende Deckel enthalten Dichtungen, die während der Wärmebehandlung Luft entweichen lassen und beim Abkühlen das Gefäß luftdicht verschließen. Die Zuverlässigkeit dieser Dichtungen nimmt mit der Zeit ab. Es ist daher ratsam, nur so

viele Dichtungen zu kaufen, wie man in einem Jahr verwendet. Vermeiden Sie die Verwendung von deformierten, gebrochenen und defekten Dichtungen.

4.3 Verfahren zum Füllen von Gefäßen

Der Füllvorgang wird wie folgt durchgeführt:

- Füllen Sie die Gläser mit dem Produkt und fügen Sie Flüssigkeit hinzu.
- Provozieren Sie das Entweichen von Luftblasen, indem Sie einen Kunststoffspatel zwischen die Lebensmittel und der Wand des Glases schieben und gleichzeitig das Glas drehen.
- Füllen sie das Gefäß bis zum unteren Rande des Kopfraums auf und reinigen Sie den Rand des Gefäßes.
- Beim Schließen der Deckel, muss ein übermäßiges Festziehen vermieden werden, da dies den Luftaustritt während der Pasteurisierung verhindern kann bzw. das Gefäß beschädigen kann.

4.4 Wärmebehandlung: operative Details

4.4.1 Pasteurisierung (saure Produkte $\text{pH} < 4.5$)

Wenn keine speziellen Geräte für eine Pasteurisierung vorhanden sind, ist es möglich, die Wärmebehandlung zu Hause mit Hilfe von speziellen Töpfen durchzuführen (Abbildung 7).

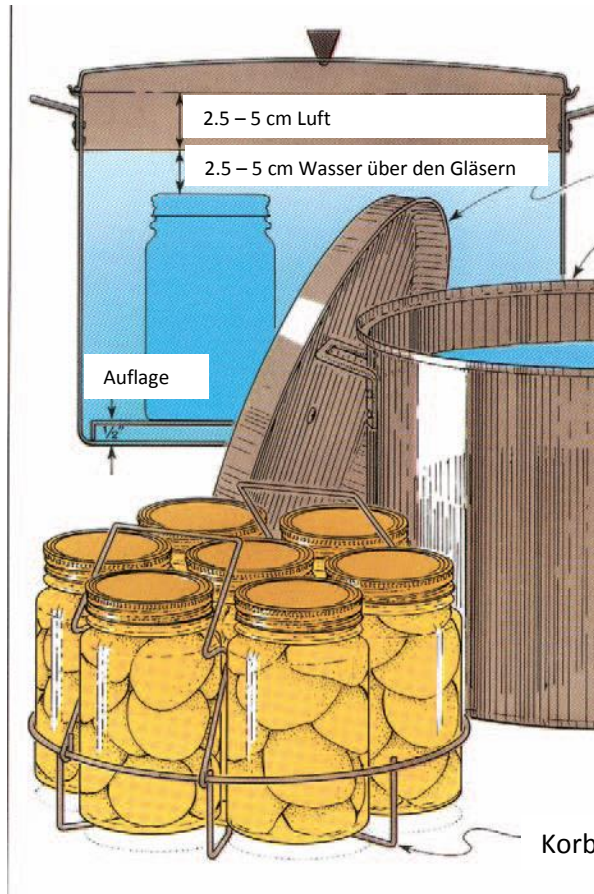


Abbildung 7. Beispiel für die Positionierung der Gefäße, die einer Pasteurisierung unterzogen werden sollen (USDA, geändert).

Verfahren:

1. Füllen Sie den Pasteurisierungsbehälter zur Hälfte mit sauberem Wasser.
2. Wärmen sie das Wasser auf 60°C bzw. 80°C vor. Je nachdem ob die Produkte warm oder kalt abgefüllt wurden.
3. Stellen Sie die Gläser aufrecht den Korb. Legen Sie Stofffetzen zwischen die Töpfe, um zu verhindern, dass sie sich berühren.
4. Füllen sie den Pasteurisierungsbehälter bis 2.5 cm über den Gläsern mit Wasser. Bei Behandlungen die länger als 30 Minuten dauern, sollte das Wasser mindestens 5 cm über den Töpfen stehen.

