

Performancebewertung von feuchtegeregelten Gemüseschalen in Kühlgeräten

Astrid Klingshirn, Lilla Brugger, Marina Gienger und Lisa-Marie Dietz

Kurzfassung

In Kühlgeräten finden sich zunehmend feuchtegeregelte Systeme für die Gemüselagerung, für welche jedoch keine Bewertungsgrundlagen zur Funktionsanalyse bestehen. Anhand vergleichender Lagertests wird der Einfluss feuchtegeregelter Lagersysteme auf den Qualitätserhalt von Gemüse ermittelt. Als Leitparameter eignet sich der Frischmasseverlust; die Analyse der Farbveränderung kann als unterstützende Prüfmethode dienen.

Schlagerworte: Feuchterege lung, Kühlgeräte, Frischeperformance, Kaltlagerfach, Frischmasseverlust, Qualitätsanalyse, Gemüse

Performance analysis of humidity-controlled vegetable drawers in refrigerators

Abstract

Vegetable drawers with humidity-control options gain in importance in refrigerators. Yet to date no standardized analysis methods are available for performance analysis. Based on a comparative storage analysis with vegetables, the impact of different humidity-controlled storage systems on quality retention is analyzed. Fresh weight loss can be applied as the main parameter for performance evaluation, with color change analysis as a supporting test method in subsequent storage.

Keywords: Humidity controlled storage, refrigerator, freshness performance, chill compartment, fresh weight loss, quality analysis, vegetable

Performancebewertung von feuchtegeregelten Gemüseschalen in Kühlgeräten

Astrid Klingshirn, Lilla Brugger, Marina Gienger und Lisa-Marie Dietz

Einleitung und Problemstellung

Pro Person landen in Deutschland im Jahr 2015 ca. 75,2 Kilogramm Lebensmittel im Abfall. Rund 43 % dieser Lebensmittelabfälle sind dabei vermeidbar (Schmidt et al. 2019). Obst und Gemüse stellen mit 34 % den größten Anteil der vermeidbaren Lebensmittelabfälle dar. Ursache für das Wegwerfen sind vorrangig Haltbarkeitsprobleme, gefolgt von falscher Planung beim Einkauf und der Verwendung (Waskow, 2018; BMEL 2019). Um einen frühzeitigen Verderb der Lebensmittel zu verhindern und so Lebensmittelabfälle zu reduzieren, ist eine sachgemäße Lagerung nötig, was in den meisten Fällen eine Lagerung im Kühlschrank erfordert (Kemna et al. 2019). Dass dies nicht ausreichend umgesetzt wird, zeigt eine Studie aus dem Jahr 2008: Gemüse wird zu 75 % im Kühlschrank gelagert, Obst ist mit 40 % wesentlich seltener in Kühlschränken vorzufinden (WRAP 2008). Die generelle Bereitschaft der Verbraucher, ihr Verhalten hin zu einer Optimierung der Haltbarkeit zu ändern, ist begrenzt. Nur etwa 13 % der Verbraucher scheinen empfänglich für Empfehlungen zu sein und sind bereit, Anstrengungen zur Verringerung der Lebensmittelverschwendung zu unternehmen. Fast 60 % sind für das Thema nicht empfänglich oder völlig unbeteiligt (WRAP 2007). Für die meisten Obst- und Gemüsesorten sind Temperaturen zwischen 0 und 4 °C in Kombination mit einer hohen relativen Luftfeuchte von >95 % anzustreben.

Durch die Implementierung von feuchtegeregelten Gemüseschubladen in Kühlgeräten werden die für Obst und Gemüse erforderlichen Lagerbedingungen geschaffen. Die Bereitstellung solcher Lagersysteme kann Verbraucher proaktiv unterstützen, eine optimierte Lagerung umzusetzen, so dass auch bei den Verbrauchern, die sich des Einflusses der Lagerklimaparameter auf den Qualitätserhalt nicht bewusst sind oder nicht zur Veränderung von Lagergewohnheiten bereit sind, Produktverluste reduziert werden können (Thomas 2007).

Stand des Wissens

Lageranforderungen von Obst und Gemüse

Obst und Gemüse sind leicht verderbliche Lebensmittel, deren Stoffwechsel nach der Ernte weiterhin aktiv ist, was zu Qualitätsveränderungen im Lagerverlauf und schließlich zum Verderb führt (Bartz & Brecht 2003). Zu den Hauptverderbserscheinungen zählen Textur- und Farbveränderungen, Geruchs- und Geschmacksveränderungen, Nährstoffverluste sowie Schimmel und Fäulnis.

Zudem trägt der Frischmasseverlust, v. a. dominiert durch Transpiration und bei Kühllagerbedingungen in geringem Umfang auch durch die Respirationsaktivität der Produkte zum kontinuierlichen Qualitätsabbau während der Lagerung bei (Becker & Fricke 1996).

Durch die Absenkung der Lagertemperatur auf 0 - 4 °C wird das mikrobielle Wachstum verringert bzw. ganz gestoppt und metabolische Aktivitäten werden verlangsamt (Schuchmann & Schuchmann 2005). Gemäß der Arrhenius-Gleichung resultiert aus einer Senkung der Temperatur um 10 K eine Verlangsamung der Stoffwechselreaktionen um den Faktor 2 bis 3. Daraus ergibt sich für pflanzliche Frischwaren eine bis zu dreifach längere Lagerzeit bei Umsetzung von Kühllagerbedingungen (Herppich et al. 2010).

Neben der Lagertemperatur ist auch die relative Luftfeuchte der Nachernteumgebung ein entscheidender Parameter für den Qualitätserhalt, da Transpirationsverluste und damit der Verlust an Frischmasse unter Kühllagerbedingungen maßgeblich zum Qualitätsabbau beitragen. Die Wasserabgabe durch Transpiration ist überwiegend vom Wasserdampfgradienten zwischen der Umgebungsluft und dem Produkt abhängig (Bartz & Brecht 2003) sowie vom Verhältnis der Produktoberfläche zum Produktvolumen (Krug 1991). Um die Transpiration in Folge des Wasserdampfgradienten so gering wie möglich zu halten, ist bei Obst und Gemüse eine hohe relative Luftfeuchte >95 % anzustreben (Bartz & Brecht 2003). Bei einer Vielzahl von Obst und Gemüseprodukten führt bereits ein Wasserverlust von 3 bis 10 % zu deutlichen Qualitätsveränderungen (Kays & Paull 2004).

