

Produktoptimales Handling von ökologisch erzeugten Tomaten, Möhren und Erdbeeren - Ein Leitfaden zur Qualitätserhaltung im Einzelhandel und bei der Direktvermarktung

Optimal handling of organic fruit and vegetables in organic food shops and direct marketing

FKZ: 02OE556

Projektnehmer:

Institut für Agrartechnik Bornim e.V.
Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam
Tel.: +49 331 5699-0
Fax: +49 331 54963-0
E-Mail: mlinke@atb-potsdam.de
Internet: <http://www.atb-potsdam.de>

Autoren:

Dumdei, K.; Linke, M.; Ilte, K.

Gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau (BÖL)

Bundesprogramm

Ökologischer Landbau

**Produktoptimales Handling von ökologisch erzeugten
Tomaten, Möhren und Erdbeeren**

**Ein Leitfaden zur Qualitätserhaltung im Einzelhandel und bei der Direkt-
vermarktung**

Herausgeber:
Leibniz- Institut für Agrartechnik Bornim e.V. (ATB), Abteilung Technik im Gartenbau, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam-Bornim
(www.atb-potsdam.de)

Gefördert vom
Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1. Einleitung | 1 |
| 2. Biotomaten | 2 |
| 2.1 Bedeutung, Vorkommen und Zusammensetzung | 2 |
| 2.2 Qualitätsmerkmale bei Tomaten | 3 |
| 2.3 Empfehlungen zur Verbesserung der Haltbarkeit von Tomaten | 4 |
| 2.3.1 Grenzen der Vermarktungsfähigkeit | 4 |
| 2.3.2 Temperaturen, Zeiten und Haltbarkeiten | 4 |
| 2.3.3 Reifeveränderungen nach der Ernte | 5 |
| 2.3.4 Produktverträglichkeiten | 6 |
| 2.3.5 Luftfeuchte und Luftbewegung | 7 |
| 2.3.6 Einfluss von Verpackungen auf die Haltbarkeit von Tomaten | 7 |
| 2.3.7 Mikrobielle Aktivitäten | 9 |
| 2.3.8 Gültigkeit der Aussagen | 10 |
| 3. Biomöhren | 11 |
| 3.1 Bedeutung, Vorkommen und Zusammensetzung | 11 |
| 3.2 Qualitätsmerkmale bei Möhren | 12 |
| 3.3 Empfehlungen zur Verbesserung der Haltbarkeit von Möhren | 13 |
| 3.3.1 Grenzen der Vermarktungsfähigkeit | 13 |
| 3.3.2 Temperaturen, Zeiten und Haltbarkeiten | 13 |
| 3.3.3 Reifeveränderungen nach der Ernte | 13 |
| 3.3.4 Produktverträglichkeiten | 14 |
| 3.3.5 Luftfeuchte und Luftbewegung | 14 |
| 3.3.6 Einfluss von Verpackungen auf die Haltbarkeit von Möhren | 15 |
| 3.3.7 Mikrobielle Aktivitäten | 16 |
| 3.3.8 Gültigkeit der Aussagen | 17 |
| 4. Bioerdbeeren | 18 |
| 4.1 Bedeutung, Vorkommen und Zusammensetzung | 18 |
| 4.2 Qualitätsmerkmale bei Erdbeeren | 18 |
| 4.3 Empfehlungen zur Verbesserung der Haltbarkeit von Erdbeeren | 19 |
| 4.3.1 Grenzen der Vermarktungsfähigkeit | 19 |
| 4.3.2 Temperaturen, Zeiten und Haltbarkeiten | 20 |
| 4.3.3 Reifeveränderungen nach der Ernte | 21 |
| 4.3.4 Produktverträglichkeiten | 21 |
| 4.3.5 Luftfeuchte und Luftbewegung | 21 |
| 4.3.6 Einfluss von Verpackungen auf die Haltbarkeit von Erdbeeren | 22 |
| 4.3.7 Mikrobielle Aktivitäten | 24 |
| 4.3.8 Gültigkeit der Aussagen | 24 |
| 5. Allgemeingültige Aussagen zu Mikroorganismen | 25 |
| 6. Resümee und Ausblick | 27 |
| 7. Anhang | 28 |
| 7.1 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis | 28 |
| 7.2 Literaturverzeichnis | 28 |



1. Einleitung

Informationen über die Handhabung empfindlicher, ökologisch erzeugter, gartenbaulicher Produkte in der Nachernte sind (wie auch für konventionell erzeugte Produkte) nur in unzureichendem Maße verfügbar. Sie beschränken sich in den meisten Fällen auf Angaben zur Temperatur und zur relativen Luftfeuchte.

Während die Temperaturwerte zumindest teilweise für die aktive Einflussnahme auf Qualitätsveränderungen noch hilfreich sein können, sind Angaben zur relativen Luftfeuchte (z.B. 93-97%) so nicht zu verwerten. Sie können mit vertretbarem Aufwand im Hochfeuchtebereich nicht kontrolliert werden und ihre Wirkung auf das geerntete Produkt hängt außerdem noch sehr stark von der Luftbewegung in der Nähe der Produktoberfläche ab.

Mit dem vorliegenden Leitfaden werden zunächst für 3 ausgewählte Produktarten zusätzliche Informationen zum Handling bereitgestellt, die vorrangig für den Naturkostfachhandel und für die Direktvermarktung Verwendung finden sollen. Auf die Anforderungen des jeweiligen Produktes abgestimmte Empfehlungen zur Aufbewahrung von Tomaten, Möhren und Erdbeeren während der Warenpräsentation und eventueller Zwischenlagerungen, sollen dazu beitragen, dass die mit viel Aufwand erzeugten Produkte den Endverbraucher in der bestmöglichen Qualität erreichen.

Solche zusätzlichen Informationen stehen in Zusammenhang mit dem Produktzustand zum Erntezeitpunkt und mit Qualitätsveränderungen in unterschiedlichen Verpackungen. Angaben zur Eindämmung von mikrobiellen Aktivitäten wurden überwiegend den Arbeiten anderer Autoren entnommen.

Die dazu notwendigen Recherchen und eigenen Versuchsanstellungen wurden im Rahmen des Bundesprogramms Ökologischer Landbau gefördert.

Dieser Leitfaden, ergänzt mit aktuellen Erkenntnissen, und zusätzlichen, hier nicht dargestellten Detailinformationen (z.B. die Ergebnisse von interaktiven Prognosemodellen zur Haltbarkeit) wird in absehbarer Zeit auch auf den Internetseiten der Herausgeber verfügbar sein.

2. Biotomaten

2.1 Bedeutung, Vorkommen und Zusammensetzung

Die mit Abstand wichtigste Gemüseart in Deutschland sind Tomaten mit einem Pro-Kopf-Verbrauch von ca. 18 kg. Nahezu 30% des erzeugten Gemüses in der Europäischen Union entfallen auf Tomaten (www.zmp.de). Nur 6% der in Deutschland vermarkteten Früchte werden hier auch produziert.

Der Anteil an ökologisch erzeugten Tomaten nimmt, wenn auch auf niedrigem Niveau stetig zu. Auch hier wird der überwiegende Anteil in Italien, Spanien und den Niederlanden produziert. Die deutschen Erzeuger müssen den Vorteil der Verbrauchernähe ausnutzen und die Früchte möglichst nahe der Genussreife ernten (Zusammenhänge siehe auch unter Reifeveränderungen nach der Ernte), wenn sie Marktanteile sichern bzw. ausbauen wollen.

Tomaten sind Nachtschattengewächse (botanisch *Solanum lycopersicum*, früher *Lycopersicon esculentum*), deren Ursprungsgebiet Süd- und Mittelamerika ist. In Deutschland haben sie erst mit Beginn des 20. Jahrhunderts Bedeutung erlangt.

Tomaten sind krautartige mehrjährige Pflanzen, die unter europäischen Klimabedingungen jedoch nur einjährig kultiviert werden. Sie werden heute in vielen verschiedenen Zuchtformen angebaut. Es sind etwa 50 Sorten bekannt, die wiederum nach ihrer Form 4 Hauptsorten zugeordnet werden können: runde, gerippte und längliche Tomaten sowie Kirschtomaten (EG-Qualitätsnormen).

Die Tomatenfrucht ist botanisch gesehen eine Beere. Sie besteht aus der Epidermis (Schale), dem Pericarp (Fruchtfleisch), dem Placentagewebe, den lokularen Hohlräumen mit den Samen und dem diese umgebenden gelatinösen Parenchym (VOGEL 1996).

Reife Früchte, die in Deutschland fast ausschließlich verzehrt werden, sind rot, gelb oder violett. In anderen Ländern ist es gebräuchlich, auch die unreifen, grünen Früchte (gekocht, gebraten oder eingelegt) zu essen.

Der Geschmack wird in erster Linie durch das Zucker-/Säureverhältnis geprägt. Der Zuckergehalt nimmt während der Reife (besonders im Stadium der Färbung von grün nach gelb) stark zu, während gleichzeitig der Gehalt an Fruchtsäuren verringert wird. Tomaten sind nachreifend, d.h. der Reifevorgang wird nach der Ernte mit unterschiedlicher Intensität in Abhängigkeit von den Umgebungsbedingungen fortgesetzt. Er kann innerhalb gewisser Grenzen gesteuert werden. Bei Tomaten wird zwischen Genussreife (schnittfest, vollständig rot ausgefärbt) und physiologischer Reife (Samenreife, Frucht zunehmend weich) unterschieden.

Der Vorteil von in Verbrauchernähe, nach ökologischen Richtlinien erzeugten Tomaten besteht hauptsächlich darin, dass die Früchte nahe der Genussreife geerntet werden können und somit Geschmack und Aroma fast vollständig ausgebildet sind.

Die Früchte der Tomate bestehen zu ca. 94% aus Wasser. Der Nährwertgehalt von etwa 75kJ/100g ist deshalb auch vergleichsweise gering. Die verbleibende Trockensubstanz enthält u.a. 13 verschiedene Vitamine (viel Vitamin A und C), Mineralstoffe (viel Kalium) und andere sekundäre Pflanzenstoffe, deren Bedeutung für die menschliche Ernährung und Gesundheit in den letzten Jahren stark zugenommen hat. In diesem Zusammenhang wird dem roten Farbstoff Lycopin, der während des Reifevorganges entsteht, zunehmende Bedeutung beigemessen. Lycopin stärkt die Zellstruktur und fördert den Zellstoffwechsel beim Menschen.

2.2 Qualitätsmerkmale bei Tomaten

Mindestanforderungen an die Qualität von Tomaten (mit Gesetzescharakter) sind in den EG-QUALITÄTSNORMEN UND HANDELSKLASSEN (2003) enthalten. Mit Mindesteigenschaften, wie ganz, gesund, sauber, von frischem Aussehen, frei von Schädlingen und Schäden, frei von äußerer Feuchtigkeit und fremdem Geruch, ist die grundlegende Qualität sowohl für konventionell als auch für ökologisch erzeugte Produkte festgeschrieben. Auch die Handelsklassen (Extra, Klassen I und II), die Güte-, Größentoleranzen, Aufmachungen und Kennzeichnungen regeln, sind für alle Produkte verbindlich.

