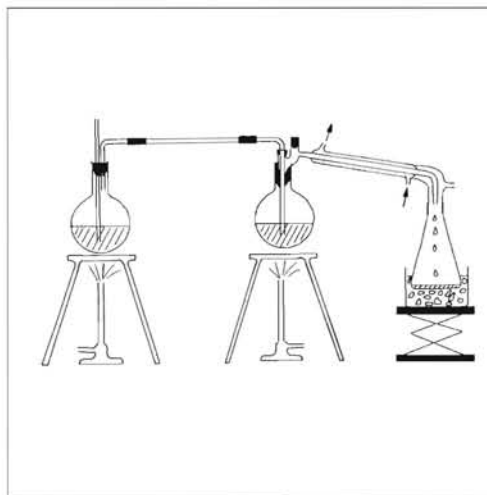


## Konservierung von Lebensmitteln



II/C3

Dr. Lutz Stüdel, Kassel

Prof. Dr. H. Wöhrmann, Kassel

---

Inhaltsübersicht

**Begründung des Reihenthemas und fachwissenschaftliche Orientierung**

**Didaktische und methodische Orientierung**

**Ziele der Reihe**

**Hinweise zu Unterrichtsorganisation und -verlauf:**

**Die Sequenzen 1 bis 5**

**Sequenz 1: Konservierung früher und heute**

**Sequenz 2: Trocknen**

**Sequenz 3: Salzen, Pökeln, Zuckern**

**Sequenz 4: Säuern und Schwefeln**

**Sequenz 5: Moderne Konservierungsstoffe und Antioxidantien**

**Experimente / Materialien**

**Mediothek**

*Begründung des Reihenthemas und fachwissenschaftliche Orientierung*

Die Konservierung von Lebensmitteln und anderen Gegenständen – Körpern, Häuten und Fellen wie auch Gebrauchsgegenständen – begleitet die Menschheit seit Anbeginn. Konservieren kann verstanden werden als eine spezifische menschliche Verhaltensweise, dem Verfall von Stoffen und Strukturen bewusst und praktisch die Kenntnis von der Haltbarmachung entgegenzusetzen. Schon in der Urzeit schufen sich die Menschheit mit einfachen Techniken (Trocknen, Räuchern, Beizen, Gerben) Nahrungsvorräte und Kleidung, die eine Besiedlung unwirtlicher Zonen überhaupt erst ermöglichten.

Heute stellen die Konservierungstechniken, alte wie neue, einen unverzichtbaren Faktor der Wirtschaft dar: Die örtliche Trennung von Produktion und Konsum, die Entwicklung von Ballungszentren mit umfassenden, differenzierten Bedürfnissen (der Ernährung), der internationale Warenaustausch usw. machen die Konservierung bei der Mehrzahl der Produkte zu einem notwendigen Verarbeitungsschritt.

Dass dazu nicht immer ein chemisches Verfahren – im engeren Sinn – notwendig ist, wird am Beispiel schnell deutlich: Nudeln etwa werden durch einfaches Trocknen haltbar und marktfähig gemacht. Umgekehrt lässt sich zeigen, dass Konservieren stets etwas mit Chemie – im weiteren Sinn – zu tun hat. Ob bei der Marmeladeherstellung durch hohe Zuckerkonzentration das Wachstum von Mikroben verhindert wird oder beim Salzen durch Wasserentzug, in jedem Fall findet eine chemische Veränderung der betreffenden Stoffe statt mit dem Ziel, Verderb durch Ausbreitung von Bakterien oder Pilzen zu verhindern.

Die modernen chemischen Konservierungsverfahren stellen unter diesem Blickwinkel eine mehr oder weniger gezielte Ergänzung der klassischen Methoden dar, wenn sich auch gezeigt hat, dass die Behandlung von Lebensmitteln mit Chemikalien zu Konservierungszwecken nicht immer unproblematisch ist. Lange benutzte Substanzen wie Propionsäure mussten wegen objektiver Gesundheitsgefahren verboten werden, und die meisten der während der letzten 100 Jahre vorgeschlagenen chemischen Konservierungsmittel gelangten aus gleichem Grund nie zur breiten Anwendung.

Aber nicht nur historisch ist das Thema Konservierung von Lebensmitteln interessant: Im Zuge der Öffnung des EG-Binnenmarktes und der Vereinheitlichung bestehender Vorschriften findet seit Ende der 80er Jahre eine heftige Auseinandersetzung um die jüngste Konservierungsmethode statt, die Behandlung mit Gammastrahlung aus radioaktiven Präparaten. Und auch Stoffe wie Parabene oder Benzoate gerieten jüngst wieder unter gesundheitlichen Gesichtspunkten ins Blickfeld der Öffentlichkeit.

*Didaktische und methodische Orientierung*

Das Reihenthema Konservierung gliedert sich in fünf Sequenzen<sup>1</sup>, die, je nach schulischer Situation und verfügbarer Zeit, sukzessiv, in parallelen Arbeitsgruppen oder nur in Auswahl durchgearbeitet werden können. Für die Unterthemen der Sequenzen 2 bis 5 werden durchgängig experimentelle Vorschläge gemacht, die jedoch ganz unterschiedlichen Charakter besitzen. Es wurde versucht, in jeder Sequenz folgende Elemente zu berücksichtigen:

- handlungs- und alltagsorientierte Konservierungsverfahren
- historische Texte oder Beispiele zu Konservierungsverfahren
- einfache Nachweise der konservierenden Wirkung bestimmter Stoffe oder Modellversuche
- qualitative und (halb-)quantitative Verfahren zur Bestimmung einzelner Lebensmittelzusatzstoffe.

<sup>1</sup> Dabei werden alle praktisch bedeutsamen Konservierungsverfahren angesprochen mit folgenden Ausnahmen: Die speziellen Konservierungsverfahren für Milch wie Pasteurisieren oder Ultrahocherhitzung, die Bestrahlung von Lebensmitteln und der Zusatz von PHB-Estern (Ethern der para-Hydroxybenzoesäure), der wegen der deutlichen Geschmacksveränderung nur bei der Fischkonservierung eine gewisse Bedeutung besitzt. Dagegen sind Antioxidantien aufgenommen worden, die definitionsgemäß zwar nicht zu den Konservierungsstoffen zu zählen sind, jedoch auch zur Haltbarmachung von Lebensmitteln eingesetzt werden.

Im Oberstufenunterricht können, bis auf die instrumentell aufwendigen quantitativen Bestimmungen, alle Experimente von den Schülerinnen und Schülern ausgeführt werden. Soweit nicht anders vermerkt können die nach den Arbeitsvorschlägen hergestellten konservierten Lebensmittel unbedenklich konsumiert werden. Besondere Vorsicht ist jedoch beim Umgang mit verschimmelten bzw. verdorbenen Lebensmitteln geboten. Es besteht Vergiftungsgefahr!

Trotz der generellen Orientierung an den Anforderungen der Sekundarstufe II weisen die Materialien unterschiedliche fachliche Tiefe auf. Die formelmäßige Darstellung einzelner Sachverhalte ist zunächst als Information für die betreuende Lehrkraft zu verstehen. Im Leistungskursbereich können die Reaktionsmechanismen fallweise mit den Schülerinnen und Schülern be- bzw. erarbeitet werden. Für das grundsätzliche Verständnis der meisten Experimente und Nachweisreaktionen ist die Kenntnis der Mechanismen im Detail jedoch nicht Voraussetzung.

### *Hinweise für fächerübergreifendes Arbeiten*

Vom Thema Konservierung ausgehend können Verbindungen zu einer ganzen Reihe von Fächern bzw. Fachgebieten geknüpft werden:

- Die Erarbeitung der geschichtlichen Entwicklung fördert das Verständnis für den gegenwärtigen **Alltag** mit seinen Problemen und Möglichkeiten und setzt ihn in Beziehung bzw. Kontrast zu den Bedingungen des Lebens und Wirtschaftens früherer Zeiten. Inhaltliche Stichpunkte: Bedeutung des Pökeln für Salzhandel; Konserven ermöglichten lange Wanderungen (z.B. Völkerwanderung, Kreuzzüge, Kriege); Entstehung neuer Berufe; Wissenschaftsentwicklung.
- Für ein Verständnis der Konservierung sind u.a. **biologische und medizinische Fragen** relevant, z.B.: Was sind Mikroorganismen? Wie ist eine Zelle aufgebaut? und: Was bedeutet Cancerogenität?
- **Politik:** Wirtschaftliche Bedeutung der Konservierung, Handel, Handelswege, Märkte; Rechtsvorschriften sowie deren Kontrolle; welche Kontrollinstanzen sieht der Gesetzgeber vor?
- **Religion, Kunst:** Rituelle Bedeutung von bestimmten Nahrungsmittel-Behandlungstechniken; zeitgenössische Darstellungen und ihre Aussage.
- **Geographie:** Regionale Abhängigkeit bestimmter Konservierungsmethoden.
- **Sprachlicher Bereich:** Textanalyse; Übersetzung fremdsprachiger Rezepte usw.

Insgesamt ist die Thematik Konservierung auch wegen ihrer fächerübergreifenden und fächerintegrativen Aspekte, der Möglichkeit einer Realisierung als Unterrichtsprojekt und durch ihre Bezüge zu anderen Gebieten hervorragend geeignet, dem Chemieunterricht etwas von seiner Unbeliebtheit zu nehmen. Sie ermöglicht eine Vielfalt experimenteller Zugänge zur Realität<sup>2</sup>

### *Ziele der Reihe*

Ziel der Auseinandersetzung mit Konservierungsverfahren und -stoffen im Unterricht muss es sein, über die theoretische und praktische Kenntnis verschiedener Methoden und deren geschichtlichen Hintergrund zu einem Verständnis zu gelangen, das kritisches Verbraucher-

<sup>2</sup> George, R.: Experimente im Schulunterricht. In: chimica didactica 14/1988, Kooperative Dürnau, S. 89 ff. und S. 164 ff.

verhalten fördert und beiträgt zu einer reflektierten Teilhabe an den (gesellschafts-)politischen Entscheidungen der Gegenwart und der Zukunft. Angesprochen werden aber auch die Interessen der Schülerinnen und Schüler an einer generellen Auseinandersetzung mit Bereichen ihrer Alltagsumwelt, zu deren Aufklärung die Naturwissenschaften partiell beitragen können. Schließlich wird über die zahlreichen Möglichkeiten der praktischen Bearbeitung sowohl ein Teil naturwissenschaftlicher Arbeitstechniken zugänglich gemacht und andererseits die Selbsttätigkeit der Schülerinnen und Schüler gefördert bei der Konfrontation mit vielen schon nicht mehr geläufigen Techniken der häuslichen Lebensmittelkonservierung, vom Einwecken bis zur Herstellung von Sauerkraut.

Unter fachlichen bzw. wissenschaftspropädeutischen Aspekten sollen die Schülerinnen und Schüler

- klassische und moderne Konservierungsverfahren kennenlernen,
- Ursachen des Verderbs von Lebensmitteln und
- die Wirkungsweise ausgewählter Konservierungsstoffe und -verfahren kennenlernen,
- die Haltbarmachung von Lebensmitteln an praktischen Beispielen erfahren,
- Nachweise für einige Konservierungsstoffe durchführen,
- die Geschichte der Konservierung als Element von Naturwissenschaftsgeschichte verstehen lernen.

### *Hinweise zu Unterrichtsorganisation und -verlauf*

Die hier für die schulische Auseinandersetzung mit dem Thema „Konservieren von Lebensmitteln“ vorgeschlagenen Materialien sind grundsätzlich für den Chemieunterricht in der gymnasialen Oberstufe konzipiert und wurden dort auch erprobt. Daneben kommt aber auch ein Einsatz in anderen Zusammenhängen in Frage, z.B.

- Projekttag und -wochen,
- fächerübergreifende Unterrichtsprojekte,
- der Chemie- und Biologieunterricht der Klassen 9 bis 10
- der Wahlpflichtbereich der Mittelstufe bzw. Arbeitsgemeinschaften.

Als *Projekt* – integriert in den Stundenplan oder gesondert in einer Projektwoche – bietet die Thematik nahezu alle denkbaren Möglichkeiten für diese Arbeits- und Lernform: Zur praktischen und theoretischen Auseinandersetzung, zur Herstellung vorzeigbarer Produkte, zum Aufsuchen außerschulischer Lernorte und Einbeziehung von Eltern oder schulfremden Fachleuten und Literaturstudien, zur Darstellung eigener Ergebnisse für die (Schul-)Öffentlichkeit und zur interessengeleiteten Planung des eigenen Arbeitsprozesses in einer Gruppe. Da viele Experimente längere Zeit in Anspruch nehmen bzw. erhebliche Wartezeiten dabei entstehen, ist gerade die Organisationsform einer Projektwoche für diese Arbeiten günstig.

Viele der genannten methodischen Elemente können, mit Abwandlungen, ebenso im regulären Unterricht realisiert werden.

Wegen der Vielfalt der Konservierungsverfahren und der historischen und aktuellen Experimente muss die Lehrkraft eine sinnvolle Auswahl aus dem Angebot dieser Reihe treffen. Ein Vorschlag für einen konkreten Unterrichtsverlauf wird hier daher nicht gemacht.

## Die Sequenzen 1 bis 5

Die **Sequenz 1: Konservierung früher und heute** dient zum Einstieg in die komplexe Problematik der Lebensmittelkonservierung. Anhand einführender Experimente und verschiedener Texte und Materialien erfahren die Schülerinnen und Schüler Grundsätzliches über Verderb und Konservierung. Sie lernen dabei, dass die beinahe allgegenwärtigen Bakterien und Schimmelpilze die schlimmsten Feinde unserer Nahrungsmittel sind, da sie oft schon nach wenigen Tagen Gärung, Schimmel, Fäulnis und Verwesung hervorrufen. Die Auseinandersetzung mit der Geschichte der Lebensmittelkonservierung zeigt, dass die Haltbarmachung von Lebensmitteln durch Erhitzung, Abkühlung, Austrocknung, Abschließung oder Zusatz bestimmter Chemikalien einer ständigen Weiterentwicklung unterliegt und inzwischen eine große wirtschaftliche Bedeutung erlangt hat.

In der **Sequenz 2** wird das **Trocknen** als eine der ersten Konservierungsmethoden der Menschheitsgeschichte an praktischen Beispielen vorgestellt. Seine Wirksamkeit beruht darauf, dass Bakterien zu etwa 85 % aus Wasser bestehen und nur gelöste Nahrung aufnehmen können. Da sie in trockener Umgebung nicht gedeihen können, wird der Verderb durch die Austrocknung der Nahrungsmittel verhindert. Hierbei genügt es, den Wassergehalt des Lebensmittels auf 4% zu senken.

**Sequenz 3** setzt sich mit dem **Salzen, Pökeln und Zuckern** auseinander. Diese Methoden, die erfahren die Schülerinnen und Schüler auch in einem Modellversuch, wirken auf osmotischem Wege auf Bakterien austrocknend. Salzen und Pökeln werden vor allem bei Fleisch und Fischen angewendet, während durch Zuckern insbesondere Marmeladen, Gelees und Kondensmilch haltbar gemacht werden.

**Sequenz 4** behandelt das **Säuern und Schwefeln**. Diese Anwendung von Chemikalien zum Abtöten von Bakterien wird zunächst am Beispiel von Essigsäure, Ameisensäure und Milchsäure aufgezeigt. Historische Experimente belegen, dass bereits bei Griechen und Römern Essig zur Konservierung sowie Ameisensäure – als Bestandteil des Honigs – eingesetzt wurde. Der enzymatische Nachweis von Ameisensäure mittels Photometer schlägt eine Brücke zur modernen Analytik.

Die Herstellung von Sauerkraut erfolgt auch heute noch unter Ausnutzung der Milchsäuregärung, die andererseits für das Eindicken von Milch bedeutsam ist. Hier lernen die Schülerinnen und Schüler die Herstellung von Mozzarella als Milchprodukt kennen. Wiederum analytisch findet die Auseinandersetzung mit dem Schwefeln statt, wenn seine Rückstände im Trockenobst oder im Wein nachgewiesen werden.

**Sequenz 5** hat die **modernen Konservierungsstoffe und Antioxidantien** zum Gegenstand. Zunächst wird die vor Schimmelbefall schützende Wirkung von Sorbinsäure und ihr Nachweis in Remoulade vorgestellt. Demgegenüber wirkt Benzoesäure durch Verhinderung der alkoholischen Gärung konservierend; sie wird in Erfrischungsgetränken nachgewiesen. Schließlich werden als natürliche Antioxidantien die Vitamine C und E behandelt. Hier können die Schülerinnen und Schüler Speiseöl und Pilzkonserven untersuchen.