Bei konventioneller Kühlschrankschlagerung, d. h. bei einer Lagertemperatur zwischen 4 und 8 °C und einer relativen Luftfeuchte von 70 bis 90 % beträgt der tägliche Frischmasseverlust von Gemüse je nach Produkt zwischen 1 und 20 %: So verliert Spinat beispielsweise bis zu 5 % an Frischmasse pro Tag, Kopfsalat bis zu 11 % und Radieschen bis zu 20 %, was einem vollständigen Produktverderb gleichzusetzen ist (Bognar et al. 1990). Bei Anwendung der idealen Lagerbedingungen, das heißt einer Lagertemperatur von nahe 0 °C und einer relativen Luftfeuchte von >95 %, kann der Frischmasseverlust infolge von Transpirationsverlusten minimiert und die Haltbarkeit dadurch verlängert werden (Bartz & Brecht 2003). So beträgt die Lagerdauer für Brokkoli unter optimalen Lagerbedingungen beispielsweise 14-21 Tage und für Spinat 10 - 14 Tage (El-Ramady et al. 2014). Unter Berücksichtigung typischer Lagerdauern von ca. 5 Tagen bis maximal 11 Tagen bis zum Verbrauch (Rocatto et al. 2017) kann so sichergestellt werden, dass alle Produkte bis zu deren Verwendung eine hohe Verzehrsqualität aufweisen, stets unter der Annahme einer ausreichenden Ausgangsqualität zum Zeitpunkt der Einlagerung.

Entwicklungstrends bei Kühlgeräten

In privaten Haushalten werden heute v. a. Kühl-Gefrierkombinationen genutzt, mit einem Anteil von 85 %. Frischefunktionen sind dabei zunehmend vorzufinden, vor allem im Bereich von Gemüseschalen mit Systemen zur Feuchteregulierung.

Die Rückhaltung der Feuchte, die durch Transpiration und Respiration der zumeist offen gelagerten Obst- und Gemüseprodukte (WRAP 2008) in den Lagerbereich abgegeben wird, erfolgt im einfachsten Falle durch mechanische Feuchteregler, die Lüftungsöffnungen im vorderen oder oberen Bereich der Lagerschalen öffnen oder verschließen. Aufwendigere Systeme setzen die Schließ- und Belüftungsfunktion über dicht schließende Deckelsysteme um, die Lüftungsöffnungen oder Hebe-mechanismen beinhalten. Vereinzelt finden sich, dann v. a. im asiatischen Markt, auch aktive Feuchteregelsysteme, z. B. durch die Steuerung des Lüfterlaufs in der Verdichterstandzeit, was zu einer Rückbefeuchtung des Kühlraumes beitragen kann (Whirlpool 2018).

Je nach Umsetzung können Feuchteregelsysteme einen unterschiedlich starken Einfluss auf den Qualitätserhalt und damit die Frischeperformance des Kühlgerätes haben. Insbesondere bei dynamisch gekühlten Kühl-Gefrierkombinationen, die über ein zentrales Verdampfersystem im Gefrierbereich verfügen und dadurch geringe Luftfeuchtwerte im Kühlfach aufweisen, sind funktionale Feuchteregelsysteme essenziell.

Eine weiter optimierte Anpassung an die unterschiedlichen Lagerklimaanforderungen je Lebensmittelgruppe bieten Mehrzonenkühlgeräte, die durch spezielle Luftführung oder separate Verdampfer unterschiedliche Temperaturbereiche realisieren und zumeist auch Feuchteregeloptionen integrieren (aid 2016). Meist sind separate Temperaturzonen als Kaltlagerfach umgesetzt, deren Temperatur im Bereich von -3 °C bis $+3\text{ °C}$ liegt (IEC 62552-2, 2015) und die vorwiegend unabhängig von der eingestellten Lagertemperatur im Kühlfach eingestellt werden kann.

Performanceanalyse feuchtegeregelter Gemüseschalen

Zur Analyse der Performance von feuchtegeregelten Gemüseschalen existiert bisher noch kein freigegebenes, international anerkanntes Prüfverfahren. Auch werden Frischefunktionen heute im Rahmen von Tests von Verbraucherinstitutionen, mit Ausnahme der Analyse der Temperatur, nicht in die Gesamtbewertung einbezogen, obgleich die Frischhaltung die primäre Funktion von Kühlgeräten darstellt.

Welchen Einfluss unterschiedliche Lagersysteme für Gemüse in Kühlgeräten mit und ohne Feuchteregelung auf den Qualitätserhalt von Gemüse haben, wird anhand der Gemüsesorten Spinat und Brokkoli untersucht. Dabei wird ein Kaltlagerfach einer konventionellen Gemüseschale jeweils mit und ohne Feuchteregelung gegenübergestellt. Zudem erfolgt die Betrachtung der offenen Lagerung im Kühlfach selbst, da dies auch das typische Verbraucherverhalten widerspiegelt. Die Qualitätsanalyse der Proben erfolgt im Zweifachansatz anhand einer sensorischen Bewertung, der Messung des Frischmasseverlusts sowie der Analyse der Grüntonveränderung mittels digitalem Farbprüfstand. Innerhalb des zwei- bzw. dreiwöchigen Lagerverlaufs erfolgen die Analysen produktspezifisch im Intervall zwischen 2 bis 5 Tagen.

Im Fokus steht neben der Analyse des Qualitätsverlaufs v. a. auch die Ableitung von Analyseparametern, die eine Schnellbewertung von Lagersystemen bei vergleichenden Tests zulassen. Zudem gilt es die grundsätzliche Eignung vergleichender Prüfungen zur Bewertung der Frischeperformance bei Kühlgeräten zu ermitteln.

Material und Methoden

Die Gemüsesorten Spinat und Brokkoli werden im Zweifachansatz, unverpackt, in jeweils fünf Lagersysteme eingelagert. Der Spinat wird vorab in 15 - 20 g Portionen in Kunststoffschalen eingewogen. Von jeder Gemüsesorte werden zwei unterschiedliche Rohwarencargen eingesetzt. Die verwendeten Lagersysteme befinden sich in zwei statisch gekühlten Kühlgeräten mit Fertigungsdatum 2017 (Tab. 1).

Tab. 1: Verwendete Gemüselagersysteme

Kühlgefrierkombination mit Kaltlagerfach			Einbaukühlschrank mit Gefrierfach		
Lagerbereich	Einstellung	Abkürzung	Lagerbereich	Einstellung	Abkürzung
Kaltlagerfach mit Feuchteregelung (Volumen: 37 l)	0 °C	0 °C, GFK	Gemüseschale mit Feuchteregelung (Volumen: 35,2 l)	4 °C	4 °C, GFK
Kaltlagerfach ohne Feuchteregelung (Volumen: 37 l)	0 °C	0 °C, G	Gemüseschale ohne Feuchteregelung (Volumen: 20,5 l)	4 °C	4 °C, G
Kühlfach (Volumen: 148 l)	4 °C	4 °C, K			

Für den Versuch stehen von jedem Kühlgeräte-Typ zwei Exemplare zur Verfügung, was eine parallele Lagerung der Chargen ermöglicht. Jede Charge wird dabei in alle fünf Lagersysteme eingelagert. Die Temperatur und relative Luftfeuchte der Lagersysteme wird mittels mobilen Datenloggern überwacht und aufgezeichnet. Zum Festlegen der Analysenzeiträume werden die maximalen Lagerzeiten aus der Literatur herangezogen.

Demzufolge werden bei Spinat 12 bis 14 Tage und bei Brokkoli 21 Tage angesetzt (El-Ramady, Domoskos-Szabolcsy, Abdalla, Taha, & Fári, 2014). Innerhalb des Analysenzeitraums werden die Spinatproben in zwei bis drei Tagesabständen und die Brokkoliprobe in drei bis fünf Tagesabständen kontrolliert. Die Qualitätsänderungen werden an den Kontrolltagen mittels sensorischer Bewertung, Messung des Frischmasseverlusts und Grüntonanalyse mit digitalem Farbprüfstand erfasst.

