universität wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

VERGLEICH VON KONSERVIERUNGSVERFAHREN
AM ROHSTOFFBEISPIEL DER KAROTTE

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer.nat.)

Verfasserin / Verfasser:	MICHAEL STREUSELBERGER
Matrikel-Nummer:	9303216
Studienrichtung (lt. Studienblatt):	474 Ernährungswissenschaften
Betreuerin / Betreuer:	AO.UNIV.PROF.DIPL.-ING.DR. EMMERICH BERGHOFER

Wien, am 19.09.2008

DANKSAGUNG

Mein Dank gilt Herrn Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Emmerich Berghofer für seine freundliche Betreuung, sowie fachkundigen Ratschläge im Zuge meiner Diplomarbeit.

Ich danke Frau DI Dana Leopold für die wertvolle Unterstützung während der praktischen Durchführung, für Ihre Geduld und jederzeit offenes, fachkundiges Ohr, als auch Ihrem Humor, welcher die Zeit im Labor aufheiterte.

Ich bedanke mich bei Herrn Markus Hofinger für die handwerkliche Hilfe, sowie seine stete Bereitschaft innovativ zu handeln.

Weiters bedanke ich mich bei dem gesamten Team der Abteilung für Lebensmitteltechnologie für den freundlichen und offenen Umgang miteinander.

Mein besonderer Dank gilt meiner Lebensgefährtin Tina, die mir beim layouten der vorliegenden Arbeit mit Rat und Tat zur Seite stand.

INHALTSVERZEICHNIS

1. EINLEITUNG 1

2. LEBENSMITTELQUALITÄT 2
2.1 DEFINITIONEN 2
2.1.1 QUALITÄT 2
2.1.2 LEBENSMITTELQUALITÄT 2
2.1.3 WERTBESTIMMENDE INHALTSSTOFFE 3
2.2 QUALITÄTSVERÄNDERUNGEN AN LEBENSMITTELN 3

3. GAREN 5
3.1 ALLGEMEINES 5
3.2 EINTEILUNG DER GARVERFAHREN 5
3.3 C-WERT (COOK VALUE C_0) 7
3.4 GARUNGSWERT C_g 7
3.5 AUSWIRKUNGEN DER GARUNG AUF DIE LEBENSMITTEL- ..... QUALITÄT 8
3.5.1 VERÄNDERUNG DER TEXTUR 8
3.5.2 VERÄNDERUNG DER FARBGEBENDEN INHALTSSTOFFE ... AM BEISPIEL DER CAROTINOIDE 8

4. LEBENSMITTELKONSERVIERUNG 9
4.1 STRATEGIEN ZUR VERLÄNGERUNG DER HALTBARKEIT ..... VON LEBENSMITTELN 9
4.2 THERMISCHES KONSERVIEREN 10
4.2.1 DEFINITIONEN 10
4.2.2 F–WERT 11
4.2.3 ERFORDERLICHER F_0–WERT 11
4.2.4 AUSWIRKUNGEN DER HITZESTERILISATION AUF DIE ..... LEBENSMITTELQUALITÄT 12
4.3 HOCHDRUCKKONSERVIERUNG 12
4.3.1 PRINZIP DER HYDROSTATISCHEN HOCHDRUCK- ..... BEHANDLUNG 12
4.3.2 THERMODYNAMISCHE GRUNDLAGEN DER HOCHDRUCK- . BEHANDLUNG 13
4.3.3 AUSWIRKUNGEN DER HOCHDRUCKBEHANDLUNG AUF .... MIKROORGANISMEN 14

4.3.4 EINFLUSS DER HOCHDRUCKBEHANDLUNG AUF DIE STRUKTURELLEN EIGENSCHAFTEN UND DEN FLÜSSIGKEITSVERLUST VON GEMÜSE ... 14
4.3.4.1 EINLEITUNG ... 14
4.3.4.2 TEXTUR, FLÜSSIGKEITSVERLUST, SENSORIK VON KAROTTEN ... 15
4.3.4.3 AUSWIRKUNGEN DER HOCHDRUCKBEHANDLUNG AUF DIE PEROXIDASEINAKTIVIERUNG ... 16
4.4 TROCKNUNG ... 17
4.4.1 DEFINITION ... 17
4.4.2 WASSERAKTIVITÄT ... 17
4.4.3 DIE VERDUNSTUNGSTROCKNUNG (UNTER 100 °C) ... 18
4.4.4 QUALITÄTSEINBUSSEN BEIM TROCKNEN ... 18
4.5 GEFRIERTROCKNUNG ... 21
4.5.1 DEFINITION ... 21
4.5.2 AUSWIRKUNGEN DER GEFRIERTROCKNUNG AUF DIE LEBENSMITTELQUALITÄT ... 21
4.6 OSMOTISCHE TROCKNUNG ... 21
4.7 KÜHLLAGERUNG ... 22
4.7.1 AUSWIRKUNGEN DER KÜHLLAGERUNG AUF DIE LEBENSMITTELQUALITÄT ... 23
4.8 GEFRIERKONSERVIERUNG ... 25
4.8.1 AUSWIRKUNGEN DER GEFRIERKONSERVIERUNG AUF DIE LEBENSMITTELQUALITÄT ... 25
4.9 LEBENSMITTELVERPACKUNG ... 26
4.9.1 WASSERDAMPFDICHTIGKEIT DER LEBENSMITTELVERPACKUNG ... 27
4.9.2 SAUERSTOFFDICHTIGKEIT DER LEBENSMITTELVERPACKUNG ... 28
4.9.3 MAP-VERFAHREN (MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING) ... 28

5. AUFGABENSTELLUNG ... 30

6. MATERIAL UND METHODEN ... 31
6.1 VERWENDETE ROHSTOFFE ... 31
6.1.1 KAROTTEN (DAUCUS CAROTA L.) ... 31
6.1.2 CAROTINOIDE ... 37
6.2 ANALYTISCHE METHODEN ... 41

6.2.1 ALLGEMEIN 41
6.2.1.1 BESTIMMUNG DER TROCKENSUBSTANZ 41
6.2.1.2 FARBMESSUNG IM L*-, A*-, B*-RAUM 42
6.2.1.3 TEXTURMESSUNG 45
6.2.2 CAROTINOID - BESTIMMUNG 46
6.2.2.1 BESTIMMUNG DES GEHALTES AN α-CAROTIN, β-CAROTIN UND LUTEIN MITTELS HPLC 46
6.3 STATISTISCHE METHODEN 55

7. VERSUCHSDURCHFÜHRUNG 56
7.1 BESTIMMUNG DES OPTIMALEN GARUNGSGRADES (C_g-WERT) 56
7.1.1 BESTIMMUNG DES C_G-WERTES UND TEXTURMESSUNG 59
7.2 CAROTINOID-EXTRAKTION 59
7.3 VERGLEICH VON HALTBARKEITSVERFAHREN 60
7.3.1 MATERIAL 62
7.3.2 DURCHFÜHRUNG 62
7.3.2.1 BLANCHIEREN 62
7.3.2.2 GAREN 62
7.3.2.3 KÜHLLAGERUNG 63
7.3.2.4 TIEFKÜHLUNG 63
7.3.2.5 HOCHDRUCKBEHANDLUNG 63
7.3.2.6 OSMOTISCHE TROCKNUNG 65

8. ERGEBNISSE UND DISKUSSION 67
8.1 BESTIMMUNG C_g-WERT (OPTIMALER GARUNGSGRAD) 67
8.2 BESTIMMUNG C_g-WERT UND TEXTURMESSUNG 68
8.3 VERGLEICH VON HALTBARKEITSVERFAHREN 71
8.3.1 CAROTINOIDGEHALT 77
8.3.1.1 LUTEIN 81
8.3.1.2 α-CAROTIN 85
8.3.1.3 β-CAROTIN 89
8.3.2 FARBE 95
8.3.2.1 L* 95
8.3.2.2 A* 97
8.3.2.3 B* 99
8.3.3 TROCKENMASSE 102
8.3.4 TEXTUR 104

9. SCHLUSSFOLGERUNGEN 106

10. ZUSAMMENFASSUNG 108

11. SUMMARY 109

12. LITERATURVERZEICHNIS 110

13. ANHANG 116

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

a*	Rotwert
alpha	α-Carotin
a_w-Wert	Wasseraktivität
ANOVA	Analysis of Variance
b*	Gelbwert
beta	β-Carotin
C_0-Wert	Garungswert
C_g-Wert	optimaler Garungsgrad
c	Konzentration
d	Schichtdicke
E	Extinktion
ΔE	Extinktionsdifferenz
ε	molarer Extinkitionskoeffizient
F_0-Wert	Sterilisationswert
F-Wert	Letalitätswert (Letalitätsrate)
L*	Luminanz (Helligkeit)
Lut	Lutein
MAP	Modified Atmospere Packaging
MaxKraft	Maximalkraft
MW	Mittelwert
S_0	Stocklösung
STD	Standardabweichung
t_{max}	Messzeit
TM	Trockenmasse (Trockensubstanz)

1 EINLEITUNG

Die industrielle Herstellung unserer Lebensmittel bedingt zwangsläufig größere Zeitspannen für die Verteilung an den Endverbraucher. Darüber hinaus werden viele Lebensmittel auf Vorrat gehalten, so dass vorbeugenden Maßnahmen zu ihrer Haltbarmachung große Bedeutung zukommt. Eine gewisse Sicherheit bieten die auf verpackten Lebensmitteln aufgedruckten Mindest-Haltbarkeitsdaten. Darüber hinaus werden die Lebensmittelhersteller vom Gesetzgeber zur Eigenkontrolle und zur lückenlosen Dokumentation ihrer Produktionsabläufe nach dem HACCP-Konzept verpflichtet [BALTES, 2000].