5. Den Deckel auf den Topf aufsetzen und bei hoher Temperatur zum Kochen bringen.
6. Die der Pasteurisierungsbedingungen werden so lange wie nötig aufrechterhalten.
7. Am Ende der Behandlung werden die Gefäße entfernt.

Es ist ratsam, die Temperaturkurve im Verhältnis zur Wärmebehandlungszeit zu bewerten. Dies kann wie folgt bestimmt werden:

- 1- Positionieren Sie den Temperaturfühler (**Abbildung 8**) mittig, auf halber Höhe eines Glases, welches das Produkt enthält. Um die Sonde einzuführen, machen sie am besten ein Loch in einen Deckel, welches dann isoliert wird, um das Eindringen von Wasser zu verhindern.
- 2- Stellen Sie das Glas in eine zentrale Position im Pasteurisierungsbehälter.
- 3- In bestimmten Zeitintervallen wird die Temperatur aufgezeichnet.
- 4- Die Pasteurisierungstemperatur sollte so lange gehalten werden, wie nötig. In der häuslichen Produktion oder bei kleinen Produktionen ist es angebracht, Lebensmittel übermäßig zu behandeln, um ihre mikrobiologische Sicherheit zu gewährleisten. Zum Beispiel ist eine 90°C-Behandlung im Herzen des Produkts ausreichend für eine effektive Pasteurisierung.



Abbildung 8. Temperaturfühler für die Pasteurisierung.



4.4.2 Sterilisation (nicht saure Produkte pH > 4.5)

Bei nicht sauren Konserven (pH > 4.5) ist es notwendig, die Sterilisation mit speziellen Autoklaven durchzuführen, die einen Überdruck entwickeln und das Produkt auf Temperaturen über 100°C erhitzen, was zur Abtötung der bakteriellen Sporen führt. Der Erfolg der Sterilisation wird durch mehrere Faktoren beeinflusst, welche den Wärmeaustausch beeinflussen, wie zum Beispiel der Dichte bzw. Viskosität des Produkts und Vorhandensein oder Fehlen von Fetten. Auch das Vorhandensein von Lufttaschen im Inneren der Sterilisationskammer ist ein ausschlaggebender Faktor, da eine gleichmäßige Verteilung des Dampfes verhindert wird was die Wirksamkeit der Behandlung verringert.

In Anbetracht der Variabilität der Produkte ist es ratsam, die Kerntemperaturen mehrerer Proben, an verschiedenen Stellen des Autoklaven, mit Hilfe von Thermometern zu überwachen. Es sollte möglich sein, die im Kern des Produkts erreichten Temperaturen zu messen und aufzuzeichnen. Aus den Daten, welche durch die Sonden aufgezeichnet werden und durch entsprechende Software, ist es möglich, die tödliche Wirkung der Behandlung zu definieren, welche als "F" angegeben wird. Eine Temperatur von 121°C für 3 min (3-facher F0-Wert) entspricht dem sogenannten *Botulinum-cook* bei dem auch Sporen wirksam abgetötet werden. Im Hinblick auf das hohe Risiko ist es ratsam, bei der häuslichen oder low scale Sterilisation von Lebensmitteln, Fachleute heranzuziehen, um die richtigen Verfahrensweisen zu definieren.



5 ARBEITSSCHEMA: Ziele, Kontrollen und Laborausrüstung

5.1 Welche Art von Produkt möchte ich erhalten?

- **Kategorie A) Sauere Konserven**

A.1) Gemüse in Essig, saures Gemüse in Öl, Soßen, saure Gemüsepürees, Pesti usw.

A.2) Konfitüren, Fruchtsirup, etc.

- **Kategorie B) Nicht saure Gemüsekonserven**

B.1) Erbsen in ihrem natürlichen Zustand, nicht saures Gemüse in Öl usw.