Die sensorische Analyse der Proben erfolgt anhand einer bewertenden Prüfung mit Skale in Anlehnung an DIN 10952 mit zwei geschulten Prüfern. Es werden die Merkmale Farbe, Geruch und Textur mit einer 6-Punkte Skala bewertet (Tab. 2). Die Merkmalseigenschaften werden dabei probenspezifisch konkretisiert und angepasst.

Tab. 2: Basisstruktur des Sensorikbewertungsschemas

Qualität	Skalenwert	Merkmalseigenschaft
hohe Qualität	1	volle Erfüllung der Erwartungen
	2	geringfügige Abweichungen
mittlere Qualität	3	merkliche Abweichungen
	4	deutliche Fehler
unzureichende Qualität	5	starke Fehler
	6	völlig verändert

Je nach Gemüsesorte variiert der Einfluss der Einzelmerkmale auf die Gesamtbewertung des Qualitätszustandes, der als Summenparameter in Form des Gesamtqualitätsindex angegeben wird. Die Gewichtung der Einzelparameter je Gemüse zeigt Tab. 3, wobei ein Qualitätsindex von 3,6 der Verzehrsgrenze und damit dem Ende der Haltbarkeit entspricht.

Tab. 3: Berechnungsgrundlagen des Gesamtqualitätsindex

Produkt	Berechnungsschema des Qualitätsindex
Brokkoli	$(\text{Farbe} \times 5 + \text{Geruch} \times 1 + \text{Textur} \times 4) / 10$
Spinat	$(\text{Farbe} \times 3 + \text{Geruch} \times 2 + \text{Textur} \times 5) / 10$

Die Ermittlung der maximalen Lagerdauer erfolgt anhand der Analysedaten des Qualitätsindex im Lagerverlauf, oder, falls die Verzehrsgrenze binnen des Lagerzeitraums nicht erreicht wird, mittels Regressionsanalyse.

Zur Ermittlung des Frischmasseverlusts wird das Probengewicht mit einer Analysenwaage bestimmt. Der Frischmasseverlust pflanzlicher Frischwaren setzt sich dabei aus den Transpirationsverlusten, welche bei der Kühlung überwiegen sowie den Respirationsverlusten, zusammen. Die Veränderung des Probengewichts in Bezug auf das Anfangsgewicht wird als prozentualer Frischmasseverlust ermittelt. Bei der Auswertung wird der kritische Frischmasseverlust als Bewertungsparameter mit herangezogen, der beim Abverkauf von Gemüseprodukten

als Grenzwert der Verkaufsfähigkeit gilt und damit erste wahrnehmbare Qualitätsveränderungen indiziert. Bei Brokkoli liegt dieser bei 4 %, bei Spinat bei 3 % (Kays & Paull 2004).

Die Bestimmung der Farbveränderung des Grünanteils erfolgt mit digitalem Farbprüfstand und der dazugehörigen Software (FoodWINSpector). Zur Überwachung der Farbveränderung werden mit einer CCD-Kamera Bilder der Produkte im Farbprüfstand aufgenommen. Die Software ermittelt, basierend auf dem NCS-Farbsystem, die Bunttöne B70G bis Y30R der Probe. Für die Auswertung relevant ist die Angabe der prozentualen Farbanteile der Blau- bis Grüntöne B70G bis G70Y. Da im Wesentlichen der Farbton G30Y bei beiden Gemüsesorten eine Änderung im Lagerverlauf aufzeigt, wird rein dessen Entwicklung im Folgenden grafisch aufgezeichnet und mittels Deltabetrachtung zum Ausgangswert ausgewertet. Für die Messung werden die Proben an jedem Versuchstag in gleicher Ausrichtung in der Lichtkabine platziert. Brokkoliprobe, welche zur Analyse vertikal positioniert werden, werden aufgrund des zunehmenden Texturverlustes im Lagerverlauf seitlich umlaufend mit Klebeband fixiert, um eine vergleichbare Farbbewertung zu den vorausgegangenen Lagertagen umzusetzen. Die Analyse erfolgt mit der Software win Food Evaluation.

Ergebnisse

Ausgehend von den ermittelten Daten zu den Temperatur- und Feuchtebedingungen in den betrachteten Lagersystemen erfolgt die Darstellung der qualitätsgebenden Eigenschaften von Brokkoli und Spinat im Lagerverlauf. Hierbei erfolgt eine Darstellung der Ergebnisse je eingelagerter Charge.

Lagerklimabedingungen

In Tab. 4 sind die Klimabedingungen der untersuchten Lagersysteme dargestellt.

Tab. 4: Temperatur- und Feuchtebedingungen der Lagersysteme während der Lagerung (Mittelwert und Standardabweichung)

		0 °C, GFK	0 °C, G	4 °C, GFK	4 °C, G	4 °C, KF
Charge 1	Temperatur [°C]	0,8±0,3	1,5±0,4	3,2±0,6	2,5±1,0	3,7±0,3
	Rel. Luftfeuchte [%]	94±4	81±13	94±5	62±17	70±12
Charge 2	Temperatur [°C]	1,0±0,1	1,6±0,5	3,5±0,8	2,9±1,3	4,1±0,2
	Rel. Luftfeuchte [%]	92±6	84±8	95±4	62±20	70±8

Das 0 °C- Lagersystem weist eine Temperatur von ca. 0,8 bis 1,6 °C auf. Die 4 °C-Lagersysteme weisen im Lagersystem ohne Feuchteregelung eine um ca. 1K niedrigere Temperatur als das Gerätesetting auf. Die feuchteregelten Gemüseschalen weisen eine relative Luftfeuchte von >90 % auf, die Lagerbereiche ohne Feuchteregelung von 60 bis 70 %. Die Konstanz der relativen Lagerfeuchte ist dabei unter feuchteregelten Bedingungen deutlich ausgeprägter.

Qualitätsveränderung von Brokkoli im Lagerverlauf

Frischmasseverlust Brokkoli

Der Verlauf des prozentualen Frischmasseverlusts ist in Abb. 1 und 2 dargestellt.