Das Hazard Analysis and Critical Control Point-Konzept (HACCP) ist ein vorbeugendes System, das die Sicherheit von Lebensmitteln und Verbrauchern gewährleisten soll.

Inhalt dieser Diplomarbeit ist der Vergleich verschiedener Haltbarkeitsmethoden im Hinblick auf die Qualität der Endprodukte am Rohstoffbeispiel Karotte.

Im Literaturteil der Arbeit wird ein Überblick über Haltbarkeitsmethoden und die sich daraus ergebenden Vor- und Nachteile für das Endprodukt gegeben.

Im praktischen Teil dieser Arbeit wurden verschiedene Konservierungs-Verfahren an einem einheitlichen, definierten Rohstoff (Karotte) angewandt.

Nach einer entsprechenden Lagerung wurde der Gehalt an wertbestimmenden Inhaltsstoffen (Gelbpigmente) in den Endprodukten ermittelt und die Ergebnisse statistisch ausgewertet, um mögliche Differenzen zwischen den einzelnen Verfahren erkennen zu können.

2 LEBENSMITTELQUALITÄT

Der Qualitätserhalt des Lebensmittels ist Ziel jedes lebensmittelverarbeitenden Prozesses. Die Qualität von Lebensmitteln ergibt sich aus der Gesamtheit von:

- Nährwert und/oder Gesundheitswert (Ernährungsphysiologische Qualität)
- Genusswert (Sensorische Qualität)
- Gebrauchs-, Nutz- oder Eignungswert
- Ökologischer Wert
- Ethischer Wert
- Politischer Wert [BERGHOFER, 2006].

2.1 DEFINITIONEN

2.1.1 Qualität

Nach DIN/ISO 8402 ist die Qualität „die Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen."

2.1.2 Lebensmittelqualität

Der Qualitätsbegriff ist nicht einheitlich definierbar. Je nachdem welche Erwartungen an das Lebensmittel gerichtet werden, wird die Lebensmittelqualität unterschiedlich aufgefaßt: [IAVG, 2007]

- Gesundheitliche Qualität
- Sensorische Qualität
- Verarbeitungstechnische Qualität
- Vermarktungsqualität
- Immaterielle Qualität

An die Qualität von Lebensmitteln werden seitens der verschiedenen Interessensgruppen unterschiedliche Anforderungen gestellt:

- Hersteller: technologische Anforderungen (gute Verarbeitbarkeit)
- Handel: logistische Anforderungen (Stapelbarkeit, Haltbarkeit…)
- Konsument: gesundheitliche Unbedenklichkeit, Geschmack, Nährwert

Die Qualität der Lebensmittel ist ein wichtiger Kauffaktor der maßgeblich darüber entscheidet, ob ein Produkt erworben wird, wobei der Preis dabei eine nebensächliche Rolle spielt [LÖBBERT et al., 2000].

2.1.3 Wertbestimmende Inhaltsstoffe

Zu den wertgebenden Inhaltsstoffen von Lebensmitteln zählen:
[ELMADFA, 2004]

a) Makronährstoffe (energieliefernde Nahrungsbestandteile)
- Kohlenhydrate
- Ballaststoffe
- Proteine
- Lipide und Fettbegleitstoffe

b) Mikronährstoffe (nicht energieliefernde Nahrungsbestandteile)
- Vitamine (fett- und wasserlösliche)
- Mineralstoffe
- Mengen- und Spurenelemente
- Sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe

2.2 QUALITÄTSVERÄNDERUNGEN AN LEBENSMITTELN

Qualitätsveränderungen vermindern die Lebensmittelqualität bis hin zum totalen Verlust des Gebrauchswertes. Die Qualitätsminderungen können sich sowohl auf den Nährwert (Vitaminverluste bei Obst und Gemüse) als auch den Gesundheitswert (Schädlingsbefall, Verunreinigung mit Krankheitskeimen) oder den Genusswert (Aromaverlust bei Kaffee, Pappigwerden von Knabberartikeln, Sauerwerden von Milch) auswirken. Zur Vermeidung von Qualitätsminderungen und Lebensmittelverlusten muss man wissen, welche Einflüsse welche Qualitätsveränderungen hervorrufen oder begünstigen [LÖBBERT et al., 2000].

Abb. 2.1 veranschaulicht Einflussfaktoren, die sich auf die Lebensmittelqualität auswirken. Einige Qualitätsveränderungen an Lebensmitteln wirken sich positiv auf das Lebensmittel aus, sind sogar erwünscht. Beispielsweise benötigen einige Lebensmittel eine gewisse Lagerzeit unter bestimmten Bedingungen, um ihre optimale Qualität zu erreichen [LÖBBERT et al., 2000].

Lebensmittelverderb kann unterschiedliche Ursachen haben: [CMA, 2003] Man unterscheidet zwischen

a) chemischem Verderb, bei dem lebensmitteleigene Enzyme eine wichtige Rolle spielen,
b) physikalischem Verderb, bei dem Änderungen des Wassergehaltes im Lebensmittel im Vordergrund stehen,
c) mikrobiologischem Verderb, der durch lebensmittelverderbende und krankheitserregende Keime verursacht wird.

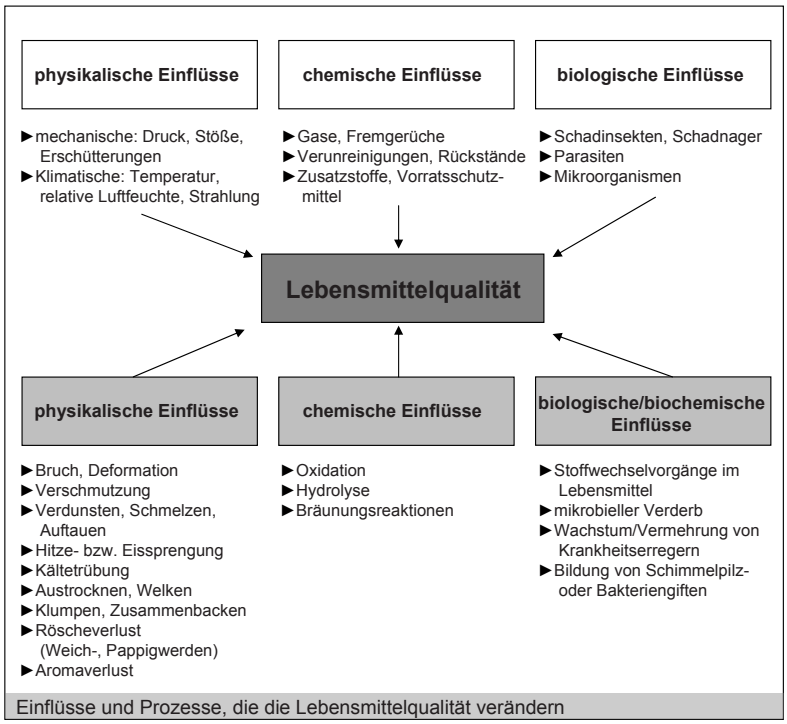


Abb. 2.1: Qualitätsveränderungen an Lebensmitteln [LÖBBERT et al., 2000]

3 GAREN

3.1 ALLGEMEINES

Oftmals werden Lebensmittel erst durch das Garen für den Menschen genießbar. Toxische Inhaltsstoffe, wie beispielsweise die Lektine von Hülsenfrüchten, werden durch das Garen denaturiert [TERNES, 2000].

Garung bzw. Zubereitung von Lebensmitteln ist die gezielte, chemische, chemisch-physikalische und/oder mechanisch-strukturelle Veränderung von Lebensmittelinhaltsstoffen zur Verbesserung der ernährungsphysiologischen und sensorischen Eigenschaften [BERGHOFER, 2006].

Die Ziele der Garung sind:
- bessere Verdaulichkeit und Bioverfügbarkeit
- besserer Geschmack und Textur
- Zerstörung antinutritiver Inhaltsstoffe

Gewünschte Hauptveränderungen bei der Garung sind:
- Proteindenaturation (-koagulation) (Kollagenabbau)
- Aufschluss der pflanzlichen Zellwand (Pektinabbau)
- Stärkeverkleisterung
- Maillardreaktionen [BERGHOFER, 2006].

Diesen positiven Einflüssen stehen auch negative Effekte gegenüber. So können durch Hitze-, Licht-, Wasser- und Sauerstoffeinfluss insbesondere hydrophile Vitamine, Aromastoffe und Mineralien abgebaut oder ausgeschwemmt werden wodurch es zu einer Verminderung von Gesundheits- und Genusswert kommen kann [BOGNÁR, 1988].