Die Vermarktungsnormen für Tomaten basieren ausschließlich auf äußeren Merkmalen, sodass sich nur bedingt Rückschlüsse auf innere Qualitätseigenschaften (über Größe, Farbe, Festigkeit, u.a.) ziehen lassen. Unter normalen Vorerntebedingungen beenden Tomaten zunächst das Größenwachstum, bevor die Färbung der Früchte und anschließend zunehmendes Weichwerden einsetzen

Es werden sieben Reifestadien unterschieden: dunkelgrüne (1), grüne (2) und grünliche (3) Früchte, beginnende (4), fortgeschrittene (5), orange-rote (6) und rote (7) Färbung (Abb.1).



Abb. 1: Verschiedene Reifestadien von Tomaten

Aus der Größe und der Farbe lassen sich z.T. bestimmte Informationen über innere Eigenschaften (Zucker, Säure, Chlorophyll, Lycopin u.a.m.) ableiten, die jedoch häufig stark sortenabhängig sind und aus diesem Grunde entsprechenden Erfahrungen bedürfen. Ähnliche Aussagen treffen auch auf die Festigkeit zu.

Der Wasserzustand der Früchte wird durch Welkeerscheinungen (zunächst am Stiel, falls vorhanden, später durch Glanzverlust der Oberfläche und Weichwerden) sichtbar. Trockene Stiele und fehlender Glanz sind in der Regel zuverlässige Indikatoren für Transpirationsverluste (niedrige Raumluftfeuchte, falsche Verpackung, ...).

Tomaten sind besonders in bestimmten (frühen) Entwicklungsstadien stark kälteempfindlich. Kälteschäden machen sich durch mangelnde Ausfärbung, Aroma- und Geschmacksverluste, Glasigkeit, Weichwerden in frühen Entwicklungsstadien und stärkere Anfälligkeit für mikrobiellen Befall (Fleckigkeit) bemerkbar.

Tomaten enthalten neben den arttypischen Geschmacks- und Aromakomponenten viele Inhaltsstoffe in Form von Vitaminen (A, B₁, B₂, B₆, C) und Mineralstoffen (Kalium, Magnesium, Phosphor, Natrium, Eisen), die für die menschliche Ernährung von Bedeutung sind.

Zunehmende Bedeutung kommt in dieser Hinsicht bestimmten Carotinoiden (z.B. Lycopin) zu.

Produktspezifische mikrobielle Belastungen sind immer dann ein Problem, wenn die Luftfeuchte an der Produktoberfläche zu hoch ist (ggf. auch Kondenswasserbildung auf der Produktoberfläche durch Taupunktunterschreitung nach Temperaturwechseln). Damit werden den mehr oder weniger stetig auf dem Produkt vorhandenen Sporen Entwicklungsmöglichkeiten geboten, die u.U. innerhalb kürzester Zeiträume zu einer Zerstörung schützender Gewebeschichten führen können. Auf Tomaten sind vorrangig Pilze (*Aternaria* (Dürrfleckenkrankheit), *Botrytis* (Grauschimmel), *Phytophthora* (Kraut- und Braunfäule)), *Rhizopus* (Fruchtfäule), *Didymella* (Fruchtfäule), *Cladosporium* (Fruchtfäule), *Colletotrichum* (Fruchtfäule)) und Bakterien (*Erwinia* (Nassfäule), *Pseudomonas* (Fruchtfleckenkrankheit)) sowie verschiedene Hefen vorhanden. Hefen richten selbst kaum Schaden an, dienen jedoch den Pilzen und Bakterien als Entwicklungsgrundlage (BÖTTCHER 1996).

Ab einem bestimmten Entwicklungsstadium werden Mikroorganismen sichtbar (Schimmelbildung) oder fühlbar (Weichwerden). So befallene Produkte sind sofort zu entsorgen. Durch Vorsorgemaßnahmen bei der Ernte und Vermarktung (Sauberkeit, mechanische Verletzung der natürlichen Schutzschichten vermeiden, Aussortieren von minderwertigen Früchten, ...) können mikrobielle Aktivitäten eingegrenzt werden.

2.3 Empfehlungen zur Verbesserung der Haltbarkeit von Tomaten

2.3.1 Grenzen der Vermarktungsfähigkeit

Die Verderbgrenze bei gesunden, normal entwickelten Tomaten ist erreicht, wenn die vollreifen Früchte (z.B. tiefrot - Reifegrad 7) infolge des Abbaus von Speicherstoffen zu weich werden. Die Früchte sind meist noch verwertbar (z.B. zur Saftgewinnung). In selteneren Fällen wird die Verderbgrenze durch Wasserverluste erreicht

Bei entwicklungsgestörten Tomaten (falsche Kulturführung, falsches Handling nach der Ernte) kann der Zustand des Weichwerdens früher erreicht werden.

Sichtbarer und/oder fühlbarer mikrobieller Befall stellt eine Verderbgrenze dar, die zum Totalverlust führt.

2.3.2 Temperaturen, Zeiten und Haltbarkeiten

Reife, feste Tomaten können prinzipiell zwischen 10°C und 25°C aufbewahrt werden, ohne dass die sensorischen Eigenschaften (Geschmack, Aroma) sofort verloren gehen. Es ist jedoch zu beachten, dass die Stoffwechselaktivitäten bei höheren Temperaturen einen stärkeren Abbau von Inhaltsstoffen zur Folge haben und dementsprechend schneller die Verderbgrenze erreicht wird.

Wenn die Temperaturabhängigkeit der Stoffwechselaktivitäten (häufig als Atmungsrate) und die Zeitspanne bis zum Erreichen der Verderbgrenze (z.B. aus Versuchen) bekannt sind, können daraus die Haltbarkeiten bei verschiedenen Temperaturen ermittelt werden.

In der nachfolgenden Tabelle 1 sind Ergebnisse eigener Untersuchungen zur Haltbarkeit von Tomaten (Reifestadium 6, 7) bei verschiedenen (konstanten) Temperaturen enthalten, die

für die grobe Abschätzung von Maßnahmen zur Qualitätserhaltung (Absenkung der Temperatur im Verkaufsraum, Kühlmöbel, ...) verwendet werden können.

Tab 1: Haltbarkeit [Tage] von Tomaten bei verschiedenen Temperaturen [°C] während der Nachernte

| Mittlere Temperatur [°C] | Haltbarkeit [Tage] |
|--|-----------------------|
| <u>Große, feste, runde Sorten:</u> | |
| 20,0 | 21 |
| 15,0 | 26 |
| 10,0 | 32 |
| <u>Kleinere, runde, empfindlichere Sorten:</u> | |
| 20,0 | 14 |
| 12,0 | 22 |

Bei Früchten, die zum Erntezeitpunkt weniger reif sind (Reifestadium 5), verlängerte sich die Haltbarkeit bei 20°C z.B. nur um 2 Tage, obwohl der Zustand zum Erntezeitpunkt nach dem Grad des Chlorophyllabbaus Differenzen von 6 Tagen erwarten lies.

Für zeitlich wechselnde Temperaturbedingungen nach der Ernte werden Prognosemodelle eingesetzt, deren Nutzung bei den Autoren nachgefragt werden kann. In absehbarer Zeit werden zudem freiverfügbare Prognosetools auf den Internetseiten der Autoren (www.atb-potsdam.de) verfügbar sein.

Einfluss auf die Haltbarkeit hat auch die Aufmachung der Tomaten (Einzelfrüchte mit oder ohne Kelch und kurzem Stiel). Bei eher offenen Präsentationen (flache Umverpackungen aus Kunststoff mit kleineren Anzahlen an Früchten) ist die Haltbarkeit von runden Früchten ohne Kelch/Stiel um ca. 15% länger. Im Gegensatz dazu ergeben sich bei luftdichteren Präsentationen (hohe Umverpackungen aus Pappe, viele Früchte) längere Zeiten (ebenfalls ca. 15%) bis zum Erreichen der Grenze der Vermarktungsfähigkeit für die Früchte mit Kelch/Stiel. Da diese beispielhafte Aussage vom Produktzustand zum Erntezeitpunkt abhängig ist, sollten im Zweifelsfall Tests mit kleineren Mengen durchgeführt werden.

2.3.3 Reifeveränderungen nach der Ernte

Bei Tomaten werden Veränderungen des Reifestadiums neben der Temperatur maßgeblich durch das Vorhandensein von Ethylen in der Umgebungsluft beeinflusst. Tomaten produzieren, wie auch einige andere Obst- und Gemüsearten, selbst Ethylen beim Reifevorgang (siehe hierzu auch unter Produktverträglichkeiten).

Reifeveränderungen können in Abhängigkeit von der Nacherntesituation sowohl erwünscht als auch unerwünscht sein. Wenn unterschiedlich reife Tomaten nach der Ernte aus bestimmten Gründen (organisatorisch, technologisch) so aufbewahrt werden sollen, dass sich der Produktzustand möglichst wenig verändert, sind nach Empfehlungen der Universität von Kalifornien (www.ucdavis.edu) folgenden Bedingungen einzuhalten:

- Reifestadien 1, 2, 3 (grüne Tomaten) 12,5°C – 15,0°C für max. 14 Tage
- Reifestadien 4, 5 (beginnende bis fortgeschrittene Färbung) 10,0°C – 12,5°C
- Reifestadien 6, 7 (orange bis rote Färbung) 7,0°C – 10,0°C für max. 5 Tage.

Schnelles Nachreifen wird bei Raumtemperaturbedingungen (um 20°C) erreicht. Zu hohe Temperaturen hemmen u.a. die Ausbildung des roten Farbstoffes Lycopin und führen zu weiteren nachteiligen Qualitätsveränderungen (Aroma, Geschmack). Unreifere Früchte (Reifestadium 4) reifen bei gleichen Klimabedingungen schneller nach als reifere Früchte (Reifestadium 6), sie erreichen jedoch in keinem Fall die gleiche Ausfärbung der reiferen Früchte.

Temperaturwechsel, etwa im Rhythmus Präsentation (bei 20°C) am Tage und Kühlung (bei 3°C) in den Nachtstunden, hemmen den Reifevorgang (von Früchten im Reifestadium 5-6) stärker als eine Aufbewahrung unter konstanten Temperaturen um 14°C. Die Früchte erreichen auch hier nicht die volle Ausfärbung vergleichbarer am Strauch gereifter Tomaten. Schadsymptome durch die kurzzeitige Kälteeinwirkung (12 bis 60h) konnten nicht beobachtet werden. Im Zweifelsfall sollten jedoch für unbekannte Sorten Test mit einigen ausgewählten Früchten vorgenommen werden.

Unter bestimmten Bedingungen (Temperatur, CO₂-Gehalt der Luft <1%) kann durch eigenproduziertes und/oder fremdes Ethylen (z.B. von reifenden Äpfeln und anderen starken Ethylenproduzenten) die Reife beschleunigt werden. Dabei ist für eine gute Durchlüftung zu sorgen, weil ansonsten die Wirkung des Ethylens durch das bei der Atmung freiwerdende Kohlendioxid z.T. aufgehoben werden könnte.