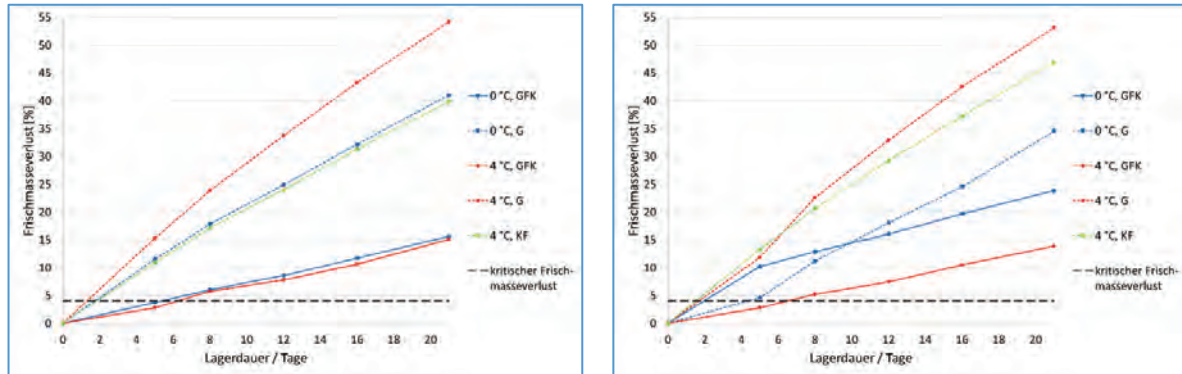


Abb. 1: Frischmasseverlust Brokkoli, Charge 1

Abb. 2: Frischmasseverlust Brokkoli, Charge 2

Bei beiden Chargen weisen die Brokkoliprobe der feuchtegeregelten Gemüseschalen den geringsten Frischmasseverlust auf. Es zeigen sich jedoch deutliche Unterschiede der Verläufe je Lagersystem und Charge. Während die feuchtegeregelten Systeme bei Charge 1 vergleichbar sind, zeigt sich bei Charge 2 ein deutlich besserer Feuchterückhalt bei der Probe 4 °C, GFK. Bei den nicht feuchtegeregelten Systemen weist die Gemüseschale ohne Feuchteregelung eine stärkere Entfeuchtung als die Lagerung im Kühlfach auf, was aufgrund der geringeren Luftfeuchtwerte in der Gemüseschale zu erwarten war. Der kritische Frischmasseverlust, der bei Brokkoli bei 4 % liegt, ist bei den nicht feuchtegeregelten Lagersystemen von Charge 1 bereits nach 2 Tagen erreicht, bei Charge 2 ebenso, mit Ausnahme des Systems bei 0 °C, G. Bei den feuchtegeregelten Systemen wird dieser nach 5 bis 7 Tagen erreicht.

Farbveränderung G30Y bei Brokkoli

Bei Brokkoli gilt die Zunahme des Gelbanteils als ein Indikator für den zunehmenden Qualitätsabbau. Charge 1 weist von Beginn an deutlich unterschiedliche G30Y-Anteile auf (Abb. 3), während Charge 2 homogenere Ausgangswerte zeigt (Abb. 4). Auch im Lagerverlauf zeigen sich je Charge deutlich unterschiedliche Entwicklungen: Während bei Charge 1 der Anteil des Farbtons G30Y zunächst bis Tag 8 abnimmt, steigt der Anteil von G30Y bei Charge 2 stetig an.

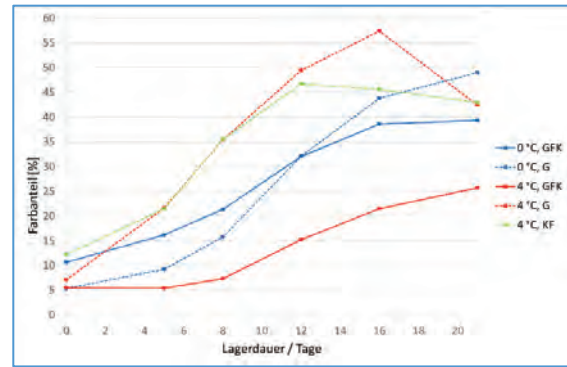
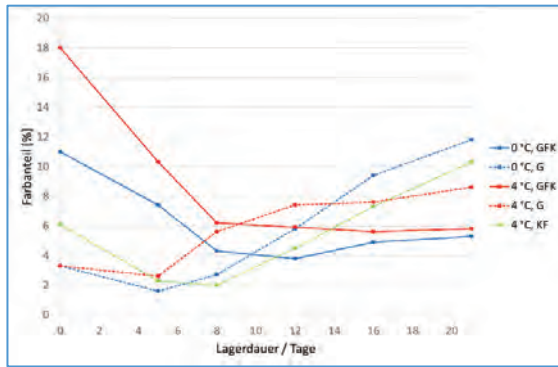


Abb. 3: Entwicklung des Farbanteils von G30Y Brokkoli Charge 1
 Abb. 4: Entwicklung des Farbanteils von G30Y - Brokkoli Charge 2

Die Deltaberechnung in Tab. 5 zeigt, dass bei Charge 2 bei den feuchtegeregelten Lagersystemen die geringste Farbveränderung von G30Y auftritt. Charge 1 spiegelt dies nicht wider, hier weist der Brokkoli des Lagersystems 4 °C, GFK die größte Änderung im Farbwert G30Y auf.

Tab. 5: G30Y- Farbwertdifferenzen von Brokkoli an ausgewählten Lagertagen zum Startwert

Δ G30Y		0 °C, GFK	0 °C, G	4 °C, GFK	4 °C, G	4 °C, KF
Charge 1	Tag 5	3,60	1,70	7,70	0,70	3,80
	Tag 12	7,20	2,50	12,10	4,10	1,60
	Tag 21	5,70	8,50	12,20	5,30	4,20
Charge 2	Tag 5	5,60	3,90	0,10	14,50	9,30
	Tag 12	21,40	26,80	9,70	42,30	34,50
	Tag 21	28,70	43,70	20,20	35,30	30,70

In Tab. 6 sind beispielhaft die Fotoaufnahmen der Charge 2 von Versuchstag 12 der verschiedenen Lagersysteme abgebildet. Es ist zu erkennen, dass die Brokkoliprobe der Lagervariante 4 °C, GFK den geringsten Gelbanteil aufweist, gefolgt von den Kaltlagerfachlagervarianten.

Tab. 6: Fotodokumentation Tag 12, Brokkoli Charge 2

Tag 12	0 °C, GFK	0 °C, G	4 °C, GFK	4 °C, G	4 °C, KF
Echtbilder					
Negativbilder					

Sensorische Bewertung von Brokkoli

Die Entwicklung des Qualitätsindex im Lagerverlauf zeigt, dass die Proben der Lagervariante 4 °C, G die Verzehrgrenze am schnellsten überschreiten, gefolgt von den im Kühlfach gelagerten Proben (Abb. 5 und 6). Auch hier zeigen sich deutliche Chargenunterschiede: Bei Charge 1 erreichen die Brokkoliprobe der feuchtegeregelten Lagersysteme die Verzehrgrenze innerhalb des Analysenzeitraums nicht. Bei Betrachtung der Charge 2 zeigt sich bei der Lagervariante 0 °C, GFK eine kürzere Lagerdauer als bei der Lagervariante 0 °C, G.