## Übersicht über die Experimente und Materialien

### Sequenz 1

#### Konservierung früher und heute

- |     |      |  |
|-----|------|--|
| M 1 | (Tx) | Geschichte der Lebensmittelkonservierung im Überblick  |
| M 2 | (Tx) | Verderb und Konservierung zu verschiedenen Zeiten      |
| M 3 | (Ab) | Konservierungsverfahren im Überblick                   |
| E 1 | (SV) | Enzymatische Bräunung beim Apfel und ihre Verhinderung |

### Sequenz 2

#### Trocknen

- |     |      |   |
|-----|------|---|
| E 2 | (SV) | Die Kartoffelchips der Inkas – Ein historisches Beispiel für das Trocknen von Lebensmitteln als Konservierungsmethode |
| E 3 | (SV) | Apfelringe – Ein aktuelles Beispiel für das Trocknen von Obst   |
| E 4 | (SV) | Das Trocknen von Lebensmitteln als Konservierungsmethode – Ein Modellversuch  |

### Sequenz 3

#### Salzen, Pökeln, Zuckern

- |     |         |   |
|-----|---------|---|
| M 4 | (Tx/Bd) | Das Salzen als historische Konservierungsmethode                                  |
| M 5 | (Tx)    | Der Mann im Salz  |
| E 5 | (SV)    | Das Salzen von Lebensmitteln als Konservierungsmethode – Modellversuch zur Osmose |
| E 6 | (SV)    | Das Pökeln von Fleisch  |
| E 7 | (SV/LV) | Nachweis von Nitrat und Nitrit in Rohwurst und Hackfleisch                        |
| E 8 | (SV)    | Konservieren mit Zucker – Römische Brombeeren                                     |

### Sequenz 4

#### Säuern und Schwefeln

- |      |         |  |
|------|---------|--|
| E 9  | (SV)    | Äpfelkonservierung nach Aspicus  |
| E 10 | (LV)    | Nachweis von Ameisensäure im Honig   |
| E 11 | (SV/LV) | Enzymatischer Nachweis von Ameisensäure mittels Photometer                     |
| E 12 | (SV)    | Herstellung von Sauerkraut – Konservieren durch Milchsäuregärung               |
| E 13 | (SV)    | Nachweis von Milchsäure in Kefir   |
| E 14 | (SV)    | Nachweis von Schwefeldioxid in Trockenfrüchten                                 |
| E 15 | (SV/LV) | Bestimmung des SO <sub>2</sub> -Gehaltes in Wein durch iodometrische Titration |

### Sequenz 5

#### Moderne Konservierungsstoffe und Antioxidantien

- |      |         |  |
|------|---------|--|
| E 16 | (SV/LV) | Nachweis und Bestimmung von Sorbinsäure in Remoulade   |
| E 17 | (SV)    | Nachweis der konservierenden Wirkung von Benzoesäure – Verhinderung der alkoholischen Gärung |
| E 18 | (SV)    | Antioxidantien – Nachweis von Vitamin E in Speiseöl  |
| E 19 | (LV)    | Bestimmung von Vitamin C in Pilzkonserven  |

## M 1

## Geschichte der Lebensmittelkonservierung im Überblick

Entstehungszeit	Methode der Lebensmittelkonservierung
Ur- und Steinzeit 9000 v. Chr.	Entwicklung der ersten Konservierungsverfahren Salzen und Räuchern/Trocknen Nutzung der haltbarmachenden Eigenschaften von Milch, Honig, Pflanzensäften (z. B. Käseherstellung)
3000 v. Chr.	Konservieren mit Öl: in Mesopotamien wurden gekochtes Fleisch und gekochter Fisch in mit Sesamöl gefüllten Gefäßen aufbewahrt
~2000 v. Chr.	Einlegen in Essig (Ägypten)
~1000 v. Chr.	Gaslagerung (Bibel)
24-79 n. Chr.	Der Römer Plinius berichtet über Aufbewahrung von Obst durch abschließende Überzüge (Ton oder Wachs), außerdem über konservierende Eigenschaften von verschiedenen Säuren (z.B. Ameisen-, Essig-, Milchsäure, etc.), benennt sie jedoch noch nicht.
~ 200 n. Chr.	Kühlen mit Verdunstungskälte (Römisches Reich)
~1000 n. Chr.	Einlegen in Alkohol (Arabien) / Konservieren mit Milchsäure (Ostasien, Orient) / Konservieren mit Zucker (Ostasien, Orient)
1353	Konservieren mit Zucker (Europa)
1397	Pökeln ( <i>G. Beukel</i> ) /evtl. schon 2500 v. Chr. (Babylonien) und 400 n. Chr. (Römisches Reich)
1497	Missbilligung des zu starken Schwefelns von Wein auf dem Reichstag zu Lindau
1557	CARDAMUS benennt den Wassergehalt von Lebensmitteln und deren Berührung mit der Außenluft als Ursache für ihren Verderb
1691	PORTER und WHITE melden das erste britische Patent, um Lebensmittel mit „Hilfe von Flüssigkeit“ zu konservieren an. Die Zusammensetzung teilen sie jedoch nicht mit.
1647-1714	D. PAPIN vollzieht die erste „Dosenkonservierung“ von Fleisch. In seinem „Papinschen Topf“, luftdicht und verschlossen, erhitzt und konserviert er Fleisch.
1750	SIR J. PRINGLE führt die Bezeichnung „antiseptisch“ ein und stellt fest, dass Säuren die stärksten Antiseptika sind, Salpeter bei der Fleischkonservierung dem Salz überlegen ist und dass Kamille, Kampfer und Myrrhe wirksame Antiseptika sind.
1765	L. SPALLANZANI weist nach, dass in einer aufgekochten Flüssigkeit keine neuen fäulniserregenden Stoffe erscheinen.
1809	N.F. APPERT (Napoleons Leibkoch) erfindet die Konservendose, d.h. Lebensmittel werden luftdicht in Gefäße gefüllt und im Wasserbad eine bestimmte Zeit erhitzt.
1865	Konservierende Wirkung von Ameisensäure ( <i>Jodin</i> )
1874	KOLBE und THIERSCH beschreiben die antiseptische Wirkung der Salicylsäure.
1875	L. PASTEUR behauptet, dass „eine Kurzerhitzung auf 40°C - 60°C genügt, um Wein vor jeder Infektion zu schützen“. Erkenntnis, dass Mikroorganismen für den Verderb von Lebensmitteln verantwortlich sind. Benennung „antimikrobiell“ für die Wirkung von Konservierungsmitteln. FLECK berichtet über das Wirkungsspektrum der Benzoesäure als Antiseptikum.
1923	In den USA wird die erste Genehmigung zur direkten Verwendung von Nitrat in Fleischprodukten erteilt. SABALITSCHKA entdeckt die antimikrobielle Wirkung von p-Hydroxybenzoesäureestern.
1938	HOFFMANN, DALBY und SCHWEITZER empfehlen den Einsatz von Propionsäure zur Backwarenkonservierung.
1939	E. MÜLLER stellt die konservierenden Eigenschaften der Sorbinsäure bei Untersuchungen von ungesättigten Fettsäuren fest.
1940	GOODING stellt unabhängig davon die konservierende Wirkung der Sorbinsäure in Margarine fest.
ab 1950	Untersuchungen über Bestrahlung von Lebensmitteln mit Kobalt- und Caesium-Isotopen.

## M 2

**Verderb und Konservierung zu verschiedenen Zeiten***Konservierung unter verschiedenen klimatischen Bedingungen*

„So verschiedene Bedürfnisse, so verschiedene Zwecke brachten die Kunst Körper zu erhalten, bald zu einer gewissen Vollkommenheit, die größtenteils vom Klima abhängig war.

In einem sehr warmen und feuchten Lande (z.B. in mehreren Teilen Ostindiens) giengen alle Körper sehr schnell in Gährung und Fäulniß über; man konnte sie dort durch kein anderes Mittel haltbar machen, als durch das Trocknen.

In einem feuchten (z.B. Holland) wurden die hölzernen Theile der Gebäude und alle Körper schnell von der Vermoderung oder Fäulniß ergriffen. Man mußte erstere durch Ausstreichen von Oelfarben, letztere durch verschiedene Mittel haltbar zu machen suchen; man mußte die größte Reinlichkeit beobachten, um Ansteckungsstoffe und feuchte Dämpfe zu entfernen.

In einem kalten Lande waren so viele Vorsichten nicht nöthig. Der Mangel an Wärme hielt die Gährung und Fäulniß zurück, und den größten Theil des Jahres konnte man die Nahrungsmittel im Schnee, oder zu Eis gefroren aufbewahren.“

Aus: J.C. Leuchs: Lehre der Aufbewahrung und Erhaltung aller Körper. Prisma-Verlag Gütersloh, 1980.

**Ursachen für den Verderb**

Beim Verderb von Lebensmitteln werden nicht nur wertvolle Nahrungsmittel ungenießbar, durch den mikrobiellen Stoffwechsel entstehen auch für den Menschen toxische Substanzen. Die für die Bildung der Toxine verantwortlichen Mikroorganismen können aufgrund der unterschiedlichen Orte ihrer Toxinbildung in zwei Gruppen aufgeteilt werden:

- Toxinbildner: Das Toxin entsteht im Nahrungsmittel vor dessen Verzehr. Zu dieser Gruppe gehören u.a. das anaerobe Bakterium 'Clostridium botulinum' und die Schimmelpilze.
- Infektionserreger: Hier entsteht das Toxin im Darm nach Verzehr befallener Lebensmittel. Beispiele für diese Gruppe sind Salmonellen und 'Clostridium perfringens'.

**Wirksamkeit einiger Konservierungsstoffe gegenüber Mikroorganismen**

	Bakterien	Hefen	Schimmelpilze
Nitrit	++	–	–
Sulfit	++	+	+
Ameisensäure	+	++	++
Sorbinsäure	++	+++	+++
Benzoessäure	++	+++	+++

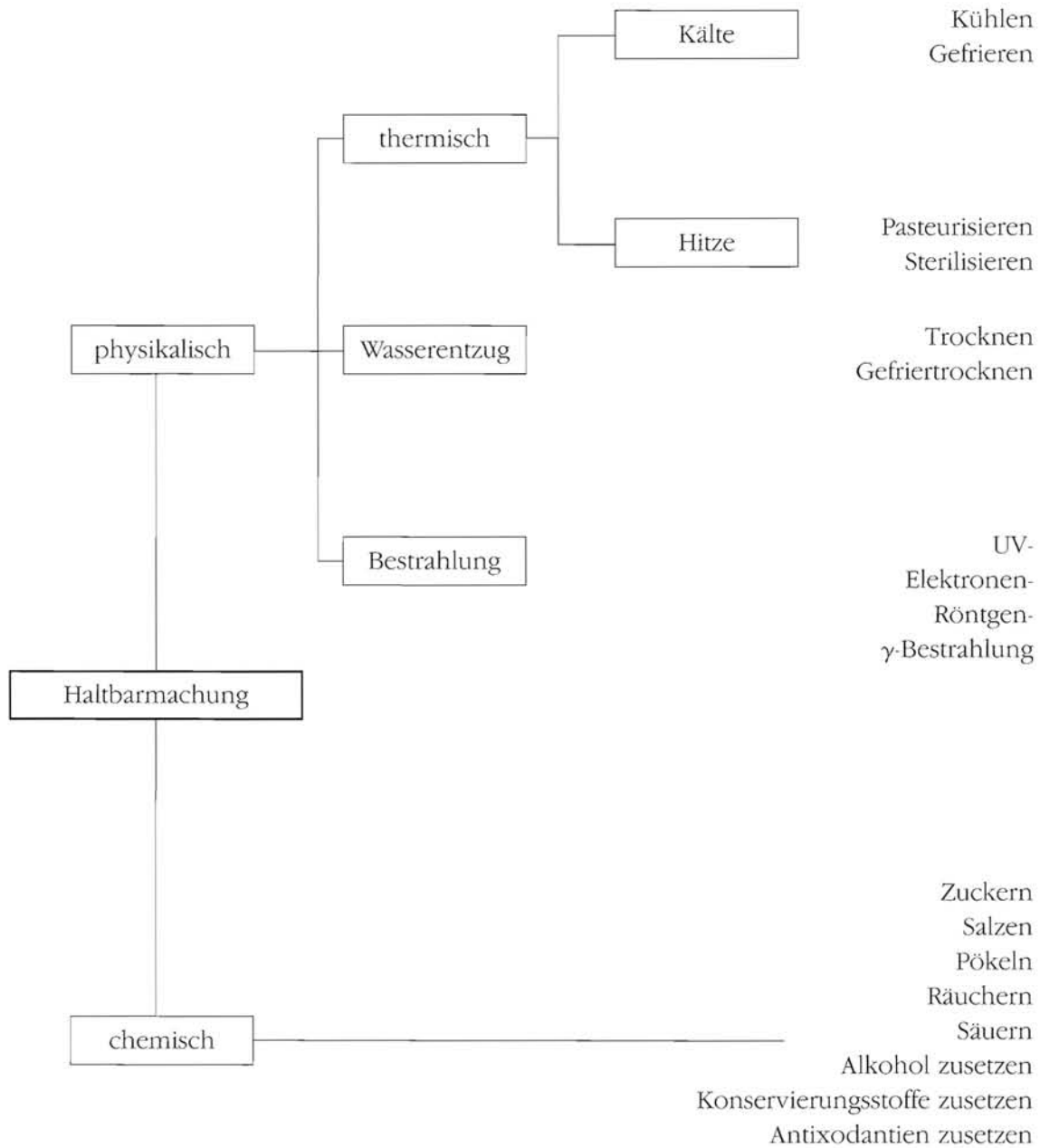
– unwirksam / + wenig wirksam / ++ mittelstark wirksam / +++ gut wirksam

Nach: E. Lück: Chemische Lebensmittelkonservierung. Springer Verlag Berlin 1985.



M 3

Konservierungsverfahren im Überblick



II/C3

Erläuterung (M 3)

Hinweis:

Eine ähnliche schematische Übersicht kann auch mit den Schülerinnen und Schülern gemeinsam erarbeitet werden. Dazu werden z.B. konservierte Lebensmittel gesichtet und ausgewertet.

## E 1 Enzymatische Bräunung beim Apfel und ihre Verhinderung

Dauer Vorbereitung: 5 min

Dauer Versuchsdurchführung: 20 min

SV

LV



T giftig



C ätzend



Xi reizend



Xn schädlich



E explosiv



F+ entzündlich



F brennbar

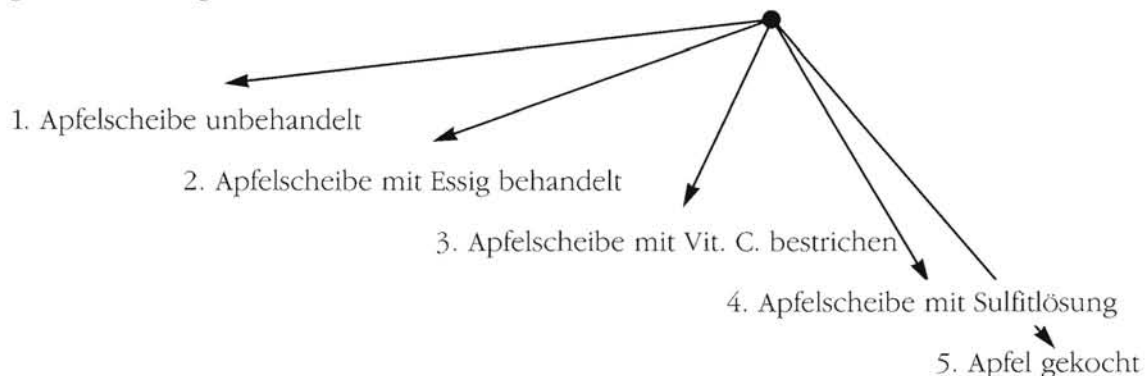


O brandfördernd

Chemikalien	Gefahrensymbole	Entsorgung	Geräte
- ein Apfel - Essig - Vitamin-C-Lösung - Natrium-Sulfitlösung	<b>Xi</b>	B 1	1 Messer, 5 Uhrgläser oder Petrischalen, Reagenzgläser, 1 Becherglas

### Versuchsdurchführung:

Der Apfel wird in Scheiben geschnitten, die Scheiben werden auf Uhrgläser gelegt und gemäß dem folgenden Schema behandelt:



### Erläuterung (E 1)

Unter „Beobachtung“ sollte notiert werden:

Die unbehandelte Apfelscheibe bräunt relativ schnell, während alle anderen Proben durch die jeweilige Konservierung mehr oder weniger lange geschützt werden.

*Versuchsalternative: Verderb und Haltbarmachung beim Apfelsaft*

In 5 Reagenzgläser werden je 5 cm<sup>3</sup> frisch gepresster Apfelsaft gefüllt. Glas 1 bleibt unbehandelt; bei Glas 2 wird der Inhalt längere Zeit gekocht und dann mit einem Wattebausch verschlossen, den man zur Desinfektion durch die Flamme gezogen hat; Glas 3 spült man unmittelbar vor dem Einfüllen des Mostes mit schwefliger Säure aus; zum 4. Glas gibt man 0,1 cm<sup>3</sup> Natrium-Benzoesäure-Lösung. In Glas 5 gibt man zu dem Apfelsatz ca. 5 Tropfen Ameisensäure.

Man lässt die Gläser bei Zimmertemperatur stehen und prüft nach 1 bis 3 Tagen die eingetretenen Veränderungen. Es ist zu beobachten, dass auch in diesem Versuch nur der unbehandelte Apfelsaft in Glas 1 verdirbt.

II/C3

## E 2 Die Kartoffelchips der Inkas – Ein historisches Beispiel für das Trocknen von Lebensmitteln als Konservierungsmethode

<b>Dauer Vorbereitung:</b>	5 min	<input checked="" type="checkbox"/> SV	<input type="checkbox"/> LV
<b>Dauer Versuchsdurchführung:</b>	20 min / 1 Woche Wartezeit		

Chemikalien	Gefahrensymbole	Entsorgung	Geräte
- Kartoffeln			1 Messer, 1 Gefrierdose, Trockenschrank, Gefrierschrank, Alufolie, Papierhaushaltstücher

II/C3

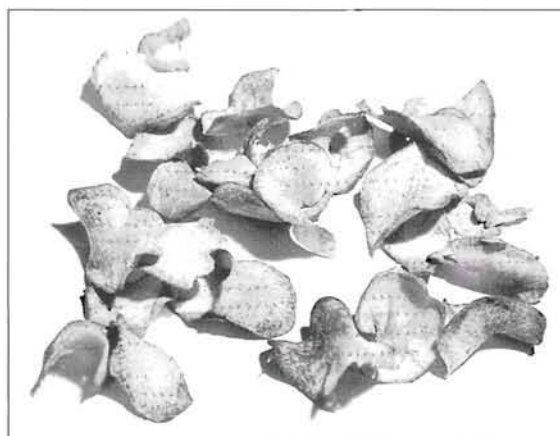
### Versuchsdurchführung:

Die Kartoffeln werden geschält und in sehr dünne Scheiben geschnitten. Die Scheiben werden in einer unverschlossenen Gefrierdose über Nacht eingefroren. Am nächsten Tag lässt man die Scheiben antauen.