2.3.4 Produktverträglichkeiten

Unter praktischen Bedingungen ist es im Normalfall erforderlich verschiedene Produktarten zur gleichen Zeit auf engem Raum aufzubewahren (Präsentation, Zwischenlagerung, ...). Jede einzelne Produktart stellt eigene Ansprüche an die Umgebungsbedingungen. Solche Ansprüche resultieren hauptsächlich aus Temperatur- und Ethylenempfindlichkeiten.

In der Tabelle 2 sind einige wichtige Produktverträglichkeiten von Tomaten zusammengestellt.

Tab. 2: Produktverträglichkeiten von Tomaten

| | |
|---|---|
| Unreife Tomaten sind ethylenempfindlich | wenn Reifebeschleunigung erwünscht, gemeinsam aufbewahren mit Apfel, Birne, Aprikose, Melone, Banane, Avocado wenn keine Reifebeschleunigung erwünscht, gemeinsam aufbewahren mit Gurke, Paprika, Zucchini, Aubergine, andere Gemüse |
| Reife Tomaten produzieren Ethylen | gemeinsam aufbewahren mit ethylenverträglichen Produktarten Paprika, Radies, Obstarten nicht gemeinsam aufbewahren mit nicht ethylenverträglichen Produktarten Gurke, Zucchini, Aubergine, Möhren, andere Gemüsearten |

Sie ergeben sich aus bekannten Regeln für die Qualitätserhaltung im Nacherntebereich:

- Tomaten sind kälteempfindlich, d.h. sie sollten nicht mit Produkten, die weniger empfindlich sind, zusammen aufbewahrt, transportiert oder gelagert werden.
- Unreife Tomaten sind ethylenempfindlich, d.h. sie sollten nicht mit anderen starken Ethylenproduzenten zusammen aufbewahrt, transportiert oder gelagert werden (wenn nicht die Reife der Tomaten beschleunigt werden soll).
- Reifende Tomaten sind vergleichsweise mittlere Ethylenproduzenten, d.h. sie sollten nicht mit anderen ethylenempfindlichen Produkten zusammen aufbewahrt, transportiert oder gelagert werden (wenn diese nicht in ihrer Reife beschleunigt werden sollen).

2.3.5 Luftfeuchte und Luftbewegung

Auf Grund ihrer Morphologie (kompakte Form, verhältnismäßig geringe Gewebedurchlässigkeiten) erreichen ausreichend viele einzelne Tomaten in einer offenen Verpackung (z.B. Plastiksteige, siehe auch unter 2.3.6) früher die Verderbgrenze infolge von Inhaltsstoffabbau bevor Wasserverluste äußerlich sichtbar/fühlbar werden. Die Anhäufung von mehreren Früchten und die Verpackung wirken dabei wie zusätzliche Widerstände, die Transpirationsverluste begrenzen.

Wasserverluste werden normalerweise erst dann zum Problem, wenn bei niedrigeren Raumluftfeuchten zusätzliche Luftbewegungen an der Produktoberfläche (Wind, starke Zugerscheinungen, Luftströmung durch Ventilatoren) wirksam werden.

Die Gewebedurchlässigkeit von Tomaten (nach der Ernte) ist abhängig von der Nährstoffversorgung und den Klimabedingungen während der Kulturphase. Eigene Versuche mit konventionell erzeugten Gewächshaustomaten haben gezeigt, dass bei bestimmten Klima-Nährstoffkombinationen höhere Gewebedurchlässigkeiten auftraten. Es kann somit nicht völlig ausgeschlossen werden, dass die Luftfeuchte begrenzend auf die Haltbarkeit wirkt.

Daraus leiten sich die nachfolgenden Grundsätze für das Produkthandling in Bezug auf die Luftfeuchte/Luftbewegung ab:

- Hohe Raumluftfeuchten oder künstlicher Transpirationsschutz sind nur dann sinnvoll, wenn der Infektionsdruck durch Mikroorganismen gering ist (z.B. trockene Bedingungen in der Vorernte)
- Stärkere Zwangsluftbewegung am Produkt sollte vermieden werden
- Höhere Umgebungsluftfeuchten wirken Luftbewegungen entgegen
- Direkte Wärmestrahlung, die die relative Luftfeuchte am Produkt herabsetzt, sollte unterbunden werden (Strahlungsschutz)

2.3.6 Einfluss von Verpackungen auf die Haltbarkeit von Tomaten

Tomaten sind so zu verpacken, dass sie angemessen geschützt sind. Heimische Früchte werden üblicherweise in offenen Transportverpackungen, im Ausland erzeugte Produkte auch oft in luftdurchlässigen Folien (bzw. Kombinationen mit Pappe oder Kunststoff), aufbewahrt.

Auch für Verpackungen gelten Grundsätze, die in den Vermarktungsnormen für Tomaten festgeschrieben sind (Packstücke frei von Fremdstoffen, im Innern der Packstücke verwendetes Material neu und sauber). Die Verpackung darf keine äußeren und/oder inneren Veränderungen der Tomaten hervorrufen.

In jedem Fall sind scharfe Kanten an Verpackungen zu vermeiden, da Verletzungen der äußeren Gewebeschichten immer ein Ausgangspunkt für schnellen Verderb sind.

Verpackungen haben Schutzfunktionen in Bezug sowohl auf mechanische Belastungen als auch klimatische Belastungen. Neben der notwendigen Stabilität und Festigkeit sind im Normalfall Öffnungen erforderlich, die ein gewisses Maß an Luftströmung zulassen. Pappkartons haben aus Stabilitätsgründen Luftdurchlässigkeiten (Öffnungen im Boden und in den Seitenwänden) von bis zu 5% der Boden-/Seitenflächen, während Plastiksteigen Werte von bis zu 25% aufweisen.

Für Tomaten mit ihrem vergleichsweise hohen Gewebewiderstand (und dementsprechend geringen Gewebedurchlässigkeiten) sind eher offene Umverpackungen zu empfehlen. Eigene Versuche haben gezeigt, dass Tomaten in Verpackungen mit den höheren Luftdurchlässigkeiten 2 bis 7 Tage länger haltbar sind. Anfänglich höhere Wasserverluste der Tomaten werden im weiteren Verlauf der Nachernte durch etwas höhere Gewebewiderstände kompensiert. Die höheren Widerstände (Transpiration und Atmung) beeinflussen innere Stoffumsetzungen und mikrobielle Aktivitäten im positiven Sinn, sodass die Grenzen für die Verkaufsfähigkeit (schnittfeste Früchte) später erreicht werden. Diese und folgende Aussagen gelten für volle Verpackungen (z.B. 6kg in Karton 300x400x 150mm)

Dichtere Verpackungen eignen sich besser, wenn die darin aufbewahrten Tomaten nachreifen sollen. Deshalb ist häufig ausländische Ware, die in einem früheren Entwicklungsstadium geerntet wurde, in unterschiedlichen Folien verpackt anzutreffen. Ab einem bestimmten Produktzustand kehren sich solche Schutzmechanismen u.U. ins Gegenteil um, und wirken beschleunigend in Richtung Verderb.

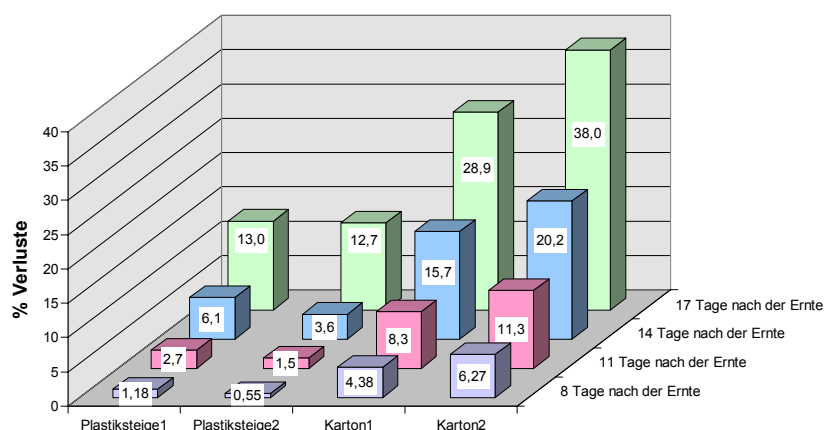


Abb. 2: Verluste an Tomaten in unterschiedlichen (6kg-)Verpackungen bei Raumklimabedingungen (20°C, 50% rF) durch mikrobielle Aktivitäten

Dichtere Verpackungen bieten Mikroorganismen auf der Oberfläche der Früchte bessere Entwicklungsmöglichkeiten (höhere Luftfeuchte). Eigene Untersuchungen (Abb. 2) haben gezeigt, dass die Verluste (Früchte mit sichtbarem Schimmelbefall, oder sehr weich) in den geschlosseneren Verpackungen mehr als doppelt so hoch waren, wie in den offeneren Steigen (25% Öffnungsfläche im Boden/in den Seitenwänden).

Abdecken der offenen Transportverpackungen mit verschiedenen Materialien (Lochfolie, textile Gewebe) in der Nicht-Präsentationszeit (Nachtstunden oder ggf. am Wochenende) wird bei Tomaten nicht empfohlen, es sei denn zum Zwecke der Reifebeschleunigung (siehe auch unter 2.3.4).

Bei nur teilweise gefüllten Verpackungen (z.B. im Verkauf) verändern (verringern) sich auch die Schutzigenschaften für die darin enthaltenen Früchte (Tab. 3).

Tab. 3: Wasserverlust [%] von Tomaten in Verpackungen mit unterschiedlichen Füllungsgrad

| Füllungsgrad | Wasserverlust [g/h] | Wasserverlust [%] bezogen auf 100% voll |
|--------------------------|----------------------------|--|
| <u>5kg-Pappkarton</u> | | |
| 100% voll | 1,66 | 0 |
| 55% voll | 0,91 | 10 |
| 20% voll | 0,55 | 50 |
| <u>5kg-Plastiksteige</u> | | |
| 100% voll | 1,74 | 0 |
| 55% voll | 1,17 | 15 |

Die Früchte in einem nur ca. zur Hälfte gefüllten Pappkarton verlieren 10% mehr Wasser im Vergleich zum vollen Karton bei normalen Raumklimabedingungen (20°C, 45% rF, keine spürbare Luftströmung). Wenn der gleiche Karton nur 1/5 gefüllt ist, verlieren die Früchte bereits 50 % mehr Wasser. Bei den etwas offeneren Plastiksteigen sind die Verluste noch etwas höher.

2.3.7 Mikrobielle Aktivitäten

Tomaten haben ein vergleichsweise dichtes äußeres Abschlussgewebe. Nach der Ernte sind daher der Stielansatz und kleinste Verletzungen der Oberfläche bevorzugte Angriffspunkte für Mikroorganismen. Verluste können schon durch eine sehr sorgfältige Ernte (beim Abtrennen der Frucht von der Pflanze) begrenzt werden. Wenn der Kelch und der Stielansatz fest an der Frucht sitzen entstehen beim Abnehmen feine Risse im Bindegewebe, die häufig Ausgangspunkt der Infektionen sind.