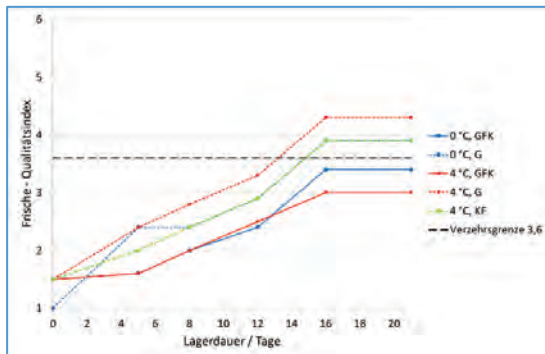


Abb. 5: Qualitätsverlauf Brokkoli Charge

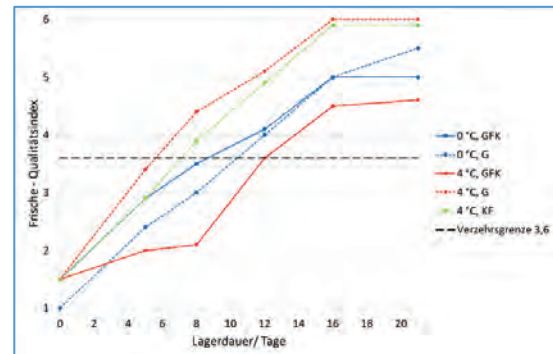


Abb. 6: Qualitätsverlauf Brokkoli Charge 2

Betrachtung der Gesamtlagerdauer von Brokkoli je Lagersystem

Auch in der Auswertung der maximalen Lagerdauer, basierend auf der ermittelten Verzehrgrenze aus der sensorischen Analyse, spiegeln sich die deutlichen Chargenunterschiede je Lagersystem wider (Tab. 7). Bei Charge 1 weisen die feuchtegeregelten Lagerbereiche in Gegenüberstellung zu den nicht feuchtegeregelten Systemen eine Lagerzeitverlängerung von 7 – 13 Tagen auf. Bei Charge 2 zeigen sich die Unterschiede nicht bzw. weniger ausgeprägt, was den hohen Stellenwert der Ausgangsqualität zu Beginn der Lagerung unterstreicht. Es wird deutlich, dass die Brokkoliprobe der Charge 1 länger verzehrsfähig sind. Bei beiden Chargen weist die Lagervariante 4 °C, GFK die längste Lagerdauer auf. Sie ist bei beiden Chargen ca. doppelt so lang wie bei gleicher Temperatur jedoch ohne Feuchteregelung.

Tab. 7: Maximale Lagerdauer von Brokkoli je Charge und Lagersystem

Verzehrgrenze [Tage]	0 °C, GFK	0 °C, G	4 °C, GFK	4 °C, G	4 °C, KF
Charge 1	21,5	14,5	26	13	14,5
Charge 2	8,5	10,5	12	5,5	7

Qualitätsveränderung von Spinat im Lagerverlauf

Frischmasseverlust von Spinat

Der Frischmasseverlust der Spinatproben, dargestellt in Abb. 7 und 8, zeigt in der Reihenfolge der Lagersysteme bei beiden Chargen den gleichen Verlauf. Bei den feuchtegeregelten Lagersystemen lässt sich der geringste Frischmasseverlust verzeichnen. Die nicht feuchtegeregelten Lagersysteme beider Chargen erreichen den kritischen Frischmasseverlust von 3 % bereits innerhalb des ersten Lagertages, jedoch wird der Wert auch bei den feuchtegeregelten Systemen bereits nach spätestens 2 Tagen erreicht.

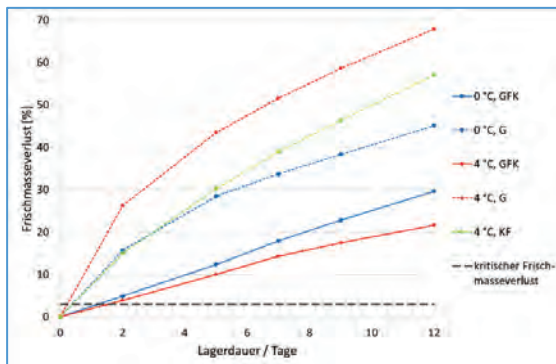


Abb. 7: Frischmasseverlust Spinat Charge 1

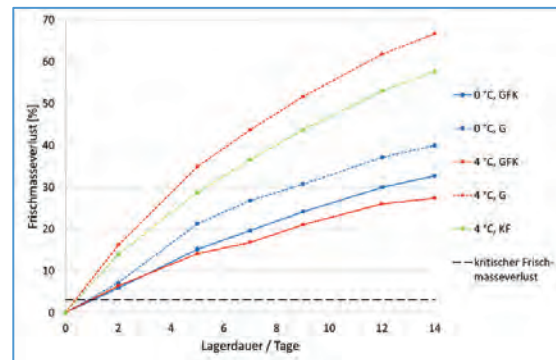


Abb. 8: Frischmasseverlust Spinat Charge 2

Farbveränderung G30Y bei Spinat

Bei beiden Spinatchargen ist ein Anstieg des Farbanteils von G30Y im Lagerverlauf zu verfolgen. Es zeigt sich jedoch keine Ähnlichkeit in der Abfolge der Lagersysteme.

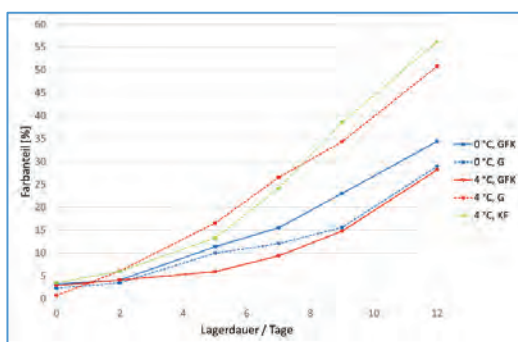


Abb. 9: Entwicklung des Farbanteils von G30Y - Spinat Charge 1

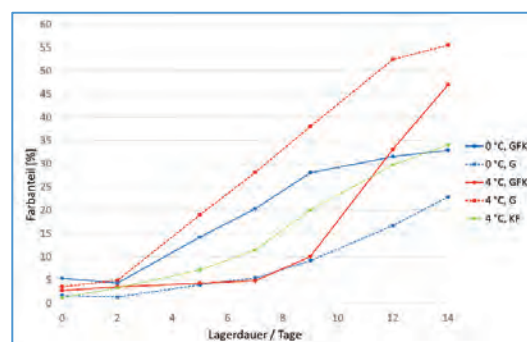


Abb. 10: Entwicklung des Farbanteils von G30Y - Spinat Charge 2

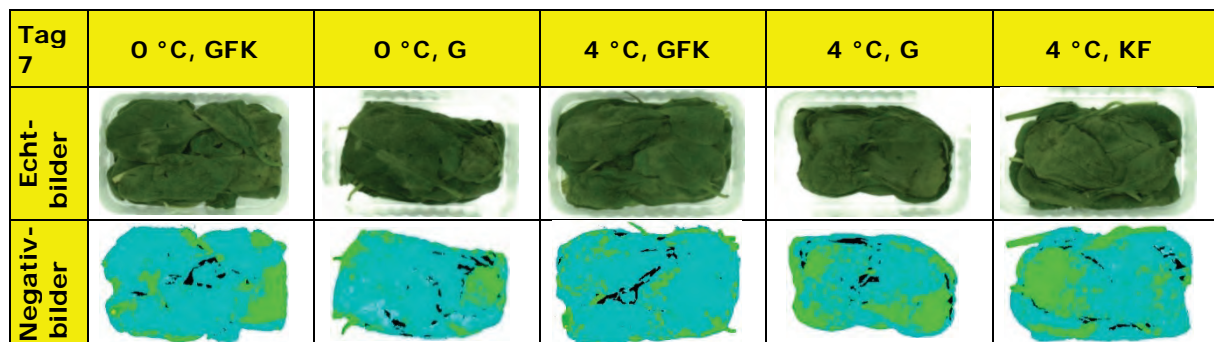
Bei Betrachtung der Farbwertdifferenzen von G30Y vom Ausgangswert zum Wert an Versuchstag 7 zeigt sich, dass in beiden Chargen das Lagersystem 4 °C, GFK die geringste Farbänderung aufweist (Tab. 8). Im Vergleich dazu weisen die Proben des Lagersystems 4 °C, G die höchste Farbänderung auf.

