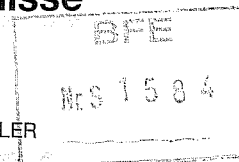


- 16] LÜCK, E. (Hrsg.): Lexikon Lebensmittelzusatzstoffe. Hamburg: Behr's Verlag 1992.
- 17] MÜLLER, G.; WEBER, H. (Hrsg.): Mikrobiologie der Lebensmittel – Grundlagen. Hamburg: Behr's Verlag 1996.
- 18] NICOLAISEN-SCUPIN, L.; HANSEN, H.: Leitfaden für Lagerung und Transport von Gemüsen und essbaren Früchten. Wolfsburg: Verlag Günter Hempel 4. Aufl. 1985.
- 19] PITT, J. I.; CHRISTIAN, J. H. B.: Water relations of xerophilic fungi isolated from prunes. Appl. Microbiol. **16** (1968) 1853–1858.
- 20] ROTH, L.; DAUNDERER, M.; KORMANN, K.: Giftpflanzen – Pflanzengifte. Landsberg: ecomed4. Aufl. 1994.
- 21] SHARMA, R. P.; SALUNKE, D. K.: Mycotoxins and Phytoalexins. London: CRC Press 1991.
- 22] SHEWELT, R.; PRUSSIA, S. E. (Eds.): Postharvest Handling. San Diego, Cal.: Academic Press 1993.
- 23] SHOLBERG, P. L.; OGAWA, J. M.: Fungus causes deterioration of dried prunes. Calif. Agric. **37**, 3/4(1983)27–28.
- 24] SNOWDON, A. L.: A colour atlas of post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables. Vol. 1. London: Wolfe Scientific 1990.
- 25] SPAAR, D.; KLEINHEMPEL, H.; FRITZSCHE, R.: Diagnose von Krankheiten und Beschädigungen an Kulturpflanzen – Kernobst. Berlin: Deutscher Landwirtschaftsverlag 1988.
- 26] STEINER, W. et al.: Aflatoxine B₁ und G₁, Cyclopiazonsäure, Kojisäure und Ochratoxin A in Trockenfeigen mit BGY-Fluoreszenz. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **84** (1993) 523–536.
- 27] TRIERWEILER, B., SCHIRMER, H. AND TAUSCHER, B.: Hot Water Treatment to Control *Gloeosporium* Disease on Apples during Long-term Storage. J. of Applied Botany **77** (2003), 156–159.
- 28] VERHOEVEN, B.: Transportdaten von Obst und Gemüse unter CA. Technischer Bericht 19/1997, Technische Universität Hamburg-Harburg
- 29] WALKER, H. W.: Spoilage of food yeasts. Food Technol. **31**, 2 (1977) 57–61, 65.
- 30] WEBER, R.: Aflatoxin B₁ in Lebensmitteln – Erfassung und Bewertung der Überwachungsdaten von 1991 bis 1993. Proceedings 16. Mycotoxin-Workshop, Univ. Hohenheim 1994.
- 31] WENK, P. et al.: Ein neuer Vorschlag zur Aflatoxinkontrolle getrockneter Feigen. Mitt. Gebiete Lebensm. Hyg. **85** (1994) 737–750.

2 Gemüse und Gemüseerzeugnisse

2.1 Frischgemüse

H. K. FRANK, W. H. HOLZAPFEL und B. TRIERWEILER



Als Frischgemüse werden die Ernteprodukte vor der Be- und Verarbeitung bezeichnet. Sie kommen zum größten Teil in dieser Form zum Verbraucher oder zur gewerblichen Weiterverarbeitung. Der zeitliche Abstand zwischen Ernte und Verkauf an den Verbraucher bzw. Verarbeiter ist abhängig von der Lagerfähigkeit der einzelnen Arten, vom Anbaugebiet und Klimafaktoren. Als Klassifizierung der vielen Familien angehörigen Gemüsearten wird hier das angebotene Pflanzenorgan benutzt, da für Wurzeln, Blätter, Blüten, Stängel oder Früchte verschiedene, aber innerhalb der Gruppen ähnliche mikrobiologische Ausgangszustände vorliegen. Zu den Wurzelgemüsen gehören z. B. Kohlrabi, Meerrettich, Möhren, Radieschen, Rettich, Rote Rüben, Schwarzwurzeln, Sellerie und mit Einschränkungen auch Zwiebeln. Blattgemüse sind Brunnenkresse, Chicoree, Chinakohl, Endiviensalat, Fenchel, Grünkohl, Kopfkohl, Kopfsalat, Lauch, Petersilie, Rosenkohl und Spinat. Artischocken, Blumenkohl und Broccoli sind Blüten bzw. Infloreszenzen. Bei den Fruchtgemüsen muss man zwischen unreif vermarkteten, etwa Bohnen, Erbsen, Gurken, Paprika, Zucchini oder Zuckermais und reif vermarkteten wie Auberginen, Kürbis, Melonen und Tomaten unterscheiden. Rhabarber (Blattstiele) und Spargel als Stengelgemüse nehmen wie die oben erwähnten Zwiebeln eine Sonderstellung ein. Kartoffeln werden in Deutschland nicht zu den Gemüsen gerechnet.