Wenn einzelne Früchte in einer Verpackung befallen sind, ist die Gefahr der Ausbreitung auf die anderen Früchte besonders groß. Aus der Literatur (www.ucdavis.edu) sind Untersuchungen bekannt, die eine Behandlung mit Warmwasser (55°C für max. 1 Minute) beschreiben, um Erreger im Frühstadium von der Oberfläche zu entfernen. Bei eigenen Versuchen führte Abtrocknen der Oberfläche im Luftstrom bei Raumlufttemperatur für 1 Stunde zu positiven Ergebnissen. Solange das Gewebe nicht angegriffen wurde, bestehen Chancen zum Zurückdrängen mikrobieller Aktivitäten (siehe auch unter 5.).

2.3.8 Gültigkeit der Aussagen

Die Empfehlungen gelten nur für rote, runde Einzeltomaten. Runde Rispentomaten, gerippte Tomaten, Cherrytomaten, halbgrüne Sorten und sonstige werden sich zwar nicht völlig anders verhalten, größere Abweichungen sind insbesondere bei der Haltbarkeit und bei Reifeveränderungen jedoch nicht auszuschließen.

3. Biomöhren

3.1 Bedeutung, Vorkommen und Zusammensetzung

Der Anbau von Möhren im Ökologischen Landbau ist von hoher wirtschaftlicher Bedeutung. Obwohl Möhren schon seit Jahrzehnten zum Standardprodukt im Gemüsesortiment zählen, konnten Anbau – für den Frischmarkt als auch für die Verarbeitungsindustrie – und Pro-Kopf-Verbrauch in den letzten Jahren deutliche Steigerungsraten verbuchen. Der Anbauumfang für ökologisch erzeugte Möhren lag 2000 bei 750 ha und hatte einen Anteil von 21% an der Gesamtanbaufläche für Frischgemüse (3500 ha) (KASBOHM 2002). Im Vergleich dazu lag die Anbaufläche 2002 für konventionelle Möhren bei knapp 9000 ha mit einem Verbrauch von 7,5 kg pro Haushalt. Während im konventionellen Handel zunehmend verpackte Ware angeboten wird – 2002 wurden 57% der Möhren in Schalen und 29% in Beuteln verpackt –, werden ökologisch erzeugte Möhren hauptsächlich lose vermarktet (ILLERT 2003).

Möhren sind Doldenblütler (botanisch *Daucus carota* L. ssp. *sativus* [Hoffm.]), die nur in Kultur bekannt sind. Die zweifelsfreie Abstammung der heutigen Kulturmöhre lässt sich bisher nicht eindeutig nachweisen. Species dieser Gattung kommen vor allem in Südwest-Asien und im Mittelmeergebiet vor. Die heute bekannte orangefarbene Möhre entstand im 17. Jahrhundert in den Niederlanden und wurde von dort weltweit verbreitet.

Als zweijährige Pflanze bildet die Möhre im ersten Jahr eine Blattrosette und eine Pfahlwurzel aus, die im Wachstumsverlauf verdickt und sich in ein Reserveorgan (Wurzel) umwandelt (VOGEL 1996). Die Wurzel (Rübe) besteht aus Krone, Rinde, Korkschicht, Adventivwurzel und Mark. Die Rinde als wertvollster Teil der Wurzel enthält die meisten Inhaltsstoffe und besitzt daher den höheren ernährungsphysiologischen und geschmacklichen Wert. Die Möhre wächst bevorzugt in maritimen Klimaten, bei mittleren, ausgeglichenen Temperaturen und gleichmäßigen Wasserangebot. In den letzten 100 Jahren wurde die Möhre züchterisch sehr intensiv bearbeitet. Derzeit enthält die BESCHREIBENDE SORTENLISTE (2001) des Bundessortenamts mehr als 50 in Deutschland zugelassene Sorten, die in Rübenform, Wachstumsdauer bis zur Erntereife, in den Inhaltsstoffen und in der Lagerfähigkeit variieren.

Möhren lassen sich sehr vielfältig zubereiten: roh, gekocht, als Saft und konserviert (Nass-, Gefrier-, Sauerkonserven, Trockenprodukte) und gehören aus ernährungsphysiologischer Sicht zu den bedeutungsvollsten Gemüsearten.

Der Geschmack der Möhre wird hauptsächlich durch den Zuckergehalt (°Brix) bestimmt. Bei frühen Sorten liegt der Zuckergehalt höher als bei späten und gelagerten Möhren.

Möhren bestehen zu ca. 90% aus Wasser und besitzen einen verhältnismäßig geringen Energiewert von 117kJ pro 100g essbaren Anteil (DABLER 1991). Von allen Gemüsearten weisen Möhren den höchsten Gehalt an Carotin, insbesondere β - und α -Carotin auf. Beachtenswert ist auch der Gehalt an Vitamin C, Kalium und Eisen sowie geschmacksbildenden ätherischen Ölen und Fruchtsäuren (u.a. Äpfelsäure). Besondere Bedeutung haben Möhren für die gesunde Ernährung von Säuglingen und Kleinkindern sowie für Diätküchen.

3.2 Qualitätsmerkmale bei Möhren

Wie bei den anderen Produkten auch sind Mindestanforderungen an die Qualität von Möhren (mit Gesetzescharakter) in den EG-QUALITÄTSNORMEN UND HANDELSKLASSEN (2003) enthalten. Mindesteigenschaften bei Möhren sind solche, wie ganz, gesund, sauber, fest, frei von Schädlingen und Schäden, frei von äußerer Feuchtigkeit und fremdem Geruch, nicht holzig und nicht geschossen. Die Handelsklassen (Extra, Klassen I und II) regeln neben weiteren Kriterien (Durchmesser, Gewicht, glatt, gleichmäßig geformt, nicht gespalten, ohne Frostschäden) die Güte-, Größentoleranzen, Aufmachungen und Kennzeichnungen. Die Vermarktungsnormen sind wie bei den anderen Produkten fast ausschließlich auf äußere Eigenschaften ausgerichtet.

Im Normalfall werden Möhren bei Erreichen einer bestimmten Größe, häufig noch nicht voll ausgewachsen, in Abhängigkeit von der Marktlage, Klimabedingungen und anderen Faktoren geerntet. Das äußere Abschlussgewebe der Möhre, ölige Bestandteile und abgestorbene Zellen bilden eine natürliche Schutzschicht, die bei den früher geernteten Möhren weniger gut ausgebildet ist. Beim Waschvorgang werden zudem mit anhaftenden Erdresten auch Teile der Schutzschicht entfernt.

Möhren werden mit und ohne Laub geerntet, wobei Bundmöhren mehr für den Frischmarkt (Frischverzehr) produziert werden. Der Zustand des Laubes wird gern als Indikator für den Frischezustand (Wasserzustand) des Produktes verwendet. Bis zu einem bestimmten Welkezustand wird der Möhre über das Laub zusätzlich Wasser entzogen. Das Laub sollte deshalb möglichst bald entfernt werden.

Möhren ohne Laub werden wieder nach Marktlage (und Jahreszeit) direkt vermarktet oder eingelagert und später verkauft. Die weiteren Aussagen dieser Arbeit beziehen sich ausschließlich auf Möhren, die nach der Ernte sofort vermarktet werden.

Das Alter der Möhren zum Erntezeitpunkt kann zumindest teilweise anhand einiger äußerer Merkmale abgeschätzt werden. Größe und Form geben in bestimmten Bereichen Aufschluss über das Alter. Möhren des Nantaise-Typs bilden die charakteristische stumpfe Form erst sehr spät aus, so dass spitze Möhren dieser Spezies immer auch junge Möhren sind. Das Vorhandensein von vielen feinen Nebenwurzeln ist ein Indikator dafür, dass die Möhren relativ alt sind. Junge Möhren sind nach der Ernte weitaus empfindlicher als alte, ausgewachsene Möhren.

Der Wasserzustand von frisch geernteten Möhren hängt in starkem Maße von den Klimabedingungen der vorangegangenen Tage und ggf. vom Bewässerungsregime ab. Nach der Ernte wird Wassermangel durch Glanzverlust und später durch Weichwerden der äußeren Geweberegionen sichtbar/fühlbar.

Möhren enthalten neben den arttypischen Geschmacks- und Aromakomponenten viele Inhaltsstoffe in Form von Vitaminen (B₆, C, E), Mineralstoffen (Eisen, Kalium), Pektinen und Zucker. Besonders hervorzuheben ist der hohe Carotingehalt, die Konzentration pro 100g essbarer Anteil liegt je nach Sorte zwischen 5 und 30mg (DABLER 1991). Carotin ist eine Vorstufe von Provitamin A, welches der menschlichen Körper für das Wachstum sowie für Haut- und Sehfunktionen benötigt.

Aufgrund der geringen natürlichen Schutzseigenschaften der Möhren ist die Luftfeuchte an der Produktoberfläche möglichst hoch zu halten. Damit werden gleichzeitig gute Bedingungen für die vorrangig bei Möhren anzufindenden Mikroorganismen (Pilze: Botrytis (Grauschimmel), Sclerotinia (Weiß- oder Pelzfäule), Rhizoctonia (Violetter Wurzelötter), Alternaria

ria (Möhrenschwärze), Geotrichum; Bakterien: Erwinia (Weichfäule)) geschaffen (BÖTTCHER 1996). Tiefe Temperaturen sind ein geeignetes Mittel, um mikrobielle Aktivitäten einzudämmen. Auch durch entsprechende Maßnahmen bei der Ernte und Aufbereitung (mechanische Verletzungen vermeiden, Aussortieren von minderwertiger Ware, sauberes Waschwasser, ...) kann Einfluss auf künftige Verluste genommen werden.

3.3 Empfehlungen zur Verbesserung der Haltbarkeit von Möhren

3.3.1 Grenzen der Vermarktungsfähigkeit

Die Verderbgrenze bei gesunden, frisch geernteten, normal entwickelten Möhren ist erreicht, wenn sie i.d.R. infolge von Transpirationsverlusten zu weich (stark biegsam) werden.

Sichtbarer und/oder fühlbarer mikrobieller Befall stellt eine Verderbgrenze dar, die zum Totalverlust führt.

Die Langzeitlagerung von Möhren, die mit physiologischen Veränderungen des Produktes verbunden ist, wird hier nicht berücksichtigt.

3.3.2 Temperaturen, Zeiten und Haltbarkeiten

Möhren sollten über längere Zeiträume bei Temperaturen nahe 0°C aufbewahrt werden. Gesunde, ausgewachsene Wurzeln halten sich so über mehrere Monate, wenn gleichzeitig dafür gesorgt wird, dass die Wasserverluste gering gehalten werden. Junge Möhren können maximal einige Wochen aufbewahrt werden.