Die Kartoffelscheiben werden zwischen Papiertüchern solange gepresst, bis sie keine Flüssigkeit mehr abgeben. Anschließend werden sie auf einer Aluminiumfolie ausgelegt und im Trockenschrank etwa eine Woche bei 40 °C getrocknet.

### Aufgabe (E 2)

*Überlegen Sie, weshalb man die Kartoffelscheiben günstigerweise zunächst offen eingefriert, bevor man sie trocknet!*



### Erläuterung (E 2)

Lösung der Aufgabe

Das Gefrieren der Kartoffeln führt zunächst zu einer Zerstörung der Zellen; dies erleichtert das nachfolgende Auspressen des Wassers. Beim offenen Einfrieren verdunstet bereits ein kleiner Teil des Wassers; es handelt sich hierbei also um eine Art Gefriertrocknung.

Hinweise: Werden die Kartoffelscheiben nicht sorgfältig ausgepresst, sind sie nach dem Trocknen schwarz, da der Presssaft (Per-)Oxidasen enthält, die an der Luft dunkelgefärbte Produkte bilden.

Statt im Trockenschrank kann die Trocknung auch im Backofen auf mittlerer Schiene bei 150 °C erfolgen. Dann sind die Chips bereits nach zwei bis drei Stunden fertig.

Die so erhaltenen Kartoffelchips sind auch ohne Gewürze sehr schmackhaft. Eine mittelgroße Kartoffel ergibt etwa 7 g Chips.

Dieses Konservierungsverfahren war bereits bei den Inkas in Südamerika verbreitet:

„... *Mc Neish und Kollegen liefern weiteres Belegmaterial, das aufzeigt, welchen Nährwert sie (die Trockenkartoffeln) schon für frühere Bewohner Perus etwa um 3800 v.Chr. mit Sicherheit besessen haben. Die archäologischen Feldforschungen haben auch prähistorische Vorratslager von chuño (chuños - dehydrierte Trockenkartoffeln, eine Art 'Kartoffelkonserve' also) aufgedeckt. ... Man setzt die Kartoffeln über Nacht strengem Frost aus, dann stampft man sie mit den Füßen ein, um die Flüssigkeit auszupressen, schließlich werden sie den ganzen Tag über der Sonne und den trocknenden Winden preisgegeben. Dieser Trocknungsprozeß dauert 4, 5 Tage.*“

(P. u. D.R. Brothwell: Kulturgeschichte der Ernährung. Zabern Verlag Mainz 1984, S. 153)

## Weitere historische Beispiele für Trocken-Konserven

### Trockenpilze

Von den Yosemite-Indianern ist bekannt, dass sie Pilze durch Trocknen haltbar machten. Die blättrig geschnittenen getrockneten Pilze wurden vor dem Verzehr gekocht und mit Salz gegessen oder als Pilzsuppe zubereitet.

*Im Unterricht* können Trockenpilze leicht aus frischen Champignons hergestellt werden. Die gewaschenen und sorgfältig getrockneten Pilze werden in Scheiben geschnitten und locker auf einer Alufolie ausgelegt. Im Trockenschrank werden die Pilzscheiben zunächst eine halbe Stunde bei 40 °C getrocknet, dann weitere 2 Stunden bei 70 °C.

Dieser Dörrversuch ist recht einfach und lässt auch ungeübte Schülergruppen schnell zu einem Ergebnis kommen. 300 g frische Pilze ergeben etwa 8 g Trockenpilze. Wie beim historischen Vorbild kann aus den selbst hergestellten Dörripilzen eine Pilzsuppe zubereitet werden.

### Trockenfleisch (Pemmikan)

Die Haltbarmachung von Fleisch durch Trocknen war vielen Völkern bekannt. Je nach Klimazone wurde Fleisch in der Sonnenhitze oder in der Kälte (gefrier-)getrocknet.

*Für den Unterricht* kann wegen der Vergiftungsgefahr beim Verzehr von nicht vollständig konserviertem Fleisch und wegen möglicher Schimmelbildung nur ein Modellversuch<sup>1</sup> vorgeschlagen werden. Vom Verzehr des dabei hergestellten Trockenfleisches muss dringend abgeraten werden.

Fettfreies Rindfleisch wird in dünne etwa 1 cm breite Streifen geschnitten, dick mit Maismehl eingerieben und anschließend auf hölzernen Stäbchen in die Sonne gelegt. Beim Trocknen muss die Luft von allen Seiten Zutritt zu den Fleischstreifen haben. Die Wirkung der Sonne kann dadurch verstärkt werden, dass man unterhalb der Fleischstreifen ein Blech anbringt. Das Fleisch sollte bei diesem Versuch aber nicht gebraten werden.

<sup>1</sup> Nach: Krätz, O.: Historische, chemische und physikalische Versuche. In: Bukatsch, F., Glöckner, W. (Hrsg.): Experimentelle Schulchemie. Aulis Verlag Köln 1979, S. 202.

## E 3 Apfelringe – Ein aktuelles Beispiel für das Trocknen von Obst

<b>Dauer Vorbereitung:</b>	5 min	<input checked="" type="checkbox"/> SV	<input type="checkbox"/> LV
<b>Dauer Versuchsdurchführung:</b>	20 min / 1 Woche Wartezeit		

Chemikalien	Gefahrensymbole	Entsorgung	Geräte
- Äpfel			1 Messer, Schneidebrett, Bindfäden

II/C3

### Versuchsdurchführung:

Die Äpfel werden geschält und das Kerngehäuse herausgeschnitten. Anschließend werden sie in etwa 1 cm dicke Scheiben geschnitten und auf lange Schnüre aufgefädelt.

Zum Trocknen werden sie an einem luftigen, möglichst warmen Ort aufgehängt. Nach einigen Tagen, wenn sie noch biegsam sind und sich ledrig anfühlen, können sie in luftdichte Gläser oder Dosen gefüllt werden. So sind sie sehr lange haltbar.

### Erläuterung (E 3)

Um die Äpfel vor Bräunung zu schützen, kann man sie vor dem Auffädeln kurz in Salzwasser tauchen.

Trockenfrüchte neigen dazu, Feuchtigkeit aus der Luft aufzunehmen, deshalb müssen sie luftdicht verschlossen werden. Auch zu viel Licht schadet, da es den Trockenfrüchten die Farbe nimmt und Vitamine und andere Inhaltsstoffe angreift.

## Weitere Beispiele für die Trocknung von Obst

### Bananenschnitten

Reife Bananen werden geschält und mit einer Gabel zerdrückt. Unter die Bananenmasse wird etwas Honig gerührt. Das Bananenmus wird auf ein gut gefettetes Blech etwa fingerdick aufgestrichen und im Backofen auf mittlerer Schiene bei 50 °C bei leicht geöffneter Ofentür etwa 4 Stunden getrocknet. Nach einer Standzeit von einem Tag bedeckt mit einem Tuch wird die getrocknete Masse in kleine Stücke geschnitten und abgepackt.

### Trockenobst-Produkte

Am besten schmecken getrocknete Früchte so wie sie sind. Mit verschiedenen Nusssorten gemischt ergeben sie das berühmte Studentenfutter. Aus Trockenobst kann man auch Kompotte herstellen, z.B. Backpflaumenkompott. Aus verschiedenen getrockneten Früchten lässt sich ein Früchtebrot backen. Außer Datteln, Nüssen, Orangeat und Zitronat werden hierzu Zucker, Mehl und Hefe gebraucht sowie verschiedene Gewürze. Rezepte hierzu finden sich in verschiedenen Kochbüchern.



## E 4 Das Trocknen von Lebensmitteln als Konservierungsmethode – ein Modellversuch

<b>Dauer Vorbereitung:</b>	10 min	<input checked="" type="checkbox"/> SV	<input type="checkbox"/> LV
<b>Dauer Versuchsdurchführung:</b>	1 Woche Beobachtungs- bzw. Wartezeit		

Chemikalien	Gefahrensymbole	Entsorgung	Geräte
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kartoffeln</li> <li>- Kartoffelchips (ggf. aus E 2)</li> <li>- Apfel</li> <li>- getrocknete Apfelringe (ggf. aus E 3)</li> <li>- Brot</li> <li>- Wasser</li> </ul>			Messer, Schneidebrett, Petrischalen, Filzschreiber

II/C3

### Versuchsdurchführung:

**Sicherheitshinweis:** Die Petrischalen dürfen nach Einsetzung der Schimmelbildung nicht mehr geöffnet werden. Für die Entsorgung gelten die Vorschriften für mikrobiologische Versuche (Autoklavierung erforderlich).

Je zwei Petrischalen werden mit dem Filzschreiber beschriftet. In eine der Schalen kommt jeweils das durch Trocknen konservierte Lebensmittel, in die andere das frische. Beim Brot wird ein trockenes Stück mit einem angefeuchteten verglichen.

Die Proben lässt man zunächst 1 bis 2 Stunden offen stehen, dann wird der Deckel aufgesetzt. Die Veränderung der Lebensmittel wird über einige Tage hinweg beobachtet.

**Beobachtungen:** ins Heft

### Erläuterung (E 4)

Unter „Beobachtungen“ sollte notiert werden:

Die durch Trocknung konservierten Lebensmittel verändern sich kaum; die frischen Lebensmittel weisen verschiedene Zeichen des Verderbs auf, z.B. Bräunung, Schimmelbildung, Konsistenzveränderung, Zersetzung.

Zusammenfassend kann notiert werden:

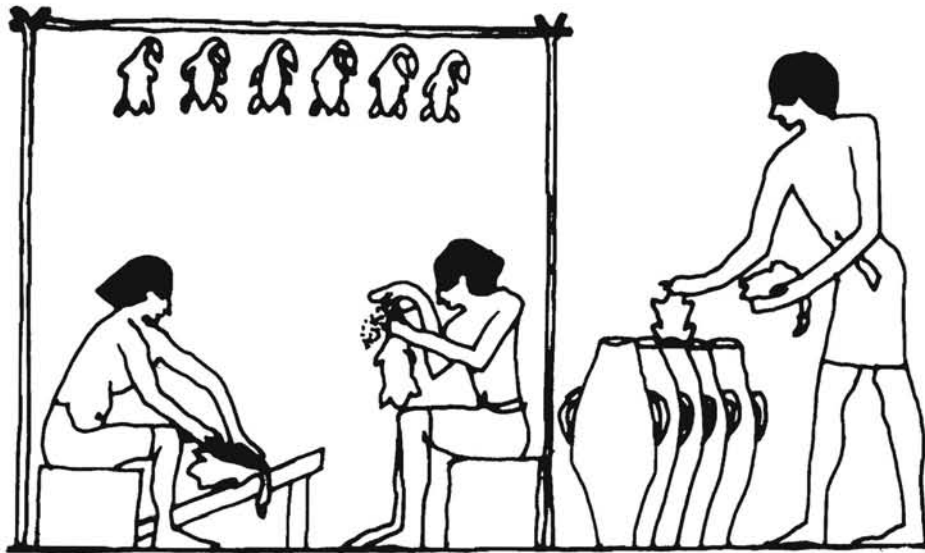
Das Trocknen ist das wohl älteste Konservierungsverfahren. Hierbei wird den für den Verderb verantwortlichen Mikroorganismen die wichtige Lebensgrundlage Wasser entzogen. So ist ein Lebensmittel fast unbegrenzt haltbar, wenn sein Wassergehalt unter 4% gesenkt und es anschließend vor Feuchtigkeit geschützt aufbewahrt wird. Dies ist u.a. durch einen Mumienfund bestätigt worden, bei welchem die Mumie einen Beutel mit getrocknetem Mais trug. Um alle wertvollen Bestandteile wie auch die Quellfähigkeit zu erhalten, werden in neuerer Zeit Lebensmittel (z.B. Kaffee) zunehmend in der Kälte getrocknet. Hierbei verdampft das Wasser aus der Ware und schlägt sich als Eis an Kühlschlangen nieder.

Die Methode der (natürlichen) Gefriertrocknung wird bis heute im nördlichen Skandinavien bei der Stockfischherstellung angewandt, indem die Fische in der Kälte im Freien aufgehängt werden.

## M 4

## Das Salzen als historische Konservierungsmethode

Kochsalz wurde schon mit Beginn der Vorratshaltung als Konservierungsmittel verwendet. Aus dem Altertum ist bekannt, dass Sumerer und Babylonier mit Salzfleisch und Salzfish handelten. In Rom wurde Olivenöl durch den Zusatz von Salz haltbar gemacht. Wie das folgende Bild zeigt, verwendeten auch die Ägypter Salz zum Konservieren.



Frühägyptische Szene: Herrichten und Einsalzen von Geflügel

Nach: P. und D.R. Brothwell: Manna und Hirse. Eine Kulturgeschichte der Ernährung. Zabern Verlag Mainz 1984, S. 229.

Über die Wirkung des Salzens gab es bereits frühe Vermutungen und Deutungen:

*„Bey dem Einsalzen bestreut man den einzusalzenden Körper mit Salz, welches sich dann in den wässerigen Theilen desselben auflöst und ihn durchdringt, oder man legt ihn in Salzauflösung, von der er auf ähnliche Art durchdrungen wird, und dann weit weniger einer freywilligen Zersetzung unterworfen ist.“*

J.C. Leuchs: Lehre der Aufbewahrung und Erhaltung aller Körper. Prisma-Verlag Gütersloh 1980, S. 273.

**M 5****Der Mann im Salz**

Es war im Jahre 1573, in einem Wintermonat. Ein Kometstern zeichnete eine feurige Bahn in den nachtschwarzen Himmel, und die Menschen im Salzburgischen wagten kaum daran zu denken, was nun mit ihnen geschehen sollte. Was hatte dieses unheimliche Omen zu bedeuten?

- 5 Im Salzberg Dürrnberg ging man seiner Arbeit nach wie bisher. Das Salz mußte zutage gefördert werden; man konnte keine Rücksicht auf die abergläubischen alten Frauen nehmen, die die Bergleute vor einem Unglück zu warnen versuchten.

Der Himmel hatte zwar mit den fleißigen Männern ein Einsehen und verschonte sie, aber es kam zu einer unheimlichen Begebenheit: Ein Bergmann fand, 630 Schuh tief im Gestein, einen Menschen, völlig unversehrt. Der Mann war unverwest, er trug Kleidung, und Bart- sowie Haarfarbe waren noch zu erkennen. Aber sein Fleisch war gelb und hart, wie geselcht.

10 Damit alle Anwohner den erstaunlichen Toten besehen konnten, wurde er bei der Kirche des Ortes aufgebahrt. Bisher vom Salz konserviert, begann die Leiche aber nach  
15 einigen Tagen zu verfallen und zu verfaulen, so daß der Tote schließlich zu Grabe getragen werden mußte.

Aus: S. Falckenberg: Salz ist Leben. Ariston Verlag Genf 1987.

**Aufgaben (M 5)**

1. Welches Konservierungsprinzip war beim „Mann im Salz“ wirksam? Welche alltäglichen Anwendungen dieses Prinzips kennen Sie?
2. Warum trat nach Entdeckung der Leiche bald die Verwesung ein?

**Erläuterung (M 5)**

Lösungen der Aufgaben

**zu Aufgabe 1**









Der Leichnam wurde durch das Salz vor Verwesung geschützt, da Luftzutritt unterbunden war, außerdem Wasser entzogen war, so dass den Mikroorganismen die Lebensgrundlage fehlte.

Einlegen von Lebensmitteln in eine Salzlake (z.B. Oliven)

**zu Aufgabe 2**

Luft und Feuchtigkeit der Umgebung schaffte den Mikroorganismen die Lebensgrundlage, so dass sich der Verwesungsprozess in Gang setzen konnte.

## E 5 Das Salzen von Lebensmitteln als Konservierungsmethode – Modellversuch zur Osmose

<b>Dauer Vorbereitung:</b>	5 min	<input checked="" type="checkbox"/> SV	<input type="checkbox"/> IV
<b>Dauer Versuchsdurchführung:</b>	90 min, 1-2 Tage Wartezeit		
T  giftig	C  ätzend	Xi  reizend	Xn  schädlich
E  explosiv	F+  entzündlich	F  brennbar	O  brandfördernd
Chemikalien	Gefahrensymbole	Entsorgung	Geräte
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 Eier</li> <li>- 3 m Salzsäure</li> <li>- Kochsalz</li> <li>- dest. Wasser</li> </ul>	<b>Xi</b>	B 1	6 Bechergläser (600 cm <sup>3</sup> ), 1 Löffel

II/C3

### Versuchsdurchführung:

Drei 600 cm<sup>3</sup>-Bechergläser werden mit je 200 cm<sup>3</sup> 3 m Salzsäure gefüllt und in jedes ein Ei hineingelegt. Die Eier müssen ständig mit einem Löffel mit der Salzsäure benetzt und gleichzeitig der entstandene Schaum abgeschöpft werden. Die anderen drei Bechergläser füllt man indessen mit (1) 300 cm<sup>3</sup> destilliertem Wasser, (2) 300 cm<sup>3</sup> konzentrierter Kochsalzlösung und (3) mit 300 cm<sup>3</sup> physiologischer (0,9 %iger) Kochsalzlösung. Sobald die Eier in den Bechergläsern mit der Salzsäure entschalt sind, werden sie mit Wasser abgespült und jeweils ein Ei in die vorbereiteten Lösungen (1) bis (3) gelegt.

Man beobachte die Veränderungen während der nächsten Stunden und Tage.



**Beobachtung:** ins Heft

### Erläuterung (E 5)

Unter „Beobachtung“ sollte notiert werden:

Bei der Auflösung der Eierschalen tritt eine merkliche Schaumbildung infolge  $\text{CO}_2$ -Entwicklung ein.

Im anschließenden Versuch schrumpft das Ei in der konzentrierten Kochsalzlösung; das Ei in der physiologischen Kochsalzlösung zeigt keine Veränderung; das Ei im destillierten Wasser quillt deutlich auf.