3.2 EINTEILUNG DER GARVERFAHREN

Beim Garen unterscheidet man allgemein drei Prozesse:
- **Feuchtes Garen:** dazu zählen

    ○ Kochen, Dämpfen und Dünsten, wobei Wasser bzw. beim Dünsten auch Dampf als Wärmeübertragungsmedium dient und die Temperatur des Mediums dem Siedepunkt entspricht, sowie

○ Druckkochen, Druckdämpfen und Druckdünsten, wobei wiederum Wasser bzw. beim Druckdünsten auch Dampf als Wärmeübertragungsmedium dient und die Temperatur des Mediums über 100 °C liegt.

- **Trockenes Garen:** dazu zählen
  ○ Braten, wobei hier als Wärmeübertragungsmedium die Kontaktfläche, Fett oder auch Heißluft dient und die Temperatur des Mediums von 120 – 250 °C reicht;

  ○ Fritieren, wobei hier als Wärmeübertragungsmedium heißes Fett dient und die Temperatur des Mediums von 160 – 200 °C reicht;
  ○ Grillen, wobei hier als Wärmeübertragungsmedium IR-Strahlung dient und die Temperatur des Mediums von 200 – 400 °C reicht;
  ○ Backen, wobei hier als Wärmeübertragungsmedium IR, Kontakt oder auch Heißluft dient und die Temperatur des Mediums von 170 – 250 °C reicht;
  ○ Rösten, wobei hier als Wärmeübertragungsmedium IR, Kontakt oder auch Heißluft dient und die Temperatur des Mediums von 150 – 350 °C reicht;
  ○ Heissextrusion, wobei hier als Wärmeübertragungsmedium Kontakt- und Reibungswärme dient und die Temperatur des Mediums von 100 – 250 °C reicht und
  ○ Mikrowellengarung, wobei hier als Wärmeübertragungsmedium Hochfrequenz- und Mikrowellenstrahlung dient und die Temperatur des Mediums von 100 – 250 °C reicht.

- **Kombinationsprozesse:** dazu zählt man
  ○ Schmoren, wobei hier als Wärmeübertragungsmedium in der ersten Phase Fett/Luft mit einer Temperatur von ca. 200 °C und in der zweiten Phase Dampf mit einer Temperatur von ca. 100 °C dient [BERGHOFER, 2006].

3.3 C-WERT (COOK VALUE C_0)

Als quantitatives Maß für die Schädigung der verschiedenen Lebensmittelbestandteile bzw. –eigenschaften durch Wärmebehandlung wird der C-Wert (cook value oder Kochschädigungswert) vorgeschlagen. Ähnlich dem F-Wert der Mikroorganismenabtötung oder dem E-Wert der Enzyminaktivierung wird für die Berechnung von C-Werten eine Bezugstemperatur festgelegt, und der C-Wert stellt das Zeitäquivalent aller schädigenden Temperaturen dar [SIELAFF, 1996].

3.4 GARUNGSWERT C_g

Eine weitere Modifikation des C-Wertes wird von EISNER angegeben. Er unterscheidet zwischen dem Kochschädigungswert, den er C_0 nennt und einem Garungswert C_g. Als Bezugstemperatur wird in beiden Fällen 100 °C gewählt. Die Notwendigkeit des Garungswertes begründet EISNER mit Qualitätsbeeinträchtigungen (z.B. Übergare), welche bei Nichtbeachten des Gareffektes während der Wärmebehandlung sowohl bei Fleisch- und Wurstkonserven als auch bei Obst- und Gemüsekonserven entstehen können [SIELAFF, 1996].

In Übereinstimmung mit Angaben von REICHERT lassen sich die C-Werte für folgende Feststellungen und Vergleiche verwenden:

- Zur Bestimmung der absoluten Kochschädigung unter definierten Erwärmungsbedingungen, wenn die Reaktionskinetik von spezifischen Veränderungen (z.B. Vitamin und/oder Farbabbau) bekannt ist.
- Zum Vergleich zweier oder mehrerer unterschiedlicher Erwärmungsbedinungen, bei denen ein F-Wert festgestellt wurde, im Hinblick darauf, ob
  a) der erreichte E-Wert ausreichend ist und
  b) die Kochschädigung geringer ist
- Zum Vergleich zweier oder mehrerer Verfahren, Behältnisarten oder –formate, bei denen ein gleicher F-Wert erzielt wurde, im Hinblick auf einen geringere Kochschädigung [SIELAFF, 1996].

3.5 AUSWIRKUNGEN DER GARUNG AUF DIE LEBENSMITTEL-QUALITÄT

3.5.1 Veränderung der Textur

Das Weichwerden von Gemüse beim Garen ist das Ergebnis verschiedener Vorgänge, die beim Garen im Pflanzengewebe ablaufen.

Das Erhitzen führt zu einer Denaturierung der Proteine, was die Zerstörung von Zellorganellen und eine Vergrößerung der Interzellularräume bewirkt, in die dann Salze und Flüssigkeiten aus dem Zellinneren diffundieren können. Durch die Denaturierung der Membranproteine wird die Zellmembran für Wasser durchlässig, so dass Garflüssigkeit in die Zelle eindringen kann. Die Zerstörung der Zellmembran bewirkt weiterhin den Verlust des Zellturgors [SCHWEDT, 1999; TERNES, 2000].

3.5.2 Veränderung der farbgebenden Inhaltsstoffe am Beispiel der Carotinoide

Die Carotinoide klassifiziert man in zwei Hauptgruppen, die Carotinoide, bei denen es sich um reine Polyen-Kohlenwasserstoffe handelt (z.B. α-Carotin und β-Carotin) und die Xanthophylle (z.B. Lutein, Capsanthin), die auch Sauerstoff-funktionen enthalten (Hydroxy-, Epoxy-, Oxo-Gruppen) [BELITZ et al., 2001].

Carotinoide sind sehr empfindlich gegenüber Sauerstoff und Licht, in deren Anwesenheit sie oxidieren, woraus v. a. die Farbveränderung bei Paprika- und Tomatentrockenprodukten resultiert. Ein Farbumschlag von rot nach braun bei der Lagerung von Paprikapulver, beruht neben der Maillard-Reaktion auf einer Oxidation des Capsanthins [BELITZ et al., 2001].

4 LEBENSMITTELKONSERVIERUNG

Die Konservierung dient dazu, die Lebensmittel unempfindlicher gegen unerwünschte Veränderungen und damit haltbarer zu machen. Insbesondere hat die Konservierung zum Ziel, das Wachstum und die Vermehrung von Mikroorganismen (Krankheits- und Verderbniserreger) zu verhindern bzw. zu verzögern. Oftmals werden gleichzeitig auch enzymatisch bedingte Qualitätsminderungen unterbunden oder verlangsamt [LÖBBERT et al., 2000].

4.1 STRATEGIEN ZUR VERLÄNGERUNG DER HALTBARKEIT VON LEBENSMITTELN

- Aufrechterhaltung der biologischen Funktionen
  - Tierzucht, CA-, MA-Lagerung bzw. -Verpackung (CAS, CAP, MAP)
- Hemmung von Enzymen, MO und Schädlingen
  - Senkung der Wasseraktivität: Eindampfen, Gefrieren, Trocknen, Stoffzusatz
  - Kühlen
- Inaktivierung bzw. Abtötung von Enzymen, MO und Schädlingen
  - Zusatz oder Bildung hemmender bzw. abtötender Stoffe:

  Alkoholzusatz bzw. –bildung, Säurezusatz bzw. –bildung, chem. Konservierungsmittel, Pökeln, Räuchern, Niederdruckbegasung, Hochdruckbegasung
  - Einwirkung von thermischer Energie: Blanchieren, Pasteurisieren, Sterilisieren
  - Einwirkung von elektromagnetischer Energie: Mikrowellen, UV-, X-, β-, γ-Strahlen; elektrische Keimabtötung
  - Einwirkung von mechanischer Energie: Hochdruck, Ultraschall
- Mechanische Entfernung bzw. Fernhaltung von MO
  - Entkeimungsfiltration, Zentrifugalentkeimung (Baktofugierung), Reinraumtechnologie, Aseptische Abfüllung
- Ausschaltung von Umwelteinflüssen
  - Antioxidantienzusatz, Schutzbegasung und –verpackung [BERGHOFER, 2006].

4.2 THERMISCHES KONSERVIEREN

4.2.1 Definitionen

Thermisches Konservieren ist das Abtöten von Mikroorganismen in Lebensmitteln durch gezieltes Einwirken höherer Temperaturen mit dem Ziel, eine lange Haltbarkeit der Güter zu gewährleisten [TSCHEUSCHNER, 2004].

Blanchieren: kurzzeitiges Eintauchen von Lebensmitteln in kochendes Wasser. Dient in erster Linie dazu, Enzyme zu inaktivieren und dadurch unerwünschte Produktveränderungen (enzymatische Bräunung, Abbau von wertvollen Inhaltsstoffen, Entwicklung von „Off-Flavors“) zu verhindern. Zudem wird Sauerstoff aus dem Gewebe von Gemüse ausgetrieben, die Zellstruktur gelockert (Abbau von Pektinstoffen), die Keimbelastung reduziert sowie unerwünschte Geschmacksstoffe (kohlartige Gemüse) und Gifte (Pilze) entfernt [TSCHEUSCHNER, 2004].

Pasteurisieren: Vernichten der vegetativen Keime einschließlich der pathogenen Keime [TSCHEUSCHNER, 2004].