Tab. 8: G30Y- Farbwertdifferenzen von Spinat an ausgewählten Lagertagen zum Startwert

Δ G30Y		0 °C, GFK	0 °C, G	4 °C, GFK	4 °C, G	4 °C, KF
Charge 1	Tag 2	0,90	1,20	1,20	5,40	2,50
	Tag 7	12,30	9,70	6,50	25,80	20,60
Charge 2	Tag 2	1,00	0,30	0,80	1,40	2,20
	Tag 7	15,00	3,80	2,10	24,60	10,30

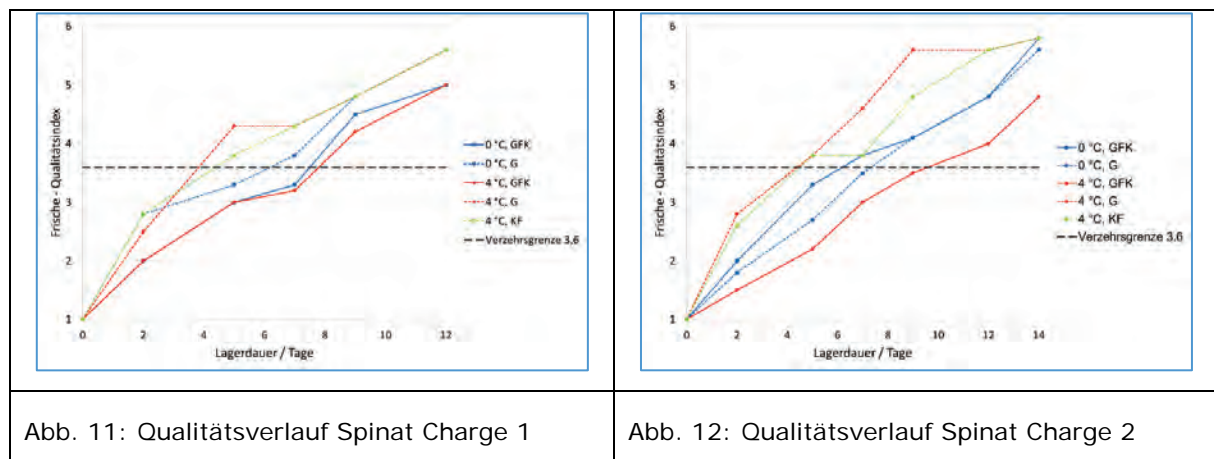
In Tab. 9 sind beispielhaft die Fotoaufnahmen der Charge 1 von Versuchstag 7 der verschiedenen Lagersysteme abgebildet. Auch hier ist zu erkennen, dass die Spinatprobe der Lagervariante 4 °C, GFK den geringsten Gelbanteil aufweist.

Tab. 9: Fotodokumentation Tag 7, Spinat Charge 1



Sensorische Bewertung der Spinatproben

Die Analyse der Entwicklung des Qualitätsindex zeigt, dass die Spinatproben der Lagervarianten 4 °C, G und 4 °C, KF die Verzehrsgrenze nach bereits 4 bzw. 4,5 Tagen erreichen und somit die kürzeste Lagerdauer aufweisen (Abb. 11, 12).



Bei den Spinatproben der Charge 2 ist auffallend, dass die Lagerdauer in der feuchtgeregelten Gemüseschale kürzer ist als in der Gemüseschale ohne Feuchteregelung.

Betrachtung der Gesamtlagerdauer von Spinat je Lagersystem

Beide Chargen unterscheiden sich in der maximalen Lagerdauer je System nur geringfügig. Bei Charge 1 ist bei Gegenüberstellung der feuchtegeregelten zu den nicht feuchtegeregelten Lagersystemen eine Lagerzeitverlängerung von 1,5 – 4 Tagen zu verzeichnen. Beim Vergleich der 0 °C Fächer der Charge 2 ist keine Lagerzeitverlängerung bei feuchtegeregelter Lagerung abzuleiten, bei der 4 °C Lagerung hingegen um 5 Tage. Bei der Lagervariante 4 °C, GFK zeigt sich bei beiden Chargen die längste Lagerdauer.

Tab. 10: Maximale Lagerdauer von Spinat je Charge und Lagersystem

Verzehrgrenze [Tage]	0 °C, GFK	0 °C, G	4 °C, GFK	4 °C, G	4 °C, KF
Charge 1	7,5	6	8	4	4,5
Charge 2	6	7,5	9,5	4,5	4,5

Einfluss von Feuchteregelung und Temperatur auf die Lagerqualität und Lagerdauer von Gemüse

Bei Anwendung der idealen Lagerbedingungen, das heißt einer Lagertemperatur von 0 °C und einer relativen Luftfeuchte von >95 % ist für Brokkoli eine Lagerdauer von 14-21 Tagen und für Spinat von 10-14 Tagen zu erwarten. Im durchgeführten Versuch werden diese Literaturwerte lediglich von der Brokkolicharge 1 erreicht (Tab. 7). Dies verdeutlicht, dass die Lagerdauer nicht ausschließlich von den Lagerbedingungen abhängt, sondern auch stark von der Rohwarenqualität beeinflusst wird.

Beim Vergleich der verschiedenen Lagersysteme zeigt sich, dass die Qualität in den feuchtegeregelten Fächern erwartungsgemäß am längsten erhalten bleibt (Tab. 7, 10). Auffallend ist jedoch, dass die Lagervariante 0 °C, G eine nahezu gleichwertige Frischeerhaltung bereitstellt. Zudem ist festzustellen, dass die Proben der Lagervariante 4 °C, GFK bei allen Versuchsreihen die längste Lagerdauer aufweisen. Da die tatsächliche Lagertemperatur des Lagersystems 4 °C, GFK nicht bei 4 °C liegt, sondern im Mittel bei ~3,2 °C für Charge 1 bzw. ~3,5 °C für Charge 2, liegen die absoluten Temperaturunterschiede zwischen dem Kaltlagerfach und der feuchtegeregelten Gemüseschale bei ca. 2,5 K. Eine Differenzierung der Lagertemperaturen wird in diesem Falle offensichtlich durch Chargenunterschiede überlagert.