2.1.1 Mikrobenpopulation der Frischgemüsearten

Die Oberflächenpopulation der Wurzelgemüse und von Spargel ist zwangsläufig dominiert von den Bodenorganismen. Blattgemüse wird oberflächlich über die Luft, durch Spritzwasser vom Boden her und durch Insekten bzw. deren Larvenstadien und Tierkot kontaminiert. Kot von Raupen des Kohlweißlings, und die darin enthaltenen Mikroorganismen, ist auf Kohlköpfen, besonders aus alternativem Anbau, keine Seltenheit. Ähnlich liegen die Verhältnisse auch bei Fruchtgemüse. Das Innere der zu erntenden Organe ist, wenn keine Verletzungen oder parasitären Erkrankungen vorliegen, keimfrei. Eine Ausnahme von dieser Regel bilden die Fusarien, die über die Wurzel bzw. die Blattachsen in die Pflanzen einwachsen können. Eine besondere Gefährdung geht von der auch heute noch gelegentlich praktizierten Kopfdüngung mit Jauche oder Mist aus,

weil hierdurch große Mengen Enterobakterien und eventuell auch Listerien oder Eier von Eingeweidewürmern auf die Pflanzen gelangen können. Im mittleren Osten könnten bis zu 20% der Durchfallerkrankungsfälle (Shigellose, Typhus, Cholera, Amoebiasis, usw.) auf Kopfdüngung (engl: „night soil“) zurückgeführt werden.

Die bakterielle Oberflächenpopulation von Blatt- und Fruchtgemüsen wird dominiert von Laktobazillen und *Leuconostoc* spp., die bei der Herstellung von Sauerkraut (siehe dort) eine bedeutende Rolle spielen. Daneben findet man immer auch Vertreter der Gattungen *Erwinia*, *Pseudomonas* und *Clostridium*, die schon auf dem Feld, aber vor allem im Lager Auslöser von Weichfäule sind. Sie können unter normalen Bedingungen nur schwer in das Gewebe eindringen; Verletzungen durch Hagelschlag oder bei der Ernte, Fraßstellen oder Trockenrisse, aber auch Lentizellen sind die Invasionspforten. Humanpathogene Arten findet man auf der Oberfläche nur, wenn Fäkalkontaminationen (von Menschen oder Tieren) vorliegen. Lediglich *Pseudomonas aeruginosa* kommt epiphytisch gelegentlich auf Blattgemüse vor und hat dort eine Überlebensdauer von mehr als 10 Tagen. Keimzahlen liegen zwischen 1000 und 30 Mio. KbE/g (cm²) für Bakterien und bis zu 70 000 KbE/g für Schimmelpilze. Am schwersten belastet mit Bakterien sind häufig Erbsen und Blattgemüse. Unter den dem Gemüse anhaftenden Pilzen findet man praktisch alle Arten, die im Erdboden vorkommen (vgl. dazu [8]). Viele davon sind potentielle Parasiten, die schon auf dem Feld oder später im Lager invasiv werden. Hierzu gehören vor allem Arten der Gattungen *Botrytis*, *Alternaria*, *Phytophthora*, *Sclerotinia*, *Rhizopus*, *Stemphylium*, *Penicillium* u. a. Hefen spielen nur eine untergeordnete Rolle; sie werden häufiger auf Früchten wegen der niedrigeren pH-Werte und verfügbaren Zucker gefunden.

2.1.2 Natürliche Schutzsysteme gegen Mikroorganismenbefall

Der wirksamste Schutz gegen die Invasion von parasitischen Mikroorganismen ist das Abschlussgewebe, die Cuticula. Sie kann, wie etwa bei den Kohlarten, zusätzlich durch eine aufgelagerte Wachsschicht verstärkt sein, was gleichzeitig einen wirksamen Schutz gegen Wasserverlust darstellt. Dieser mechanische Schutz kann nur von Parasiten überwunden werden, die Appressorien oder Hyphopodien ausbilden können, welche Infektionshyphen oder Perforationshyphen in die Wirtszellen wachsen lassen, wie etwa *Venturia inaequalis*.

Die meisten Pflanzen bilden vor der Reife sekundäre Pflanzenstoffe, so genannte Phytoncide, die antimikrobielle Wirkung haben, vgl. Kapitel 1.1.2. Ist eine Infektionshyphne eines Parasiten eingedrungen, dann regen ihre Ausscheidungen den Wirt zur

