

## 2.1.4.2 CA-Lagerung von Frischgemüse

Die Lagerung von Gemüse in kontrollierter Atmosphäre (CA-Lagerung) kann die Haltbarkeit verlängern und die Qualität der Ware für die Vermarktung verbessern helfen. Die Lagertemperaturen und die relative Luftfeuchte sind in den meisten Fällen die gleichen wie bei der Kühllagerung, was Tabelle 2.3 zeigt. Auch hier müssen neue Sorten sorgfältig geprüft werden, ob sie für die artspezifischen Bedingungen geeignet sind. Wegen der gasdichten Wände im CA-Lager ist hier noch mehr auf die Entfernung von Ethylen aus der Atmosphäre zu achten [13].

Tab. 2.3 CA-Lagerbedingungen für Gemüse (nach HENZE und HANSEN [13], BÖTTCHER [5] verändert)

Arten	Temperatur °C	rel. Luft- feuchte %	CO <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> %	Lager- dauer <sup>1</sup>
Artischocken	1	95	5–6	2	6 W
Auberginen	10–12	90–95	bis 10	2–3	3 W
Blumenkohl	1	95	5	3	bis 6 W
Broccoli	1	96–98	2–3	2–3	4 W
Brunnenkresse	1	95	6	15	1 W
Chicoree	1–2	95	4–5	3–4	max. 8 W
Chinakohl	1	95	3	1	4 M
Eisbergsalat	1–2	95	max. 2	1	3–4 W
Gemüsefenchel	1	92–95	3	3	6 W
Grüne Bohnen	7–8	95	3–5	2–3	14 d
Gurken	7–10	95	5	2	3 W
Kohlrabi mit Laub	0–1	95	5	3	3 W
Kopfsalat	2	95	2	1–2	2–3 W
Paprika	10–12	95	1	2–3	bis 6 W
Porree (Lauch)	0–1	95	3–6	3	3 M
Radieschen mit Laub	0–1	95	4–5	2	3 M
Rosenkohl	0–1	95	5	2	2M
Spargel	1–2	95	bis 15	3	bis 6 W
Tomaten, halbreif	13	85	max. 1	4	4–5 W
Tomaten, dreiviertelreif	14–15	85	3	4	3–4 W
Wirsing	0	90–95	8–10	2–3	bis 4 M
Zucchini	7	90–95	5	3	4 W
Zuckermais	0	90–95	bis 20	1–2	4 W

<sup>1</sup> d = Tage, W = Wochen, M = Monate

Durch die Verminderung des Sauerstoff-Partialdrucks und die Erhöhung der CO<sub>2</sub>-Konzentration wird in Kombination mit der tiefen Temperatur der Stoffwechsel des Lagerguts und der Mikroorganismen noch stärker gesenkt. Damit ist auch die Wärmeerzeugung des Gemüses geringer als im Kühllager, was natürlich auch das Wachstum bzw. die Vermehrung der Mikroorganismen bremst. Die Bildung von Mykotoxinen wird erst ab 80 % CO<sub>2</sub> sicher verhindert ([29], S. 413).

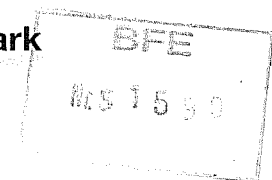
Eine Art CA-Lagerung ist die Aufbewahrung in etwas perforierten Folienbeuteln aus Polyethylen mit 0,05 mm Wandstärke. Der Gasaustausch zur Umgebung und der Wasserverlust werden stark reduziert und der Stoffwechsel des Lagergutes wird durch das gebildete CO<sub>2</sub> um etwa 50 % abgesenkt, was zu einer deutlichen Haltbarkeitsverlängerung führt. Die Methode eignet sich vor allem für Kopfkohl, Lauch, Spargel, Brokkoli und Rosenkohl und wird vorzugsweise direkt beim Verbraucher praktiziert. Der Kühlschrank, speziell der Mehrzonenkühlschrank mit einer Lagertemperatur um 0 °C und einer relativen Luftfeuchte von ca. 90 %, oder ein kalter Keller sind für das Verfahren eine sehr hilfreiche Ergänzung [13, 28].

## 2.1.4.3 Haltbarkeitsverlängerung von Gemüse mit Hilfe von Pflanzenbehandlungsmitteln oder Zusatzstoffen

Fungizide können auf dem Feld unter Einhaltung der vorgeschriebenen Wartezeiten vor der Ernte eingesetzt werden. Besonders systemische Mittel haben sich bei einer Reihe von Gemüsearten bewährt. Dabei ist aber zu beachten, dass die zulässigen Höchstmengen beim Inverkehrbringen nicht überschritten werden. Die Anwendung von Konservierungsstoffen nach der Ernte verbietet sich ebenfalls wegen der Höchstmengen VO, die z. B. Thiabendazol (E 233) bei 0,1 µg/kg limitiert. In verschiedenen Ländern der EU wird diese Methode jedoch noch praktiziert.