Bei Betrachtung der relativen Luftfeuchte zeigt sich, dass die Lagervariante 4 °C, GFK zudem im Mittel die höchste relative Luftfeuchte aufweist, was zum einen die funktionale Feuchterückhaltung des Systems unterstreicht, zudem aber auch auf das im Vergleich etwas geringere Lagervolumen zurückgeführt werden kann. Im Lagersystem 4 °C, G nimmt die Qualität der Proben am schnellsten ab: Hier liegt die niedrigste Luftfeuchte, gepaart mit der höchsten Temperatur im Lagersystemvergleich vor.

Diskussion: Eignung der methodischen Analyseverfahren

Sensorische Analytik

Die Schwierigkeit bei der Ermittlung der Verzehrsgrenzen anhand der sensorischen Analyse besteht darin, objektive und reproduzierbare Ergebnisse zu gewährleisten. Grund hierfür ist das subjektive Empfinden der Prüfpersonen sowie die Problematik die Parameter Farbe, Textur und Geruch unabhängig voneinander zu bewerten. Der Einsatz eines Panels, bestehend aus mindestens 6 geschulten Prüfern, und die Bewertung über ein Konsensprofil gemäß DIN 13299 sind als Alternative in Betracht zu ziehen. Die sensorische Analytik bleibt dabei jedoch ein ressourcenintensives Verfahren, das insbesondere als Analyseverfahren im Lagerverlauf eine hohe Flexibilität des eingesetzten Panels erfordert.

Messung des Frischmasseverlusts

Im Vergleich zur Sensorik ist die Messung des Frischmasseverlusts eine rein objektive Methode, die zudem ohne Aufwand schnell umsetzbar ist. Bei Gegenüberstellung des Frischmasseverlusts und der sensorischen Bewertung je Gemüsesorte und Charge zeigen sich die gleiche Abfolge und ein ähnlicher Verlauf der Kurven.

Zur Ableitung, inwieweit sich der Frischmasseverlust als Analyseparameter eignet, wird eine Korrelation des Frischmasseverlusts mit der sensorischen Texturbewertung vorgenommen. Die lineare Regression ergibt positive Korrelationen für beide Gemüsesorten und Chargen. Mit Ausnahme der Lagervarianten 4 °C, GFK und 4 °C, G ergeben sich bei Brokkoli Korrelationen mit Bestimmtheitsmaßen $>0,9$. Spinat weist, mit Ausnahme der Lagervariante 4 °C, GFK, Bestimmtheitsmaße $>0,92$ auf. Demzufolge stellt der Frischmasseverlust einen Indikator für die Qualitätsentwicklung der Proben dar.

Zum Zeitpunkt des Erreichens des kritischen Frischmasseverlusts liegt der sensorisch ermittelte Qualitätsindex bei allen Proben im Bereich von 1,5 bis 2, was geringfügige Abweichungen in der Probenqualität indiziert (Tab. 2). Dieser Zusammenhang zeigt, dass Texturveränderungen zu Beginn der Lagerzeit für den Qualitätsabbau dominieren und somit eine gute Indikation zur Ableitung der Gesamtqualität ermöglichen. Mit zunehmender Lagerdauer überlagern weitere Qualitätsveränderungen die texturbedingten Qualitätsverluste. Dies zeigt sich darin, dass zum Zeitpunkt des Erreichens der Verzehrsgrenze kein einheitlicher prozentualer Frischmasseverlust vorliegt. Anhand des Frischmasseverlusts kann demzufolge keine Verzehrsgrenze festgemacht werden.

Die Messung des Frischmasseverlusts kann somit als Ergänzung zur Sensorik durchgeführt werden, die sensorische Bewertung jedoch nicht ersetzen. Zudem erfolgt bei der reinen Analyse des Frischmasseverlusts nur bedingt eine Mitbewertung des Lagerparameters Temperatur, welcher nur indirekt über die Temperaturfluktuation in das Transpirationsverhalten einspielt.

Das derzeit im Rahmen der IEC SC 59M ausgearbeitete Prüfverfahren (IEC 63169 ED1) zur Bewertung der Feuchterückhalteperformance von Gemüseschalen, kann als Indikator für die Performance von Frischesystemen sinnvoll genutzt werden: Das Prüfverfahren basiert auf dem Ansatz mit befeuchteten Cellulosepads, welche eine große Verdunstungsfläche darstellen und somit im Transpirationsverhalten Blattgemüse nahekommen.

Ein Simulanzsystem ermöglicht eine hohe Wiederholbarkeit und Reproduzierbarkeit der Versuchsergebnisse, was im Rahmen vergleichender Lebensmitteltests nicht möglich ist. Zudem ermöglicht der Ansatz des Gegenwiegens eine rasche Umsetzung.

Farbanalyse mit digitalem Farbprüfstand

Auch der Farbverlauf gibt wesentliche Qualitätsveränderungen wieder. Die Umsetzung im Farbprüfstand ermöglicht als nicht-zerstörendes Prüfverfahren ebenso eine rasche Aussage zur Veränderung im Lagerverlauf. Die Daten der digitalen Farbanalyse werden basierend auf der Arbeitshypothese ausgewertet, dass für die ausgewählten nicht nachreifenden Frischwaren die geringste Farbänderung den besten Qualitätserhalt impliziert. Dabei ist zu erwarten, dass die feuchtegeregelten Lagervarianten die geringste Farbänderung aufweisen.

Auch hier erweisen sich wiederum die deutlichen Unterscheide der Rohware als limitierender Faktor: Bei Betrachtung der Farbwertdifferenzen zu Tag 0 des Farbwertes G30Y, spiegelt sich diese Erwartung nicht in jeder Charge wider. Bei Brokkoli Charge 1 weisen die Proben der feuchtegeregelten Lagervarianten die größte Änderung auf. Beim Vergleich der Kurvenverläufe der Chargen von Brokkoli bzw. Spinat zeigt sich keine Ähnlichkeit in der Abfolge sowie im Kurvenverlauf der Lagervarianten.

Zur weiteren Prüfung der Eignung der Fotostandanalyse zur Qualitätserfassung wird der gemessene Farbanteil des Farbwertes G30Y mit der sensorischen Farbbewertung korreliert. Anhand der linearen Regression soll festgestellt werden, inwieweit beide Messverfahren miteinander einhergehen. Bei beiden Spinatchargen zeigen sich bei allen Lagervarianten positive Korrelationen. Dies lässt darauf schließen, dass für Spinat die Methode der Fotostandanalyse unterstützend zur sensorischen Analytik angewendet werden kann. Bei Brokkoli zeigt sich bei Charge 1 keine Korrelation. Im Gegensatz dazu weist Charge 2 eine ausgeprägte Korrelation auf.

Diese Unstimmigkeiten zwischen den Brokkolichargen lassen sich zum einen auf die unterschiedliche Ausgangsfärbung der Rohwaren sowie auf die angewandte Methodik zurückführen. Während Charge 1 im Ausgangszustand einen gräulich-violetten Farbstich aufweist und sich dahingehend weiter verändert, ist die Ausgangsfärbung der Brokkoliprobe von Charge 2 im grün-gelben Bereich. Im Laufe des Analysenzeitraums nimmt bei Charge 2 der Gelbanteil stetig zu. Bei Charge 1 hingegen ist erst durch Texturveränderungen, die ein Auseinanderfallen der Brokkoliköpfe zur Folge haben, ein Anstieg des Gelbanteils zu verzeichnen. Dieser Anstieg entspricht jedoch einer Verfälschung des Ergebnisses, da zur Farbbewertung nur die obere Seite der Röschen herangezogen werden soll.