Sterilisieren: Abtöten aller Keime einschließlich der hitzeresistenten Bakteriensporen, zumindest aber irreversible thermische Schädigung bis zur Vermehrungsunfähigkeit [TSCHEUSCHNER, 2004].

Die Haltbarmachung von Gemüse durch Hitzesterilisieren hat von allen Verarbeitungsverfahren nach wie vor sehr große Bedeutung. Ausgesuchte, frisch geerntete Ware wird vorgerichtet und blanchiert. Das Blanchieren bezweckt hier außer der Enzyminaktivierung die Entfernung unerwünschter Geschmackstoffe (Kohlarten), die Eliminierung der im Gewebe eingeschlossenen Luft und ein Schrumpfen bzw. Erweichen der Rohware, so dass die Packungsdichte größer wird [BELITZ, 2001].

Als Aufgussflüssigkeit dient oft 1-2 %ige Natriumchloridlösung, bisweilen werden Zucker (Erbsen, Rote Beete, Tomaten, Süßmais), Citronensäure (bis 0,05 %, z.B. bei Schwarzwurzeln, Sellerie, Blumenkohl und Puffbohnen), Calciumsalze zur Festigung des Gewebes (Tomaten, Blumenkohl) oder Mononatriumglutamat (100-150 mg pro Kilogrammdose) zur Geschmacksabrundung zugegeben [BELITZ, 2001].

4.2.2 F–Wert

Der F-Wert beschreibt den Erhitzungseffekt, also die Keimabtötungsrate. Dabei geht man von folgendem Grundwert aus:

1 F-Wert = 1 Minute bei 121°C

Die F-Werte werden durch die Integration der Kerntemperaturkurve gegen die Zeit ermittelt. Dabei ist der z-Wert für den Leitkeim maßgebend [FLORIN, 2007].

4.2.3 Erforderlicher F_0–Wert

Der Sterilisationseffekt F_0 entspricht der Zeit in Minuten, um eine ausgewählte Mikroorganismenart (für Sterilisation *Clostridium botulinum*, ν_0 = 121,1°C, D_0 = 0,21 min, z = 10 K) von N_0 auf N zu reduzieren.

Ausgehend von einer praktisch anzustrebenden Keimreduktion um 12 Zehnerpotenzen (D-12-Konzept), ergibt sich für *Clostridium botulinum* als ausgewähltem Verderbserreger $F_0 \geq 2{,}52$. Aus Sicherheitsgründen werden F_0–Werte bis 30 min realisiert [TSCHEUSCHNER, 2004].

Tab. 4.1: In der Fachliteratur empfohlene F_0-Werte [HEISS, EICHNER, 2002]

Produkt	Stork	Alstrand Eklund	Stumbo	NCA	Andersen
Gemüse					
Grüne Bohnen	3,0	3,5…6	3,5…6	3,0… 6,3	3…4
Champignons				4,1… 9,3	
Erbsen	5,6…8			6,0…11,3	
Erbsen u. Karotten				7,3…13,9	
Kartoffeln	3…3,5			3,0…10,8	
Karotten	3		8…11	3,5…10,4	
Pilze	4,2…7				
Sellerie				2,8… 9,6	
Spargel	3	2…4	3,5…6	2,8… 3,3	2…4
Spinat	4	7…11		3,0… 4,3	
Zwiebeln			4…7		

4.2.4 Auswirkungen der Hitzesterilisation auf die Lebensmittelqualität

Während Proteine in Lebensmitteln durch Erhitzen besser verdaulich werden und somit ihr Nährwert steigt, erleidet der Vitamin-Gehalt teilweise erhebliche Verluste (Vitamine A, B1, B2, Nikotinsäure, Pantothensäure und Vitamin C) [BALTES, 2000].

Die Einwirkung von Hitze und Licht in Gegenwart von Sauerstoff verursacht Verluste von Vitamin A. Der Mittelwert für die Zubereitungsverluste sämtlicher verbrauchter Lebensmittel bei landesüblicher Ernährung und schonender Zubereitung beträgt ca. 20 %. Die Vitamin A-Aktivität der Provitamine wird auch in Abwesenheit von Sauerstoff durch Licht oder Hitze infolge Bildung von cis-Isomeren vermindert [D_A_CH, 2000].

Vom Vitamin B1 bleiben die in Karotten und Tomaten enthaltenen Mengen praktisch erhalten, für andere Gemüse liegen die Verluste zwischen 10-50 % (grüne Bohnen, Erbsen und Spargel). Hoch sind die Verluste bei Spinat (66 %), der eine große Oberfläche aufweist. Vitamin B2 wird vor allem im Blanchierprozess zu 5–25 % ausgelaugt, bei der weiteren Verarbeitung dagegen nur wenig geschädigt. Ähnlich verhält sich Nicotinsäure. Verluste an Vitamin C sind durch die Wasserlöslichkeit sowie den enzymatischen und chemischen Abbau (bes. bei Gegenwart von Schwermetallspuren) bedingt. Beim gesamten Konservierungsprozess bleibt Vitamin C zu 55–90 % (Spargel, Erbsen und grüne Bohnen) erhalten [BELITZ et al., 2001].

4.3 HOCHDRUCKKONSERVIERUNG

4.3.1 Prinzip der hydrostatischen Hochdruckbehandlung

Bereits Ende des 19. Jahrhunderts wurde beschrieben, dass durch Druckeinwirkung Mikroorganismen inaktiviert wurden und Eiweiß koaguliert. 1990 wurden erste Produkte (v.a. Fruchtsäfte und Fruchtzubereitungen) auf dem japanischen Markt angeboten [DEHNE et al., 2000].

Beim Hochdruckverfahren wird das in einen druckresistenten Behälter eingebrachte Lebensmittel einem hydrostatischen Druck von 50 bis 1.000 MPa (dies

entspricht Drücken, die in 5 bis 100 km Meerestiefe herrschen) ausgesetzt. Der Druckaufbau erfolgt, indem ein nach dem hydraulischen Prinzip angetriebener Kolben direkt im Druckbehälter bewegt wird. Nach dem isostatischen Prinzip wird ein gleichmäßiger Druck auf das Druckmedium (bei verpackten Lebensmitteln wird in der Regel Wasser als Druckmedium verwendet) ausgeübt, der sich innerhalb des Lebensmittels fortsetzt und an allen Orten gleich groß ist [DEHNE et al., 2000].

4.3.2 Thermodynamische Grundlagen der Hochdruckbehandlung

Für die Hochdruckanwendung ist jede Reaktion in Lebensmitteln von Bedeutung, für die das Prinzip von Le Chatelier zutrifft. Die „treibende Kraft“ für einen Ablauf von chemischen Reaktionen ist generell die Veränderung der freien Enthalpie G von Ausgangs- und Endprodukten [SCHÖBERL, 2000].

Neben der Veränderung des chemischen Gleichgewichtes ist auch die Geschwindigkeit des sich einstellenden Gleichgewichtes für chemische Reaktionen von Bedeutung. Ausgedrückt wird dies über die Geschwindigkeitskonstante k [SCHÖBERL, 2000].

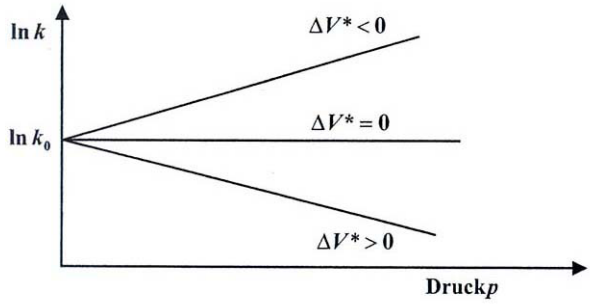


Abb. 4.1: Abhängigkeit der Geschwindigkeitskonstante k vom Druck p für unterschiedliche Werte des Aktivierungsvolumens ΔV* [SCHÖBERL, 2000].

4.3.3 Auswirkungen der Hochdruckbehandlung auf Mikroorganismen

Die meisten Bakterien sind wachstumsfähig bei Drücken bis zu 20-30 MPa. Mikroorganismen, die bei höheren Drücken als 40–50 MPa wachstumsfähig sind, bezeichnet man als Barophile Organismen. Barophobe Organismen hingegen wachsen nicht oder nur langsam bei Drücken größer 30–40 MPa. Mäßiger Hochdruck führt zu einer Verminderung der Wachstumsrate und Vermehrung von Mikroorganismen. Sehr hoher Druck bewirkt die Inaktivierung von Mikroorganismen. Die Druckschwelle für die Verlangsamung der Reproduktion und Inaktivierung ist von der Art der Mikroorganismen abhängig [BARBOSA-CÁNOVAS et al., 1997].

Die Hochdruckbehandlung kann Enzyme und Mikroorganismen inaktivieren ohne die meisten wertbestimmenden Inhaltsstoffe zu verändern. Die Auswirkungen der Hochdruckkonservierung auf Enzyme ist wahrscheinlich auf reversible oder irreversible Änderungen der Proteinstrukturen zurückzuführen [SOYSAL et al., 2003].