B.2) in Öl konserviertes Trockengemüse

5.2 Wie soll ich das Produkt verarbeiten?

- **Kategorie A) Sauerkonserven**

A.1) Gemüse in Essig, saures Gemüse in Öl, Soßen, saure Gemüsepürees, Pesti usw.

In Essig konserviertem Gemüse:

- 1) Ernte, Sortieren, Schälen, Waschen, Schneiden
- 2) Wärmebehandlung der Gefäße
- 3) Gemüse wird in die Gefäße gegeben
- 4) Kochende Lösung aus Wasser und Essig, Zucker und Salz
- 5) Heißes Einmachen oder kaltes Einmachen + Pasteurisierung

Gesäuerte grüne Bohnen, die in Öl konserviert sind:

- 1) Ernte, Sortieren, Schälen, Waschen, Schneiden
- 2) Abbrühen in Wasser + Essig (5 min)
- 3) Trocknen
- 4) Wärmebehandlung der Gefäße
- 5) Heißes Einmachen oder kaltes Einmachen + Pasteurisierung

A.2) Konfitüren, Fruchtsirup, etc.

Konfitüren:

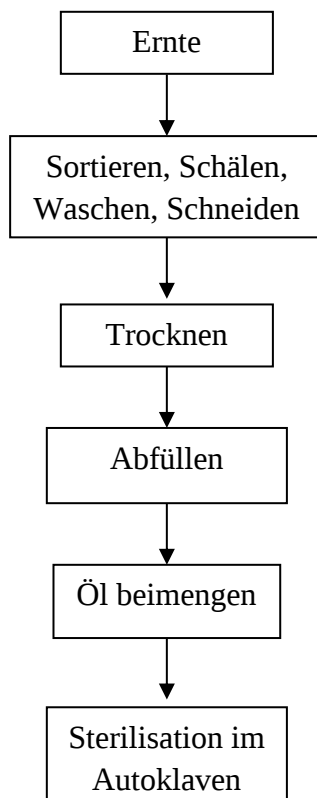
- 1) Ernte, Sortieren, Schälen, Waschen, Schneiden
- 2) Evtl. Abbrühen
- 3) Zerkleinerung
- 4) Hinzufügen von Zutaten und Verarbeitung:
 - ➔ Pektin, Ascorbinsäure, Zitronensäure, Zitronensaft usw. ➔ Erwärmung auf Siedetemperatur, die für etwa 1 Minute gehalten werden muss ➔ Hinzufügen von Zucker ➔ 3 - 5 Minuten auf Siedetemperatur erhitzen
 - ➔ Zucker und Zitronensaft ➔ Kochen bei Siedetemperatur (bis die gewünschte Konsistenz erreicht ist)
- 5) Wärmebehandlung der Gefäße
- 6) Heißes Einmachen oder kaltes Einmachen + Pasteurisierung

- Kategorie B) Nicht saure Gemüsekonserven**

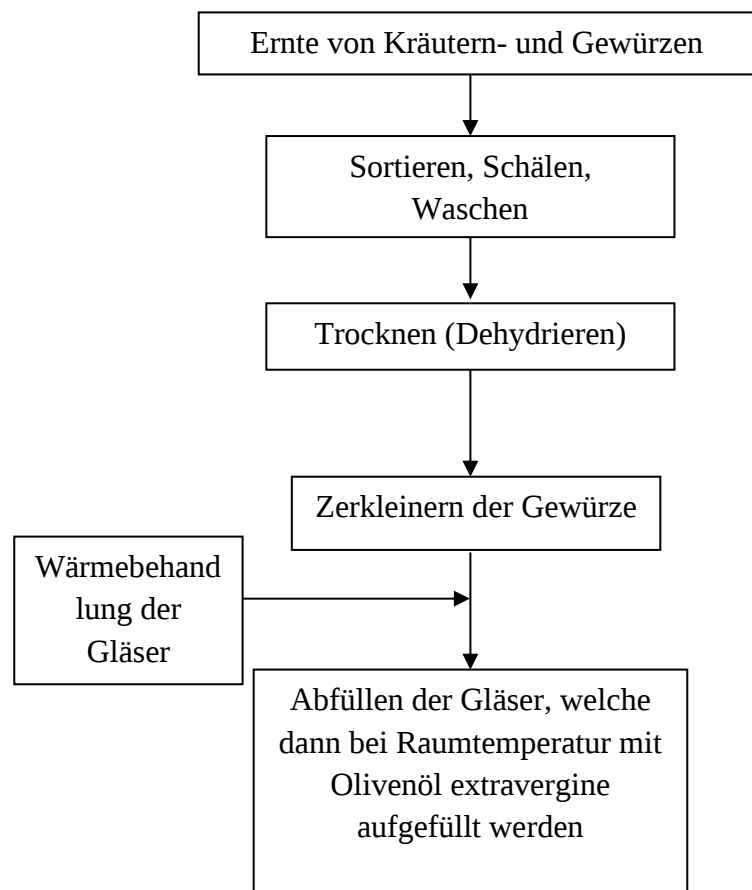
B.1) Gemüse in Öl
(Ganz, in Stücken oder
püriert)