Aufgrund dieser Verfälschungen ist die Verwendung der Fotostandanalyse zur Qualitätsbewertung von Brokkoliköpfen ungünstig. Als alleinige Methode zur Erfassung des Qualitätszustandes eignet sich die Fotostandanalyse nicht, da die Ergebnisse zeigen, dass die Qualitätsänderungen nicht nur auf der farblichen Änderung basieren, sondern auch die Parameter Textur und Geruch Einfluss nehmen.

Schlussfolgerung und Ausblick

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass feuchtegeregelte Gemüseschalen die Lagerdauer von Spinat und Brokkoli deutlich positiv beeinflussen und essentiell sind, um die Lagerqualität im privaten Haushalt zu optimieren, v. a. auch in der Form einer proaktiven Unterstützung von Verbrauchern, welche hinsichtlich der Lagerklimaanforderungen von Produkten oft nur unzureichende Kenntnisse haben.

Die Lagerung von Gemüse in feuchtegeregelten Gemüseschalen wirkt somit einem frühzeitigen Verderb von Lebensmitteln entgegen. In Kopplung mit Kaltlagerbedingungen kann zudem ein hohes Maß an Lebensmittelsicherheit gewährleistet werden. Lebensmittelabfälle können deutlich reduziert werden. Bei Gegenüberstellung der feuchtegeregelten Lagerung zu einer nicht feuchtegeregelten Lagerung zeigt sich bei optimaler Ausgangsqualität von Spinat das Potential einer Lagerdauererweiterung von bis zu 5 Tagen, bei Brokkoli von bis zu 13 Tagen, was einer Verdopplung der Lagerzeit entspricht.

Unter Voraussetzung einer Lagertemperatur im Bereich von 0° bis 4 °C sind funktionale feuchtegeregelte Bedingungen maßgeblich für den Qualitätserhalt.

Literatur

aid infodienst e.V. (2016): Haltbarmachen und Lagern von Lebensmitteln.

Lebensmittelverarbeitung im Haushalt (2. Auflage). Bonn: aid infodienst Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz e.V.

Bartz J & Brecht J (2003): Postharvest Physiology and pathology of vegetables. New York: Marcel Dekker.

Becker B & Fricke B (1996): Transpiration and respiration of fruits and vegetables. Refrigeration Science and Technology 6: 110 - 121.

- Bognar A, Bohling H, Fort H (1990): Nutrient Retention in Chilled Foods. In: Gormley T: Chilled Foods. The state of the art (305-336). London: Elsevier Applied Science.
- BMEL 2019: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. Der BMEL-Ernährungsreport 2019.
https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/Ernaehrungsreport2019.pdf;jsessionid=D42E404D72EDBA8B38FF47BFC285F9C8.2_cid385?__blob=publicationFile. zuletzt abgerufen am 07.11.2019
- DIN IEC 62552-1 (2019-01). Household refrigerating appliances – Characteristics and test methods.
- El-Ramady H, Domoskos-Szabolcsy E, Abdalla N, Taha H, Fári M (2014): Postharvest Management of Fruits and Vegetables Storage. Sustainable Agriculture Reviews (107). Springer International Publishing AG Switzerland.
- Herppich W, Geyer M, Herold B, Schlüter O, Linke M (2010): Obst und Gemüse nach der Ernte. aid infodienst Ernährung, Landwirtschaft, Verbraucherschutz e. V.
- Kays S & Paull R (2004): Postharvest Biology. Athen: Exon Press.
- Kemna R, von Holsteijn F (2017): Optimal food storage conditions in refrigeration appliances.
<https://www.vhk.nl/downloads/Reports/2017/FINAL%20REPORT%20Optimal%20food%20storage%20conditions%20in%20refrigeration%20appliances%20VHK%2020170217.pdf> zuletzt abgerufen am 07.11.2019
- Krug H (1991): Gemüseproduktion. Ein Lehr- und Nachschlagwerk für Studium und Praxis. Berlin und Hamburg: Paul Parey Verlag.
- Rocatto A, Uyttendaele M, Membré JM (2017): Analysis of domestic refrigerator temperatures and home storage distributions for shelf-life studies and food safety risk assessment. Food Research International. Vol. 96: 171-181.
- Schmidt T, Schneider F, Hafner G, Leverenz D (2019). Lebensmittelabfälle in Deutschland – Baseline 2015 – Kurzfassung Thünen Report 71.
https://www.zugutfuerdietonne.de/fileadmin/Neuigkeiten/Thuenen_Baseline/Thuenen_Kurzfassung.pdf zuletzt abgerufen am 07.11.2019
- Schuchmann H & Schuchmann H (2005): Lebensmittelverfahrenstechnik. Weinheim: Wiley-VCH Verlag.
- Thomas S (2007): Erhebung des Verbraucherverhaltens bei der Lagerung verderblicher Lebensmittel in Europa. Dissertationsschrift der Schriftenreihe der Haushaltstechnik Bonn. Herzogenrath: Shaker.
- Whirlpool (2018): Whirlpool's new frost-free fridge freezers for longer lasting freshness.
<https://www.whirlpoolcorp.com/whirlpools-new-frost-free-fridge-freezers-for-longer-lasting-freshness/> zuletzt abgerufen am 07.11.2019
- Waskow F (2018): Verluste vom Acker bis auf den Teller: Lebensmittelabfälle in der Wertschöpfungskette und im Konsum. Hauswirtschaft und Wissenschaft 03/2018
- Waste and Resources Action Programme (2007): Food Behaviour Consumer Research: Quantitative Phase.
<http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/Food%20behaviour%20consumer%20research%20quantitative%20jun%202007.pdf> zuletzt abgerufen am 07.11.2019
- Waste and Resources Action Programme (2008): Helping Consumers Reduce Fruit and Vegetable Waste: Final Report. <http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/WRAP%20RTL044-001%20Final%20report.pdf> zuletzt abgerufen am 07.11.2019

Autorinnen

Prof. Dr. Astrid Klingshirn (Korrespondenzautorin), Dipl. Ing. Lilla Brugger, Marina Gienger und Lisa-Marie Dietz, Hochschule Albstadt-Sigmaringen, Fakultät Life Sciences, Anton-Günther-Str. 51, 72488 Sigmaringen

Kontakt: klingshirn@hs-albsig.de



© A. Klingshirn

Interessenkonflikt

Die Autorinnen erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Zitation

Klingshirn A, Brugger L, Gienger M, Dietz LM (2019): Performancebewertung von feuchte-regeltem Gemüseschalen in Kühlgeräten. Hauswirtschaft und Wissenschaft 67 (2019), ISSN 2626-0913. <https://haushalt-wissenschaft.de> DOI: 10.23782/HUW_14_2019