4.3.4 Einfluss der Hochdruckbehandlung auf die strukturellen Eigenschaften und den Flüssigkeitsverlust von Gemüse

4.3.4.1 Einleitung

Die Trockenmasse von Gemüsesorten liegt meist bei 10–20 %mas (Stickstoffverbindungen 1-5 %mas, Kohlenhydrate 2-20 %mas, Fett 0,1-0,5 %mas, Rohfaser 1 %mas, Mineralstoffe 1 %mas). Enzyme, die Hauptbestandteile von Stickstoffverbindungen, können sich bei der Verarbeitung von Gemüse positiv (Bildung von typischen Aromastoffen) oder negativ (Bildung von Fehlaromen und Verfärbungen) auswirken. Bei den Kohlenhydraten dominieren Glucose und Fructose (0,3-4 %mas), Saccharose (0,2-12 %mas) und Stärke (0-20 %mas).

Die Zusammensetzung von Obst und Gemüse (in %mas des Frischgewebes, essbarer Anteil) ist in Tab. 4.2 ersichtlich [SCHÖBERL, 2000]:

Tab. 4.2.: Zusammensetzung von Obst und Gemüse (in %mas des Frischgewebes, essbarer Anteil) [SCHÖBERL, 2000].

	Trocken-masse	Stickstoffver-bindugen	Kohlen-hydrate	Lipide	Roh-faser	Asche
Karotte	11,8	1,1	8,7	0,2	1,0	0,8
Kartoffel	22,2	2,0	18,9 (davon 14,1 Stärke)	0,2	0,8	1,1
Apfel	14,7	0,7	11,4	0,6	2,0	0,3
Radischen	5,6	1,1	3,5	0,1	1,0	0,9
Gemüse-paprika	6,6	1,2	3,4	0,3	1,4	0,4
Peperoni	6,4	1,2	3,3	0,5	1,5	0,4
Spargel	8,3	2,5	4,3	0,1	0,7	0,6
Banane	24,1	1,2	20,0	0,2	1,8	0,8
Zwiebel	10,9	1,5	8,1	0,3	0,6	0,9

4.3.4.2 Textur, Flüssigkeitsverlust, Sensorik von Karotten

Rein optisch zeigten die hochdruckbehandelten Karotten gegenüber einer unbehandelten kaum eine Veränderung. Sie zeichneten sich lediglich durch eine frischere und gleichmäßigere Farbe aus, helle trockene Stellen verschwanden. In der Konsistenz wurde die Karotte weicher. Sensorisch wirkten die behandelten Karotten ab 400 MPa etwas süßer, aber durchaus typisch. Bei der Lagerung an der Luft verfärbten sich hochdruckbehandelte Karotten bräunlich. Nach 5 h wurden die an der Luft gelagerten Karotten dunkelbraun, während die unter Luftabschluß gelagerten Karotten ihre typische Farbe behielten [SCHÖBERL, 2000].

Mit steigendem Druck nahm die Festigkeit der Karotten ab, was auf die Zerstörung der Strukturen durch eine Hochdruckbehandlung zurückzuführen war. Dieser Vorgang war bei 400 MPa abgeschlossen. Eine weitere Druckerhöhung hatte auf die Festigkeit der Karotten keinen Einfluss. Die Temperatur hatte nur bei einer Hochdruckbehandlung unter 400 MPa eine Bedeutung. Hier war eine Festigkeitsabnahme bei 40 °C gegenüber der bei 20 °C behandelten Karotte zu beobachten. Der Flüssigkeitsverlust nahm bis zu einem Druck von 400 MPa zu, über 400 MPa blieb der Flüssigkeitsverlust im weiteren Verlauf

annähernd konstant. Der starke Verlust der Festigkeit, der zunehmende Flüssigkeitsverlust und die Braunfärbung mit steigendem Druck an der Luft waren auf Strukturzerstörungen der Zellen und daraus resultierendem Kontakt des Luftsauerstoffs mit Polyphenolen und Polyphenoloxidasen zurückzuführen [SCHÖBERL, 2000].

4.3.4.3 Auswirkungen der Hochdruckbehandlung auf die Peroxidase–Inaktivierung

Die Peroxidase ist eines der hitzestabilsten Enzyme im Gemüse und steht in direktem Zusammenhang mit den nachteiligen Auswirkungen auf Aroma und Farbe von unblanchiertem, rohem Gemüse [SOYSAL et al., 2003].

Meist übertragen Peroxidasen Wasserstoffperoxid, womit Wasserstoff-Donatoren oxidiert werden:

$$H_2A + H_2O_2 \rightarrow 2\ H_2O + A$$

Peroxidasen werden durch Hitze inaktiviert. Man benutzt daher ihren Nachweis zur Prüfung, ob z.B. für die Tiefkühlung vorgesehenes Gemüse ordnungsgemäß blanchiert wurde. Allerdings hat sich gezeigt, dass inaktivierte Peroxidase nach einiger Zeit wieder Aktivität zeigte [BALTES, 2000].

Karotten-Peroxidase wird bei einem Druck von 600 MPa und einer Temperatur von 45 °C vollständig inaktiviert. Bei niedrigeren Drücken (< 396 MPa) nimmt die Peroxidase–Stabilität verglichen mit nicht druckbehandelten Karotten zu. Thermische Inaktivierung der Karotten Peroxidase wird bei einer Temperatur von 75 °C für 10 min erreicht. Hochdruckkonservierung in Kombination mit thermischer Behandlung verbessert die Inaktiverung der Karotten-Peroxidase. Die Regeneration der Peroxidase-Aktivität bei der Kombination von Hochdruckbehandlung und Temperatur folgt der Reaktionskinetik 1. Ordnung bei 25, 35 und 40 °C. Bei einem Druck von 506 MPa und einer Temperatur von 45 °C erfolgt keine Regeneration. Der Druck hat keine signifikante Auswirkung auf den Vitamin C Verlust oder den Proteingehalt. Hochdruckkonservierung in Kombination mit mäßiger Hitzebehandlung ist vorteilhafter für die Verarbeitung von Karotten als hohe Temperaturen in Hinblick auf den Erhalt von Vitamin C. Durch die irreversible Inaktivierung der Peroxidase bei Drücken größer als 500 MPa und milden Temperaturen können Lebensmittel mit hohen Nährwerten erhalten werden [SOYSAL et al., 2003].

4.4 TROCKNUNG

4.4.1 Definition

Unter Trocknen wird das Entfernen oder Vermindern von Feuchtigkeit eines feuchten Gutes durch Verdunsten oder Verdampfen verstanden, wobei die entfernte Feuchtmenge eine Veränderung des Aggregatzustandes erfährt.

Prozessziel ist die gewünschte Lebensmittelfeuchte nach einer bestimmten Trocknungsdauer. Durch Zufuhr von Wärme verdunstet die Feuchtigkeit und geht an das Trocknungsmittel (meist Luft) über [TSCHEUSCHNER, 2004].

4.4.2 Wasseraktivität

Die Messgröße Wasseraktivität beschreibt die Verfügbarkeit des Wassers in wasserhaltigen Medien für chemische, mikrobiologische und enzymatische Reaktionen.

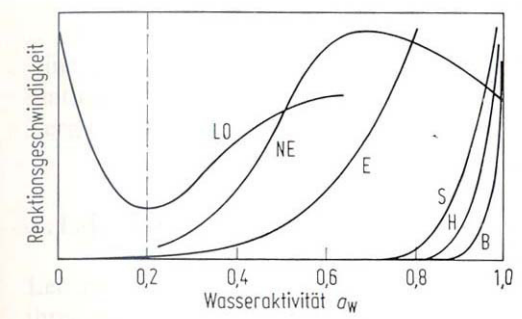
Der a_w-Wert stellt das Verhältnis zwischen dem Dampfdruck p des wasser-haltigen Mediums und dem des reinen Wassers p_0 dar [TSCHEUSCHNER, 2004].

Zwischen Wassergehalt bzw. Wasseraktivität eines Lebensmittels und einigen unerwünschten Verderbsreaktionen gibt es einen qualitativen Zusammenhang (Tab. 4.3):

- Der mikrobiologische Verderb (durch Bakterien, Hefen und Schimmelpilze verursacht) tritt nur bei hohen Wasseraktivitäten des Produktes auf und wird bei Wasseraktivitäten unterhalb a_w=0,6 vollständig unterbunden.
- Der enzymatische Verderb ist bei hohen Wasseraktivitäten besonders stark, wird aber auch bei niedrigen bzw. sehr geringen Wasseraktivitäten nicht vollständig unterbunden, sondern lediglich stark herabgesetzt [KRÖLL, 1989].

Eine weitere, die Qualität von trocknenden und halbfeuchten Produkten, beeinträchtigende Gruppe chemischer Umsetzungen ist die Maillard-Reaktion (nicht enzymatische Bräunungsreaktion), die im Bereich mittlerer Wasseraktivitäten ihre höchste Umsetzungsgeschwindigkeit hat. Bei sehr hohen wie auch bei niedrigen a_w-Werten tritt sie kaum in Erscheinung, während bei der Lipidoxidation bei extrem niedrigen a_w-Werten erhöhte Verderbsgeschwindigkeit zu erwarten ist [KRÖLL, 1989].

Tab. 4.3: Einfluss der Wasseraktivität auf chemische und mikrobiologische Veränderungen in Lebensmitteln [KRÖLL, 1989].