B.2) getrocknetes Gemüse in Öl

**Verarbeitungsdiagramm von in
Öl konserviertem Gemüse.**



**Verarbeitungsdiagramm von
aromatisiertem Öl.**



5.3 Welche Überprüfungen muss ich vornehmen?

Kategorie A) Sauerkonserven

1. Messung und Aufzeichnung des pH-Wertes vor und nach der Säuerung sowie am Endprodukt.
2. Messung und Aufzeichnung der Pasteurisierungszeit und -temperatur (Kinetik) im Herzen des Produkts.
3. Bestimmung der Konzentration der löslichen Feststoffen (in °Brix) in der Frucht und im Endprodukt (für Konfitüren)

Kategorie B) Nicht saure Konserven

1. Überwachen und Aufzeichnen der Sterilisationskinetik (Wärmebehandlung im Autoklaven). Überprüfung der sterilisierenden Wirkung.
2. Überwachung und Aufzeichnung der Wasseraktivität von Gemüse, Kräutern, und Gewürzen nach dem Trocknen (für getrocknetes Gemüse in Öl).

5.4 Was wird im Labor benötigt, um die Kontrollen durchzuführen?

- **Kategorie A) Sauerkonserven**

- a) pH-Meter
- b) Thermometer oder Temperatursonde
- c) Chronometer oder Uhr
- d) Refraktometer (für Konfitüren)

- **Kategorie B) Nicht saure Konserven**

- a) Abgedichtete thermische Sonde
Hygrometer (Taupunkt oder kapazitiv, für getrocknetes Gemüse in Öl)

6 BEISPIELE FÜR PROBLEME BEI DER PRODUKTION

Gibt es eine Alternative zu Essig, um eine wirksame Säuerung von nicht-sauren Rohstoffen zu erzielen?

Gemüse hat oft einen pH-Wert > 4,5-4,6, und die herkömmliche Säuerung durch Abbrühen in Wasser/Essiglösung oder die Zugabe von Essig kann die sensorischen Eigenschaften des Lebensmittels stark verändern. Aus Versuchen geht hervor, dass es möglich ist, saure Gemüsesäfte (z.B. Zitronen-, Apfel- oder Kiwisaft) zu verwenden, um eine leichte, aber ausreichende Absenkung des pH-Wertes zu erreichen. Ein Beispiel dafür sehen wir in **Tabelle 9** wo der pH-Wert von gehackten Paprikaschoten vor und nach der Zugabe von Kiwisaft und einer gemischten Sauce auf Gemüsebasis, vor und nach Zugabe von Apfelsaft angeführt ist.

Tabelle 9. pH-Werte von gehacktem Gemüse, Fruchtsäften und deren Mischungen (Venir et al. 2012).