Hinweise

Zur Erklärung der Wirkungen kann man auf Erfahrungen aus dem Alltag zurückgreifen. Abgefallene Kirschen oder Zwetschgen quellen und platzen an regnerischen Tagen auf, während die in Zuckerlösung eingemachten Früchte oft schrumpfen und runzlig werden. Im ersten Fall saugen die in den Früchten gelösten Stoffe (hauptsächlich Zucker) das Regenwasser ins Innere, im zweiten Beispiel zieht die konzentrierte Zuckerlösung im Einmachglas das Wasser aus den Früchten heraus.

Ähnliches ist zu beobachten, wenn man in eine rohe Kartoffel eine Vertiefung schneidet und diese mit Salz füllt. Nach einigen Stunden hat sich die Vertiefung mit Wasser gefüllt, das aus der Kartoffel herausgezogen wurde. Enthält ein Nahrungsmittel mehr Zucker, Salze oder andere gelöste Stoffe, als die Bakterien, so werden die letzteren auch in flüssiger Umgebung „ausgetrocknet“. Sie müssen verdursten wie ein Mensch, der nur salziges Meerwasser zu trinken bekommt.

Erklärende Ergänzungen:

Salz (oder Zucker) entzieht dem zu konservierenden Lebensmittel Wasser und damit den Mikroorganismen die Lebensgrundlage.

Die beschriebenen Vorgänge sind Beispiele für die **Osmose**. Hierunter versteht man die einseitige Diffusion von Lösungsmittelmolekülen (z.B. Wasser) durch eine semipermeable Trennwand (Membran). Dadurch findet ein Konzentrationsausgleich zwischen konzentrierten und verdünnten Lösungen statt. Da die semipermeablen Wände – z.B. die Eihaut – das Salz nicht hindurchlassen, kann dieser Ausgleich nur durch Aufnahme von Wasser erfolgen. Deshalb verspüren Menschen auch großen Durst nach Genuss von viel Salz oder Zucker.

Die negativen Folgen zu hohem Salzkonsums für den Menschen waren bereits früh bekannt. So warnte der chinesische Arzt Huang Ti Nei Ching Su Wen vor 4500 Jahren: „Wenn wir die Nahrung zu stark salzen, wird der Puls hart ... und wenn dann das Herz sehr kräftig schlägt und die einzelnen Schläge deutlich verlängert sind, tritt eine Krankheit auf, die die Zunge zusammenzieht und den Patienten der Sprache beraubt.“<sup>1</sup>









Auch in der modernen Medizin wird empfohlen, mit Kochsalz vorsichtig umzugehen. Es gilt als ein wesentlicher Faktor für die Entstehung von Bluthochdruck.

<sup>1</sup> Zit. nach: **Katalyse Umweltgruppe (Hrsg.):** Was wir alles schlucken. Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek 1985, S. 146



## E 6

## Das Pökeln von Fleisch

<b>Dauer Vorbereitung:</b>	5 min	<input checked="" type="checkbox"/> SV	<input type="checkbox"/> LV
<b>Dauer Versuchsdurchführung:</b>	20 min, 2 Wochen Wartezeit		
			
			

Chemikalien	Gefahrensymbole	Entsorgung	Geräte
– Pökelsalz (NaCl mit 0,4% NaNO <sub>2</sub> ) zu beziehen über Metzger oder Fachhandel – Wasser – 2 Fleischstücke à 200 g	O, T	B 6, B 2	3 Bechergläser (1000 cm <sup>3</sup> ), Frischhaltefolie, Waage

### Versuchsdurchführung:

In einem Becherglas werden etwa 700 cm<sup>3</sup> 12%iger Pökellake hergestellt. Anschließend gibt man ein Fleischstück hinein, verschließt das Glas mit Frischhaltefolie und lässt es eine Woche bei Raumtemperatur stehen.

Nach dieser Zeit nimmt man das Fleischstück aus der Pökellake und legt es in ein leeres Becherglas. Zum Vergleich gibt man ein ungepökelttes Fleischstück in ein leeres Becherglas. Behandeltes und unbehandeltes Fleisch lässt man nun eine weitere Woche mit Folie bedeckt stehen.

**Sicherheitsbinweis:** Um eine Gesundheitsgefährdung durch die entstandenen Fäulnisprodukte zu vermeiden, darf die Frischhaltefolie nur unter dem Abzug unter Verwendung von Handschuhen entfernt werden. Das verdorbene Fleisch wird in mehrere Lagen Folie bzw. in Plastiktüten eingeschlagen und umgehend entsorgt.

**Beobachtung:** ins Heft

### Erläuterung (E 6)

Unter „Beobachtung“ sollte notiert werden:

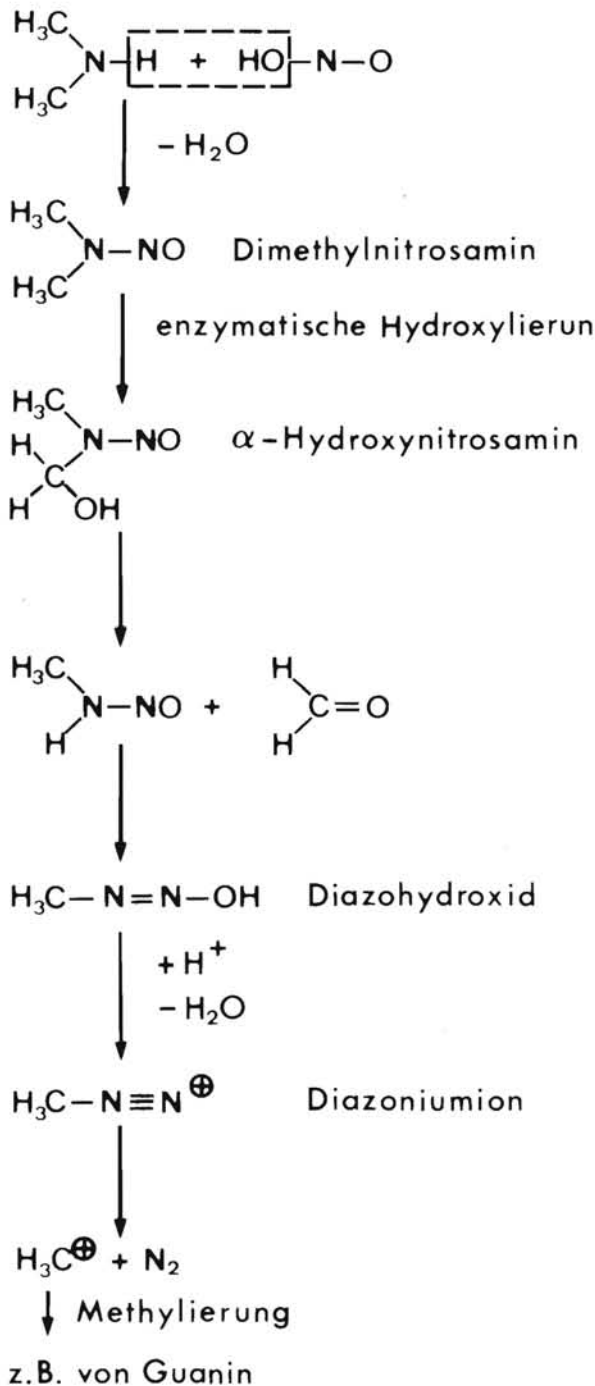
Das gepökeltte Fleischstück erscheint zum Ende der Versuchsdauer noch frisch, während das unbehandelte Fleisch deutliche Spuren von Fäulnis aufweist.

Erklärende Ergänzungen:

Kochsalz wird heute nur noch selten als alleiniges Konservierungsmittel verwendet, jedoch häufig in Kombination mit anderen Konservierungsstoffen (z.B. Nitrat/Nitrit oder Essig). Dadurch wird der Kochsalzzusatz verringert und das Wirkungsspektrum gegen Mikroorganismen erweitert. Der Zusatz von Kochsalz und Pökelfstoffen (E 250 - 252) zu Lebensmitteln kann durch Trocken-, Nass- oder Spritzpökung erfolgen.

Das Pökeln, d.h. das Konservieren mit Kochsalz und Nitrat, wird wahrscheinlich bereits seit dem Mittelalter angewendet. Damals wurde Salpeter (Kaliumnitrat) verwendet. Die Entdeckung der Wirksamkeit des aus dem Nitrat auf mikrobiologischem Wege gebildeten Nitrits (1899) hat dazu geführt, dass zunehmend letzteres verwendet wird. Wegen seiner toxischen Eigenschaften darf Nitrit jedoch nur in Mischung mit Kochsalz verwendet werden.

**Schema der Nitrosaminbildung:**











Die antimikrobielle Wirkungsweise von Nitrit ist noch nicht gänzlich aufgeklärt. Die in der Fleischtechnologie üblichen Nitritkonzentrationen von 80-160 mg/kg reichen im Nährbodenversuch nicht aus, Bakterien sicher zu hemmen.<sup>1</sup> Daher ist anzunehmen, dass erst die Kombination mit Kochsalz (bis zu 8%) und weitere Faktoren wie ein erniedrigter pH-Wert, eine erniedrigte Lagertemperatur und die Erhitzung und Keimarmut des Konservierungsgutes einen wirksamen Schutz bilden.

Neben konservierenden Eigenschaften besitzt Nitrit die Fähigkeit, sich an den Muskelfarbstoff Myoglobin unter Bildung des kochbeständigen Nitrosomyoglobins anlagern zu können. Dadurch erhält Fleisch eine rote Farbe. Dieser Effekt war und ist mit ein Grund für die Anwendung des Pökeln.

Neuere medizinische Untersuchungsergebnisse führten zur Kritik am Einsatz von Nitraten und Nitriten bei der Lebensmittelkonservierung: Obwohl Nitrat und Nitrit selbst keine carcinogenen Stoffe sind, reagieren sie im sauren Milieu des Magens mit natürlich im Körper und in Lebensmitteln vorkommenden Aminen zu Nitrosaminen, welche als cancerogen gelten. Auch das gemeinsame Erhitzen von gepökelter Ware und Käse (bspw. Pizza oder Hawaii-Toast) ermöglicht die Bildung von Nitrosaminen.

<sup>1</sup> Vgl. Kendereski, S.: Einfluß von Nitrat und Nitrit auf Bakterien, die Fleischverderbnis und Lebensmittelvergiftungen verursachen können. In: Fleischwirtschaft 61. Jg. (1981), S. 173 ff.

## E 7 Nachweis von Nitrat und Nitrit in Rohwurst und Hackfleisch

<b>Dauer Vorbereitung:</b>	5 min	<input checked="" type="checkbox"/> SV	<input checked="" type="checkbox"/> LV
<b>Dauer Versuchsdurchführung:</b>	90 min		
			
T giftig	C ätzend	Xi reizend	Xn schädlich
			
E explosiv	F+ entzündlich	F brennbar	O brandfördernd

Chemikalien	Gefahrensymbole	Entsorgung	Geräte
- konz. Schwefelsäure - Diphenylamin - Sulfanilsäure - $\alpha$ -Naphthylamin - Essigsäure (30%) - dest. Wasser - 100g Rohwurst - 100g Hackfleisch	<b>Xi</b> <b>T</b> <b>Xn</b> <b>Xn</b> <b>C</b>	B 1 B 3 B 9, B 3 B 3 B 1	mehrere große Reagenzgläser, Porzellanschälchen, ein Messer, ein Holzbrettchen, 1 Becherglas (500 cm <sup>3</sup> ), 3 Erlenmeyerkolben (100 cm <sup>3</sup> ), Tropfpipette mit Hütchen, 2 Messpipetten, Peleusball, Glasrichter, Spatel, Glasstab, Filterpapier, Bunsenbrenner, Dreifuß mit Keramikplatte

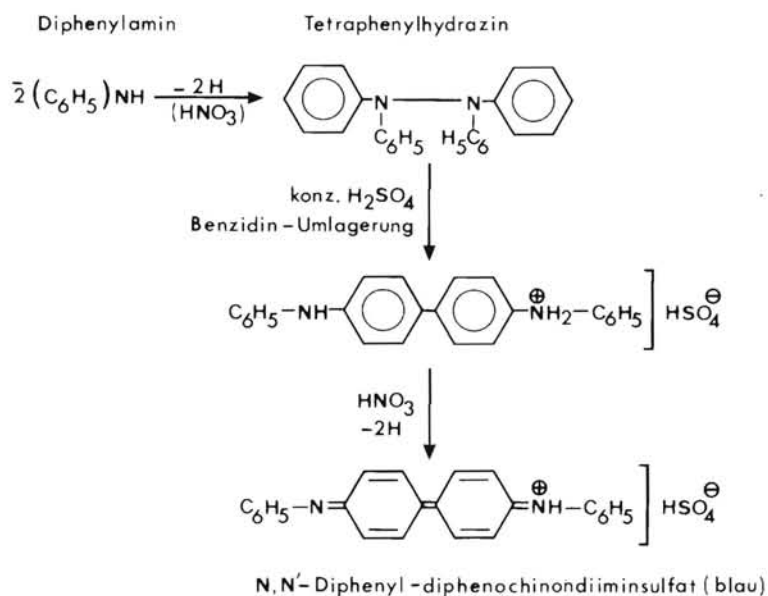
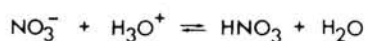
### Versuchsdurchführung:

Die Fleischproben werden gut zerkleinert und mit Wasser 60 Minuten ausgekocht. Nach dem Filtrieren und Abkühlen führt man folgende Nachweise durch:

#### a. Nitrat-Nachweis

In einem Porzellanschälchen wird ein Körnchen Diphenylamin in konzentrierter Schwefelsäure gelöst. Dazu gibt man mit Hilfe eines Glasstabes vorsichtig 1 Tropfen des Filtrats. Blaufärbung zeigt das Vorhandensein von Nitrat an.

Der Nachweis von Nitrat mit Diphenylamin basiert auf folgender Reaktion:



## b. Nitrit-Nachweis mit Lunges Reagenz

Man stellt folgende Lösungen her:

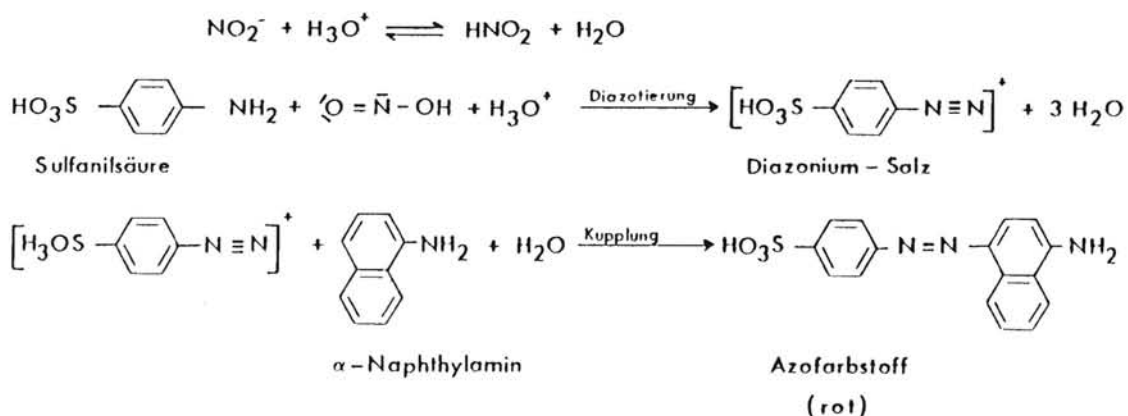
Lösung A: 0,5 g  $\alpha$ -Naphthylamin löst man in 20 cm<sup>3</sup> heißem Wasser, filtriert und ergänzt das Volumen des Filtrats mit 30%iger Essigsäure auf 100 cm<sup>3</sup>.

Lösung B: 0,8 g Sulfanilsäure werden in 100 cm<sup>3</sup> 30%iger Essigsäure gelöst.

In einem Reagenzglas mischt man je 3 cm<sup>3</sup> der Lösungen A und B. Zu diesem Gemisch gibt man 10 cm<sup>3</sup> des Filtrats. Bilden sich braune Flecken, so wiederholt man den Versuch mit verdünntem Filtrat.

Rotfärbung zeigt das Vorhandensein von Nitrit an.

Folgendes Schema beschreibt die ablaufende Reaktion:

**Aufgaben (E 7)**

1. Auf welchem Prinzip beruht diese Nachweisreaktion für Nitrit und zu welcher Stoffgruppe lässt sich das Endprodukt zählen?
2. Die beschriebene Reaktion stellt eine klassische Reaktion der Stickstoffchemie dar. Benennen Sie die einzelnen Reaktionsschritte sowie das Zwischenprodukt!

**Erläuterung (E 7)**

Hinweis zur Versuchsdurchführung:

In der Oberstufe kann dieser Versuch als Schülerversuch durchgeführt werden; in der Sekundarstufe I hingegen sollte er von der Lehrperson durchgeführt werden.

Hinweis zum Versuchsergebnis:

Der Zusatz von Pökelsalz zu Hackfleisch ist gemäß dem Lebensmittelgesetz verboten. Daher muss ein Nitrat-/Nitrit-Nachweis für Hackfleisch negativ ausfallen.