Stabilitätsdiagramm.
Abhängigkeit verschiedener Verderbsreaktionen von der Wasseraktivität bzw. dem Wassergehalt. LO Lipidoxidation, NE Nichtenzymatische Bräunung, E Enzymatische Reaktionen, S, H, B Verderb durch Schimmelpilze, Hefen, Bakterien.

4.4.3 Die Verdunstungstrocknung (unter 100 °C)

Bei der Verdunstungstrocknung wird dem Lebensmittel Wärme durch erhitzte Luft zugeführt, die aus dem Lebensmittel Wasserdampf aufnimmt. Die Verdunstungstrocknung gliedert sich in 3 Abschnitte:

- Im ersten Trocknungsabschnitt wird das freie Wasser von der Oberfläche mit konstanter Geschwindigkeit abgeführt.
- Im zweiten Trocknungsabschnitt kommt es mit steigendem Diffusionswiderstand der zunehmenden Trocknungsschicht zu einer Abnahme der Trocknungsgeschwindigkeit.
- Der dritte Trocknungsabschnitt endet, wenn im Kern des Lebensmittels die relative Feuchtigkeit der Trocknungsluft erreicht wurde, die Trocknungsgeschwindigkeit wird Null (Gefahr einer starken Temperatursteigerung und da mit einer Gutschädigung!) [HEISS, 2004].

4.4.4 Qualitätseinbußen beim Trocknen

Die Hitzebelastung beim Trocknen führt in erster Linie zu Proteindenaturierungen und Abbau von Aminosäuren (v. a. Lysin). Vitamine, besonders die Vitamine B1, B12 und C leiden bei Erhitzung. Daneben werden Löslichkeit, Benetzbarkeit und das Eiweißquellungsvermögen der Produkte umso mehr in Mitleidenschaft gezogen, je höher erhitzt wurde [BALTES, 2000].

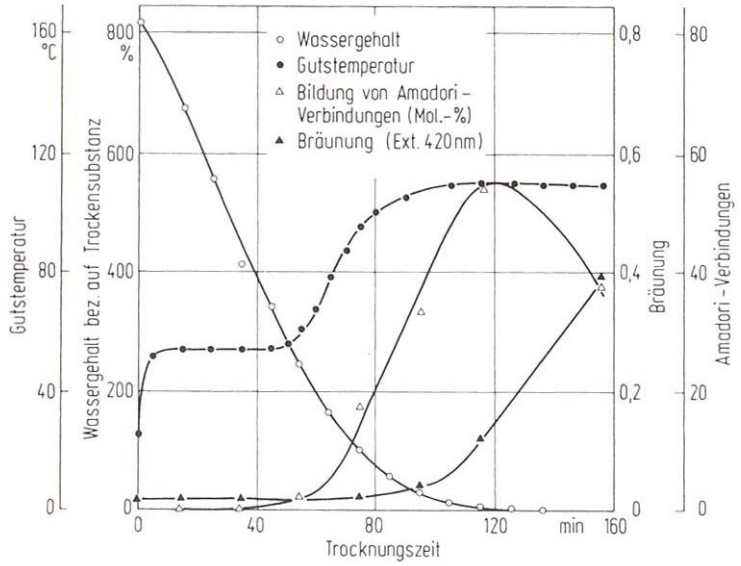
Generell sind die durch die Trocknung bedingten Verluste an Vitamin B1 und anderen wasserlöslichen Vitaminen in vorher blanchiertem Gemüse kleiner als 10 %. Die β-Carotin-Erhaltung beim Trocknen von Karotten liegt im Bereich von

74 – 90 % und ist beim Gefriertrocknen besser als beim Lufttrocknen [HEISS und EICHNER, 2002].

Bei kompakten Lebensmitteln kann die Wiedererlangung der ursprünglichen Textur Schwierigkeiten bereiten. Ursache der Texturveränderung ist bei pflanzlichen Lebensmitteln oft das Kristallisieren von Polysacchariden. Ferner können Reaktionen zwischen Proteinen und Lipiden bzw. Kohlenhydraten eintreten; letztere führen zu Umsetzungen vom Typ der Maillard-Reaktionen und treten besonders störend in Erscheinung [HEISS und EICHNER, 2002].

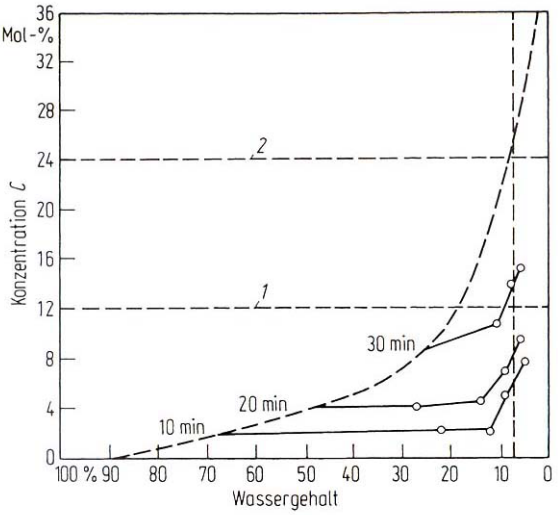
Die geruchs- und geschmacksneutralen Amadori-Verbindungen (Abb. 4.2), die als Vorstufen der Maillard-Reaktion zwischen reduzierenden Zuckern und Aminosäuren gebildet werden, können als Leitsubstanzen zur Erkennung und Verfolgung einer beginnenden Maillard-Reaktion bei Trocknungsprozessen verwendet werden [HEISS und EICHNER, 2002].

Wie aus Abb. 4.3 ersichtlich ist, führt eine zweistufige Trocknung mit einer Lufttemperatur von 110 °C in der ersten und einer Lufttemperatur von 60 °C in der zweiten Trocknungsstufe zu einer wesentlich geringeren Endkonzentration an Amadori-Verbindungen und einer wesentlich besseren Erhaltung der sensorischen Qualität [HEISS und EICHNER, 2002].



Bildung von Vorstufen der Maillard-Reaktion (Amadori-Verbindungen) und Bräunung bei der Lufttrocknung von Karotten (Lufttemperatur 110°C). Für die Messung der Extinktionen (420 nm) wurden 1,5 g Trockenkarotten (Trockensubstanz) mit 250 ml Wasser extrahiert. (Nach Eichner und Wolf)

Abb. 4.2: Bildung der Amadori-Verbindungen bei der Lufttrocknung von Karotten [HEISS und EICHNER, 2002]:



Zunahme der Konzentrationen von Amadori-Verbindungen (C/Mol%) bei einer zweistufigen Lufttrocknung von Karotten in Abhängigkeit vom Wassergehalt.
1. Stufe: Lufttemperatur 110°C (– – –) für 10, 20 und 30 min;
2. Stufe: Lufttemperatur 60°C (——) bis zum Erreichen eines Endwassergehalts von 7%.
1 sensorische Erkennungsschwelle; *2* geschmackliche Qualitätsgrenze

Abb. 4.3: Zunahme der Konzentrationen von Amadori-Verbindungen (C/Mol %) bei einer zweistufigen Lufttrocknung von Karotten in Abhängigkeit vom Wassergehalt [HEISS und EICHNER, 2002].

4.5 GEFRIERTROCKNUNG

4.5.1 Definition

Gefriertrocknen (Sublimationstrocknen) ist eine Sonderform des Trocknens. Das im Lebensmittel verteilte und gefrorene Wasser sublimiert bei niedrigen Drücken < 1 Pa, d.h. das gefrorene Wasser geht unmittelbar aus der festen Phase in die gasförmige Phase über [TSCHEUSCHNER, 2004].

4.5.2 Auswirkungen der Gefriertrocknung auf die Lebensmittelqualität

Bei der Gefriertrocknung wird bei Temperaturen unter -15 °C eine hochporöse Struktur ohne jede Schrumpfung erzielt, wodurch Farbveränderungen und weitgehend auch Vitaminverluste vermieden werden [HEISS, 2004].

Die hohe Porosität des getrockneten Gutes gewährleistet eine rasche Rehydratisierung, andererseits entsteht hierdurch eine erhöhte Oxidationsanfälligkeit des getrockneten Lebensmittels. Carotin, das in luftgetrockneten Produkten recht stabil ist, wird in gefriergetrockneten Produkten bei Luftberührung rasch abgebaut [HEISS, EICHNER, 2002].

Die Gefriertrocknung ist zwar mit höheren Kosten verbunden, auch der Energieaufwand ist groß, weil zur Sublimationswärme noch der Energieaufwand zum Gefrieren aufzubringen ist, aber das Verfahren schafft die Möglichkeit, ohne Gefährdung durch die Maillard-Reaktion sowie mit verringerten Aromaverlusten zu trocknen. Auch das Quellvermögen bleibt weitgehend erhalten [HEISS, EICHNER, 2002].

4.6 OSMOTISCHE TROCKNUNG

Als Osmose wird in den Naturwissenschaften der gerichtete Fluss von Molekülen durch eine semipermeable Membran (entspricht der Zellwand bei Lebensmitteln) bezeichnet.

Im Prinzip handelt es sich bei der osmotischen Trocknung um eine Senkung der Wasseraktivität ohne thermischen Einfluss. Die Lebensmittel werden dazu

in eine hypertonische Lösung eingetaucht. Aufgrund des höheren osmotischen Drucks in der Lösung diffundiert Wasser aus den Zellen in die Lösung, wobei die Zellwand als semipermeable Membran dient. Durch Auswahl entsprechender Lösungen kann ein Eindringen von Lösung in die Zellen weitgehend verhindert werden [KASTNER et al., 2007].