## 2.2 Gemüsesäfte und Tomatenmark

B. TRIERWEILER und G. MÜLLER



## 2.2.1 Allgemeines

Die durch mechanische Verfahren, wie Pressen oder Passieren sowie Homogenisieren, und/oder enzymatisch aus sauberem, frischem Gemüse gewonnenen Gemüsesäfte, denen teilweise Kochsalz, Zucker oder organische Säuren zugesetzt werden, haben in mikrobiologischer Hinsicht vieles mit flüssigen Obsterzeugnissen gemeinsam

(vgl. Kap. 7.1). Dies trifft vor allem für Tomatenerzeugnisse zu, die in europäischen Ländern etwa 80–85% der Produkte ausmachen. Flüssige Gemüseerzeugnisse, z. B. Möhrensaft, Rote-Bete-Saft etc. sind jedoch anfälliger gegen Mikroorganismenbefall und schwerer haltbar zu machen als Obstsaft. Die wesentliche Ursache dafür liegt in dem geringeren Säuregehalt. Der pH-Wert der Gemüsesäfte liegt im Allgemeinen zwischen 5,0 und 6,5, lediglich der von Tomatensaft zwischen 4,1 und 4,5. Dadurch finden eine Reihe von Bakterienarten, z. B. Clostridien und Bacillen, die in den stark sauren Obstsaften nicht zur Vermehrung kommen, günstige Entwicklungsbedingungen. Außerdem finden anspruchsvolle Mikroorganismenarten wie Lactobacillen in Gemüsesäften eine Reihe essentieller Substanzen, z. B. Aminosäuren und Vitamine, die teilweise in Obstsaften fehlen oder nur in äußerst geringen Mengen vorhanden sind.

Tomatenmark oder Tomatenpüree mit 10, 20 oder 28% Trockenmasse, das aus eingedicktem, feinpassiertem, von Schalen und Samen befreitem Mark reifer Tomaten hergestellt wird, hat einen niedrigeren  $a_w$ -Wert als Tomatensaft. Durch den niedrigeren  $a_w$ -Wert wird auch die Vermehrung von Mikroorganismen reduziert, da diese teilweise eine hohe Mindestwasseraktivität benötigen um sich vermehren zu können.

### 2.2.2 Haltbarmachung

Die Haltbarmachung der Gemüsesäfte, Gemüsetrunke und Multivitaminisäfte erfolgt am günstigsten durch Hitzebehandlung, wie z. B. UHT-Verfahren, verbunden mit aseptischer Abfüllung. Erzeugnisse mit pH-Werten im Bereich von 4,5 bis 6,5 müssen mindestens mit einem Sterilisationsäquivalent von  $F = 4$  min sterilisiert werden, d. h., sie müssen mindestens für vier Minuten auf 121,1 °C erhitzt werden, um Sterilität zu erreichen (vgl. Kap. 6.3.2). In der Praxis wird aus Sicherheitsgründen mit F-Werten von 5 bis 6 min, bei sehr hohen Anfangskeimzahlen sogar mit  $F = 10$  min gearbeitet [12]. Um bei niedrigeren Temperaturen Sterilität zu erzielen, muss die Heißhaltezeit entsprechend verlängert werden. Soll z. B. bei 115 °C mit einem Sterilisationsäquivalent von  $F = 6$  min sterilisiert werden, so ist bereits eine Heißhaltezeit von 26 min erforderlich, und bei 105 °C beträgt sie entsprechend (bei  $z = 10$ ) 260 min. Diese Zeiten sind in der Praxis nicht vertretbar und deshalb hat man nach anderen Wegen gesucht. Um die Haltbarkeit von Gemüsesäften mit dem für Obstsaft vielfach üblichen Pasteurisationsverfahren zu erzielen, ist das Ansäuern durch Zusatz von stark sauren Obstsaften sowie Milch-, Citronen- oder L-Ascorbinsäure üblich. Durch die pH-Wert-Senkung wird einmal eine Erniedrigung der Hitzeeresistenz der Mikroorganismen erreicht (vgl. Kap. 3.3.2.6.1 in [22]), zum anderen können die resistenten Bakteriensporen bei pH-Werten unter 4,0 in der Regel nicht mehr auskeimen und somit keine Schäden verursachen. Man kommt dann mit wesentlich niedrigeren F-Werten von etwa 0,7 bis 1,0 min aus.