Lösungen der Aufgaben

**zu Aufgabe 1**

Nachweis durch Bildung eines farbigen Reaktionsproduktes bzw. Farbstoffs

**zu Aufgabe 2**

Reaktionsschritte: Diazotierung, Azokupplung; Zwischenprodukt: Diazoniumsalz

## E 8 Konservieren mit Zucker – Römische Brombeeren

<b>Dauer Vorbereitung:</b>	5 min	<input checked="" type="checkbox"/> SV	<input type="checkbox"/> IV
<b>Dauer Versuchsdurchführung:</b>	2 Stunden		

Chemikalien	Gefahrensymbole	Entsorgung	Geräte
<ul style="list-style-type: none"> <li>– roter Traubensaft (1000 cm<sup>3</sup>)</li> <li>– frische Brombeeren (500g) (ersatzweise gefrorene Beeren)</li> </ul>			Haushaltsfolie, Herd mit mehreren Kochstellen oder DreifüÙe mit Keramikplatten und Bunsenbrennern, Kochtopf, Sieb, Schüssel, Holzlöffel, 2 Bechergläser (500 cm <sup>3</sup> ), 1 Becherglas (1000 cm <sup>3</sup> )

II/C3

### Versuchsdurchführung:

Ein 500 cm<sup>3</sup>-Becherglas wird in einem Kochtopf ausgekocht. In das 1000 cm<sup>3</sup>-Becherglas gibt man zunächst 500 cm<sup>3</sup> roten Traubensaft und erhitzt diesen über dem Bunsenbrenner. Nach und nach gibt man den restlichen Saft zu und engt so lange ein, bis der Saft auf ein Drittel reduziert worden ist.

Die Brombeeren werden gewaschen und 250 g davon beiseite gestellt. Aus den restlichen Beeren bereitet man mit Hilfe des Siebes Saft, der in einem Becherglas kurz zum Sieden gebracht wird.

In das sterilisierte Becherglas gibt man nun 150 cm<sup>3</sup> des eingekochten Traubensafts und 150 cm<sup>3</sup> Brombeersaft und schwenkt vorsichtig um. Man gibt die ausgewählten Brombeeren vorsichtig hinzu, verschließt das Glas mit Folie und bewahrt es an einem kühlen und dunklen Ort (5 °C - 10 °C) auf.

Dieses Rezept war bereits im alten Rom bekannt und findet sich wie folgt im Kochbuch des Apicius:

*„MORA UT DIU DURENT:  
ex moris sucum facito, et cum  
sapa misce, et in vitreo vase  
cum mora mitte: custodies  
multo tempore.“*

*KONSERVIEREN VON BROMBEEREN:  
Mache Saft von den Brombeeren  
und mische diesen mit eingedicktem  
Traubensaft; dieses Gemisch  
gib in ein Gefäß zusammen mit  
ganzen Brombeeren.  
Du wirst sie für lange Zeit  
aufbewahren können.*

Zitiert nach: B. Flower, E. Rosenbaum a.a.O., S. 52

### Erläuterung (E 8)

Durch das Eindicken des Traubensaftes wird die Zuckerkonzentration der Lösung erhöht. Durch Einlegen in ein Gemisch aus eingedicktem Traubensaft und eigenem Saft können Brombeeren bei Temperaturen um 10 °C mindestens acht Wochen frischgehalten werden.

#### Hinweis

Der Nachweis von Glucose in gezuckerten Konserven erfolgt durch die Fehling'sche Probe. Dazu werden in ein Reagenzglas je 1 cm<sup>3</sup> der Fehling'schen Lösungen I und II sowie ein Teelöffel Marmelade gegeben und so lange im Wasserbad erwärmt, bis eine braun-rote Färbung erkennbar ist.



## E 9 Äpfelkonservierung nach Aspicus

<b>Dauer Vorbereitung:</b>	5 min	<input checked="" type="checkbox"/> SV	<input type="checkbox"/> LV
<b>Dauer Versuchsdurchführung:</b>	10 min		

Chemikalien	Gefahrensymbole	Entsorgung	Geräte
- Honig - 2 Äpfel			2 Schraubdeckelgläser (500 cm <sup>3</sup> ), 1 Messer

### Versuchsdurchführung:

Die Äpfel werden gründlich gewaschen. Den einen Apfel gibt man im ganzen in ein Schraubdeckelglas, den zweiten Apfel schneidet man in Viertel, entkernt diese und gibt sie in das andere Schraubdeckelglas. Beide Gläser füllt man vollständig mit Honig, verschließt sie und bewahrt sie möglichst kühl und dunkel auf.

Äpfel, die in Honig eingelegt werden, halten wegen der konservierenden Wirkung des Zuckers aber auch der im Honig enthaltenen Säuren mindestens zwei Jahre frisch.

Die Verwendung von Honig als Konservierungsmittel ist bereits den Römern und Griechen bekannt gewesen. Das 'römische Kochbuch' von Aspicus gibt folgende Anweisung zur Konservierung von Äpfeln (zitiert nach B. Flower, E. Rosenbaum a.a.O, S. 52 und S. 48):

„*FICUM ... MALA ... UT DIU SERVES:*  
*omnia cum peciolis diligenter legito et in melle ponito, ne se contignant.*“

*KONSERVIEREN VON FRISCHEN ÄPFELN :*  
*Sammele die Früchte vorsichtig mit ihren Stielen und gib sie in Honig, so dass sie sich nicht berühren.“*

Fleisch soll mit Honig wie folgt konserviert werden:

„*UT CARNES SINE SALE QUOVISTEMPORE RECENTES SINT:*  
*carnes recentes quales volueris melle tegantur, sed vas pendeat, et, quando volueris, utere. hoc hieme melius fit, aestate paucis diebus durabit. et in carne cocta itidem facies“*“

*WIE MAN FLEISCH FRISCH HÄLT SOLAN- GE ES BELIEBT, OHNE DASS MAN ES SALZT:*  
*Man bedecke das Fleisch, welches frisch gehalten werden soll, mit Honig, hängt das Gefäß auf und verwendet das Fleisch, wenn es gewünscht wird. Dieses Verfahren eignet sich für den Winter besser, da das Fleisch im Sommer in dieser Zubereitung nur ein paar Tage hält.*  
*Diese Methode eignet sich auch für gekochtes Fleisch.*

Honig wurde oft in Kombination mit anderen Konservierungsstoffen (meist Essig) verwendet. Apicius benutzte ein Honig-Essig-Gemisch zur Konservierung von Artischocken und Rüben.

In der mittelalterlichen Pharmazie stellte Honig das wichtigste Konservierungsmittel dar, wie aus dem wahrscheinlich ersten Lehrbuch für Apotheker des Saladin von Ascolo (um 1450) hervorgeht:

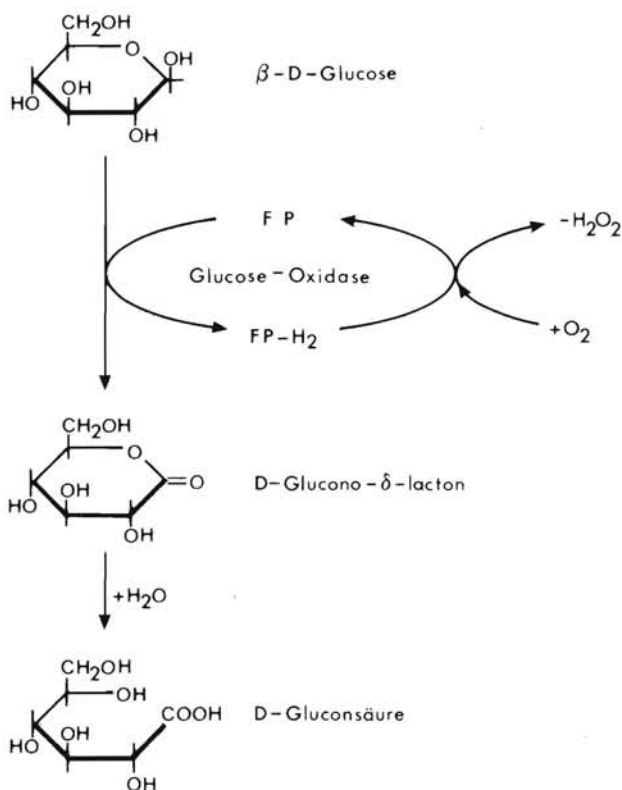
*„Merke, dass Honig mehr als Zucker die Eigenschaft hat, alles in ihn Gelegte zu erhalten, mehr als irgendeine Sache der Erde, deshalb halten sich confecta und electuaria aus Honig länger als solche aus Zucker.“*

Das hervorragende Konservierungsvermögen des Honigs resultiert aus dem Zusammenspiel einer Vielzahl von Faktoren, bzw. Inhaltsstoffen, die sich gegenseitig ergänzen und verstärken:

Honig besitzt nur einen Wassergehalt von 15-20% und einen Gesamtzuckeranteil von 60-80%. Honig enthält organische Säuren (300-600 mg/kg) wie die Gluconsäure, die hauptsächlich für die Einstellung seines pH-Wertes auf 3,5 bis 5,5 verantwortlich ist, sowie Ameisensäure und Benzoesäure, welche als chemische Konservierungsmittel bekannt sind.

Während der Honigreifung werden in einer durch Glucoseoxidase katalysierten Reaktion etwa 50 mg/kg Wasserstoffperoxid gemeinsam mit Gluconsäure gebildet (siehe das Reaktionsschema unten). Diese Konzentration reicht aus, um keimhemmend und sogar keimtötend zu wirken.

Honig enthält das antimikrobiell wirksame Flavonone 'Pinocembrin', welches relativ unempfindlich gegen Hitze, Licht und lange Lagerzeiten ist. Vitamine, bspw. Vitamin C, können als Synergisten der Konservierung im Honig wirken.











Reaktion der  
Glucoseoxidase<sup>1</sup>

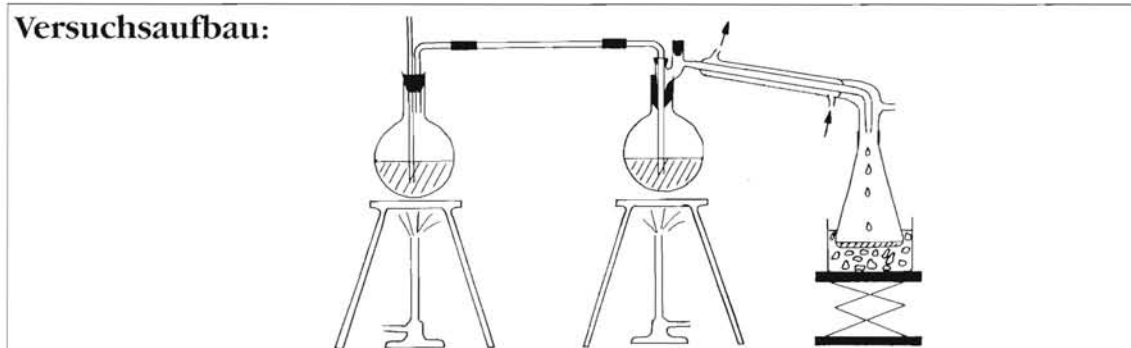
(FP=Flavoprotein)

<sup>1</sup> Nach: Deifel, A.: Die Chemie des Honigs. In: Chemie in unserer Zeit, 23. Jg. (1989), S. 25 ff. Hrsg. von der Gesellschaft Deutscher Chemiker, Weinheim, Bergstraße, Verlag Chemie.

## E 10 Nachweis von Ameisensäure in Honig<sup>1</sup>

<b>Dauer Vorbereitung:</b>	15 min	<input type="checkbox"/> SV	<input checked="" type="checkbox"/> LV
<b>Dauer Versuchsdurchführung:</b>	90 min		
			
T giftig	C ätzend	Xi reizend	Xn schädlich
			
E explosiv	F+ entzündlich	F brennbar	O brandfördernd

Chemikalien	Gefahrensymbole	Entsorgung	Geräte
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Honig</li> <li>- dest. Wasser</li> <li>- Weinsäure</li> <li>- Siedesalz</li> <li>- Eis</li> <li>- ammoniakalische Silbernitratlösung</li> </ul>	C	B 1	Wasserdampfdestillationsapparatur: 3 Stative, 3 Doppelmuffen, 3 Stativklammern, 2 Bunsenbrenner, 2 DreifüÙe mit Keramikplatte, Laborständer, 2 Standrundkolben (500 cm <sup>3</sup> ), Erlenmeyerkolben (100 cm <sup>3</sup> ) mit Schliff, Kühlbrücke, 2 Wasserschläuche, doppelt durchbohrter Gummistopfen, Quickfithülse, Glasstopfen, 3 Federn, 2 gewinkelte Glasrohre, Gummischlauch, Siedesteine. Plastikschüssel, Reagenzglas, Reagenzglasständer, Tropfpipette mit Hütchen



### Versuchsdurchführung:

50 g Honig werden mit 10 cm<sup>3</sup> Wasser aufgeschlämmt, mit 2 g Weinsäure angesäuert und im Wasserdampf destilliert. Das Destillat, welches die Ameisensäure enthält, wird in der Kühlfalle aufgefangen. Nach Beendigung der Destillation gibt man dieses in ein Reagenzglas, versetzt mit einigen Tropfen ammoniakalischer Silbernitratlösung und lässt etwa 10 Minuten stehen.

**Beobachtung:** \_\_\_\_\_

### Aufgabe (E 10)

Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Nachweisreaktion!

<sup>1</sup> Nach: Seibert, H., Wöhrmann, H.: Konservierung von Lebensmitteln mit und ohne Chemie. Marburg 1992, S. 86 ff. Hrsg. Red.-Gemeinschaft Soznat. Bd. 33; Material für den Unterricht.

**Erläuterung (E 10)**









Unter „Beobachtung“ sollte notiert werden:  
Es bildet sich ein dunkler Niederschlag.

**Lösung der Aufgabe**

Bei der Wasserdampfdestillation geht die im Honig enthaltene Ameisensäure quantitativ ins Destillat über. Silbernitrat wird durch die Ameisensäure zu elementarem Silber reduziert, das sich als dunkle Fällung abscheidet.

II/C3

**E 11 Enzymatischer Nachweis von Ameisensäure mittels Photometer<sup>1</sup>**

<b>Dauer Vorbereitung:</b>	10 min	<input checked="" type="checkbox"/> SV	<input checked="" type="checkbox"/> LV
<b>Dauer Versuchsdurchführung:</b>	45 min		
			
			

Chemikalien	Gefahrensymbole	Entsorgung	Geräte
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kaliumphosphat-Puffer (50 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>-Lösung mit KOH auf pH=7,5 einstellen)</li> <li>- FDH-Lösung (2 mg FDH auf 50 cm<sup>3</sup> bidest. Wasser = 1 U/50 cm<sup>3</sup>)</li> <li>- NAD<sup>+</sup></li> <li>- Honig</li> <li>- doppelt dest. Wasser</li> </ul>	<p><b>C</b></p> <p><b>Xi</b></p>	<p>B 1</p> <p>B 1</p>	Photometer, Waage, Messzylinder (100 cm <sup>3</sup> ), 2 Spatel, Magnetrührer, Rührfisch, Reagenzglas, Reagenzglashalter, Kolbenhubpipette, mehrere Pipettenspitzen, 2 Küvetten (OS), Rührspatel, Parafilm, Stoppuhr

**Versuchsdurchführung:**

Arbeitstemperatur: 20 °C – 25 °C

In ein Reagenzglas gibt man 5 cm<sup>3</sup> Pufferlösung und löst darin 65 mg NAD<sup>+</sup>.

10 g Honig werden in einen Messzylinder genau eingewogen, mit aqua bidest bis 100 cm<sup>3</sup> aufgefüllt und mit Hilfe des Magnetrührers gut gemischt.

In die Küvette für die Messung des Leerwertes werden 500 µl NAD<sup>+</sup>-Lösung und 500 µl aqua bidest. gegeben; in die Probenküvette gibt man 500 µl NAD<sup>+</sup>-Lösung, 200 µl Honiglösung und 300 µl aqua bidest.

<sup>1</sup> In Anlehnung an: **Boehringer Mannheim GmbH (Hrsg.):** Methoden der enzymatischen Lebensmittelanalytik mit Einzelreagentien. Mannheim 1984

Beide Lösungen werden gut durchmischt. Nach fünfminütiger Inkubationszeit wird von jeder Lösung die Extinktion ( $E_1$ ) bei 340 nm gemessen. Anschließend gibt man im Abstand von 15 Sekunden je 50  $\mu\text{l}$  der FDH-Lösung zu, mischt und verschließt die Küvetten mit Parafilm.

Nach genau 20 Minuten wird erneut von jeder Lösung die Extinktion ( $E_2$ ) bei 340 nm gemessen.

### Erläuterung (E 11)

Auswertung:

Zuerst berechnet man die Extinktionsdifferenzen ( $E_2 - E_1$ ) für den Leerwert (Lw) und die Probe (P):

$$E_{2(\text{Lw})} - E_{1(\text{Lw})} = \Delta E_{(\text{Lw})}$$

$$E_{2(\text{Pr})} - E_{1(\text{Pr})} = \Delta E_{(\text{Pr})}$$

Um die Extinktionsdifferenz für Ameisensäure zu erhalten, zieht man die Differenz des Leerwertes von der Differenz der Probe ab:

$$\Delta E_{(\text{Pr})} - \Delta E_{(\text{Lw})} = \Delta E_{\text{Ameisensäure}}$$

Die Konzentration wird daraus wie folgt berechnet:

$$c = [(V \cdot \text{MG}) / (\epsilon \cdot d \cdot v \cdot 1000)] \cdot \Delta E \text{ [g/l]}$$

mit:

$$V = \text{Testvolumen [ml]}$$

$$v = \text{Probenvolumen [ml]}$$

$$\text{MG} = \text{Molgewicht der zu bestimmenden Substanz [g/mol]}$$

$$d = \text{Schichtdicke [cm]}$$

$$\epsilon = \text{Extinktionskoeff. von NADH bei 340nm [l/mmol \cdot \text{cm}]}$$

Hieraus ergibt sich für die Konzentration der Ameisensäure:

$$c = 3,65 \cdot 10^{-2} \cdot \Delta E \text{ [g/l]}$$

In dem beschriebenen Versuch wird der Gehalt an Ameisensäure in Honig indirekt photometrisch bestimmt. Hierbei wird ausgenutzt, dass bei der Oxidation von Ameisensäure durch Nicotinamid-adenin-dinucleotid ( $\text{NAD}^+$ ) in Gegenwart von Formiat-Dehydrogenase (FDH) äquivalente Mengen an NADH (= reduzierte Form von  $\text{NAD}^+$ ) entstehen:



NADH besitzt gegenüber der oxidierten Form im UV-Spektrum eine zusätzliche Adsorptionsbande mit einem Maximum bei 340 nm. Über die Zunahme dieser Bande kann die in der Probe enthaltene Menge an Ameisensäure bestimmt werden.