Durch die osmotische Trocknung können auch stückige Lebensmittel aufkonzentriert werden. Im Gegensatz zur Trocknung, welche normalerweise zum Wasserentzug stückiger Güter eingesetzt wird, treten bei diesem Verfahren keine so gravierenden Textur-, Farb- und Geschmacksbeeinflussungen auf [KASTNER et al., 2007].

Die osmotische Trocknung ermöglicht die Herstellung von stückigen Lebensmitteln mittlerer Feuchtigkeit aus frischem Obst und Gemüse. Dies bewirkt zum einen eine Haltbarkeitsverlängerung, andererseits eine Gewichtsreduzierung und die Frischestruktur der Lebensmittel bleibt erhalten [KASTNER et al., 2007].

4.7 KÜHLLAGERUNG

Kühlen ist die Anwendung von Temperaturen in einem Bereich unterhalb der Umgebungstemperatur und oberhalb des Gefrierbeginns des Produkts.

Ziele der Kühlung sind die Konservierung, die Gewährleistung günstiger Temperaturen für die Entwicklung gewünschter biologischer und biochemischer Prozesse und die zeitweise Veränderung bestimmter physikalisch-chemischer Eigenschaften als Voraussetzung für die Durchführung technologischer Prozesse. Die Kühlung bedarf einer Vorbehandlung (z. B. Sortieren, Waschen, Schälen, Zerkleinern, Verpacken) [TSCHEUSCHNER, 2004].

Besondere Probleme ergeben sich bei der Kühllagerung von Obst und Gemüse, da diese meist auch noch nach der Ernte atmungsaktiv sind und somit in ihnen Stoffwechselvorgänge ablaufen. Dabei wird unter Kohlendioxidabgabe Wärme frei, die abtransportiert werden muss. Dabei kann die Atmungsgeschwindigkeit durch Kühlung gesenkt werden, allerdings nur bei einigen Produkten, dagegen nicht bei Tomaten, Salat und Grapefruit. Manche Gemüse erfordern höhere Luftfeuchten als 90 % (z. B. Salat, Spinat). Hier kann das Verpacken in Polyethylenfolien hilfreich sein [BALTES, 2000].

In Tab. 4.4 sind die optimalen Lagerungsbedingungen und entsprechende Lagermöglichkeit bei gekühltem Gemüse angegeben [BALTES, 2000].

Tab. 4.4: Optimale Lagerungsbedingungen und entsprechende Lagermöglichkeit bei gekühltem Gemüse. (Aus: Schormüller, 1966) [BALTES, 2000].

Gemüseart	Temperatur (°C)	Relative Feuchtigkeit (%)	Lagerdauer
Blumenkohl	0	85-90	2-3 Wochen
Broccoli	0	90-95	10-21 Tage
Bohnen (Phaseolus vulg.)	2-7	85-90	10-15 Tage
Champignons	0	85-90	5 Tage
Erbsen, grün, in Schoten	-0,5-0	85-90	1-3 Wochen
Gurken	11,5	85-95	1-2 Wochen
Karotten, gestutzt	-1-+1	90-95	4-6 Monate
Kartoffeln			
neue	3-4	85-90	einige Wochen
späte, zum Verzehr	4,5-10	85-90	4-8 Monate
Kohl	0	85-90	2-4 Monate
Blattsalat	0	90-95	1-3 Wochen
Oliven, frische	7-10	85-90	4-6 Wochen
Rettich	-1-0	90-95	10-12 Monate
Rhabarber	0	90	2-3 Wochen
Rüben, weiße	0	90-95	4-5 Monate
Schwarzwurzeln	0-1	90-95	2-4 Monate
Sellerie, Knollen	0-1	90-95	2-4 Monate
Spargel	0-0,5	85-90	2-4 Wochen
Spinat	-0,5-0	90-95	2-6 Wochen
Tomaten			
grüne	11,5-13	85-90	3-5 Wochen
reife	0	85-90	1-3 Wochen
Wassermelonen	2-4	85-90	2-3 Wochen
Zwiebeln	-3-0	70-75	6 Monate

4.7.1 Auswirkungen der Kühllagerung auf die Lebensmittelqualität

Werden rohe Obst- oder Gemüseprodukte in Kühlräumen gelagert, muss die Atmungswärme dieser Produkte aus dem Kühlraum abgeführt werden. Diese Atmungswärme ist von der Höhe der Lagerungstemperatur und der Art der Produkte abhängig. Im Fall gegarter Obst- und Gemüseprodukte tritt keine Atmungswärme auf. In Tab. 4.5 sind die spezifischen Atmungswärmen von Lebensmitteln ersichtlich [KURZHALS, 2007].

Neben chemischen Veränderungen können bei kühl gelagerten Lebensmitteln auch enzymatisch oder mikrobiell verursachte Verderbserscheinungen auftreten. Die Aktivierungsenergie E_a von bakteriologisch verursachten Verän-

derungen liegt dabei bei etwa 130.000 J/mol, was z-Werten von etwa 11 bis 13 °K und Q_{10}-Werten von 6 bis 8 entspricht. Enzymatisch katalysierte Verderbsreaktionen zeigen im Temperaturbereich der Kühllagerung Aktivierungsenergien in der Größenordnung von 50.000 J/mol, was z-Werten von etwa 31 °K und Q_{10}-Werten von 2,1 entspricht [KURZHALS., 2007].

Am günstigsten ist die Kühllagerung bei hoher Luftfeuchtigkeit (80 – 95 %). Die Gewichtsverluste innerhalb der Lagerzeiten liegen bei 2 – 10 %. Ascorbinsäure nimmt bei der Lagerung meist ab, desgleichen Carotin. Abbau von Stärke und Protein sowie Zunahme der freien Säuren (Blumenkohl, Kopfsalat, Spinat) sind weitere zu beobachtende Veränderungen [BELITZ et al., 2001].

In Tab. 4.5 sind die spezifischen Atmungswärmen von Lebensmitteln angegeben.

Tab. 4.5: Spezifische Atmungswärmen von Lebensmitteln [KURZHALS, 2007].

Produkt	**Atmungswärme in W/t bei**		
	0 ºC	**5 ºC**	**15 ºC**
Äpfel	5 bis 10	13 bis 21	28 bis 58
Bananen	-	40 bis 58	87 bis 165
Birnen	8 bis 16	22 bis 46	85 bis 125
Blumenkohl	24 bis 62	53 bis 77	194 bis 256
Bohnen	57 bis 70	104 bis 121	264 bis 411
Erbsen	87 bis 104	155 bis 187	363 bis 460
Erdbeeren	34 bis 46	44 bis 92	131 bis 242
Gurken	19 bis 20	24 bis 34	96 bis 121
Karotten	10 bis 28	28 bis 39	73 bis 97
Kartoffeln	11 bis 26	12 bis 19	19 bis 36
Kopfsalat	54 bis 95	91 bis 155	200 bis 256
Pfirsiche	13 bis 19	25 bis 41	87 bis 130
Rosenkohl	48 bis 68	96 bis 136	249 bis 295
Sellerie	15 bis 24	31 bis 46	97 bis 114
Spargel	58 bis 65	77 bis 85	206 bis 278
Tomaten	14 bis 17	19 bis 27	52 bis 87
Weißkohl	22 bis 25	36 bis 41	97 bis 114

4.8 GEFRIERKONSERVIERUNG

Gefrierkonservierung ist ein Verfahren zur langfristigen Haltbarmachung von Lebensmitteln, bei dem durch Anwendung von Temperaturen unterhalb des Gefrierbeginns der Produkte der ausfrierbare Wassergehalt weitgehend ausgefroren wird. Die konservierende Wirkung beruht sowohl auf der Temperatur- als auch auf der a_w-Wert-Senkung durch die Umwandlung des Wassers in Eis [TSCHEUSCHNER, 2004].

Für das Einfrieren besonders geeignet sind Bohnen, Erbsen, Paprika, Rosenkohl, Steinpilze und Tomatenmark, Karotten und verschiedene Kohlarten, ungeeignet sind Rettiche, Radieschen, Blattsalate oder ganze Tomaten. Die möglichst hochwertige Rohware wird nach entsprechender Zurichtung zur Ausschaltung von Enzymen durch Behandlung mit kochendem Wasser (1,5 – 4 min) oder mit strömendem Dampf (2 – 5 min) blanchiert [BELITZ et al., 2001].

Unmittelbar nach dem Blanchieren wird das Gemüse abgekühlt, dann bei -40 °C oder tieferen Temperaturen eingefroren und im Allgemeinen bei -18 °C bis -20 °C gelagert. Das Einfrieren erfolgt überwiegend mit konventionellen Gefriertechniken durch indirekte Kälteübertragung in Platten- und Luftgefrierapparaten [BELITZ et al., 2001].