Der Verderb von Möhren wird in erster Linie durch Transpirationsverluste (Wasserverluste) infolge der geringen Schutzwirkung der Epidermis hervorgerufen. Der Abbau von Inhaltsstoffen ist in diesem Zusammenhang von geringerer Bedeutung. Die Temperatur wird niedrig gehalten, um physiologische Aktivitäten (Auswachsen) und mikrobiellen Verderb einzuschränken.

3.3.3 Reifeveränderungen nach der Ernte

Der Entwicklungszustand der Möhren zum Zeitpunkt der Ernte hat große Auswirkungen auf die Haltbarkeit. Physiologisch jüngere Möhren haben vergleichsweise große Gewebedurchlässigkeiten (kleine Gewebewiderstände), die nach der Ernte dazu führen, dass bei gleichen Umgebungsbedingungen Wasserverluste im größerem Umfang als bei ausgewachsenen Möhren zu verzeichnen sind. Auch der Abbau von Inhaltsstoffen geht schneller voran.

Die Gewebedurchlässigkeit der jungen Möhren kann bis zu 5 mal größer sein, als die von älteren Möhren. Das hat z.B. zur Folge, dass der Wasserverlust von 5kg jungen Möhren bei Raumklimabedingungen (20°C, 50% rF) in einer Plastiksteige um ca. 15% größer als der Wasserverlust von physiologisch alten Möhren bei identischen Umgebungsbedingungen ist.

3.3.4 Produktverträglichkeiten

Möhren produzieren selbst nur verhältnismäßig geringe Ethylenmengen, d.h. sie können gemeinsam vorzugsweise mit anderen Gemüsearten, die möglichst die gleichen niedrigen Temperaturanforderungen haben sollten (Wurzel-, Blatt-, Kohlgemüse, ...), aufbewahrt bzw. präsentiert werden.

Möhren reagieren andererseits auf das Vorhandensein von Ethylen in der Umgebungsluft mit der verstärkten Produktion von Bitterstoffen (Isocumarin). Solche Bitterstoffe können bei bestimmten Sorten durch Fehler in der Kulturführung (Wasserversorgung) auch vor der Ernte gebildet worden sein.

Möhren sollten dementsprechend in der Nachernte von starken Ethylenproduzenten (viele Obstarten, reife Tomaten, ...) getrennt aufbewahrt bzw. präsentiert werden.

3.3.5 Luftfeuchte und Luftbewegung

Wenn kein ausreichender, künstlicher Transpirationsschutz (Umverpackung, Folie, Folienbeutel, ...) vorhanden ist, sollte die Luftfeuchte in der Nähe von Möhren möglichst hoch sein. Zu beachten ist, dass schon bei leichter Luftbewegung insbesondere wegen der großen Gewebedurchlässigkeit der Möhren die Wirkung hoher Luftfeuchte drastisch verringert wird.

Die nachfolgende Tabelle 4 zeigt den Wasserverlust von physiologisch älteren Möhren in einer 5kg-Plastiksteige (voll gefüllt mit Möhren) in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte (Raumluft) bei 20°C Raumlufttemperatur und freier Konvektion (Luftstrom nur durch Dichteunterschiede).

Tab. 4: Wasserverlust von Möhren in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte bei 20°C und freier Konvektion

| Lufttemperatur [°C] | Rel. Luftfeuchte [%] | Wasserverlust [%] |
|------------------------|-------------------------|----------------------|
| 20 | 30 | +41 |
| 20 | 50 | 0 |
| 20 | 70 | -41 |

Die Werte des angegebenen, prozentualen Wasserverlustes beziehen sich auf einen Vergleichswert von 50% rF, d.h. beispielsweise bei 70% relativer Luftfeuchte sind bei den weiter oben genannten Bedingungen 41% weniger Wasserverluste zu erwarten als bei 50% Luftfeuchte in der Raumluft.

3.3.6 Einfluss von Verpackungen auf die Haltbarkeit von Möhren

Größere Packstücke für Möhren ohne Laub sind üblicherweise aus Kunststoff, Pappkarton oder Holz und fassen ca. 5kg oder 10kg Möhren in mehreren Lagen oder ungeschichtet. Grundsätzlich gilt auch hier, dass größere Mengen höhere natürliche Schutzwirkung gegen Transpiration ausüben. Möhren benötigen im Hinblick auf Transpirationsverluste eher dichtere Verpackungen. Dadurch steigt auf der anderen Seite die Gefahr von mikrobiellen Aktivitäten.

In den Handel gelangen in zunehmendem Maße Kleinpackungen (500g, 1000g) aus Kunststoff oder Pappkarton, die zusätzlich mit verschiedenen, perforierten Folien umhüllt sind, sowie in Form von Folien- oder Netzbeuteln.

In der nachfolgenden Tabelle 5 sind Richtwerte für die Haltbarkeit von ca. 5kg gesunden, ausgewachsenen Möhren (Spätanbau) in Plastiksteigen (400x300x150mm), die teilweise mit zusätzlichem Transpirationsschutz ausgestattet waren, angegeben. Die Möhren wurden am Tage bei Raumklimabedingungen präsentiert und in der Nacht bei 2°C (Kühlraum) oder 15°C (Kellerraum) zwischengelagert.

Tab. 5: Haltbarkeit von Möhren (Spätanbau) in 5kg -Plastiksteigen bei wechselnden Umgebungsbedingungen

| Packstück | Transpirationsschutz | Haltbarkeit [Tage] |
|---|-----------------------------------|--------------------|
| offene Plastiksteige | ohne | 4 |
| offene Plastiksteige | nachts mit Lochfolie abgedeckt | 6 |
| offene Plastiksteige | nachts mit Textilgewebe abgedeckt | 5 |
| offene Plastiksteige mit Lochfolie ausgeschlagen | nachts mit Lochfolie abgedeckt | 8 |
| Folienbeutel (1kg) -Lochfolie | | <12 |

Der Flächenanteil der Öffnungen (\varnothing 9mm) der Lochfolie lag bei 1,2%.

Die ermittelte Haltbarkeit bei den verschiedenen Nachttemperaturen (2°C, 15°C) war bei 2°C geringfügig kleiner als bei 15°C. Die Ursache dafür ist wahrscheinlich in der leichten Zwangsluftströmung des Kühlraumes zu suchen, die bei den offeneren Verpackungen vergleichsweise größere Transpirationsverluste zur Folge hat. Insgesamt gesehen, konnten die erreichten Effekte durch die zeitlichen Temperaturwechsel nicht überzeugen, sodass sie bei Möhren nicht empfohlen werden, solange der mikrobielle Befallsdruck als gering eingestuft wird.

Gebräuchliche Pappkartons sind etwas luftdichter als die Plastiksteigen. Dementsprechend sind hier die Haltbarkeiten im Bereich des Wertes für die mit Lochfolie ausgeschlagene Plastiksteige zu erwarten.

Die Möhren in den Folienbeuteln haben zwar im Hinblick auf Wasserverluste (Festigkeit) eine längere Haltbarkeit als die in der Tabelle angegebenen 12 Tage. Mit zunehmender Aufbewahrungszeit wird jedoch die Gefahr von mikrobiellem Verderb immer größer.

In der nachfolgenden Tabelle 6 sind Angaben zur Haltbarkeit von ausgewachsenen Möhren in unterschiedlichen Verpackungen mit unterschiedlichem Füllungsgrad enthalten. Als Beispiel sind 2 Extrema angeführt (offenere Steige mit wenigen Produkten und geschlos-

senere Variante, maximal gefüllt). Die Raumluftbedingungen (Temperatur, Luftfeuchte, keine spürbare Luftströmung) entsprechen Mittelwerten im Betrachtungszeitraum,

Tab. 6: Haltbarkeit von Möhren in verschiedenen Verpackungen mit unterschiedlichen Füllungsgrad

| Packstück und Füllungsgrad | Temperatur [°C] | rel. Luftfeuchte [%] | Haltbarkeit [Tage] |
|------------------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------|
| < 2kg Möhren in 5kg -Plastiksteige | 20 | 50 | 1,5 |
| | 15 | 50 | 2,0 |
| | 10 | 60 | 3,5 |
| 5kg Möhren in 5kg -Pappkarton | 20 | 50 | 8,0 |
| | 15 | 50 | 9,0 |
| | 10 | 60 | 11,5 |

Erhebliche Differenzen in der Haltbarkeit werden deutlich, hervorgerufen durch die geringere Schutzwirkung (der offeneren Verpackung und der geringeren Möhrenanzahl).

3.3.7 Mikrobielle Aktivitäten

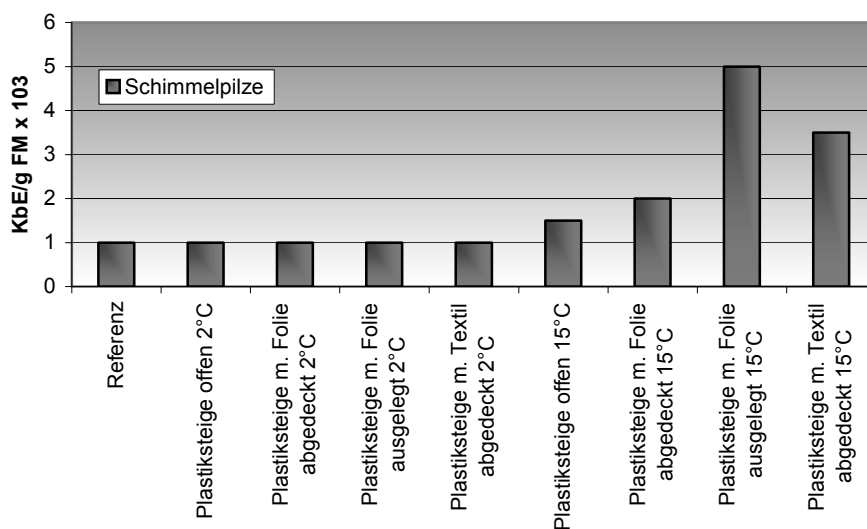


Abb. 3: Anzahl der koloniebildenden Einheiten [KbE] an Schimmelpilzen von Möhren in verschiedenen Verpackungen bei wechselnden Umgebungsbedingungen

In der nebenstehenden Abbildung 3 sind Ergebnisse eigener Untersuchungen zur mikrobiellen Aktivität bei Möhren (Spätanbau) in verschiedenen Verpackungen bei wechselnden Umgebungsbedingungen dargestellt. Ausgehend von der mikrobiellen Belastung der Referenz zeigten Möhren, die nachts bei kühleren Temperaturen (2°C) zwischengelagert

wurden nach 8 Tagen keine Veränderungen hinsichtlich der mikrobiellen Belastung. Möhren, die dagegen bei 15°C aufbewahrt wurden, zeigten v.a. in den geschlosseneren Verpackungen

aufgrund der höheren Luftfeuchtigkeit und der geringeren Luftbewegung einen erhöhten mikrobiellen Befallsdruck.