Messungen von fünf verschiedenen Honigsorten führten zu folgenden Ergebnissen:

Honigsorte	Gehalt an Ameisensäure (mg/l)
Wald-Honig	12,1
Wildblüten-Honig	2,0
Landhonig	1,8
Akazien-Honig	0,9
Klee-Honig	0,7

Die Ezymlösung muss stets im Kühlschrank aufbewahrt werden und darf sich nicht erwärmen. Die Einheit Unit (U) ist wie folgt definiert: Ein Unit ist diejenige Menge eines Enzyms, die unter Standardbedingungen ein Mikromol Substrat je Minute umsetzt.

II/C3

## E 12 Herstellung von Sauerkraut - Konservieren durch Milchsäuregärung

<b>Dauer Vorbereitung:</b>	5 min	<input checked="" type="checkbox"/> SV	<input type="checkbox"/> LV
<b>Dauer Versuchsdurchführung:</b>	1 Stunde, Wartezeit 4 bis 6 Wochen		

Chemikalien	Gefahrensymbole	Entsorgung	Geräte
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 kg Weißkohl</li> <li>- 2 säuerliche Äpfel</li> <li>- 2 Esslöffel Wacholderbeeren</li> <li>- 1 Esslöffel Kümmel</li> <li>- 40 g Salz</li> </ul>			5 1-Liter-Einmachgläser, Krauthobel, 1 Messer, Holzlöffel

### Versuchsdurchführung:

Der Kohl wird geputzt und gehobelt, die Äpfel werden von ihrem Kerngehäuse befreit und in dünne Scheiben geschnitten. Der gehobelte Kohl wird schichtweise in die sauberen Einmachgläser gefüllt, jede Lage wird mit dem Holzlöffel festgestampft, bis sich Saft bildet. Auf jede Kohlschicht gibt man ein paar Apfelscheiben und Gewürze.

Die Gläser sollten nicht bis zum Rand vollgefüllt werden. Ist der Kohl am Ende nicht richtig mit Flüssigkeit bedeckt, kann man noch etwas Salzwasser darüber gießen. Dann werden die Gläser gut verschlossen.

Das Sauerkraut wird zunächst 10 Tage bei Zimmertemperatur und dann 4 bis 6 Wochen in einem kühlen Keller gelagert. Nach dieser Zeit kann man das Sauerkraut entnehmen. Es ist mindestens ein halbes Jahr haltbar.

### Erläuterung (E 12)

Sauerkraut begleitete bereits James Cook auf seiner Weltumseglung (um 1770) als Nahrungskonserven; weil bei diesem schonenden Konservierungsverfahren die Vitamine weitgehend erhalten bleiben, trat die gefürchtete Vitamin-C-Mangelkrankung der Seefahrer Skorbut hier nicht mehr auf.









Die Milchsäuregärung wird als Konservierungsverfahren auch bei anderen Lebensmitteln eingesetzt: Neben Kohl können auch Gurken, Bohnen, Sellerie, Rote Beete, Zwiebeln, Mais u.a. Gemüse durch bakterielle Säuerung haltbar gemacht werden.

Voraussetzung für den von Bakterien bewirkten Prozess ist das Vorhandensein von Fruchtzucker bzw. von enzymatisch umgewandelter Saccharose. Um konkurrierende bakterielle Prozesse zu verhindern, wurden bei der Sauerkrautherstellung früher große Mengen Kochsalz zugesetzt (bis zu 60g/l). Die milchsäurebildenden Bakterien können auch unter diesen Bedingungen den Fruchtzucker verstoffwechseln; durch die gebildete Milchsäure wird der pH-Wert weiter in den sauren Bereich verschoben, so dass störende Konkurrenzreaktionen (wie z.B. Fäulnis) im Verlauf des Gärungsvorgangs praktisch ausgeschlossen werden.

Darstellungen der Milchsäuregärung in biochemischer Sicht finden sich in den gängigen Lehrbüchern.

II/C3

### E 13                      Nachweis von Milchsäure in Kefir

<b>Dauer Vorbereitung:</b>	5 min	<input checked="" type="checkbox"/> SV	<input type="checkbox"/> LV
<b>Dauer Versuchsdurchführung:</b>	15 min		
       			

Chemikalien	Gefahrensymbole	Entsorgung	Geräte
– konz. Iod-Kaliumiodidlösung (20 g KI, 10 g I <sub>2</sub> , 80 cm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> O) – 10%ige NaOH – Kefir	<b>Xn</b>   <b>C</b>	B 1	1 Erlenmeyerkolben (50 cm <sup>3</sup> ), 1 Glasrichter, 1 großes Reagenzglas, Pipette mit Hütchen, 1 Vollpipette, 1 Peleusball, Verbandsmull

#### Versuchsdurchführung:

Durch einen doppelt gelegten Mullfilter lässt man einige Löffel Kefir abtropfen. 2 cm<sup>3</sup> des Filtrats werden in einem großen Reagenzglas mit Natronlauge neutralisiert. Anschließend wird die 5-10fache Menge einer konzentrierten Iod-Kaliumiodidlösung hinzugefügt. Der Iodüberschuss wird durch Zugabe von einigen Tropfen Natronlauge beseitigt.

**Beobachtung:** .....

.....

#### Erläuterung (E 13)

Unter „Beobachtung“ sollte notiert werden:

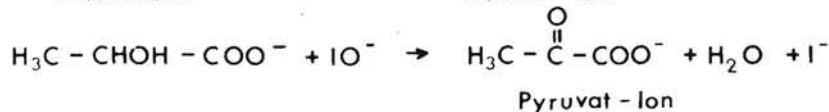
Es bildet sich ein gelbes Produkt: Iodoform (Tri-Iod-Methan).

Milchsäure stellt ein Konservierungsmittel dar, welches im Lebensmittel selbst entsteht, also nicht zugesetzt wird. Der Nachweis von Milchsäure in Milchprodukten beruht auf der sog. *Iodoformreaktion*. Dieser Reaktion liegt folgender Mechanismus zugrunde:

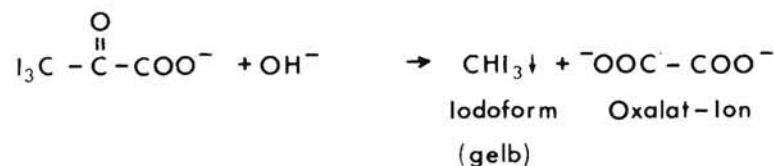


Milchsäure

Lactat-Ion



Pyruvat-Ion



Mit diesem Verfahren kann Milchsäure auch in anderen Lebensmitteln, z.B. Sauerkraut, nachgewiesen werden.

II/C3

## E 14 Nachweis von Schwefeldioxid in Trockenfrüchten

<b>Dauer Vorbereitung:</b>	5 min	<input checked="" type="checkbox"/> SV	<input type="checkbox"/> LV
<b>Dauer Versuchsdurchführung:</b>	10 min		

Chemikalien	Gefahrensymbole	Entsorgung	Geräte
- Iod-Stärke-Papier (ev. selbsthergestellt) - destilliertes Wasser			Bunsenbrenner, Dreifuß mit Keramikplatte, Erlenmeyerkolben (250 cm <sup>3</sup> ) mit passendem Gummistopfen

### Versuchsdurchführung:

Einige Trockenfrüchte werden fein zerkleinert und mit 50 cm<sup>3</sup> dest. Wasser in einen Erlenmeyerkolben gegeben. Dieser wird mit einem Stopfen, der in einem Einschnitt blaues Reagenzpapier trägt, locker verschlossen und über dem Bunsenbrenner leicht erwärmt.

**Beobachtung:** .....

.....

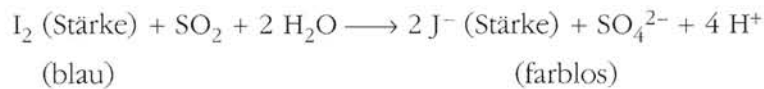
.....

### Erläuterung (E 14)

Unter „Beobachtung“ sollte notiert werden:

Bei Gegenwart von Schwefeldioxid wird das blaue Iod-Stärke Papier gebleicht.









Der Nachweis basiert auf folgender Reaktion:



Bei vielen Obstprodukten wird Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) als temporäres Konservierungsmittel verwendet. Es wird den Roh- oder Halbfabrikaten zur Verhinderung von Bräunungsreaktionen zugesetzt und im weiteren Verarbeitungsprozess durch Hitze oder Vakuum wieder weitgehend entfernt. Die Deklaration der verbleibenden Restmenge entfällt, wenn sie nicht mehr als 10 mg/kg beträgt. Ausnahmen von dieser Vorgabe werden durch die Schwefeldioxid-Verordnung vom 13.08.1969 geregelt. So dürfen bspw. Aprikosen deklarationsfrei bis zu 20 mg/kg SO<sub>2</sub> enthalten.

Trockenobst wird nicht nur zur Verhinderung des mikrobiell bedingten Verderbs geschwefelt, sondern auch zur Farberhaltung und zur Verhinderung unerwünschter Verfärbungen. Das Schwefeln erfolgt in einem Gasraum, der etwa zwei Volumenprozent SO<sub>2</sub> enthält.

### E 15 Bestimmung des SO<sub>2</sub>-Gehaltes in Wein durch iodometrische Titration

<b>Dauer Vorbereitung:</b>	10 min	<input checked="" type="checkbox"/> SV	<input checked="" type="checkbox"/> IV
<b>Dauer Versuchsdurchführung:</b>	45 min		
			
			

Chemikalien	Gefahrensymbole	Entsorgung	Geräte
– NaOH-Lösung (2 M) – H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (2,5 M) – 1%ige Stärkelösung – Iod-Kaliumiodidlösung (dazu 24 g KI und 12,7 g I <sub>2</sub> mit dest. Wasser lösen und auf 1000 cm <sup>3</sup> auffüllen) – Weißwein	<b>C</b> <b>C</b> <b>Xn</b>	B 1 B 1	1 Bürette (25 cm <sup>3</sup> ), Magnetrührer, Rührfisch, 2 Erlenmeyerkolben (300 cm <sup>3</sup> ), Vollpipette (100 cm <sup>3</sup> ), Messzylinder (25 cm <sup>3</sup> ), Glasrichter, Becherglas (100 cm <sup>3</sup> ), 1 Meßkolben (1000 cm <sup>3</sup> ) mit Stopfen, Tropfpipette mit Hütchen, Peleusball, Spatel, Waage, Filterpapier

II/C3

### Versuchsdurchführung:

Die Bestimmung des  $\text{SO}_2$ -Gehaltes von Wein wird stets als Doppelbestimmung ausgeführt. Zwei Wein-Proben von je  $100 \text{ cm}^3$  werden mit jeweils  $25 \text{ cm}^3$  NaOH-Lösung versetzt und 15 Minuten stengelassen. In der Zwischenzeit wird die Iod-Kaliumiodidlösung mit Hilfe eines Trichters in die Bürette gefüllt und der Flüssigkeitsstand notiert. Die Proben werden mit jeweils  $20 \text{ cm}^3$   $\text{H}_2\text{SO}_4$  angesäuert, mit einigen Tropfen Stärkelösung versetzt und gegen die Iod-Kaliumiodidlösung titriert. Der Endpunkt der Bestimmung wird durch Entstehen des blauen Iod-Stärke-Komplexes angezeigt.

$1 \text{ cm}^3$  der (0,05 molaren) Iod-Kaliumiodidlösung entsprechen  $3,203 \text{ mg SO}_2$ .

### Erläuterung (E 15)

Das Schwefeln von Lebensmitteln erfolgt mittels Schwefeldioxid oder Salzen der schwefeligen Säure (E 220 - 227). Diese Methode ist zugelassen z.B. für Trockenfrüchte, kandierte Früchte, getrocknete Kartoffelerzeugnisse und Wein. Die zugesetzte bzw. gebildete schwefelige Säure bindet hauptsächlich Sauerstoff und schützt dadurch Wein und Früchte vor dem Braunwerden. Weiterhin wird die Entwicklung von Mikroorganismen (z.B. Schimmel- und Kahlhefen in Wein) gehemmt.









Im Wein kommt der schwefeligen Säure noch eine weitere Aufgabe zu: Sie soll den im Gärungsprozess gebildeten geschmacksschädlichen Acetaldehyd binden und dadurch den Erhalt der Bouquetsstoffe, die den Handelswert bestimmen, gewährleisten.

Nach heutigem Wissensstand konservierten erstmals die Römer ihren Wein durch Schwefeln. Die Methoden der Schwefelung blieben über Jahrhunderte fast gleich: Man entzündete Schwefelfäden und hängte sie durch das Spundloch in das Fass. Der Luftsauerstoff im Fass wird hierbei verbraucht, Keime und Pilze abgetötet.

Auch die negativen Folgen des Genusses eines so konservierten Weines waren schon den Römern bekannt, woraus Columella schloss, „*dass der beste Wein derjenige ist, der sich ohne jegliche Konservierungsmittel zu halten vermag*“. Im 15. Jahrhundert wurde in Köln das Schwefeln von Wein wegen seiner „*Belästigung der Natur des Menschen und der Gesundheitsgefährdung des Trinkers*“ gänzlich verboten. Auch der von der Weltgesundheitsorganisation festgelegte ADI-Wert von  $0,7 \text{ mg/kg}$  besteht nicht kritikfrei.

Beim Wein ist je nach Sorte ein  $\text{SO}_2$ -Gehalt von höchstens  $400 \text{ mg/l}$  erlaubt.

## E 16 Nachweis und Bestimmung von Sorbinsäure in Remoulade

<b>Dauer Vorbereitung:</b>	15 min	<input checked="" type="checkbox"/> SV	<input checked="" type="checkbox"/> LV
<b>Dauer Versuchsdurchführung:</b>	30 min		
			
			

Chemikalien	Gefahrensymbole	Entsorgung	Geräte
<p><i>Versuch 1</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Remoulade</li> <li>– dest. Wasser</li> <li>– Weinsäure</li> </ul>			<p><i>Versuch 1</i></p> <p>1 Erlenmeyerkolben (1 bis 2 dm<sup>3</sup>), 1 Erlenmeyerkolben (500 cm<sup>3</sup>), Wasserdampfdestillationsapparatur: 3 Stative, 3 Doppelmuffen, 3 Stativklammern, 2 Bunsenbrenner, 2 Dreifüße mit Keramikplatte, Laborständer, 2 Standrundkolben (500 cm<sup>3</sup>), Erlenmeyerkolben (100 cm<sup>3</sup>) mit Schliff, Kühlbrücke, 2 Wasserschläuche, doppelt durchbohrter Gummistopfen, Quickfithülse, Glasstopfen, 3 Federn, 2 gewinkelte Glasrohre, Gummischlauch, Siedesteine.</p>
<p><i>Versuch 2</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 0,01%ige Kaliumdichromatlösung</li> <li>– 0,1 m Schwefelsäure</li> <li>– 0,3%ige Thiobarbitursäurelösung</li> <li>– Destillat aus Wasserdampfdestillation</li> </ul>	<p><b>Xi</b></p> <p><b>Xi</b></p>	<p>B8, B1</p> <p>B1</p>	<p><i>Versuch 2</i></p> <p>Reagenzgläser, Wasserbad</p>
<p><i>Versuch 3</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Sorbinsäure</li> <li>– 0,5 m Schwefelsäure</li> <li>– dest. Wasser</li> <li>– Destillat aus Wasserdampfdestillation</li> </ul>	<p><b>Xi</b></p> <p><b>Xi</b></p>	<p>B3</p> <p>B1</p>	<p><i>Versuch 3</i></p> <p>Messkolben (100 cm<sup>3</sup>), Erlenmeyerkolben (500 cm<sup>3</sup>), Reagenzgläser, Küvetten, Photometer</p>

### Versuchsdurchführung:

#### *Versuch 1 – Wasserdampfdestillation*

50 g Remoulade werden mit 10 cm<sup>3</sup> destilliertem Wasser aufgeschlämmt, mit 2 g Weinsäure angesäuert und in der Wasserdampfdestillation destilliert.

Hierbei werden die flüchtigen Säuren, u.a. Sorbinsäure und Benzoesäure, ausgetrieben und können in der Vorlage nachgewiesen werden.

#### *Versuch 2 – Qualitativer Nachweis der Sorbinsäure*

5 cm<sup>3</sup> des Destillats werden mit 5 cm<sup>3</sup> 0,1 m Schwefelsäure und 5 cm<sup>3</sup> 0,01%iger Kaliumdichromatlösung versetzt und zum Sieden erhitzt. Hierzu fügt man 10 cm<sup>3</sup> der 0,3%igen Thiobarbitursäurelösung und stellt das Reagenzglas für einige Zeit ins Wasserbad. Eintretende Rotfärbung zeigt die Anwesenheit von Sorbinsäure.



*Versuch 3 – Quantitative Bestimmung von Sorbinsäure*

Es wird zunächst wiederum eine Wasserdampfdestillation des zu untersuchenden Lebensmittels durchgeführt.

Da Sorbinsäure im nahen UV-Bereich absorbiert, kann sie direkt bestimmt werden.