Bildung neuer „Antibiotika“, so genannte Phytoalexine, [24] an. West [32] definierte 1981 Phytoalexine als „Antibiotika, die als Ergebnis der Wechselwirkung der Wirtspflanze mit einem Parasiten gebildet werden, welche das Wachstum von Mikroorganismen verhindern, die für die Pflanze pathogen sind“. Diese verschiedenen chemischen Gruppen angehörigen Verbindungen können in den Pflanzen bzw. Pflanzenorganen auch schon vorher in geringen Mengen vorhanden gewesen sein oder durch einen Stress neu gebildet werden. Meist sind es niedermolekulare Substanzen, die wenig artspezifisch wirken, sondern an generellen Punkten im Ziel Stoffwechsel angreifen und daher oft auch für Tiere und Menschen toxisch sein können [20]. In Tab. 2.1 sind die wichtigsten dieser „Stressmetaboliten“ den Gemüsen zugeordnet, bei denen sie bisher festgestellt wurden. Für die meisten ist nur die antimikrobielle Aktivität bekannt, toxikologische Untersuchungen liegen nur bei manchen vor, was im Allgemeinen am Mangel ausreichender Substanzmengen liegt. Vergiftungen bei Haustieren sind beschrieben, aber auch Schädigungen des Menschen durch die Phytoalexine von Sellerie. Die wirksamste Maßnahme dagegen ist die oben erwähnte laufende Kontrolle des Lagergutes und der Luftaustausch, um Ethylen zu entfernen, das auch die Produktion von Phytoalexinen bei manchen Arten anregen kann. Letzteres gilt besonders für kleinere Läger, in welchen neben Gemüse auch Obst gelagert wird. Zusätzlich kann die Ethylenkonzentration in solchen Mischlagern gering gehalten werden, indem starke Ethylenbildner wie z. B. Äpfel nicht mit ethylenempfindlichen Gemüsearten wie z. B. Kohlarten zusammengelagert werden.

Tab. 2.1 Phytoalexine bei Gemüsen ([24], S. 980 ff, verändert)

Gemüseart	Naturstoffgruppe (Phytoalexin)	Neubildung ¹
	Isoflavonoide	
Grüne Bohnen	Coumestrol	+
	Daidzein	+
	Genistein	+
	Kieviton	+
	Phaseolin	+
Puffbohne	Medicarpin	+
	Wyeron	+
	schwefelhaltige Indole	
Kopfkohl	Brassilexin	+
	Brassinin	+
	Cyclobrassinin	+
	4-Methoxybrassinin	+
Chinakohl	Methoxybrassinin A, B	+

Tab. 2.1 Phytoalexine bei Gemüsen ([24], S. 980 ff, verändert) (Fortsetzung)

Gemüseart	Naturstoffgruppe (Phytoalexin)	Neubildung ¹
	Sesquiterpene	
Tomaten	Falcerindiol	+
	Falcerinol	+
	Rishitin	+
Paprika	Tomatidin	
	Capsidiol	+
	Furocumarine, Polyacetylene	
Möhren	Bergapten	+
	Falcarindiol	+
	Karotatoxin	+
	6-Methoximellein	+
	Psoralen	+
Pastinak	Xanthotoxin	+
	Bergapten	+
	Psoralen	+
Sellerie	Xanthotoxin	+
	Falcarinol	+
	Psoralen	+
	Scopoletin	
	4, 5', 8-Trimethylpsoralen	
Petersilie	Bergapten	+
	Falcarinol	+
	Xanthotoxin	+
Zwiebeln	Alliine	
	Tsibulin 1, 2	+

¹ Neubildung nach Mikroorganismenbefall; die Stoffe sind vor dem Befall mit Pilzen nicht in den Pflanzen vorhanden.

2.1.3 Mikrobieller Verderb von Gemüse

Wie Obst besteht Gemüse aus lebendem Gewebe, das infolge seines Stoffwechsels altert und daher nur begrenzt haltbar ist. Die Wirkung der natürlichen Schutzsysteme nimmt mit fortschreitendem Alter ab und die Anfälligkeit gegen Fäulniserreger steigt. Enzymatische Prozesse des Gemüses, wie Pektinaseaktivität oder Atmung haben das Weichwerden, Ethylenausscheidung und Erwärmung zur Folge. Wurzelgemüse und

Zwiebeln atmen schwach und erwärmen sich daher nur wenig, Blumenkohl, Kopfsalat und Auberginen mäßig, Artischocken, Spinat, Spargel, Broccoli und Zuckermais dagegen stark [29]. Beim Transport, der Stapelung und Verpackung muss daher in entsprechendem Maß für die Wärmeabfuhr gesorgt werden, weil mit der Erwärmung das Infektionsrisiko steigt.

2.1.3.1 Bakterielle Fäulen

Die bakterielle Weichfäule ist bei vielen Gemüsearten bereits auf dem Feld, aber auch nach der Ernte die häufigste und verlustreichste Erkrankung. Sie wird verursacht durch verschiedene Arten der Gattungen *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas* und *Clostridium*, die im Erdboden leben. Betroffen sind vor allem Salat, Chicoree, Spinat, Möhren, Sellerie, Blumenkohl, Tomaten und Paprika.

Die Verbreitung der Bakterien auf die Wirtspflanzen geschieht durch den Wind, Regen, Beregnung, Insekten, Erntegeräte usw. Wasser und Temperatur spielen die wichtigste Rolle in der Kette nach der Kontamination (vergl. Kap. 2.1.4), wenn die Abwehrmechanismen des Wirtes nicht mehr ausreichend sind [21].