Gemüsesäfte werden sowohl einer spontanen Milchsäuregärung als auch einem gesteuerten Verfahren mit Starterkulturen unterworfen. Nach dem Lactoferment-Verfahren wird entweder die Gemüsemaische vor dem Pressen oder der Gemüsesaft selbst einer Milchsäuregärung unterzogen, indem man Reinkulturen von *Lactobacillus plantarum* oder *Lb. brevis*, *Lb. delbrueckii*, seltener *Leuconostoc mesenteroides* beimpft. Um Gemüsesäfte mit der ernährungsphysiologisch wertvollen L(+)-Milchsäure anzureichern, wird mit *Lb. paracasei* oder *Lb. bavaricus* (Syn.: *Lb. sakei*) beimpft [11]. Vorher wird die Maische bzw. der Gemüsesaft pasteurisiert, um die vorhandene unerwünschte Mikroflora des Rohstoffs weitgehend auszuschalten. Die Milchsäuregärung dauert etwa 8 bis 24 h bei 30–45 °C an, je nach eingesetzter Bakterienart und Menge des Inokulums. Sobald die Milchsäurekonzentration Werte von 0,4–0,9% erreicht hat und der pH-Wert auf 3,8 bis 4,0 abgesunken ist, wird das Produkt pasteurisiert. Das Beimpfen der neuen Charge kann jeweils so erfolgen, dass man mit 5–10% eines in der Hauptgärung befindlichen Ansatzes verschneidet. Nach 6–8maligem Verschneiden sollte aber wieder von einer Reinkultur ausgegangen werden, um Kontaminationen nicht aufkommen zu lassen und sie nicht weiterzuschleppen [6, 19].

Tomatenpulpe und analoge Obst- und Gemüseprodukte werden in Großtanks folgendermaßen zwischenserviert. Tomaten werden innerhalb von etwa drei Stunden nach der mechanischen Ernte zu Pulpe verarbeitet und mittels UHT-Verfahren sterilisiert. Danach wird die Pulpe sofort gekühlt und aseptisch in sterile Tanks eingelagert. Zur Sicherheit wird der Kopfraum der Tanks mit sterilem Stickstoff begast. Spezielle, sterilisierbare Tankventile ermöglichen die beliebige Ein- und Auslagerung der Pulpe. Nach dem gleichen System wurden auch Transporteinrichtungen (Lastkraftwagen, Kesselwagen, Schiffstanks) entwickelt. Teilkonzentrierte Produkte sind nach dem gleichen Verfahren lagerbar [15].

Die durch Wasserentzug hergestellten Produkte, wie Tomatenmark mit 20 oder 28% Trockensubstanz, sind aufgrund des verbleibenden hohen Wassergehalts nicht haltbar. Sie werden ebenfalls sterilisiert.

### 2.2.3 Mikrobieller Verderb

Als spezielle Schädlinge von hitzekonservierten Gemüsesäften müssen Bakterien der Gattungen *Bacillus* und *Clostridium* angesehen werden, deren resistente Sporen die Erhitzung mitunter überdauern und während der Lagerung auskeimen können. *Bacillus subtilis*, *Bacillus coagulans*, *Clostridium pasteurianum* und einige andere sporenbildende Bakterien, darunter auch thermophile Arten, wurden wiederholt als Ursache des Verderbs von Tomatensaft und anderen Gemüsesäften gefunden. In noch nicht ste-

rilisiertem Tomatensaft können sich Hefen und Lactobacillen in kurzer Zeit stark vermehren und Keimzahlen (Kolonie bildende Einheiten = KbE) bis  $7 \times 10^8$  pro g erreichen [31]. Schimmelpilze verursachen durch Säureabbau einen pH-Wert-Anstieg bei der Herstellung von Tomatensaft, wodurch günstigere Voraussetzungen für die Entwicklung säureempfindlicher Bakterienarten geschaffen werden.

Tomatenmark oder Tomatenpaste sowie Tomatenketchup werden bevorzugt von Milchsäurebakterien, wie *Lb. plantarum* und *Lb. brevis*, einigen Vertretern der Gattung *Bacillus* sowie Hefearten und an der Oberfläche von zahlreichen Hyphomyceten-Species befallen. Als relativ häufiger Verderbniserreger von pasteurisierten Tomaten- und Tomatenpaprikakonzentraten gilt *Bacillus coagulans*, ein fakultativ thermophiler Sporenbildner. Seine besondere Bedeutung beruht auf der Tatsache, dass er noch bei sehr niedrigen pH-Werten (zwischen 3,7 und 4,5) zur Entwicklung kommt. Der D-Wert für seine Sporen beträgt bei 100 °C in feuchter Hitze 1 bis 10 min, je nach Substrat. Subletale Erhitzungsbedingungen führen zu einer vom pH-Wert des Mediums und anderen Faktoren abhängigen Aktivierung der Sporenkeimung. *Bacillus coagulans* bildet kein Gas und gehört zu den Erregern der Flachsäuerung, die vorwiegend bei Gemüse- und Obstkonserven auftritt. Das Bakterium ist im Erdboden weit verbreitet und gelangt mit dem Rohstoff, vor allem Wurzelgemüse, in das Fertigprodukt.