Die Vergleichslösungen für die photometrische Untersuchung werden wie folgt hergestellt: Für die Stammlösung werden 0,001 g Sorbinsäure in einen 100 cm<sup>3</sup> Messkolben eingewogen und dieser mit aqua dest. bis zur Marke aufgefüllt. Daraus erhält man die weiteren Verdünnungen wie folgt:

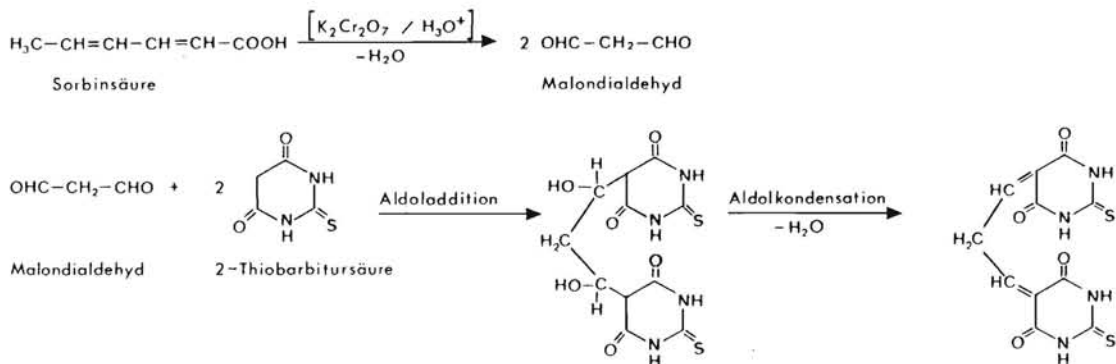
Verdünnung	1 : 1	5 cm <sup>3</sup> Stammlösung + 5 cm <sup>3</sup> dest. Wasser
Verdünnung	1 : 2	5 cm <sup>3</sup> Stammlösung + 10 cm <sup>3</sup> dest. Wasser
Verdünnung	1 : 5	5 cm <sup>3</sup> Stammlösung + 25 cm <sup>3</sup> dest. Wasser
Verdünnung	1 : 10	5 cm <sup>3</sup> Stammlösung + 50 cm <sup>3</sup> dest. Wasser

Dem Destillat werden 5 cm<sup>3</sup> 0,5 m Schwefelsäure zugegeben, bis auf 500 cm<sup>3</sup> mit dest. Wasser aufgefüllt und die Lösung photometriert.

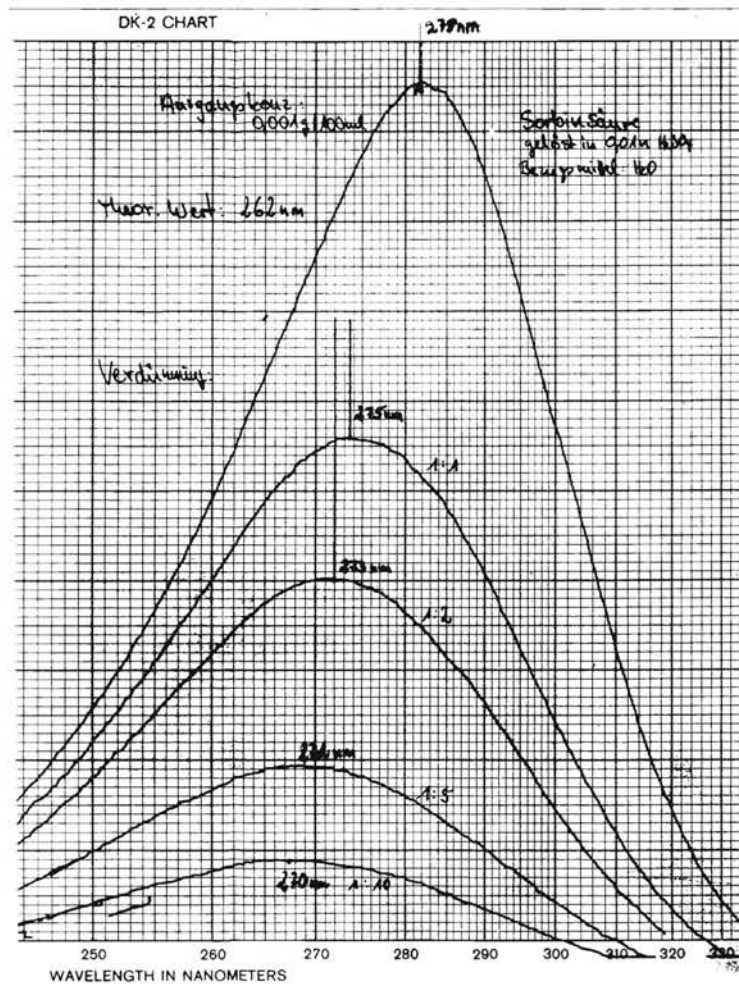
**Erläuterung (E 16)**

Hinweis zum Versuchsaufbau: Für *Versuch 1* ist die in E 11 (Nachweis von Ameisensäure im Honig) beschriebene Apparatur zu verwenden.

Der Entstehung des roten Farbstoffes in *Versuch 2* liegt folgende Reaktion zugrunde: Wird anstelle der quantitativen Bestimmung eine **halbquantitative Bestimmung von Sorbinsäure** bevorzugt, so kann eine kolorimetrische Reihe aufgestellt werden. Die bei der Reaktion mit Kaliumdichromat und Thiobarbitursäure auftretende Rotfärbung wird dann visuell mit den Färbungen einer Verdünnungsreihe einer Sorbinsäurestammlösung verglichen.



## Versuch 3: Absorptionskurven bei verschiedenen Verdünnungen



## Weitere Erläuterungen

Die Darstellung von Sorbinsäure wurde erstmalig 1859 von HOFFMANN beschrieben. Ihre antimikrobielle Wirkung wurde erst 1939 entdeckt. Ihr Einsatz beschränkte sich zunächst auf technische Produkte wie Leim, Casein und Futtermittel. Mitte der 50er Jahre wurde mit der industriellen Produktion von Sorbinsäure (E 200 - 203) begonnen. 1959 erfolgte ihre Zulassung als Konservierungsmittel in der Bundesrepublik Deutschland.

Der von der WHO angegebene ADI-Wert liegt mit 25 mg deutlich über den Werten der meisten anderen zugelassenen Konservierungsstoffe. Die gute Verträglichkeit ist dadurch begründet, dass Sorbinsäure im menschlichen Stoffwechsel ganz ähnlich wie die Fettsäuren verstoffwechselt wird. Auch sind allergische Reaktionen auf Sorbinsäure nur vereinzelt beobachtet worden.

Aufgrund ihrer weitgehenden gesundheitlichen Unbedenklichkeit besitzen Sorbinsäure und ihre Salze (Sorbate) ein weites Anwendungsgebiet. In einer Konzentration von 0,05 - 0,1% wird sie zur Konservierung von Margarine verwendet, Würste können zum Schutz gegen Schimmelbefall in eine Kaliumsorbatlösung getaucht werden. Anwendung findet Sorbinsäure bei der Herstellung und Konservierung von Milchprodukten, vor allem beim Käse. In Wein wird Sorbinsäure gegen Nachgärungen eingesetzt (bis zu 200 mg/l), gegen die Schwefeldioxid nur eine geringe Wirksamkeit zeigt. Sorbinsäure wird in großem Umfang zur Konservierung von Schnittbrot eingesetzt.

Die antimikrobielle Wirkung der Sorbinsäure beruht auf der Hemmung von verschiedenen Enzymen in der Mikrobienzelle und der teilweisen Zerstörung der Zellmembran. Um in der Zelle wirksam zu werden, muss Sorbinsäure zunächst die Zellwand durchdringen. Dies kann nur in undissoziierter Form geschehen, woraus sich die Wirkungsabhängigkeit vom pH-Wert erklärt.

Sorbinsäure wirkt hauptsächlich gegen Hefen und Schimmelpilze. Gegen bereits im Lebensmittel vorhandene Schimmelpilze ist sie jedoch unwirksam, da sie von diesen abgebaut werden kann.

Wie **Sorbinsäure vor Schimmel schützt**, kann am Beispiel verschiedener Lebensmittel demonstriert werden. Die benötigte konzentrierte Sorbinsäurelösung erhält man durch Lösen bei Zimmertemperatur und anschließendes Filtrieren.

a) Brot

In zwei Petrischalen gibt man je eine Brotscheibe. Die erste Scheibe wird mit dest. Wasser, die zweite mit der Sorbinsäurelösung durchfeuchtet. Danach verschließt man beide Petrischalen mit den zugehörigen Deckeln und bewahrt sie bei Zimmertemperatur auf. Nach fünf Tagen zeigt sich das konservierte Brot unverändert, während sich auf dem unkonservierten Brot dicke Pilzrasen gebildet haben.

b) Apfelsaft

Frische Äpfel werden ausgepresst und der Saft auf zwei Glasgefäße verteilt. In die eine Flasche gibt man 0,3 g Kaliumsorbat, den Inhalt der zweiten Flasche lässt man unverändert. Beide Flaschen werden mit Aluminiumfolie verschlossen. Der Flascheninhalt wird über zwei Wochen täglich beobachtet und alle Veränderungen protokolliert.

**Achtung:** Nach Beendigung der Versuche müssen die Gefäße vorschriftsmäßig gereinigt und der Inhalt ebenso entsorgt werden.

## E 17 Nachweis der konservierenden Wirkung von Benzoesäure - Verhinderung der alkoholischen Gärung

**Dauer Vorbereitung:** 10 min  SV  LV  
**Dauer Versuchsdurchführung:** 25 min

Chemikalien	Gefahrensymbole	Entsorgung	Geräte
- Traubenzucker - Hefe - Calciumhydroxid (Ca(OH) <sub>2</sub> ) - Benzoesäure - dest. Wasser - Filterpapier	<b>C</b>  <b>Xn</b>	B1  B3	2 Erlenmeyerkolben (50 cm <sup>3</sup> ), 2 Erlenmeyerkolben (100 cm <sup>3</sup> ), 1 Erlenmeyerkolben, 2 durchbohrte Gummistopfen, Tropfpipette mit Hütchen, Glasrichter, Glasstab, Spatel, Waage

### Versuchsdurchführung:

Durch Einrühren von Ca(OH)<sub>2</sub> in dest. Wasser (bis eine gesättigte Lösung mit Bodenkörper entstanden ist) wird Kalkwasser hergestellt und in einen zweiten Erlenmeyerkolben filtriert.

Für die Gärlösung werden in einen 200 cm<sup>3</sup>-Erlenmeyerkolben 15 g Traubenzucker eingewogen und mit 100 cm<sup>3</sup> dest. Wasser gelöst. In dieser Zuckerlösung werden 20 g Hefe aufgeschlämmt und das entstandene Gemisch gleichmäßig auf zwei gekennzeichnete 100 cm<sup>3</sup>-Erlenmeyerkolben verteilt. In den einen Kolben werden 0,1 - 0,2 g Benzoesäure gegeben und beide Kolben mit Gummistopfen und Gärröhrchen verschlossen. In die Gärröhrchen wird mit Hilfe einer Tropfpipette Kalkwasser gefüllt.

**Beobachtung:** .....

**Erklärung:** .....

### Erläuterung (E 17):

Unter „Beobachtung“ sollte notiert werden:

Das Kalkwasser im Gärröhrchen des mit Benzoesäure versetzten Kolbens bleibt klar; im anderen ist eine Trübung zu erkennen.

II/C3

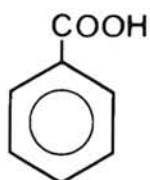
Unter „Erklärung“ sollte notiert werden:

Durch Zusatz von Hefe beginnen glucosehaltige Lösungen zu gären, es entstehen Ethanol und Kohlendioxid. Der Nachweis des Kohlendioxids mit Kalkwasser kann als Indikator für den Beginn des Gärungsprozesses eingesetzt werden. Der Versuch zeigt, dass Benzoesäure die Gärung unterbinden kann.

Die beobachtete Verhinderung der Gärung durch Benzoesäure wird als Hemmung des Enzymsystems der Hefe (Zymase) interpretiert.

Die konservierenden Eigenschaften der Benzoesäure, die erstmalig Ende des 16. Jahrhunderts bei der trockenen Destillation des Benzoecharzes isoliert wurde, wurden 1875 von FLECK beschrieben. Seit Beginn ihrer industriellen Herstellung um die Jahrhundertwende wird Benzoesäure zur Lebensmittelkonservierung verwendet. Sie ist einer der am meisten angewandten Konservierungsstoffe, obwohl ihre toxikologischen Eigenschaften bis heute umstritten sind. Benzoesäure kann (im Unterschied zur Sorbinsäure) im normalen Stoffwechsel nicht abgebaut werden, sondern muss über die Leber entgiftet werden. Hierbei wird sie zunächst wie die Fettsäuren durch Bindung an Coenzym A zu Benzoyl-Coenzym A 'aktiviert', anschließend wird daraus unter dem Einfluss von Glycin-N-acylase mit Glykokoll Hippursäure gebildet. Die Hippursäure wird dann mit dem Harn ausgeschieden. Personen mit gestörter Leberfunktion bereitet diese Entgiftungsleistung und somit der Verzehr benzoehaltiger Nahrungsmittel Schwierigkeiten.

Auch scheint von Benzoesäure eine negative Wirkung auf die Sauerstoffversorgung von Blut und Geweben in Leber, Nieren und Gehirn auszugehen. Bei überempfindlichen Personen kann Benzoesäure Allergien hervorrufen, die sich sowohl in Form einer Nesselsucht, als auch in einem Asthmaanfall äußern können. Die betroffenen Allergiker müssen daher nicht nur alle mit Benzoesäure konservierten Lebensmittel meiden, sondern auch Nahrungsmittel mit natürlichen Gehalten an Benzoesäure (z.B. Preiselbeeren, Heidelbeeren, Himbeeren, Johannisbeeren, Pflaumen, Nelken, Anisöl).



Benzoessäure

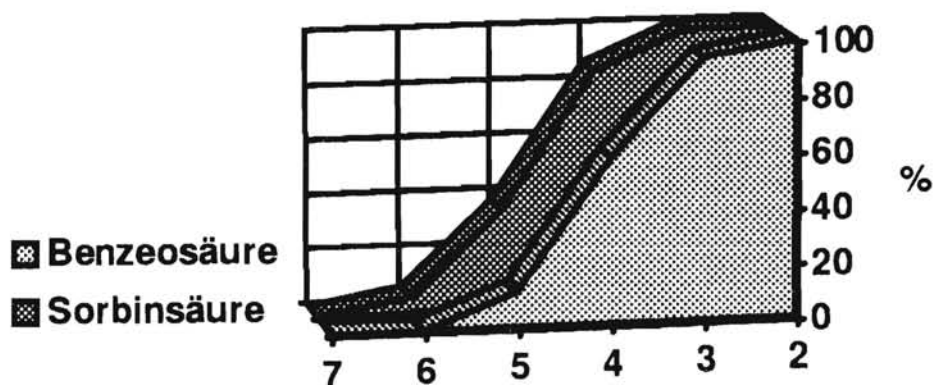


Natriumbenzoat

Die Wirkung der Benzoesäure (E 210 - 213) richtet sich hauptsächlich gegen aerobe Bakterien, Hefen und Schimmelpilze.

Zur Entfaltung ihrer Wirkungen muss die Benzoesäure zunächst die Zellwand von Mikrobenzellen durchdringen, welches nur in der undissoziierten Form möglich ist (pH-Abhängigkeit). Innerhalb der Zelle erfolgen dann Hemmungen von Enzymen, die den Essigsäurestoffwechsel und die oxidative Phosphorylierung regeln und Enzymen des Citratcyclus (z.B.  $\alpha$ -Ketoglutaräure- und Bernsteinsäuredehydrogenase).

## antimikrobielle Wirkung und pH-Wert



Wegen dieser deutlichen pH-Wert-Abhängigkeit wird Benzoesäure nur in sauren Lebensmitteln wie kohlensäurehaltigen Getränken (z.B. Fass-Brause), Sauergemüse, Fruchtsalaten und Mayonnaisen zur Konservierung verwendet.

**Der Nachweis von Benzoesäure**, z.B. in Erfrischungsgetränken, erfolgt mittels Mohler-Reaktion. Zur Extraktion der Benzoesäure wird das Getränk (z.B. Cola light) mit Diethylether ausgeschüttelt. Die Etherphase wird im Wasserbad so lange erhitzt, bis der Ether verdunstet ist.

Der Rest wird mit in konz. Schwefelsäure gelöstem Kaliumnitrat versetzt und bis zum Entweichen brauner Dämpfe erwärmt. Das Reaktionsgemisch wird im Eisbad gekühlt, vorsichtig mit dest. Wasser und nach erneutem Kühlen mit Hydroxylaminchlorid-Lösung versetzt. Mit Ammoniaklösung wird alkalisch gemacht und anschließend noch fünf Minuten erwärmt. Bei Anwesenheit von Benzoesäure bildet sich ein roter Farbstoff. Den Mechanismus der sog. Mohler-Reaktion findet man in einschlägigen Lehrbüchern.

**Achtung! Durchführung nur im Abzug! Vorsicht beim Umgang mit konzentrierten Säuren! Vorsicht beim Umgang mit Hydroxylamin-HCl! Vorsicht beim Umgang mit Ether!**

**Der Nachweis von Benzoesäure in festen Lebensmitteln** kann im Anschluss an eine Wasserdampfdestillation erfolgen. Im Destillat kann die Benzoesäure wie oben ausgeführt nachgewiesen werden oder durch Zusatz einer neutralen Eisen(III)-chlorid-Lösung (ein fleischfarbener Niederschlag zeigt Benzoesäure an).

Man beachte, dass viele Lebensmittel einen natürlichen Gehalt an Benzoesäure aufweisen (z.B. Preiselbeeren bis zu 0,24 %).