2.1.3.2 Durch Pilze verursachte Fäulnis

Die Vermehrung der Pilze wird gefördert durch pflanzliche Abfälle, die nach der Ernte auf dem Feld liegen bleiben und dann eingegraben oder untergepflügt werden. An ihnen haften die Schadorganismen oder ihre Dauerformen, die mehr oder weniger art- oder gruppenabhängige Angriffsmöglichkeiten besitzen. Man muss daher immer bestrebt sein, eine gewisse Hygiene auf den Anbauflächen und von Jahr zu Jahr einen Fruchtwechsel zu realisieren, damit sich die parasitären Mikroben nicht „aufschaukeln“ können. Zu beachten ist dabei, dass z. B. Tomaten, für die *Phytophthora infestans* gefährlich werden kann, nicht die Folgefrucht von Kartoffeln sein dürfen oder Rüben nach Kohlschwärze durch *Alternaria* auf diese Fläche kommen, weil das Angriffspotential vieler Erreger artübergreifend ist. Bei der anschließenden Übersicht der parasitären Lagerkrankheiten fällt auf, dass bei fast allen Gemüsearten die gleichen Schadpilzarten eine Rolle spielen.

Infektionen mit mykotoxinbildenden Arten sind bekannt, doch liegen, im Gegensatz zu Obst, keine Untersuchungsergebnisse vor. Nur experimentelle Versuche haben mit *Penicillium expansum* und *P. urticae* gezeigt, dass Patulin beim Wachstum auf Paprika, Tomaten, Gurken und Möhren bei Zimmertemperatur gebildet wird. Auf Sellerie, Kohlrabi, Blumenkohl, Rotkohl, Rettich und Zwiebeln kamen die verwendeten Pilz-

isolate nicht zur Entwicklung [10]. Die Kontamination und z. T. auch die Infektion erfolgt oft schon auf dem Feld und das Erntegut wird mit den Pilzen ins Lager gebracht. Auf die daraus resultierenden Vorsichtsmaßnahmen wird in Kap. 2.1.4 eingegangen.

2.1.3.3 Parasitäre Lagerkrankheiten

Es kann in diesem Rahmen nicht eine Darstellung der parasitären Lagerkrankheiten von Gemüse gebracht werden. Es können nur die verursachenden Pilze genannt werden und die wichtigsten Symptome, an denen die Krankheiten schon bei der Ernte oder später erkannt werden können. In vielen Fällen ist aber die Pilzart nicht am Erscheinungsbild des Gemüses zu identifizieren. Dies muss unter dem Mikroskop geschehen. Für nähere Informationen sei auf das gut bebilderte Buch von SNOWDON [27] verwiesen.

Tomaten, Paprika, Auberginen

Bakterielle Weichfäule wird verursacht durch *Bacillus polymyxa* bei Paprika und Auberginen. Tomaten werden infiziert mit *Pseudomonas aeruginosa*, *P. marginalis* und *P. viridiflava*. *Erwinia* spp. und *Xanthomonas campestris* können alle drei Arten befallen. Die Infektion erfolgt über Verletzungen oder bei der Ernte über die Schnittstellen am Stiel, besonders bei Regen oder Kondenswasserbildung. *Clavibacter michiganense* (Syn.: *Corynebacterium michiganense*) ist verantwortlich für Fruchtflecken und Fruchstielnekrosen.

Bei den Pilzerkrankungen sind zu nennen die *Alternaria*-Fäule mit klar abgegrenzten, meist schwarzen Flecken, durch *Alternaria alternata*. *Colletotrichum* spp. verursachen Anthracnose mit meist rundlichen dunklen Flecken als Folge von Verletzungen der Schale durch Insekten oder bei der Ernte. *Alternaria solani* dringt vom Stielende her ein und führt zur Fruchtfäule bei Tomaten, besonders in der Nachbarschaft von Kartoffelfeldern. Auch *Phytophthora infestans* gelangt auf diesem Weg auf Tomaten. *Phytophthora capsici*, *Ph. nicotiana* und *Ph. drechsleri* dringen auch über das Stielende ein und breiten sich im Lager sehr schnell aus. Bei Befall ist ein Fruchtwechsel dringend erforderlich. *Phoma* spp. (Teleomorph: *Didymella*) erzeugen deutlich eingesunkene, braune bis schwarze Flecken; schnelle Abkühlung nach der Ernte ist zwingend, da bei etwa 20 °C schnellste Entwicklung erfolgt. *Botrytis cinerea*, oft zusammen mit *Sclerotinia*, mit dem typischen Erscheinungsbild der Graufäule beginnt auch meist am Stielende. Ferner spielen noch eine gewisse Rolle: *Trichothecium roseum*, *Stemphylium herbarum*, *Rhizopus* spp., *Myrothecium roridum*, *Geotrichum candidum*, *Sclerotium rolfsii* und andere *Sclerotinia* spp.