3.3.8 Gültigkeit der Aussagen

Die hier getroffenen Aussagen sind grundsätzlich nur für gesunde, frisch geerntete, ausgewachsene Möhren eines Spätanbausatzes gültig. An einigen Stellen wurden zusätzliche Informationen zum Nachernteverhalten (z.B. von jungen, nicht ausgewachsenen Möhren) gegeben. Die Unterschiede zwischen früheren und späteren Anbausätzen sowie auch zwischen einzelnen Möhrensorten werden i.d.R. nicht so groß sein, sodass sich keine grundsätzlich anderen Verhaltensweisen ergeben.

Größere Abweichungen sind durch mikrobielle Einflüsse zu erwarten (siehe auch unter 3.3.7).

Die Haltbarkeit von über längere Zeiträume gelagerten Möhren kann nach der Lagerung (über mehrere Monate), bedingt durch physiologische Aktivitäten oder spezielle Lagerungseinflüsse, erheblich von dem hier dargestellten abweichen.

4. Bioerdbeeren

4.1 Bedeutung, Vorkommen und Zusammensetzung

Erdbeeren gehören neben Äpfeln und Pflaumen/Zwetschgen zu den wichtigsten Obstkulturen im Ökologischen Landbau (KASBOHM 2002). In Deutschland ist die Erdbeere neben dem Apfel die beliebteste Obstart. 96 Prozent der Verbraucher essen Erdbeeren, im Jahr etwa 3,2 kg pro Kopf und Einwohner - heimische und importierte Früchte. Importiert werden Erdbeeren hauptsächlich aus Spanien (84% des Gesamtimports) und Italien (WÜRTENBERGER 2003). Weitere wichtige Anbieter sind Polen, Frankreich und Marokko. 2001 wurden ökologisch erzeugte Erdbeeren auf einer Fläche von 280 ha angebaut, im Vergleich dazu lag die Anbaufläche für konventionelle Ware bei knapp 9800 ha. Erdbeeren zählen zu den empfindlichsten Produkten in der Obst- und Gemüse-Abteilung.

Die Erdbeere (botanisch *Fragaria x ananassa*) gehört zur Familie der Rosengewächse (*Rosaceae*) und ist aus einer Kreuzung der nordamerikanischen Scharlacherdbeere (*F. virginiana*) mit der Chileerdbeere (*F. chiloensis*) hervorgegangen (WINTER ET AL. 2002). Vor ungefähr 200 Jahren wurde sie nach Frankreich eingeführt und breitete sich von dort weiter aus. Mittlerweile werden in Deutschland mehr als 50 Erdbeersorten angeboten, die in Größe, Farbe, Beschaffenheit und Geschmack variieren.

Die Erdbeerfrucht ist eine Scheinfrucht, denn die eigentlichen Früchte sind die auf dem Fruchtfleisch sitzenden Nüsschen. Botanisch gesehen ist sie deshalb eine Sammelnussfrucht. Grundsätzlich wachsen Erdbeeren in nahezu allen Klimazonen auf der ganzen Welt. Am besten gedeihen sie in sonniger Lage auf einem nährstoffreichen, leicht sauren Boden.

Die Haupterntezeit im Freilandanbau liegt in Deutschland zwischen Ende Mai und Ende Juni. Der Reifeprozess wird durch Rotfärbung, Abnahme der Fruchtfleischfestigkeit, Abnahme des Säure- und Zunahme des Zuckergehaltes angezeigt (DABLER 1991). Der ideale Erntezeitpunkt ist erreicht, wenn die Früchte voll entwickelt sind und mindestens 8° Brix aufweisen. Erdbeeren zählen zu den nicht klimakterischen Früchten, d.h. sie reifen nach der Ernte nicht weiter nach.

Der Wassergehalt von Erdbeeren liegt durchschnittlich bei 85%. Die Erdbeerfrucht besitzt einen äußerst geringen (32kJ/100g) Nährwertgehalt und wird deshalb auch als Fitnessfrucht bezeichnet. Zu den Vitaminen mit auffallend hohen Gehalten zählen Vitamin C, Folsäure und Riboflavin (B₂). Mineralstoffe (Mangan, Eisen, Kalzium) sind besonders reichlich in den Samen enthalten. Beim Beerenobst isst man sie mit - bei der Erdbeere sind es die gelblichen Nusskörnchen auf der Fruchtoberfläche. Ballaststoffe und sekundäre Pflanzenstoffe, die zusammengefasst unter die Bezeichnung bioaktive Substanzen fallen und der menschlichen Gesundheit dienen, sind in Erdbeeren in beträchtlichen Konzentrationen enthalten.

4.2 Qualitätsmerkmale bei Erdbeeren

Mindestanforderungen an die Qualität von Erdbeeren (mit Gesetzescharakter) sind ebenfalls wie bei Tomaten und Möhren in den EG-QUALITÄTSNORMEN UND HANDELSKLASSEN (2003) enthalten. Die Mindesteigenschaften (ganz, gesund, sauber, ...) geben die grundlegende Qualität sowohl für konventionell als auch für ökologisch erzeugte Erdbeeren, die diese

nach Aufbereitung und Verpackung aufweisen müssen, wieder. Hinzu kommt bei den Mindesteigenschaften für Erdbeeren, dass die Früchte mit einem Kelch und einem kurzen, frischen und nicht vertrockneten Stiel versehen sein müssen (ausgenommen Industrieware). Handelsklassen (Extra, Klassen I und II), die Güte-, Größentoleranzen, Aufmachungen und Kennzeichnungen regeln, sind auch für Erdbeeren verbindlich. Die Vermarktungsnormen orientieren sich ausschließlich auf äußere Qualitätsmerkmale (Größe, Form, Farbe).

Die Haltbarkeit von Erdbeeren in der Nachernte ist im starkem Maße abhängig vom Vorhandensein an Mikroorganismen (v.a. Schimmelpilze). Erdbeeren gehören zu den wenig haltbaren Früchten, bei denen Überreife und Qualitätsverschlechterungen relativ schnell eintreten, gewöhnlich auch als Folge einer nicht genügend vorsichtigen Behandlung. Insbesondere Schäden durch mechanische Belastungen (Druckstellen oder Verletzungen der Produktoberfläche) führen zu mikrobiellen Veränderungen. Zur Mikroorganismenflora der Erdbeeren gehören in erster Linie Schimmelpilze (*Botrytis* (Grauschimmel), *Colletotrichum* (Colletotrichum-Fruchtfäule), *Gnomonia* (Gnomonia-Fruchtfäule), *Phytophthora* (Lederbeerenfäule), *Sphaerotheca* (Echter Mehltau), *Verticillium* (Verticillium-Welke) und Hefen, die aufgrund des meist niedrigen pH-Wertes günstige Lebensbedingungen vorfinden. Der Verderb durch bakterielle Erkrankungen spielt in der Nachernte von Erdbeeren keine tragende Rolle.

4.3 Empfehlungen zur Verbesserung der Haltbarkeit von Erdbeeren

4.3.1 Grenzen der Vermarktungsfähigkeit

Die Verderbgrenze von Erdbeeren ist erreicht, wenn die Früchte infolge innerer Abbauvorgänge (oder nicht selten infolge von mikrobiellen Aktivitäten) zu weich werden.

Wasserverluste können ebenfalls zum Verderb führen. Sie werden zuerst durch Welkeerscheinungen an den Kelchblättern und durch Glanzverlust an der Fruchtoberfläche sichtbar, später sind Schrumpfungerscheinungen zu beobachten.

Das Vorhandensein an fäulnisregenden Mikroorganismen (sichtbarer Schimmel) und die hohe Empfindlichkeit der Früchte gegenüber mechanischen Verletzungen (Druckstellen) gelten als weitere Faktoren, die zur Vermarktungsunfähigkeit führen.

Aufgrund ungeklärter Zusammenhänge zwischen mechanischen, klimatischen und mikrobiellen Einflussfaktoren auf die Haltbarkeit wurde ein visueller Gesamteindruck (Glanzverlust der Fruchtoberfläche, welkende Kelchblätter, Saftaustritt, sichtbarer Schimmel) verwendet, um die Grenzen der Vermarktungsfähigkeit zu ermitteln.

4.3.2 Temperaturen, Zeiten und Haltbarkeiten

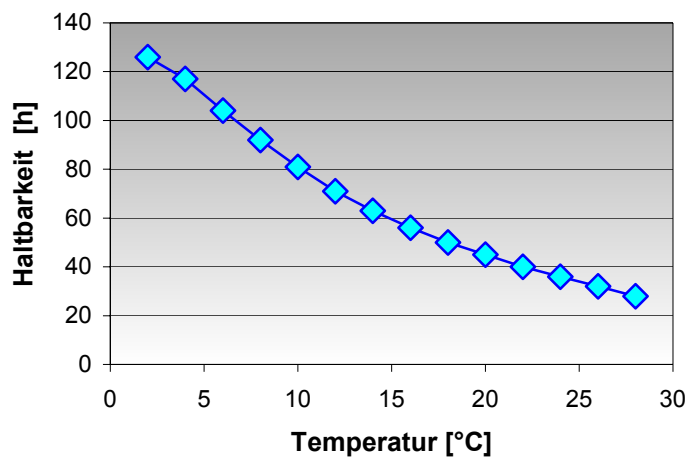


Abb. 4: Haltbarkeit von Erdbeeren in Abhängigkeit von der Temperatur

Alle bei Erdbeeren zum Verderb führenden Einflussgrößen sind mehr oder weniger temperaturabhängig. Die Ergebnisse entsprechender Nacherntesimulationen sind in der nebenstehenden Abbildung 4 dargestellt. Bei angenommenen konstanten Temperaturen der Umgebungsluft nimmt die Haltbarkeit (126 Std.-28 Std.) mit zunehmender Temperatur (2°C-28°C) deutlich ab.

Erdbeeren werden i.d.R. nach der Ernte bei zeitlich wechselnde Temperaturbedingungen aufbewahrt (Transport, Zwischenlagerung, Warenpräsentation,...). In Tabelle 7 wird gezeigt, dass durch die Wahl günstiger, produktangepasster Umgebungsbedingungen während der Nachernte eine Verlängerung der Haltbarkeit bzw. Verkaufsfähigkeit erreicht werden kann. In der Prognoserechnung wurden jedoch keine technischen Einrichtungen und/oder Hilfsmittel wie Verpackungen, Lagereinrichtungen, Transportmittel oder Präsentationsmöbel berücksichtigt.

