

Schriftenreihe der
Haushaltstechnik Bonn
Herausgeber: Prof. Dr. R. Stamminger

Harald Wucher

**Einfluss der
Temperaturhysterese auf
die Qualität bei der Lagerung
verderblicher Lebensmittel
in Haushaltskühlgeräten**

Institut für Landtechnik, Sektion Haushaltstechnik

Einfluss der Temperaturhysterese auf den Qualitätserhalt bei der Lagerung
verderblicher Lebensmittel in Haushaltskühlgeräten

Dissertation

zur Erlangung des Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)

der Landwirtschaftlichen Fakultät

der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

von

Harald Wucher

aus

Bergisch Gladbach

Bonn 2022

Referent: Professor Dr. Rainer Stamminger

Koreferentin: Professorin Dr. Astrid Klingshirn

Tag der mündlichen Prüfung: 01.07.2022

Angefertigt mit der Genehmigung der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Bonn

Schriftenreihe der Haushaltstechnik Bonn

Band 2/2022

Harald Wucher

**Einfluss der Temperaturhysterese auf die Qualität
bei der Lagerung verderblicher Lebensmittel
in Haushaltskühlgeräten**

D 98 (Diss. Universität Bonn)

Shaker Verlag
Düren 2022

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Bonn, Univ., Diss., 2022

Copyright Shaker Verlag 2022

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-8724-6

ISSN 1863-320X

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Telefon: 02421 / 99 0 11 - 0 • Telefax: 02421 / 99 0 11 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	viii
Tabellenverzeichnis.....	xiii
Formelverzeichnis	xxii
Abkürzungsverzeichnis.....	xxiii
Einheitenverzeichnis	xxv
1 Kurzfassung	1
Abstract.....	2
2 Theoretischer Hintergrund	3
2.1 Technologische Kälteerzeugung in Haushaltskühlgeräten	3
2.1.1 Haushaltskühlgeräte.....	3
2.1.2 Einfluss der technologischen Komponenten auf die Kälteverteilung in Haushaltskühlgeräten.....	4
2.1.3 Temperaturprofile in Haushaltskühlgeräten	6
2.2 Lebensmittelqualität	10
2.2.1 Qualitätsverlust durch Verderbsmechanismen während der Lagerung von Lebensmitteln.....	10
2.2.2 Einfluss der Lagerklimaparameter auf die Qualität von kühlgelagerten Lebensmitteln.....	12
2.2.3 Interaktion zwischen Verbraucherverhalten und Lebensmittelqualität	23
2.3 Nachweismethoden zur Bewertung von Lebensmittelqualität.....	25
2.3.1 Nachweismethoden zur Ermittlung der Lebensmittelqualität: Fleisch und Fisch ..	26
2.3.2 Nachweismethoden zur Ermittlung der Lebensmittelqualität: Obst und Gemüse ..	26
2.3.3 Nachweismethoden für die mikrobiologische Lebensmittelqualität auf Algorithmusbasis.....	28
3 Zielsetzung.....	33
4 Material und Methodik	34
4.1 Material.....	34
4.1.1 Kühlgeräte.....	34
4.1.2 Temperaturmessgeräte	35
4.1.3 Material für Versuche mit Gemüse und dem Simulanzsystem	36
4.1.3.1 Gemüse	36
4.1.3.2 Simulanzsystem.....	38
4.1.3.3 Massenwaage.....	38
4.1.3.4 Fotodokumentationssystem	39

4.1.3.6 Farbleser (Colourpin)	41
4.1.3.7 Sensorische Skalen	42
4.1.3.8 Versuchsmaterial	42
4.1.4 Material für mikrobiologische Versuche	42
4.1.4.1 Mikroorganismen	42
4.1.4.2 Nährmedien	43
4.1.4.3 Chemikalien	43
4.1.4.4 Laborgeräte	43
4.1.4.5 Predictive-Microbiology-Software	45
4.1.4.6 Versuchsmaterial	45
4.1.5 Software für Datenauswertung	45
4.2 Methodik	45
4.2.1 Methodik für Versuche mit Gemüse und dem Simulanzsystem	45
4.2.1.1 Lagerparameter	46
4.2.1.2 Versuchsaufbau in LKPv 6520 und LKPv 6522	47
4.2.1.3 Probenlagerung	49
4.2.1.4 Analysen	52
4.2.1.5 Statistische Auswertung	57
4.2.2 Methodik der mikrobiologischen Versuche	57
4.2.2.1 Lagerparameter	60
4.2.2.2 Versuchsaufbau in LKPv 6520	62
4.2.2.3 Herstellung von Anzucht- und Analysematerial	63
4.2.2.4 Probenherstellung und Probenlagerung	65
4.2.2.5 Analysen	67
5 Ergebnisse	72
5.1. Temperaturmessung	72
Die Temperaturprofile sämtlicher Versuche sind im Anhang aufgeführt (Abbildung 46 bis Abbildung 58 und Tabelle 31 bis Tabelle 43).	72
5.1.1 Versuche mit Gemüse und dem Simulanzsystem	72
5.1.2 Mikrobiologische Versuche	74
5.2 Versuche mit Gemüse und dem Simulanzsystem	77
5.2.1 Spinat	77
5.2.1.1 Frischmasseverlust	77
5.2.1.2 Farbveränderungen (Grünanteile)	80
5.2.1.3 Farbveränderungen (ΔE)	84
5.2.1.4 Veränderung der sensorischen Qualität als Qualitätsindex	85
5.2.2 Brokkoli	87