Bohnen und Erbsen

Pseudomonas syringae und *Xanthomonas campestris* sind die Erreger des bakteriellen Mehltaus, nassen Flecken mit einem Hof. Die Brennfleckenkrankheit (Abb. 2.1) wird durch *Colletotrichum* spp. ausgelöst, die in feuchten Jahren bei schwerem Befall auch die Samen schädigen kann. *Alternaria alternata* bildet schwarze Flecken auf den Hülsen, die sich bei mangelhafter Kühlung rasch vergrößern. *Ascochyta fabae* und *A. pisi* bilden dunkle, allmählich um die Hülsen herumgreifende Flecken, auf denen später kleine braune Pyknidien erscheinen, die zahlreiche Konidien ausscheiden. Graufäule wird von *Botrytis cinerea* und *B. fabae* hervorgerufen. Gelbe Flecken auf den Hülsen und innen wattiges Myzel deuten auf *Peronospora viciae* hin. Der echte Mehltau bei Bohnen und Erbsen wird von *Erysiphe cichoracearum* (Anamorph: *Oidium cichoracearum*) ausgelöst. Die puderigen Flecken (Konidien) können beim Transport auch Gurken anstecken [3]. *Uromyces phaseoli* ist der Erreger des Bohnenrosts, braune Flecken, die zu Pusteln werden, die die braunschwarzen Sporen enthalten. Daneben spielen als Verderber noch eine Rolle: *Ascochyta pinoides* (Teleomorph: *Mycosphaerella pinoides*), *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Cladosporium* spp., *Pythium* spp. und *Rhizopus* spp.

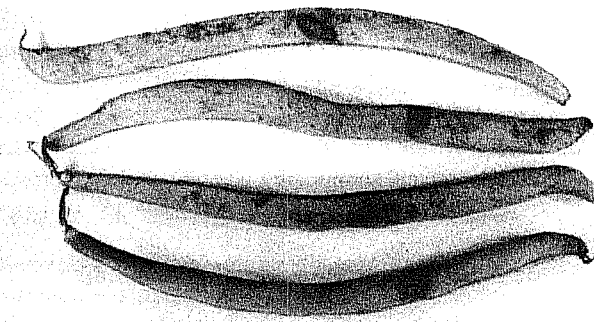


Abb. 2.1
Brennflecken
auf Bohnen

Möhren und Pastinak

Erwinia spp. und *Pseudomonas* spp. haften nach der Ernte an den Wurzeln und gelangen durch Druckstellen oder andere Verletzungen ins Gewebe, wo sie bakterielle Nassfäule (Weichfäule) auslösen. Die Möhrenschwärze (*Alternaria dauci*) befällt zunächst die Blätter, im Lager dann auch die Wurzeln. Schwarzfäule durch *A. radicina* wächst vom Blattansatz in das Gewebe und ist im Lager gefährlich, weil auch bei 0 °C noch langsame Ausbreitung erfolgt. *Phoma* spp. beginnen sehr ähnlich, werden bei der

Ernte leicht übersehen und breiten sich im Lager rasch aus, wobei auch gesunde Wurzeln angesteckt werden können. *Charopsis thielavioides* und *Thielaviopsis basicola* sind im Boden meist vergesellschaftet. Bei zu warmer und feuchter Lagerung bilden sie oberflächlich auf Möhren schwarze Flecken und Zonen [26]. Kleine weißliche Flecken mit Myzel entstehen beim Wachstum von *Rhizoctonia carotae* nach einigen Wochen im Kühllager, die später kraterförmig in die Möhren einsinken. *Botrytis cinerea* bildet einen grauen, pelzigen Überzug, der allmählich zu Weichfäule führt. Der Pastinak-Krebs durch *Itersonilia pastinacae* beginnt auf dem Feld am Blattansatz als wenig auffällige bräunliche Fäule, die im Lager rasch schwarz und matschig wird. Die *Centrospora acerina*-Infektion erfolgt meist durch Verletzungen bei maschineller Ernte und breitet sich mit dem Nachlassen der natürlichen Abwehr während der Lagerung aus [17]. Ferner sind Fäulen beschrieben durch *Fusarium* spp., *Mucor circinelloides*, *Rhizopus stolonifer* und *Sclerotinia sclerotiorum*.

Salat, Endivien, Chicoree

Erwinia spp., *Pseudomonas* spp. und *Xanthomonas* spp. verfärben die Blattadern von der Schnittstelle ausgehend und führen später zur Weichfäule.

Eingesunkene rostrote Flecken an den Mittelrippen der äußeren Blätter deuten auf eine Infektion mit *Rhizoctonia solani* hin. Die Krankheit ist mit *Trichoderma viride* als Antagonisten bekämpfbar [2]. *Botrytis cinerea* bildet braune, weiche Flecken an den Rändern der äußeren Blätter. Im CA-Lager kommt die Krankheit zum Stillstand. Anthracnose wird bei Salaten von *Microdochium panattonianum* ausgelöst. Ähnlich äußert sich der Befall durch *Stemphylium herbarum*. Wenn die oberen Enden der Innenblätter rotbraun matschig und dann weiß schimmelig werden, sind *Sclerotinia*-Arten schuld.

Kopfkohl, Blumenkohl, Broccoli, Grünkohl, Rosenkohl, Chinakohl

Die zur Familie der Cruciferen gehörenden Kohlarten werden von bakteriellen Weich- oder Nassfäulen befallen. Die Infektionen stammen aus dem Erdboden oder aus der Luft von benachbarten Feldern mit anderen Kreuzblütlern wie Raps oder Rettich. Beginnend mit Schwarzadrigkeit der äußeren Blätter, die dann vergilben und später pergamentartig eintrocknen. Mit den meist auf dem Feld bei der Ernte entfernten Blättern gelangen die Erreger *Erwinia carotovora*, *Xanthomonas campestris* und *Pseudomonas* spp. wieder in den Boden.