## E 18 Antioxidantien - Nachweis von Vitamin E in Speiseöl

**Dauer Vorbereitung:** 5 min  SV  LV  
**Dauer Versuchsdurchführung:** 15 min

Chemikalien	Gefahrensymbole	Entsorgung	Geräte
– Speiseöl (z.B. Distelöl mit 5% Weizenkeimöl) – Ethanol (getrocknet über Molekularsieb oder CaO), – konzentrierte Salpetersäure – Eis – Siedesteinchen	F  C	B1	Reagenzglas, Reagenzglasständer, Reagenzglasklammer, 2 Bechergläser (250 cm <sup>3</sup> , hohe Form), Magnetrührer, Messzylinder (10 cm <sup>3</sup> ), 2 Tropfpipetten mit Hütchen

II/C3

### Versuchsdurchführung:

**Achtung! Versuch im Abzug durchführen!**

Wasser wird im Becherglas auf einer Heizplatte zum Sieden erhitzt. Ein weiteres Becherglas wird mit Eis gefüllt.

Währenddessen werden in einem mit Siedesteinchen bestückten Reagenzglas einige Tropfen Speiseöl in 1 - 2 cm<sup>3</sup> wasserfreiem Ethanol gelöst. Zu dieser Lösung werden vorsichtig tropfenweise 2 cm<sup>3</sup> konzentrierte Salpetersäure gegeben. Anschließend wird die Mischung unter dauerndem Schütteln im Wasserbad zum Sieden erhitzt und danach im Eisbad gekühlt.

**Beobachtung:** .....

.....

**Erklärung:** .....

.....

### Erläuterung (E 18)

Unter „Beobachtung“ sollte notiert werden:

Es entsteht eine Rotfärbung, die sich beim Kühlen im Eisbad intensiviert.

Unter „Erklärung“ sollte notiert werden:

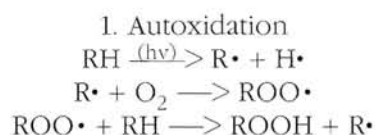
In Gegenwart von Tocopherol entsteht Tocopherolrot. Die Intensität der Färbung nimmt bei niedrigen Temperaturen deutlich zu.

Die Gruppe der Tocopherole ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - und  $\delta$ -Tocopherol) wird zusammenfassend als Vitamin E bezeichnet. In der Lebensmittelkonservierung werden tocopherolhaltige Extrakte natürlichen Ursprungs (E 306) und synthetisches  $\alpha$ -Tocopherol (E 307) als Antioxidantien verwendet.

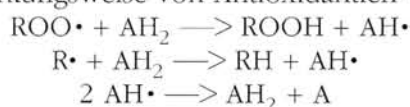
Fette und Fettprodukte unterliegen einer besonderen Form des Verderbs, dem autoxidativen Verderb: Bei der Reaktion mit Luftsauerstoff werden ungesättigte Fettsäuren abgebaut, wobei geruchlich und geschmacklich unangenehme Stoffe entstehen (Ranzigwerden). Diese Reaktion, die auch durch Metalle wie Eisen und Kupfer (natürliche Spurenelemente in Lebensmitteln) bzw. deren Verbindungen gestartet werden kann, kann dadurch verhindert werden, dass der Sauerstoff durch Vakuum- oder Inertgasverpackungen ausgeschlossen wird. Eine andere Möglichkeit ist die Zugabe von Antioxidantien.

Antioxidantien fangen in den mit ihnen behandelten Lebensmitteln die in den Fetten entstehenden Radikale ab und unterbrechen dadurch das Kettenwachstum. Die dabei entstehenden neuen Radikale ( $AH\cdot$ ) sollen dabei so stabil sein (z.B. durch Resonanz mit einem aromatischen System), dass kein Wasserstoff aus einer ungesättigten Fettsäure abstrahiert werden kann. Wirksame Antioxidantien enthalten daher mindestens eine phenolische OH-Gruppe.

Die wichtigsten Reaktionsschritte zu dem Mechanismus der Autoxidation (1) und den Wirkungsmechanismen der Antioxidantien (2) lassen sich wie folgt beschreiben:<sup>1</sup>



2. Wirkungsweise von Antioxidantien ( $AH_2$ )



Antioxidantien bilden in vielen pflanzlichen Fetten und Ölen einen natürlichen Bestandteil, dessen Aufgabe es vermutlich ist, das Öl der Samen und Früchte von Pflanzen während des normalen Lebenslaufs vor dem Verderb zu schützen.

Den wichtigsten Vertreter dieser natürlichen Antioxidantien, die auch in der Lebensmittelkonservierung eingesetzt werden, bildet das Vitamin E (Tocopherole, E 306 - 309), welches z.B. in großen Mengen in Weizenkeimöl (270 mg/100 g) enthalten ist.









Ein anderes natürliches Antioxidans stellt das Vitamin C (L-Ascorbinsäure, E 300) dar, welches hauptsächlich gegen eine weitere oxidative Veränderung eines Lebensmittels eingesetzt wird: Das Bräunen von angeschnittenem Obst und Gemüse. Verantwortlich für diese Bräunung sind Enzyme, die nach der Zellzerstörung beim Zerkleinern Sauerstoff auf die farblosen Phenole des Lebensmittels übertragen. Dabei bilden sich Chinone, die im weiteren zu braunen Pigmenten polymerisieren. Ascorbinsäure greift in diesen Reaktionsmechanismus ein, indem sie die gebildeten Chinone vor deren Polymerisation zu den entsprechenden Hydrochinonen reduziert.

Die Wirkung von Antioxidantien kann durch sogenannte Synergisten erhöht werden. Dies kann zum einen dadurch geschehen, dass durch Zugabe von Komplexbildnern – z.B. Citronensäure (E 330), Milchsäure (E 270), Weinsäure (E 334) – die prooxidative Wirkung von oxidationsfördernden Stoffen (z.B. Metallspuren) durch Komplexbildung aufgehoben wird.

Nach bestehendem Lebensmittelrecht dürfen in Deutschland nur bestimmten Lebensmitteln synthetische Antioxidantien zugesetzt werden. Dies sind vor allem Lebensmittel, in denen Fette auf großen Flächen verteilt sind (z.B. Tomatensuppe, Kartoffeltrockenprodukte, Marzipan). Für die Gruppe der natürlichen Antioxidantien und deren Synergisten gilt eine allgemeine Zulassung.

<sup>1</sup> Nach: **Sedlacek, B. A. J.**: Mechanismus der Wirkung von Ascorbylpalmitat und anderen Antioxidantien auf die Autoxidation der Fette. In: Die Nahrung 19. Jg. (1975), Internat. Zeitschrift für Lebensmittelforschung und -entwicklung, Inst. für Ernährung, Rehbrück, Weinheim VCH. S. 219 ff.

## E 19 Bestimmung von Vitamin C in Pilzkonserven<sup>1</sup>

<b>Dauer Vorbereitung:</b>	10 min	<input type="checkbox"/> SV	<input checked="" type="checkbox"/> LV
<b>Dauer Versuchsdurchführung:</b>	90 min		
			
			
T giftig	C ätzend	Xi reizend	Xn schädlich
E explosiv	F+ entzündlich	F brennbar	O brandfördernd

Chemikalien	Gefahrensymbole	Entsorgung	Geräte
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 Vitamin-C-Tablette (50 mg)</li> <li>- Dichlorphenolindophenol (DCPIP)</li> <li>- 5%ige Metaphosphorsäurelösung (giftig!)</li> <li>- dest. Wasser</li> <li>- eine Pilzkonzerve (z.B. Champignons in Scheiben)</li> </ul>	C	B2	säurefeste Handschuhe, Filterpapier, Stativmaterial, Bürette, Magnetrührer mit Rührfisch, Erlenmeyerkolben (300 cm <sup>3</sup> ), 6 Erlenmeyerkolben (100 cm <sup>3</sup> ), 1 Becherglas (50 cm <sup>3</sup> ), 1 Messkolben (1000 cm <sup>3</sup> ), 2 Glasrichter, je eine Vollpipette zu 10 cm <sup>3</sup> und zu 1 cm <sup>3</sup> , Peleus-Ball, 2 Messzylinder (25 cm <sup>3</sup> ), 1 Mischzylinder (50 cm <sup>3</sup> ), eine braune Enghalsflasche (1000 cm <sup>3</sup> ) mit Stopfen, Glasstab, Spatel, Waage

### Versuchsdurchführung:

Zuerst wird die DCPIP-Maßlösung<sup>2</sup> hergestellt und ihr Titer bestimmt. Dazu wiegt man in einen 300 cm<sup>3</sup>-Erlenmeyerkolben 0,2 g DCPIP ein und löst es in etwa 200 cm<sup>3</sup> dest. Wasser. Die Lösung wird in einen 1000 cm<sup>3</sup>-Messkolben filtriert, der Filter mehrmals mit dest. Wasser nachgewaschen und das Filtrat mit dest. Wasser auf genau 1000 cm<sup>3</sup> aufgefüllt. Diese Lösung ist licht- und hitzeempfindlich und muss im Kühlschrank aufbewahrt werden, wo sie etwa vier Wochen haltbar ist.

Zur Bestimmung des Titors der hergestellten Lösung gibt man eine Vitamin-C-Tablette mit bekanntem Vitamingehalt in einen Mischzylinder, füllt mit 50 ml 5%iger Metaphosphorsäurelösung auf (Handschuhe tragen!) und zerdrückt die Tablette vorsichtig mit einem Glasstab. Nach dem vollständigen Auflösen der Tablette wird mit einer Vollpipette genau 1 cm<sup>3</sup> Vitamin-C-Lösung entnommen und in einen 100 cm<sup>3</sup>-Erlenmeyerkolben gegeben. Es werden 10 cm<sup>3</sup> Metaphosphorsäurelösung und 10 cm<sup>3</sup> dest. Wasser zugesetzt.

Die Bürette wird mit Hilfe eines Glasrichters mit der DCPIP-Lösung gefüllt und der Flüssigkeitsstand notiert. Anschließend titriert man unter Verwendung des Magnetrührers so lange, bis einfallende blaue Tropfen nicht mehr entfärbt werden und die Lösung eine blasse Rosafärbung annimmt, die mindestens 30 Sekunden bestehen bleibt (ein weißer Hintergrund erleichtert hierbei das Erkennen der Rosafärbung).

<sup>1</sup> Nach: **Hascloff, H. P., Mauch, J.**: Das Vitamin-C-Projekt. Diesterweg Frankfurt 1989.

<sup>2</sup> Die titrimetrische Bestimmung von Vitamin C mit Dichlorphenolindophenol-Lösung wurde bereits 1927 von Tillmans beschrieben, weswegen die Reaktionslösung oft auch als Tillmans Reagenz bezeichnet wird.

Der neue Flüssigkeitsstand in der Bürette wird notiert.

Es ist ratsam, diese Titration zweimal zu wiederholen, um aus dem gebildeten Mittelwert der drei Bestimmungen einen genauen Wert für den Titer zu erhalten.

Zur Bestimmung des Vitamin-C-Gehaltes im Aufguss der Pilzkonzerve gibt man in einen Erlenmeyerkolben

- 20 cm<sup>3</sup> Aufguss
- 10 cm<sup>3</sup> Metaphosphorsäurelösung und
- 20 cm<sup>3</sup> dest. Wasser

und titriert wie oben beschrieben. Anschließend wird der Vitamin-C-Gehalt berechnet.

### Erläuterung (E 19)

#### Beispiel-Auswertung

Titerbestimmung der DCPIP-Lösung:

Vorlage: 1 mg Vitamin C (aus Vitamin-C-Tablette mit definiertem Gehalt)

Flüssigkeitsstand der DCPIP-Lösung in der Bürette:

Vor der Titration:  $V_1 = 19 \text{ cm}^3$

Nach der Titration:  $V_2 = 30 \text{ cm}^3$

Verbrauch:  $\Delta V = 11 \text{ cm}^3$

(gemittelt aus 3 Bestimmungen)

d.h. 11 cm<sup>3</sup> DCPIP-Lösung entsprechen 1 mg Vitamin C  
und 1 cm<sup>3</sup> DCPIP-Lösung entsprechen  $1/\Delta V = 0,091 \text{ mg Vitamin C}$ .

Somit ergibt sich der Titer zu:

$$1 \text{ cm}^3 \text{ DCPIP-Lösung} = 0,091 \text{ mg Vitamin C.}$$

Auswertung einer Titration:

Vorlage: x mg Vitamin C in 20 cm<sup>3</sup> Aufguss

Flüssigkeitsstand der DCPIP-Lösung in der Bürette:

Vor der Titration:  $V_1 = 17,5 \text{ cm}^3$

Nach der Titration:  $V_2 = 1,0 \text{ cm}^3$

Verbrauch:  $\Delta V = 16,5 \text{ cm}^3$

Titer der Lösung: 1 cm<sup>3</sup> DCPIP-Lösung entsprechen 0,091 mg Vitamin C  
damit ergibt sich:

$$16,5 \cdot 0,091 \text{ mg} = 1,5015 \text{ mg Vitamin C in } 20 \text{ cm}^3$$

und für die Konzentration in mg/dm<sup>3</sup>:

$$1,5015 \text{ mg} \cdot 50 = 7,5075 \text{ mg Vitamin C /dm}^3$$

Hinweis:

Soll der Vitamin-C-Gehalt einer Obstkonzerve (z.B. Apfelmus) untersucht werden, so presst man die in der Konserve enthaltene Flüssigkeit mit Hilfe einer sauberen Baumwollwindel oder eines Geschirrhandtuches aus und titriert 20 cm<sup>3</sup> dieses Filtrats wie oben beschrieben.

*Literatur**Monographien und Zeitschriftenbeiträge*

Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten e.V.; Lebensmittel-Kennzeichnung; Die Zutatenliste. Best. Nr. 1135. Bonn 1994.

Erläuterungen der sogenannten E-Nummern und anderer Zutaten.

**Boehringer Mannheim GmbH:** Methoden der enzymatischen Lebensmittelanalytik mit Einzelreagentien. Mannheim 1984.

Beschrieben werden Anwendungen, Wirkungsweise und Bezugsquellen von Reagentien zur enzymatischen Bestimmung von Lebensmittelinhaltsstoffen.

**P. Brothwell, D. R. Brothwell:** Manna und Hirse. Eine Kulturgeschichte der Ernährung. Zabern Verlag, Mainz 1984.

Fundgrube für historische Konservierungsmethoden.

**P. Haupt:** Chemische Konservierung von Lebensmitteln. In: Unterricht Biologie 153 (1990), Friedrich Verlag Seelze, S. 21ff.

Beschreibung der wichtigsten chemischen Konservierungsverfahren mit Experimentieranleitungen.

**H. Körperth:** Die Konservierung der Lebensmittel. Praxis Schriftenreihe Chemie Bd. 33, Aulis Verlag, Köln 1979.

Fachdidaktisches Standardwerk zur Lebensmittelkonservierung für den Unterricht.

**Lebensmittelchemische Gesellschaft** - Fachgruppe in der GDCh (Hrsg.): Schulversuche mit Lebensmittel-Zusatzstoffen. Hamburg 1990.

Interessante und sehr gut erprobte Versuche zum Thema.

**E. Lück:** Chemische Lebensmittelkonservierung. Stoffe, Wirkungen, Methoden. 2. Aufl., Springer Verlag, Berlin 1986.

Standardwerk zur Lebensmittelkonservierung.

**P. Pfeiffer, H. Wöhrmann (Hrsg.):** Konservierungsstoffe - Konservierungsverfahren. Naturwissenschaften im Unterricht - Chemie, 4. Jg., H. 19 (1993) Friedrich Verlag Seelze.

Übersichts- und Einzelbeiträge zu Themen wie Historische Konservierungsverfahren, Schwefeldioxid, Sorbinsäure, moderne Konservierungsmittel.

**U. Philippeit, S. Schwartau:** Zuviel Chemie im Kochtopf? Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek bei Hamburg 1991.

Kritische gesundheitliche Bewertung der Konfektionierung von Lebensmitteln.

**P. Ch. Schmidt, M. Franck:** Konservierung heute. In: Pharmazie in unserer Zeit. 22. Jg., Nr. I (1993), Verlag Chemie Weinheim, S. 39 - 44.

Gut lesbarer Übersichtsartikel.

**Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen (Hrsg.):** Hauptsache es schmeckt? Verlag Die Schulpraxis W. Stascheit, Mülheim 1986.

Unterrichtsmaterialien zu Ernährung, Nahrungsmittelproduktion und Gesundheit, zahlreiche Schülerarbeitsblätter.

#### *Videos und Filme*

#### **Konservierung von Lebensmitteln**

16 mm Film, FWU Nr. 32 10068, 15 min., 1991

Der Film zeigt als Ursachen des Lebensmittelverderbs mikrobiologische, chemische und physikalische Veränderungen. Er stellt weiterhin verschiedene Konservierungsmethoden vor: Wasserentzug, Absenkung der Wasseraktivität durch Zuckern und Salzen, Pökeln, Räuchern, Fermentieren, chemische Konservierung, Kühlen, Tiefgefrieren, Sterilisieren.

(auch als VHS Video Nr. 42 01950)

#### **Tiefkühlkost - Frische ist kein Geheimnis**

VHS Video, Nr. 42 45179, 11 min., 1985

Informationsfilm über Gemüse- und Fischverarbeitung in einer Tiefgefrierfabrik mit Blick auf Vor- und Nachbereitung in der Landwirtschaft bzw. in Gefrierketten.

#### **Lebensmittelversorgung/Vom Erzeuger zum Verbraucher**

24 Dias, FWU Nr. 10 46555

Aspekte: Konservierung, Lebensmittel, Lebensmittelindustrie, -technologie, Haltbarmachung.

#### **Hefen und Schimmelpilze**

VHS Video, FWU Nr. 42 01981, 16 min., 1991

Am Beispiel von Rhizopus, Pilobolus, Aspergillus, Penicillium, Saccharomyces werden die Morphologie der Pilze, ihre Verwendung zur Gewinnung organischer Produkte, ihre Rolle beim Lebensmittelverderb und der Materialzerstörung sowie wichtige Mykotoxine gezeigt.

(siehe auch 16 mm Film FWU Nr. 32 10143)

#### *Adressen:*

AID-Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten e.V., Konstantinstraße 124, 53179 Bonn

CMA - Centrale Marketing-Gesellschaft, Koblenzer Straße 148, 53117 Bonn