Insgesamt spielen schlechte Rohstoffe, mangelhafte Hygiene, Untersterilisation und Rekontamination der Substrate nach erfolgter Sterilisation durch keimhaltige Behälter oder Verschlüsse die gleiche Rolle für die Haltbarkeit der Gemüseprodukte wie für die Obstprodukte, vgl. Kap. 7.1.1 und speziell 7.1.1.4.

## 2.3 Trockengemüse

B. TRIERWEILER H. und K. FRANK

Trockengemüse wurde früher in großen Mengen mit Hilfe der Warmluftbehandlung zur Versorgung der Armee hergestellt. Es hatte den Nachteil, dass es bei der Speisenzubereitung schlecht Wasser aufnahm und unzureichend aufquoll. Heute wendet man vorzugsweise die Gefriertrocknung an, wobei dieser Fehler nicht mehr auftritt. Es wird vor allem zur Herstellung von Trockensuppen verwendet. Möhren, Gemüsepaprika, grüne Bohnen, Poree, Tomaten und verschiedene Kohlarten sind wohl die häufigsten Gemüsearten für diese Verwendung, meist nach vorhergegangener Blanchierung. Getrockneter Sellerie wird gemahlen zur Herstellung von Selleriesalz eingesetzt. Seit altersher werden die reifen Samen von Erbsen, Bohnen und Linsen ver-

braucht, die in manchen Jahren – abhängig vom Wetter zur Erntezeit – in Warmluft nachgetrocknet werden müssen.

Trockengemüse ist in für Wasserdampf undurchlässiger Verpackung bei Zimmertemperatur über Jahre haltbar. Um Qualitätsverluste zu vermeiden, müssen Temperatur und Zeit beim Blanchieren jedoch produktabhängig genau eingehalten werden, um die produkteigenen Enzyme ausreichend zu inaktivieren. Bei dieser Wärmebehandlung werden auch die meisten dem Gemüse anhaftenden lebenden Mikroorganismen abgetötet. Die meisten der noch nachzuweisenden Keime stammen von der Rohware und von Kontaminationen während der Trocknung und Abfüllung.

### 2.3.1 Einfluss des Rohstoffs und der Technik auf die mikrobiologischen Verhältnisse

Beim Blanchieren, 2–7 Minuten bei etwa 70 °C, wird die ursprüngliche Keimzahl um 90–99% verringert, wobei die meisten Überlebenden die hitzeresistenten Sporen der Gattungen *Bacillus*, *Clostridium* und *Paecilomyces* sind. Wird das blanchierte Produkt nicht rasch genug weiterverarbeitet, dann können auch Milchsäurebakterien durch Ausscheiden von Säuren ihre Umgebung ansäuern und zu unerwünschten Geschmacksveränderungen führen. Hohe Zahlen von Enterobakterien im Trockenprodukt sind ein Beweis für unzureichende Blanchierbedingungen. Sekundärkontaminationen nach der Hitzebehandlung werden vor allem von unsaubereren Geräten, Behältern und Förderbändern verursacht.

Bei Heißlufttrocknung mit 80–100 °C in Horden-, Band- oder Kanaltrocknern steigt die Temperatur im Gemüse anfangs nur bis auf etwa 50 °C wegen der Verdunstungskälte des Wassers in den obersten Schichten des Gutes. Erst gegen Ende des Prozesses steigt die Temperatur auf Werte, die vegetative Keime abtöten könnten, aber die trockene Hitze ist bekanntlich weniger wirksam als Heißdampf. Bei der besonders schonenden, aber energieaufwändigen Gefriertrocknung ist der Abtötungseffekt sehr gering ([13], S. 160). Dieses Verfahren wird deshalb auch zur Konservierung von Starterkulturen angewandt.

### 2.3.2 Mikroflora von Trockengemüse

Die Gesamtkeimzahl und die Zusammensetzung der Arten sind bei Trockengemüse außerordentlich variabel. Sie sind abhängig von der Gemüseart, dem Standort und dem Anbaujahr der Rohware, den Ernte- und Transportbedingungen, der Zeit zwischen

**pflanzlicher Herkunft**

*Mikrobiologie der Lebensmittel*

# **Lebensmittel pflanzlicher Herkunft**

*W. Holzapel (Hrsg.)*

**BEHR'S...VERLAG**