Alternaria-Arten verursachen die Kohlschwärze. Auch *Peronospora brassicae*, der Erreger des falschen Mehltaus, bildet schwarze Flecken auf den Blättern, der sich als Lagerfäule ausbreiten kann. Die Blattfleckenkrankheit durch *Cercospora capsellae*,

die vom Hirtentäschelkraut am Feldrand ausgeht, kann nach Entfernung der Außenblätter im Lager bei 4 °C zum Stillstand gebracht werden. Gegen den Grauschimmel *Botrytis cinerea*, der enorme Mengen von Konidien produziert, hilft nur eine konsequente Lagerhygiene und Temperaturen um 0 °C. *Phytophthora porrii* tritt als Lagerfäule bei Chinakohl auf; Lauch und Zwiebeln sind durch diesen Pilz auch gefährdet. Die Ringfleckenkrankheit wird von *Mycosphaerella brassicicola* ausgelöst; durch Entfernung der äußeren Blätter und rasche Kühlung auf 0 °C kann größerer Schaden verhindert werden [24]. Neben den genannten Pilzarten sind andere Krankheiten durch Infektionen mit *Fusarium* spp., *Rhizopus* spp. und *Rhizoctonia* spp. bekannt.

Blattläuse übertragen Mosaikviren von anderen Cruciferen auf die Außenblätter. Nur bei Weißkohl kommen auch Innenblattnekrosen vor, die zum Totalverlust der Köpfe führen [30].

Sellerie und Gemüsefenchel

Beide Umbelliferen sind gegen die Erreger der bakteriellen Weichfäulen durch *Erwinia carotovora* und *Pseudomonas* spp. empfindlich. Der Grauschimmel *Botrytis cinerea* befällt vor allem Fenchel vom Wurzelansatz her schon auf dem Feld. Rötlichbraune weiche Stellen müssen vor der Einlagerung beachtet werden, weil auf ihnen später der graue Schimmel erscheint. Gegen *Phoma apicola*, den Erreger des Sellerieschorfs, helfen systemische Fungizide auf dem Feld. Im Lager wird die Knolle weich, braun und später schwarz. *Sclerotinia sclerotiorum* löst bei Sellerie die Bildung von Furocumarinen aus (vgl. Kap. 2.1.2), welche die menschliche Haut gegen UV-Licht sensibilisieren.

Gurken, Melonen, Zucchini, Kürbis

Bakterielle Weichfäulen durch *Bacillus polymyxa*, *Erwinia carotovora*, *Xanthomonas campestris* und *Pseudomonas* spp.

Bei zu langer Lagerung oder zu tiefen Temperaturen (s. Kap. 2.1.4.1) kann *Urocladium chartarum* schwere Schäden verursachen. Auf dem Feld, besonders nach Beregnung, kann Anthracnose durch *Colletotrichum* spp. ausgelöst werden. *Penicillium* spp. lösen Blauschimmelfäule aus. Die *Cladosporium*-Krätze tritt vor allem bei Freilandware auf. *Phoma bryoniae* (Teleomorph: *Didymella bryoniae*) löst die Schwarzfäule aus. *Fusarium*-fäulen lassen sich durch systemische Fungizide auf dem Feld verhindern; im Lager schützt eine Temperatur unter 10 °C vor weiterer Ausbreitung. Die Graufäule durch *Botrytis cinerea* tritt oft zusammen mit Infektionen von *Sclerotinia sclerotiorum* auf; auch hier sind systemische Fungizide hilfreich. Daneben werden Schwärzepilze wie *Alternaria alternata*, *A. cucuminaria* und *Stemphylium* spp. als Schädlinge genannt.

Spargel

Durch Verletzungen an den Köpfen und Schnittstellen von der Ernte kommt es leicht zu Infektionen mit den Erregern der bakteriellen Weichfäule, die oft von *Phytophthora* spp. begleitet sind. Durch *Stemphylium*-Arten entstehen 1–2 mm große rotbraune elliptische Flecken; infizierte Stangen müssen vor der Einlagerung aussortiert werden, um Schäden zu vermeiden. Infektionen mit *Sclerotinia minor*, *Phomopsis asparagi*, *Botrytis cinerea* und *Penicillium* spp. sind bekannt.

Zwiebeln

Die bakteriellen Weichfäulen, die durch *Pseudomonas alliicola* Starr et Burkh. und *Lactobacillus* spp. verursacht werden, treten im Bereich des Zwiebelhalses am Übergang vom absterbenden Zwiebellaub zur Halsregion als glasige Flecke auf den Zwiebelschalen auf [5].

Bei zu feuchter Lagerung oder schlecht abgetrockneter Ware entstehen an den äußeren Schalen schwarze Schimmelflecken durch *Aspergillus niger*. Durch *Penicillium*-Arten bilden sich von den Wurzelansätzen ausgehend zwischen den äußeren Schalen blaugrüne Schimmelflecken. Die Halsfäule durch *Botrytis allii* beginnt an der Halsregion sichtbar zu werden und kann die ganze Zwiebel erfassen [4]. Bei weißen Zwiebeln lösen Infektionen mit *Colletotrichum circinans* die Schmutzfleckigkeit aus; der Pilz dringt in das gesunde Gewebe ein. Nach der Ernte muss man gut trocknen.

