

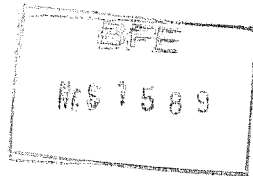
rilisiertem Tomatensaft können sich Hefen und Lactobacillen in kurzer Zeit stark vermehren und Keimzahlen (Kolonie bildende Einheiten = KbE) bis 7×10^8 pro g erreichen [31]. Schimmelpilze verursachen durch Säureabbau einen pH-Wert-Anstieg bei der Herstellung von Tomatensaft, wodurch günstigere Voraussetzungen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

Blanchieren und Trocknung sowie der Art der Trocknung. Neben den Dauerformen der sporenbildenden Bakterien findet man meist auch Vertreter folgender Gattungen: *Aerobacter*, *Achromobacter*, *Erwinia*, *Escherichia*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Enterococcus* und *Streptococcus*. *Bacillus cereus* findet man häufig in Kartoffel- und Zwiebelpulver. In einigen getrockneten Gemüsen (Karotten, Sellerie, Petersilie, Lauch) wurden Endosporenbildner gefunden, die eine Gefährdung nach Einmischen in Lebensmittel zum Direktverbrauch darstellen können. Eine Reduzierung der Keimzahl von getrocknetem Lauch um 10^5 wurde durch eine Strahlendosis von 5 kGy erzielt [16]. Bei den Schimmelpilzen dominieren Vertreter der Penicillien und Aspergillen. Hefen sind seltener als bei Trockenobst, aber häufig bei getrocknetem Spargel, der nicht blanchiert wurde.

Nationale Rechtsnormen zur mikrobiologischen Beurteilung von Trockengemüse gibt es nur für Produkte für Säuglinge und Kleinkinder, die in der Diätverordnung festgelegt sind ([18], S. 143). Für Trockensuppen, Trockeneintöpfe und Trockensoßen wurden in Deutschland die in Tabelle 2.4 aufgeführten Richt- und Warnwerte vorgeschlagen [8].

Tab. 2.4 Mikrobiologische Richt- und Warnwerte, vorgeschlagen für Trockensuppen, Trockeneintöpfe und Trockensoßen in Deutschland [8]

	Richtwerte/g	Warnwerte/g
aerobe Kolonienzahl	10^7	–
<i>Staphylococcus aureus</i>	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^3$
<i>Bacillus cereus</i>	$1,0 \times 10^4$	$1,0 \times 10^5$
<i>E. coli</i>	$1,0 \times 10^3$	$1,0 \times 10^4$
sulfitreduzierende		
Clostridien	$1,0 \times 10^4$	$1,0 \times 10^5$
Schimmelpilze	$1,0 \times 10^4$	$1,0 \times 10^5$
Salmonellen		n.n. 25 g

2.4 Salzgemüse

H. K. FRANK UND B. TRIERWEILER

Salzgemüse sind in der Regel Halbfabrikate für die industrielle Weiterverarbeitung. Besonders Brechbohnen, Blumenkohl und Spargel werden nach dem Waschen, Putzen und evtl. Blanchieren in 15 bis 25%ige Kochsalzlösung eingelegt und so vorübergehend haltbargemacht. Die NaCl-Endkonzentration beträgt je nach Gemüseart dann

maximal 20%, was einem a_w -Wert von etwa 0,88 entspricht (0,76 bei einer gesättigten Salzlösung), bei dem sich noch etliche Mikroorganismenarten vermehren können, weshalb die Lagertemperatur 2–4°C nicht übersteigen soll. Luftabschluss kann die Vermehrung von aeroben halophilen Gattungen verhindern. Kahlmhefen und verschiedene Hyphomyceten können oberflächlich wachsen, während halophile Bakterien (*Halococcus* und *Halobacterium* spp.) in Salzkonzentrationen > 12% normal wachsen. Die Lagerzeit ist maximal ein Monat.

2.5 Essiggemüse (Perl- und Silberzwiebeln, Paprika, Rotkohl, Maiskölbchen, Sellerie)

H. K. FRANK UND B. TRIERWEILER

Essiggemüse wird durch Zusatz von Essig, Salz, Zucker und Gewürzen (2,5% Säure; pH < 4,0) mit oder ohne Erhitzen hergestellt. Dies dient u. a. für die Haltbarmachung von Gurken, Roten Beten und „Mixed Pickles“ in Aufgüssen und Marinaden. Es muss in luftdicht verschlossenen Behältnissen aufbewahrt werden ([18], S. 190). Zahlreiche Hefen und Schimmelpilzarten (z. B. *Monilia acetoabutans*) können Essigsäure abbauen, weshalb ausreichende Kühlung unbedingt erforderlich ist. Für den Endverbraucher bestimmte Kleinpackungen werden daher hitzesterilisiert.

In der Praxis ist in der Regel eine Pasteurisation zur Abtötung vegetativer Keime ausreichend, da Bakteriensporen bei einem pH-Wert < 4,0 nicht auskeimen. Der kombinierte Effekt von Temperatur und Säure tötet Endosporen schon bei 100°C ab. Typische Verderbniserreger von Essigkonserven sind Laktobazillen, Hefen (*Sacch. acidifaciens*, *Sacch. bailii* und *Pichia membranaefaciens*) und der Schimmelpilz *Monilia acetoabutans*. Da dieser Pilz Essigsäure metabolisieren kann, sinkt die Säurekonzentration, und anderen Verderbsorganismen wird das Wachstum ermöglicht. Die gefundenen Laktobazillen sind *Lactobacillus casei* (*paracasei*), *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus buchneri* und insbesondere *Lactobacillus fructivorans* [7].

pflanzlicher Herkunft

Mikrobiologie der Lebensmittel

Lebensmittel pflanzlicher Herkunft

W. Holzapel (Hrsg.)

BEHR'S...VERLAG