Verzeichnisse	Harald Wucher
5.2.2.1 Frischmasseverlust	87
5.2.2.2 Farbveränderungen (Grünanteile)	88
5.2.2.3 Veränderung der sensorischen Qualität als Qualitätsindex	89
5.2.3 Radieschen	90
5.2.3.1 Frischmasseverlust	90
5.2.3.2 Farbveränderung (ΔE)	91
5.2.3.3 Veränderung der sensorischen Qualität als Qualitätsindex	92
5.2.4 Champignons	93
5.2.4.1 Frischmasseverlust	93
5.2.4.2 Farbveränderungen (ΔE)	94
5.2.4.3 Veränderung der sensorischen Qualität als Qualitätsindex	95
5.2.5 Simulanzsystem	96
5.2.6 Korrelationen mit Versuchsparametern und Qualitätskriterien von Gemüse und dem Simulanzsystem	98
5.2.6.1 Korrelationen zwischen Lagerdauer und Qualitätskriterien von Gemüsearten oder dem Masseverlust des Simulanzsystems	98
5.2.6.2 Korrelationen zwischen Qualitätskriterien von Gemüsearten	99
5.2.7 Betrachtung der Qualitätsveränderungen von Gemüse und dem Simulanzsystem	100
5.3 Mikrobiologische Versuche	105
5.3.1 pH-Messungen	105
5.3.2 Vergleich von mikrobiologischem Wachstum im Labor und finalen FSSP-Vorhersagen	105
5.3.2.1 Versuchsreihen 4,0 °C +/- 0,1 K 1 – 4	105
5.3.2.2 Versuchsreihe 7,2 °C +/- 0,1 K	107
5.3.2.3 Versuchsreihe 8,0 °C +/- 0,1 K	107
5.3.2.4 Versuchsreihe 8,8 °C +/- 0,1 K	108
5.3.2.5 Versuchsreihe 8,0 °C +/- 2,0 K	109
5.3.2.6 Versuchsreihe 8,0 °C +/- 3,0 K	110
5.3.2.7 Anstieg der KbE im Verhältnis zur Veränderung von Lagerklimabedingungen	110
6 Diskussion	113
6.1 Analyse der Versuchsparameter	113
6.2 Einfluss der Temperaturhystereseamplitude auf Qualitätsveränderung von Gemüse	114
6.2.1 Einfluss der Temperaturhystereseamplitude auf Qualitätsveränderung von Spinat	115
6.2.2 Einfluss der Temperaturhystereseamplitude auf Qualitätsveränderung von Brokkoli	117

6.2.3 Einfluss der Temperaturhystereseamplitude auf Qualitätsveränderung von Radieschen	119
6.2.4 Einfluss der Temperaturhystereseamplitude auf Qualitätsveränderung von Champignons	120
6.2.5 Einfluss der Temperaturhystereseamplitude auf den Masseverlust des Simulanzsystems	121
6.2.5.1 Einsatz des Simulanzsystems als Ersatz für Gemüse im Qualitätsnachweis	122
6.2.6 Betrachtung des Einflusses der Temperaturhystereseamplitude auf verbraucherrelevante Qualitätsmerkmale	124
6.3 Einfluss der Temperaturhystereseamplitude auf mikrobiologisches Wachstum	129
6.3.1 Einsatz von Predictive Microbiology zur Analyse von Lagerbedingungen in Haushaltskühlgeräten und Alternativen	132
7 Fazit	134
8 Literaturverzeichnis	135
Anhang	147
Skalen und Gewichtungsfaktoren für sensorische Bewertungen	147
Temperaturmessungen	151
Versuche mit Gemüse und Simulanzsystem	151
Mikrobiologische Versuche	157
Masseverluste	164
Spinat	164
Brokkoli	166
Radieschen	167
Champignons	168
Simulanzsystem	168
Farbveränderungen (Grünanteile)	170
Spinat	170
Brokkoli	175
Farbveränderungen (ΔE)	177
Spinat	177
Radieschen	178
Champignons	178
Qualitätsindex	180
Spinat	180
Brokkoli	182
Radieschen	182
Champignons	183
Signifikanztest	184

<u>Verzeichnisse</u>	<u>Harald Wucher</u>
Korrelationen	185
pH-Wert	188
KbE Labormikrobiologie	191
FSSP-Vorhersagen	196
Wachstumsraten	199
Danksagung	202
Lebenslauf	203