Inhaltsstoff	pH-Wert
Passierte Kiwi	3.43
Frische Paprika	4.95
Gehackte Paprika + passierte Kiwi	4.34
Mischung aus gehacktem Gemüse (Paprika, Zucchini und Tomaten)	4.72
Apfelsaft 1	2.75
Mischung Gemüse + Apfelsaft 1	4.19
Apfelsaft 2	3.46
Rote Bete - frischer Extrakt	5.24
Mischung aus Apfelsaft 2 + Extrakt rote Bete (90/10)	3.63
Mischung aus Apfelsaft 2 + Extrakt rote Bete (70/30)	3.82
Apfelsaft 3	3.8
Frischer Karottenextrakt	6.4
Mischung aus Apfelsaft 3+ Karottenextrakt (90/10)	3.8
Mischung aus Apfelsaft 3+ Karottenextrakt (70/30)	3.9

Unzureichender Säuregehalt von Nebenzutaten

Es wird vorgeschlagen, kleinere Zutaten (Knoblauch, Zwiebel, Basilikum, Wacholder, Gewürze, verschiedene Kräuter usw.) eine Säuerung zu unterziehen (entweder durch Abbrühen mit sauren Lösungen oder durch alternative Methoden) und zu überprüfen ob das Produkt in einem sicherem pH-Bereich liegt. Falls Messungen im Kern des Produkts nicht den gewünschten pH-Wert ergeben, wird vorgeschlagen, die Produkte zu verkleinern und das Säuerungsverfahren zu wiederholen.

Herstellung von saurem Einlegeöl bei Raumtemperatur und ohne Pasteurisierung

Die Herstellung von gesäuertem bzw. sauren Einlegeöl bei Raumtemperatur ist immer noch eine gängige Praxis bei kleinen Produktionen. Jedoch wird davon abgeraten, da es zu Degradationsprobleme der Lebensmittel bei der Lagerung kommt. Es ist ratsam, das Öl vor dem Abfüllen zu erhitzen, wobei man darauf achten muss, dass der Rauchpunkt des Öls nicht erreicht wird. Nach der Erhitzung sind Schwankungen der qualitativen Eigenschaften des Öls innerhalb kurzer Konservierungszeiten minimal. Im Laufe der Zeit kann das Öl jedoch anfällig für Oxidationen sein. **Abbildung 9** zeigt beispielhaft die Entwicklung der Temperatur im Kern des Produkts (gesäuerte grüne Bohnen) während der Abfüllung mit auf 120°C erhitztem Öl.

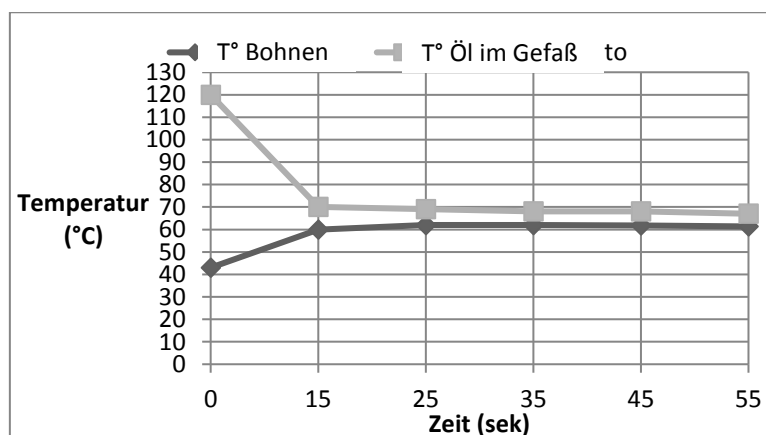


Abbildung 9. Temperaturentwicklung während der Abfüllung mit heißem Öl (Venir et al. 2012).

Zur Erhöhung der Wirkung der Wärmebehandlung kann das Verhältnis Produkt/Flüssigkeit reduziert werden, sodass eine höhere Kerntemperatur erreicht wird. Als Beispiel werden hier Werte gezeigt, die beim Abfüllen von gemischtem Gemüse mit heißer Flüssigkeit gemessen wurden (**Abbildung 10**).