Verschiedene andere Gemüsearten

Rettich und Radieschen bekommen bakterielle Weichfäule durch *Erwinia carotovora* und *Xanthomonas campestris*. Sie sind für die Pilze *Aphanomyces raphani*, *Peronospora parasitica*, *Streptomyces scabies*, *Sclerotonia sclerotiorum* und *Rhizoctonia solani* anfällig.

Artischocken-Weichfäule wird von den gleichen Bakterienarten verursacht. Durch Wind oder Insekten übertragene Pilzfäuleerreger sind entweder *Sclerotinia sclerotiorum* oder *Botrytis cinerea*.

Rhabarber ist anfällig für bakterielle Weichfäule von den Schnittstellen her und für Pilzfäulen durch *Colletotrichum erumpens*, *Botrytis cinerea*, *Phytophthora* spp., *Pythium* spp. und *Ramularia rhei*.

Zuckermais kann im Kühllager durch verschiedene kälteverträgliche Pilzarten verschimmeln. Das CA-Lager schützt dagegen weitgehend. Nach der Auslagerung muss die Ware rasch vermarktet werden.

2.1.4 Maßnahmen zur Verhinderung des mikrobiellen Verderbs von Gemüse

Bei im oder am Boden wachsenden Gemüsen liegen andere Verhältnisse vor als bei Obst. Durch die Ernte werden die einzelnen Stücke immer mehr oder weniger stark verletzt, etwa durch das Abschneiden bei den Kohlarten oder das Abreißen der Sekundärwurzeln bei Möhren oder Rettich. Fruchtgemüse wie Tomaten oder Gurken sind mit den Obstarten hinsichtlich ihres Zustandes bei oder nach der Ernte vergleichbar. Auf die Vermeidung von übermäßiger Feuchte auf den Produkten sowie von Bewässerung/Berieselung unmittelbar vor der Ernte sollte geachtet werden.

Am Feld ist im Interesse der Lagerfähigkeit darauf zu achten, dass keine zu hohen Stickstoffgaben verabreicht werden, da hierdurch die Haltbarkeit generell leidet, besonders bei Tomaten und Paprika. Ferner ist auf die Fungizid-Spritzungen zu achten, die einerseits den Verderb im Lager minimieren, andererseits aber Einhaltung der Wartezeiten voraussetzen und die Einhaltung der zulässigen Höchstmengen bei der Ware, wenn sie in den Verkehr gebracht wird. Bei Zwiebeln bremst die Fungizidbeizung der Samen das Auftreten von *Botrytis allii* signifikant (vgl. dazu [29], S. 351 ff).

Rasche Kühlung nach der Ernte ist empfehlenswert. Eiswasser hat sich bewährt für Spargel, Möhren, Rettich und Zuckermais, Scherbeneis bei Salat, Blumenkohl, Wirsing, Erbsen und Spinat. Vakuunkühlung von Blattgemüse, die vom mikrobiologischen Gesichtspunkt aus günstiger ist, hat sich aber nicht durchgesetzt, weil dabei Gewichtsverluste bis zu 2,5 % auftreten [12]. Es ist bei der Kühlung vor der Einlagerung zu beachten, dass sich bei warmem Wetter und nicht oder schlecht gekühlten Transportfahrzeugen leicht Kondenswasser auf der Oberfläche niederschlägt, was vor allem das Auftreten von bakterieller Weichfäule (*Erwinia*-, *Pseudomonas*- und *Clostridium*-Arten) im Lager begünstigt.

2.1.4.1 Kühllagerung von Frischgemüse

Die günstigste Lagertemperatur liegt für die meisten Gemüsearten knapp über dem Gefrierpunkt des Zellsaftes. Hier wird der Stoffwechsel auf ein Minimum reduziert, wodurch der Verlust an Reservestoffen und wertgebenden Inhaltsstoffen, vor allem Vitamin C, sowie die atmungsbedingte Wärmeentwicklung am geringsten sind. Die Wachstums- bzw. Vermehrungsgeschwindigkeit der anhaftenden Mikroorganismen ist für die meisten Arten nahe dem Gefrierpunkt praktisch Null.

Leider können nicht alle Arten oder Sorten bei dieser Temperatur aufbewahrt werden, wie die Tabelle 2.2 zeigt. Sie werden durch eine zu tiefe Lagertemperatur geschädigt

und sind daher durch Schwächeparasiten besonders gefährdet. Für neu angebaute Sorten muss die günstigste Temperatur in mehrjährigen Lagerversuchen ermittelt werden, da auch die Klimabedingungen des Jahres und der Standort nicht ohne Einfluss auf die Qualitätserhaltung sind. Für die Lagerparasiten gilt jedoch die feste Regel: So kalt wie möglich lagern!