Tab. 7: Haltbarkeit von reifen Erdbeeren in Abhängigkeit von der Umgebungsbedingung

| Nacherntephase | Beispiel a | | Beispiel b | |
|----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|
| | Zeit (h) | Temperatur (°C) | Zeit (h) | Temperatur (°C) |
| Transport | 2 | 14 | 2 | 18 |
| Präsentation | 9 | 15 | 9 | 23 |
| Kühlung | 15 | 2 | 15 | 15 |
| Präsentation | 9 | 15 | 9 | 23 |
| Kühlung | 15 | 2 | 15 | 15 |
| Präsentation | 9 | 15 | | |
| Kühlung | 15 | 2 | | |
| Präsentation | 7 | 15 | | |
| Σ | 81 | 8 | 50 | 18 |

Im verwendeten Prognosemodell wurden die Erdbeeren im Beispiel a) bei einer Temperatur von 15°C präsentiert und nachts auf 2°C Raumtemperatur heruntergekühlt. Beispiel b) zeigt auf, wie sich ungünstige Umgebungsbedingungen während der Warenpräsentation (23°C) und der präsentationsfreien Zeit (15°C) z.B. durch nicht klimatisierte Verkaufs- und Lagerräume auf die Haltbarkeit der Erdbeeren auswirken. Bei einer durchschnittlichen Tem-

peratur von 8°C wird eine Vermarktungszeit von 4 Tagen erreicht, werden Erdbeeren bei einer Durchschnittstemperatur von 18°C aufbewahrt, verringert sich der Angebotszeitraum auf 2 Tage. Die unter günstigen Raumklimabedingungen aufbewahrten Erdbeeren geben ungefähr 30% weniger Kohlendioxid ab und erfahren hauptsächlich dadurch eine Verlängerung der Verkaufsfähigkeit.

4.3.3 Reifeveränderungen nach der Ernte

Erdbeeren reifen nach der Ernte nicht nach, d.h. sie müssen, um optimale Geschmackseigenschaften aufzuweisen, im nahezu reifen Zustand geerntet werden. Allerdings tritt innerhalb von 6 Stunden nach dem Pflücken noch eine Nachfärbung auf, daher werden die Früchte, wenn Transportwege ohne größere Qualitätsverluste überstanden werden müssen, meist bei ½- bis ¾-Färbung gepflückt. Anders als Tomaten produzieren Erdbeeren nach der Ernte nur ganz geringe Mengen an Ethylen und reagieren bei Vorhandensein des Hormons in der Umgebungsluft nicht mit einer Beschleunigung des Reifungsprozesses.

4.3.4 Produktverträglichkeiten

Wie bereits an anderer Stelle erwähnt, ist es aus logistischen Gründen notwendig, verschiedene Obst- und Gemüsearten zur gleichen Zeit auf meist engstem Raum zu präsentieren. Die Ansprüche, die Produktarten an die Umgebungsbedingungen stellen, ergeben sich aus den produktspezifischen Temperatur- und Ethylenempfindlichkeiten.

Da Erdbeeren zu den ethylenunempfindlichen Produkten gehören und selbst nahezu kein Ethylen produzieren, ist die Produktverträglichkeit ausschließlich in Abhängigkeit von der Temperatur zu sehen. Erdbeeren sollten nicht mit Produkten zusammen aufbewahrt, transportiert oder gelagert werden, die höhere Temperaturansprüche (z.B. Tomaten, Südfrüchte) besitzen.

4.3.5 Luftfeuchte und Luftbewegung

Erdbeeren besitzen aufgrund ihrer morphologischen Beschaffenheit (empfindliche Fruchtoberfläche, fehlende Wachs- bzw. Fettschicht) im Vergleich zu Tomaten eine verhältnismäßig hohe Gewebedurchlässigkeit (geringer Gewebewiderstand). Geringe Luftfeuchtigkeiten in Verbindung mit starken Luftbewegungen während der Aufbewahrung von Erdbeeren führen daher eher zum Verderb infolge von Wasserverlusten als durch den Abbau von Inhaltsstoffen. Die Früchte sollten demzufolge bei hohen Luftfeuchtigkeiten und geringer Luftbewegung aufbewahrt werden. Dem gegenüberzustellen ist jedoch das wachsende Risiko mikrobieller Aktivität bei erhöhter Luftfeuchtigkeit.

4.3.6 Einfluss von Verpackungen auf die Haltbarkeit von Erdbeeren



Verpackungen müssen nach der Vermarktungsnorm alle notwendigen Informationen zum Produkt enthalten, wie Artikelbezeichnung, Handelsklasse, Herkunftsland, Gewicht und müssen allen Hygiene- und Schadstoffvorschriften voll genügen.

Erdbeeren werden in den unterschiedlichsten Verkaufsverpackungen (Karton, Kunststoff-Schalen, Folienverpackungen, Spankörbe, ...), die in ihrem Fassungsvermögen (250g, 500g, 1000g), Abmessungen und Oberflächenbeschaffenheiten erheblich variieren können, angeboten.

Früchte, die während der gesamten Vermarktung bei einer konstant niedrigen Temperatur (Dauerkühlung) aufbewahrt werden, halten - unabhängig von Art und Größe der Verpackung (Karton/Kunststoff, 250g/500g) – länger als Früchte, die wechselnden Temperaturen ausgesetzt sind.

Ein wichtiger Aspekt, der mit in die Bewertung der Verpackungen einfließen muss, ist deren Eignung bei statischen und/oder dynamischen, mechanischen Belastungen. Ausgehend von der hohen Empfindlichkeit, insbesondere der reifen Beeren sind Materialeigenschaften und Formgestaltung so auszuwählen, dass möglichst geringe Beschädigungen der Epidermis auftreten.

Erdbeeren in Kunststoff-Schalen, hier besonders Früchte, die an Seiten- und/oder Bodenflächen anliegen, werden mechanisch stärker belastet und bieten Mikroorganismen aufgrund der entstandenen Verletzungen bessere Entwicklungsmöglichkeiten.

Neben den Materialeigenschaften (Festigkeit, Elastizität) hat auch die Formgestaltung Einfluss auf die Belastung der Früchte. Das Verhältnis der Seitenflächen zu der Bodenfläche sollte möglichst klein sein, da Beeren in mehreren Schichten alleine durch ihr Eigengewicht auf die unteren Schichten einen statischen Druck ausüben, der zu Verletzungen der unter der Epidermis liegenden Gewebeschichten führen kann (sichtbar in Form von Druckstellen). Insbesondere scharfe Kanten führen zu Verletzungen, die meist andere negative Wirkungen (Saftaustritt, mikrobielle Aktivitäten, ...) nach sich ziehen. Früchte in den unteren Lagen von größeren Verpackungseinheiten (500g) sind daher immer einem höheren statischen Druck ausgesetzt, der durch unsachgemäßen Transport (dynamische Belastungen) noch verstärkt werden kann. Kleinere Verpackungen (250g) lassen geringere mechanische Belastungen erwarten.

Aus den genannten Gründen ist es vorzugsweise bei der Verwendung von Kunststoff-Schalen wichtig, dass diese mit einer Luftpolsterfolie, die in den Boden eingelegt bzw. eingeklebt wird, versehen sind, um die Früchte vor Druckstellen bzw. anderen Verletzungen zu schützen.

Für Erdbeeren mit ihren vergleichsweise hohen Gewebedurchlässigkeiten sind eher geschlossene Verkaufsverpackungen (mit Öffnungen, die einen gewissen Gasaustausch gewährleisten) zu empfehlen. Aus eigenen Versuchen mit wechselnden Temperaturbedingungen (2°C/20°C, 15°C/20°C) ging hervor, dass Früchte, die nachts gekühlt (2°C) aufbewahrt wur-

den in Verpackungen mit geringeren Luftdurchlässigkeiten bis zu 24 Stunden länger haltbar sind. Die Wasserverluste in geschlossenen Verpackungen sind im Vergleich zu offenen Verpackungen infolge einer erhöhten Luftfeuchtigkeit deutlich geringer (Glanz, frischeres Aussehen der Kelchblätter).

Werden Verkaufsverpackungen (Karton, Kunststoff) foliert angeboten, so ist auf die Durchlässigkeit der Folien (z.B. Perforation) zu achten, damit ein Austausch mit der Umgebungsatmosphäre möglich ist. Aufgrund der Atmung – Kohlendioxid wird abgegeben, Sauerstoff aufgenommen – verändert sich die Luftzusammensetzung in der Verpackung. Dies kann sowohl Vor- als auch Nachteile haben. Hohe Kohlendioxidkonzentrationen (infolge der Atmung) können die Atmung der Beeren (und auch der Mikroorganismen) hemmen. Bestimmte Erdbeersorten sind anfällig für zu hohe CO₂-Konzentrationen (>15%) und reagieren darauf mit Geschmacks- und Farbveränderungen. Zu niedrige Sauerstoffgehalte können zu anaeroben Verhältnissen führen, die ein Gären der Früchte bewirken.

Wechselnde Temperaturen haben in den einzelnen Verpackungen eine unterschiedlich starke Kondenswasserbildung zur Folge. Die offeneren Verpackungen sind, insbesondere bei starkem Infektionsdruck günstiger zu bewerten, weil das Kondenswasser schneller verdunsten kann und sich die Bedingungen für Mikroorganismen damit verschlechtern. Andererseits zeigen sich in offenen Verpackungen aufgrund der stärkeren Abtrocknung der Produktoberfläche auch die größeren Wasserverluste.

Für Erdbeeren, die nachts bei höheren Temperaturen (15°) aufbewahrt werden treffen grundsätzlich die gleichen Aussagen zu. Dabei ist jedoch zu beachten, dass aufgrund der höheren Temperatur Stoffwechselfvorgänge (z.B. Atmung) rascher ablaufen und Mikroorganismen eine bessere Entwicklungsmöglichkeit geboten wird, sodass die Früchte dadurch schneller ihre Verderbgrenze erreichen.

In der nachfolgenden Tabelle 8 sind Ergebnisse eigener Versuchsreihen zur Haltbarkeit von Erdbeeren in verschiedenen Verpackungen und bei wechselnden Temperaturbedingungen wiedergegeben, dabei wird deutlich, dass die Herabsetzung der Temperatur während der Zwischenlagerung (z.B. nachts) eine sinnvolle Maßnahme zur Haltbarkeitsverlängerung darstellt.

| Tab. 8: Haltbarkeit von Erdbeeren in unterschiedlichen Verkaufsverpackungen bei wechselnden Umgebungsbedingungen | | |
|---|-----------------------|-----------|
| Verpackung | Haltbarkeit [Stunden] | |
| | 2°C/20°C | 15°C/20°C |
| Karton m. Folie | 81 | 37 |
| Kunststoff m. Deckel | 64 | 32 |
| Karton offen | 57 | 32 |

4.3.7 Mikrobielle Aktivitäten

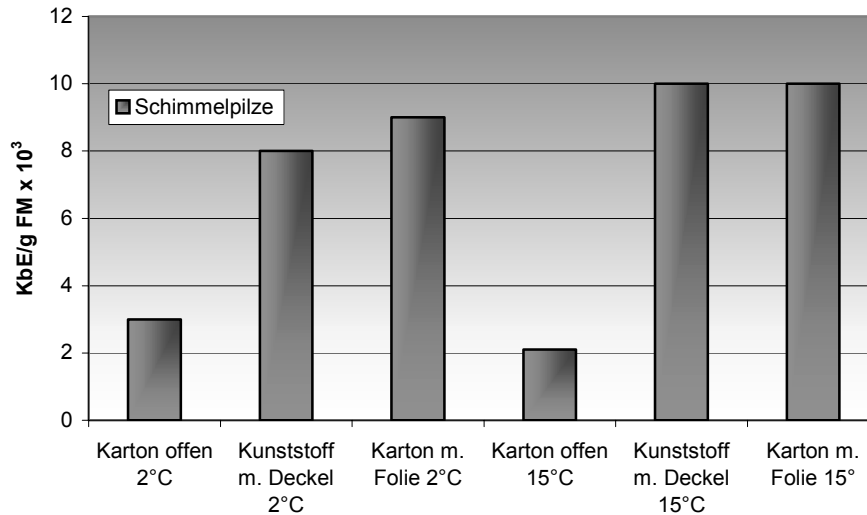


Abb. 5: Anzahl der koloniebildenden Einheiten [KbE] an Schimmelpilzen von Erdbeeren in verschiedenen Verkaufsverpackungen bei wechselnden Umgebungsbedingungen

in offenen Verpackungen. Durch die Wahl von niedrigen Temperaturen während der nächtlichen Zwischenlagerung (2°C) der Erdbeeren konnte das Wachstum der Pilze in den Verpackungen um 5-20% verringert werden.