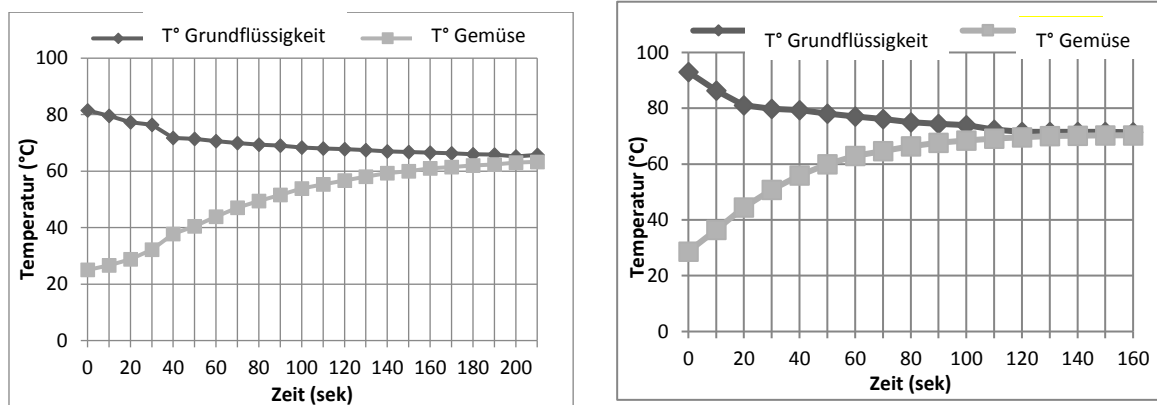


Abbildung 10. Temperaturkinetik während dem Einlegen von gemischtem Gemüse in heißem Wasser/Essig/Zuckerlösung. Die Temperaturen in Grafik A wurden bei einem Produkt gemessen, bei dem die festen Bestandteile nicht zerkleinert wurden, in Grafik B hingegen sieht man Messwerte eines Produkts, bei dem eine solche Verkleinerung durchgeführt wurde (Venir et al. 2012).

Die Zerkleinerung der Feststoffe führte zu einem Temperaturanstieg von etwa 8°C im Kern des Produkts.



7 WESENTLICHE BIBLIOGRAPHIE

USDA 2009. Complete Guide to Home Canning. Guide 1. Principles of home canning. National Institute of Food and Agriculture. United States Department of Agriculture.

FDA 2012. CFR - Code of Federal Regulations Title 21, Volume 2. U.S. Department of Health & Human Services. Disponibile on line:
<http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?CFRPart=110&showFR=1>

Regolamento (CE) n. 2073/2005 della commissione del 15 novembre 2005: sui criteri microbiologici applicabili ai prodotti alimentari. *Gazzetta ufficiale n. L 338 del 22/12/2005.*

Regolamento (CE) n. 1441/2007 della commissione del 5 dicembre 2007, che modifica il regolamento (CE) n. 2073/2005: sui criteri microbiologici applicabili ai prodotti alimentari. *Gazzetta ufficiale n. L 322 del 7/12/2007.*

Alzamora S.M., Tapia M.S., Lopez-Malo A., Welte-Chanes J. 2000. Food preservation techniques. Zeuthen P, Bagh-Sorensen L. (Eds.), Woodhead Publishing Limited, Abington, England.

Fratamico P.M., Bhunia A.K., Smith J.L. 2005. Foodborne pathogens. Microbiology and molecular biology. Caister Academic Press, Norfolk, UK.

Peck M.W. 2006. *Journal of Applied Microbiology*, 101: 556.

Peck M.W. 2006. *Clostridium botulinum* and the safety of minimally heated, chilled foods: An emerging issue? *Journal of Applied Microbiology*, Volume 101 (3), Pagine 556-570.

Bell C., Kyriakides A. 2000. *Clostridium botulinum*. A practical approach to the organism and its control in foods. Blackwell Science Ltd., London, UK.

Venir E., Maltini E., Stecchini M.L. 2012. Linee guida per la trasformazione di prodotti vegetali su piccola scala (Progetto MIERI).