Tab. 2.2 Kühllagerbedingungen für Gemüse (nach HENZE und HANSEN [13], BÖTTCHER [5])

Arten	Temperatur °C	rel. Luftfeuchte %	Lagerdauer ¹
Artischocken	-1 bis 1	90-95	4 W
Auberginen	10	90-95	1-2 W
Blumenkohl	0	92-95	2-3 W
Broccoli	0	96-98	2 W
Brunnenkresse	0 bis 1	95	max. 1 W
Chicoree	0 bis 1	90-95	4 W
Chinakohl	-1 bis 1	95	2-3 M
Eisbergsalat	0 bis 1	95	3 W
Endivien	0	90-95	3 W
Feldsalat	-0,5 bis 0	95	bis 4 W
Gemüsefenchel	1	90-95	3 W
Gemüse Kürbis	7 bis 10	60-70	2-6 M
Grüne Bohnen	7 bis 8	90-95	10 d
Grünkohl	-2	95	max. 3 M
Gurken	7 bis 10	90-95	10-14 d
Kohlrabi mit Laub	0	90-95	2 W
Kohlrabi ohne Laub	0	90-95	bis 4 M
Kopfkohl (rot und weiß)	0 bis 0,5	Bis 95	6-7M
Kopfsalat	0 bis 1	95	1-2 W
Kürbis	Über 10	60-70	3 M
Meerrettich	-2 bis -3	90-95	bis 24 M
Möhren/Karotten	1	bis 95	5-6 M
Paprika	8 bis 9	90-95	max. 3 W
Petersilie	-2 bis 0	95	bis 6 W
Porree (Lauch)	-1	bis 95	bis 3 M
Radieschen mit Laub	0	90-95	1 W
Radieschen ohne Laub	0	95	max. 6 W
Rettich	0	90-95	1-4 M
Rhabarber	0 bis 1	bis 95	max. 3 W
Rosenkohl	-1	bis 95	1 M

Tab. 2.2 Kühllagerbedingungen für Gemüse (nach HENZE und HANSEN [13], BÖTTCHER [5]) (Fortsetzung)

Arten	Temperatur °C	rel. Luftfeuchte %	Lagerdauer ¹
Rote Rüben	3	90-95	4-6M
Schnittlauch	-1 bis -2	95	bis 6 W
Schwarzwurzeln	0	bis 95	4 M
Sellerieknollen	0 bis 1	95	3-5 M
Spargel	1,5 bis 2	bis 95	2 W
Spinat	-1 bis 0	bis 95	2 W
Suppengrün	0	95	8 d
Tomaten, halbreif	12 bis 15	85-90	3 W
Tomaten, dreiviertelreif	8 bis 10	80-85	1-2 W
Wirsing	-0,5 bis 0	90-95	3 M
Zucchini	7 bis 10	90-95	1-2 W
Zuckermais	0	90-95	1 W
Zwiebeln	0	70-75	bis 8 M

¹ d = Tage, W = Wochen, M = Monate

Die Lagerräume und das Inventar sind vor der Einlagerung gründlich zu reinigen und zu desinfizieren, um die Infektionsgefahr von dieser Seite zu minimieren. Bewährt hat sich eine Desinfektion mit gasförmigem Formaldehyd. Man rechnet für 100 m³ Lagerraum mit etwa 1,5 l FormalinR (35-40%iges Formaldehyd) über mehrere Tage. Anschließend muss der Raum gründlich gelüftet werden.

Während der Lagerzeit muss laufend der mikrobielle Zustand der Ware kontrolliert und aufgetretene „Fäulnisnester“ sorgfältig entfernt und entsorgt werden. Von solchen Faulstellen können durch Berührung, austretenden Saft oder über die Luft, vor allem durch die Luftbewegung in maschinengekühlten Lagerräumen, neue Infektionen bei noch gesunden Stücken erfolgen. Auch die relative Luftfeuchte im Lagerraum muss laufend überwacht werden, da Gehalte über 95% auch bei den niederen Temperaturen Wachstum und/oder Vermehrung von Mikroorganismen begünstigen können.

Ethylen wird vor allem von klimakterischen Früchten, Tomaten, einigen Pilzen (*Penicillium* und *Sclerotinia* spp.) sowie von Gabelstaplern in Lagerräumen freigesetzt. Es verkürzt die Lagerfähigkeit durch Beschleunigung der Alterung und erhöht damit die Anfälligkeit gegenüber Schwächeparasiten. Ab etwa 0,5 ppm in der Lagerluft verursacht es Vergilbungen bei Blattgemüse und Gurken; Spargel kann holzig werden [13, 14]. Bei Wurzelgemüsen wirkt Ethylen als so genanntes Stresshormon, das die Bildung von Phytoalexinen anregt.

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 ₂ %	O ₂ %	Lager- dauer ¹
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

¹ d = Tage, W = Wochen, M = Monate

Durch die Verminderung des Sauerstoff-Partialdrucks und die Erhöhung der CO₂-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 % CO₂ 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 CO₂ 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

pflanzlicher Herkunft

Mikrobiologie der Lebensmittel

Lebensmittel pflanzlicher Herkunft

W. Holzappel (Hrsg.)

DFE
HS 1534

BEHR'S...VERLAG