Aus verschiedenen Veröffentlichungen (GARCÍA ET AL. 1996; WSZELAKI AND MITCHAM 2003) ist bekannt, dass Wärmebehandlungen in Form von Warmwasserbädern und/oder Warmluftströmungen (bis zu mehreren Stunden) die Vermehrung mikrobieller Erreger auf der Fruchtoberfläche eindämmen. Bei Erdbeeren werden Temperaturen zwischen 42°C (bis max 15 Minuten) und 48°C (2-3 Minuten) empfohlen, diese sollten jedoch nicht überschritten werden, da sonst mit einem Weichwerden und abnormen Farbentwicklungen der Früchte zu rechnen ist.

4.3.8 Gültigkeit der Aussagen

Streng genommen gelten die Empfehlungen nur für die untersuchte Erdbeersorte *Polka*. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass sich Sorten mit ähnlichen Eigenschaften in der Reifezeit (mittel), der Fruchtgröße (mittel) und der Fruchtfestigkeit (fest) vergleichsweise ähnlich verhalten, sodass die Empfehlungen auch hier tendenziell anwendbar sind.

Eigene Untersuchungen zur mikrobiellen Aktivität (Schimmelpilze) bei Erdbeeren in verschiedenen Verkaufsverpackungen sowie bei unterschiedlichen Temperaturen sind in der nachfolgenden Abbildung 5 dargestellt. Die Versuchsergebnisse zeigen deutlich, dass der Befallsdruck in geschlossenen Verpackungen aufgrund der höheren Luftfeuchtigkeit stärker war als

Pilzsporen können eigenbeweglich, direkt oder indirekt mittels Vektoren (z.B. Wasser, Insekten, ...) auf das Obst oder Gemüse gelangen. Ist der Kontakt zwischen dem pilzlichen Pathogen und dem Produkt hergestellt, so besiedelt der Pilz nach seiner Keimung die Produktoberfläche und dringt früher oder später in das Gewebe ein (BÖRNER 1997). Das Eindringen (Penetration) des Pilzes kann über natürliche Öffnungen (Kelchregion), durch Wunden, die bei unsachgemäßer Behandlung z.Z. der Ernte und/oder der Aufbereitung entstehen sowie durch die intakte Oberfläche erfolgen. Dazu werden zellwandauflösende Enzyme, Toxine und Wachstumsstoffe sowie mechanische Kräfte benutzt. Nach Errichtung eines stabilen Verhältnisses zwischen Pathogen und dem Produkt (= Abschluss der Infektionszeit) treten i.d.R. die ersten Krankheitserscheinungen (z.B. Fäule) auf. Das Wachstum und die Entwicklung von Mikroorganismen ist neben einer ausreichenden Versorgung mit Nährstoffen von mehreren Umweltfaktoren, wie Feuchtigkeit, Temperatur und pH-Wert abhängig. Die Temperaturansprüche von Mikroorganismen sind sehr unterschiedlich und müssen bei der Aufbewahrung von Obst und Gemüse beachtet werden.

Das Vorgehen gegen pilzliche Erreger ist abhängig vom Stadium der Infektion. Sobald der Pilz die Produktoberfläche durchbrochen hat, sind Maßnahmen wie Warmwasserbehandlungen nicht mehr erfolgreich. Die Zeitspanne zwischen Erkennung und Eindringen des Pilzes in das Gewebe ist artspezifisch und abhängig von äußeren Parametern (Temperatur, Feuchtigkeit).

Maßnahmen zur Vermeidung mikrobieller Aktivitäten sind:

- Ernte bei optimaler Reife
- Vermeidung mechanischer Verletzungen (Ernte, Reinigung, Verpackung, ...)
- Aussortieren von verletztem Obst und Gemüse
- Hygieneregeln beachten (Transport, Lager, Verpackungen, ...)

6. Resümee und Ausblick

In dem vorliegenden Leitfaden werden Empfehlungen zur Qualitätserhaltung von Bio-tomaten, -möhren und -erdbeeren gegeben. Damit soll ein Beitrag zur Verbesserung der Produkthandlings von ökologisch erzeugtem Obst und Gemüse in der Nachernte geliefert werden, dessen Zielrichtung darin besteht, die Absatzchancen von Bioprodukten weiter zu erhöhen.

Die Empfehlungen basieren zum großen Teil auf eigenen Untersuchungen mit den genannten Produktarten, ergänzt um bekannte Ergebnisse anderer Autoren. Eine Reihe von Einflussfaktoren auf die Veränderungen der Nacherntequalität (Sorten und besondere Produktaufmachungen, saisonale und regionale Einflüsse, Vorerntebedingungen, wie Klima, Bewässerungsregime, Düngung, ...) konnten aus den verschiedensten Gründen (personelle und materielle Kapazitäten, Zeitrahmen, ...) bei den Nacherntesimulationen unter Laborbedingungen keine Berücksichtigung finden.

Die Ergebnisse stellen daher grobe Richtwerte dar, die auch dazu anregen sollen, im Zweifelsfall kleine Experimente (ausschließlich auf der Grundlage dessen, was der Kunde zum Zeitpunkt der Kaufentscheidung auch zumindest teilweise überprüfen kann) selbst durchzuführen. Auf den Internetseiten der Verfasser werden in absehbarer Zeit Anregungen dazu eingestellt.

Gleichfalls werden interaktive Prognosemodelle etwa zur Vorhersage der Haltbarkeit in Abhängigkeit von anwenderspezifischen Temperatur-/Zeitrelationen verfügbar sein.

7. Anhang

7.1 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abb. 1: Verschiedene Reifestadien von Tomaten

Abb 2: Verluste an Tomaten in unterschiedlichen (6kg-)Verpackungen bei Raumklimabedingungen (20°C, 50% rF) durch mikrobielle Aktivitäten

Abb. 3: Anzahl der koloniebildenden Einheiten [KbE] an Schimmelpilzen von Möhren in verschiedenen Verpackungen bei wechselnden Umgebungsbedingungen

Abb. 4: Haltbarkeit von Erdbeeren in Abhängigkeit von der Temperatur

Abb. 5: Anzahl der koloniebildenden Einheiten [KbE] an Schimmelpilzen von Erdbeeren in verschiedenen Verkaufsverpackungen bei wechselnden Umgebungsbedingungen

Abb. 6: Schematische Darstellung des Entwicklungs-^{*} und Infektionsvorganges pilzlicher Erreger

Tab. 1: Haltbarkeit [Tage] von Tomaten bei verschiedenen Temperaturen [°C] während der Nachernte

Tab. 2: Produktverträglichkeiten von Tomaten

Tab. 3: Wasserverlust [%] von Tomaten in Verpackungen mit unterschiedlichen Füllungsgrad

Tab. 4: Wasserverlust von Möhren in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte bei 20°C und freier Konvektion

Tab. 5: Haltbarkeit von Möhren (Spätanbau) in 5kg -Plastiksteigen bei wechselnden Umgebungsbedingungen

Tab. 6: Haltbarkeit von Möhren in verschiedenen Verpackungen mit unterschiedlichen Füllungsgrad

Tab. 7: Haltbarkeit von reifen Erdbeeren in Abhängigkeit von der Umgebungsbedingung

Tab. 8: Haltbarkeit von Erdbeeren in unterschiedlichen Verkaufsverpackungen bei wechselnden Umgebungsbedingungen

7.2 Literaturverzeichnis

Börner, H. (1997): Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 7. Auflage, Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

BUNDESSORTENAMT (1992): Beschreibende Sortenliste. Fruchtgemüse, Blattgemüse, S. 62-69.

BUNDESSORTENAMT (1995): Beschreibende Sortenliste. Beerenobst.

BUNDESSORTENAMT (2001): Beschreibende Sortenliste. Wurzel-, Zwiebel-, Kohlgemüse, Hülsenfrüchte, S. 19-25.

BÖTTCHER, H. (1996): Frischhaltung und Lagerung von Gemüse. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.

Daßler, E. und Heitmann, G. (1991): Obst und Gemüse – Eine Warenkunde. 4. Aufl., Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg.

GARCÍA, J.M., AGUILERA, C., JIMÉNEZ, A.M. (1996): Gray Mold in and quality of Strawberry Fruit following Postharvest Heat Treatment. HortScience 31 (2), S. 255-257.

ILLERT, S. (2003): Die kleine Marktstudie: Möhren. Gemüse 11/2003, S. 60-62.

- KASBOHM, A. (2002): 2002: Kein schlechtes Jahr für den Gemüsebau. ZMP Marktkommentar, Öko-markt Forum, Nr. 51/52 – 20.12.2002, S. 6-9.
- KASBOHM, A. (2003): Niedrige Obsternte 2002 sorgt für zufriedenstellendes Preisniveau. ZMP Marktkommentar, Ökomarkt Forum, Nr. 13 - 28.03.2003, S. 5-8.
- Kolb, H. (2003): Mehr Wissen über Mikroorganismen. Gemüse 5, S.8-11.
- Kunz, B. (1994): Grundriss der Lebensmittel-Mikrobiologie. Behr's Verlag.
- OSTERLOH, A., EBERT, G., HELD, W.H., SCHULZ, H., URBAN, E. (1996): Lagerung von Obst und Südfrüchten. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- VERBAND DER LANDWIRTSCHAFTSKAMMERN E.V. (STAND APRIL 2003): Qualitätsnormen und Handelsklassen für Gartenbauerzeugnisse und Kartoffeln – Gesetze, Verordnungen, Kommentare - Lose-Blatt-Sammlung, Heft Nr. 61, Band II.
- VOGEL, G. (1996): Handbuch des speziellen Gemüsebaus. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- WINTER, F. (HRSG.) (2002): Lucas' Anleitung zum Obstbau. 32.Auflage. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- WÜRTHENBERGER, E. (2003): Die kleine Marktstudie: Erdbeeren. Gemüse 10/2003, S. 48-50.
- WSZELAKI, A.L., MITCHAM, E.J. (2003): Effect of combinations of hot water dips, biological control and controlled atmospheres for control of gray mold on harvested strawberries. Postharvest Biology and Technology 27, S. 255-264.

www.ucdavis.edu, 01.11.2003

www.beerenstark.de, 01.11.2003

www.zmp.de, 01.11.2003