4.8.1 Auswirkungen der Gefrierkonservierung auf die Lebensmittelqualität

Ein mikrobieller Verderb von tiefgefrorenen Lebensmitteln ist nur bei Unterbrechung der Tiefkühlkette möglich. Da auch unterhalb des Gefrierpunktes noch flüssiges Wasser im Lebensmittel vorhanden ist, können sich bestimmte Bakterien bis -5 °C - (-7 °C), Hefen bis -10 °C - (-12 °C) und Pilze bis -15 °C - (-18 °C) vermehren. Allerdings sinkt aufgrund des ausgefrorenen Wassers der a_w-Wert schnell ab [KRÄMER, 2002].

Bei der Gefrierlagerung werden Mikroorganismen nicht vollständig vernichtet. Die tiefgefrorenen Lebensmittel sind also nicht steril. Es wird jedoch der Stoffwechsel und das Wachstum von Mikroorganismen gestoppt und dadurch auch die Keimzahl vermindert. Man kann aber davon ausgehen, dass in Fleisch und Gemüse 30-70 % und in Obst 5-10 % der Ausgangskeime die Gefrier-

lagerung überleben. Beim Auftauen setzen die Tätigkeit und die Vermehrung dieser Mikroorganismen wieder ein, wobei das Wachstum von Temperatur, pH-Wert und weiteren Milieueigenschaften der Produkte abhängt. Aufgetaute Produkte müssen daher entweder schnell verzehrt oder erhitzt oder kalt gehalten werden, um einen mikrobiellen Verderb zu verhindern [KURZHALS, 2007].

Beim Einfrieren bleibt der Nährstoffgehalt der Gemüse weitgehend erhalten. Vitamin A und Carotinoide werden bei geeigneter Blanchierung während des Gefrierens, der Tieftemperaturlagerung und des Auftauens im Allgemeinen nur wenig geschädigt (Spinat, Erbsen, Bohnen) oder erleiden mäßige Verluste (Spargel). Verluste an Vitaminen der B-Gruppe sind in erster Linie durch die vorbereitenden Maßnahmen bedingt (Waschen, Blanchieren), im Übrigen tritt kaum Minderung ein. Für Vitamin C besteht gleichfalls die Gefahr der Extraktion durch Wasser oder Dampf. Im Gefrierprozess wird es nicht geschädigt, auch nicht oder nur unwesentlich beim Auftauen [BELITZ et al., 2001].

Bei tiefgefrorenem Gemüse können irreversible Konsistenzänderungen auftreten. Bekannte Erscheinungen sind Weich-, Zäh- und Schlaffwerden (Bohne, Gurke, Karotte, Schwarzwurzel), Ausbildung einer zähen, gummiartigen (Spargel) oder pappig wattigen Struktur (Sellerie, Kohlrabi) und Verhärtung der Schale (Erbse) [BELITZ et al., 2001].

4.9 LEBENSMITTELVERPACKUNG

Während bei den üblichen Konsumgütern der Verpackung die Hauptaufgabe zukommt, den Inhalt auf dem Weg von der Produktionsstätte zum Verkauf vor Beschädigungen zu schützen, sowie seine Verteilung zu erleichtern, steht bei Lebensmitteln der Schutz vor atmosphärischen Einflüssen im Vordergrund. Sie muss die Qualität des Füllgutes für die vom Markt diktierten Umschlagszeiten mit einem Minimum an ökonomischen und ökologischen Aufwand möglichst konstant halten [HEISS, 2004].

Verpackungsmaterialen müssen nicht nur das Lebensmittel schützen und die Auflagen des Gesetzgebers erfüllen, sondern auch noch zahlreichen weiteren Anforderungen gerecht werden. Sie müssen z. B. Hitze (Materialen

für Kochbeutel, Mikrowellenschalen) oder Kälte (Verpackungsmaterial für Tiefkühlerzeugnisse) vertragen, bedruckbar oder beklebbar sein, bestimmte Anforderungen seitens der Herstellungs- und Verarbeitungstechnologie (Formen, Verbinden, Verschließen) erfüllen, mechanisch beständig (reißfest) und dabei möglichst leicht sein [LÖBBERT et al., 2000].

4.9.1 Wasserdampfdichtigkeit der Lebensmittelverpackung

Bei den porösen wasserarmen Lebensmitteln, die einer wasserdampfdichten Verpackung bedürfen, ist der Diffusionswiderstand des Packmittels für den Wasserdampf fast immer merklich höher als derjenige des Lebensmittels selbst, so dass in diesem kein merklicher Feuchtigskeitsgradient zu erwarten und die Wasserdampfpermeation durch den Packstoff für den Wasserdampftransport geschwindigkeitsbestimmend ist [HEISS, EICHNER, 2002].

In Tab. 4.6 wird versucht, die a_w-Werte von Lebensmitteln mit den Wachstumsgrenzen von Mikroorganismen zu korrelieren um die mögliche mikrobiologische Gefährdung im Einzelfall abschätzen zu können. Man ersieht hieraus, dass sich bereits durch einen mäßigen Wasserentzug die Wirkung schädlicher Mikroorganismen verringern lässt [HEISS, 2004].

Tab. 4.6: Gegenüberstellung der Gleichgewichtsfeuchtigkeiten (a_w-Wert x 100) verschiedener Lebensmittel und der Wachtstumsgrenzen von Mikroorganismen im Temperaturbereich des Wachstumsoptimums [HEISS, 2004].

Mittlere Gleichgewichtsfeuchtigkeiten verschiedener Lebensmittel (%)		Untere Wachtumsgrenzen von Mikroorganismen (% Gleichgewichtsfeuchtigkeit)	
Fleisch, Fisch, Geflügel, Milch	99	Proteus, Pseudomonas, Flavobacterium	96-97
Früchte, Gemüse, Säfte, Eier	97		
Leberwurst	96,8	Microbacterium	94-95
Käse, Brot	96	Lactobacillus	90-96
Mettwurst	95,5	Mucor, Botrytis, Rhizopus	93
Konfitüren, gezuckerte Kondensmilch	82-94	Saccharomyces	90
Rohschinken	91	Hefen, z.B. Candida, Torula	88
Speck	85	Penicilium, Aspergillus parasiticus	80-83
Salami	84-85	und A. flavus sowie Cladosporium	
Kochsalz[a]	75	Die meisten halophilen Bakterien	75-78
Trockenfrüchte	55-70	Aspergillus glaucus	72-73
Fructose[a]	63	Saccharomyces rouxii sowie	61-62
Dauergebäck, Ceralien	~ 10	Monascus (Xeromyces) bisporus	

4.9.2 Sauerstoffdichtigkeit der Lebensmittelverpackung

Während die Auswirkungen von Wasserdampf auf Trockenlebensmittel vielfach reversibel sind, ist eine Reaktion mit Sauerstoff irreversibel. Sauerstoffempfindliche Lebensmittel sind bereits gegen Sauerstoffspuren anfällig [HEISS, 2004].

Bei sehr sauerstoffempfindlichen Lebensmitteln muss angestrebt werden, dass im Kopfraum der Packung bzw. in den Hohlräumen des Füllgutes der Sauerstoffgehalt niedrig und zusätzlich möglichst wenig Sauerstoff im Füllgut selbst gelöst ist [HEISS, 2004].

Unter dem Einfluss von Sauerstoff werden Verluste bei den Vitaminen A, B1, B12, C, D und E bewirkt [HEISS, 2004].

Während die Autoxidation kein Licht benötigt, kann im Fall einer lichtinduzierten Oxidation durch direkte Einstrahlung von Lichtquanten der Reaktionsverlauf bereits erheblich beschleunigt werden. Wenn aber im Lebensmittel auch noch Sensibilatoren wie bspw. Chlorophyle oder Riboflavin enthalten sind, dann wird der Sauerstoff in den reaktiveren Singulettzustand überführt, wodurch die Oxidation ohne Induktionsperiode sofort abläuft. Wenn also Farbveränderungen, Aromaschäden bzw. Verluste an Vitaminen gezielt vermieden werden sollen, müsste man über die spezifische Empfindlichkeit der einzelnen Lebensmittel viel mehr wissen [HEISS, 2004].

4.9.3 MAP-Verfahren (Modified Atmosphere Packaging)

Modified Atmosphere Packaging dient der Haltbarkeitsverlängerung der Produkte und schützt vor sensorischen und den Nährstoffgehalt betreffenden Veränderungen [HAN, 2005].

Die Ziele von MAP gliedern sich in 3 Abschnitte:
1. unerwünschte physiologische, chemisch/biochemische und physikalische Veränderungen im Lebensmittel werden reduziert
2. mikrobielles Wachstum wird kontrolliert
3. Produkt-Kontamination wird verhindert [HAN, 2005].

Einflussfaktoren auf die Haltbarkeit von MAP-Produkten:

- Qualität der Rohware
- Hygienekontrollen (HACCP)
- Kontinuierliche Temperaturkontrolle
- Fertigung des Produktes
- Zeitspanne zwischen Fertigung und Verpackung
- Gasreinheit und Gassicherheit
- Verhältnis von Gasvolumen zu Produktvolumen
- Gaszusammensetzung
- Dichtheit der Verpackung [ZWEYTICK, 2006].

Methoden der Gasmodifizierung:

- Luft wird mechanisch durch Gas ersetzt
- Gasatmosphäre stellt sich passiv durch den Stoffwechsel des Füllgutes ein
- Gasatmosphäre wird aktiv durch den Einsatz von Modifikationsmitteln (Emitter, Absorber) eingestellt [ZWEYTICK, 2006].

Hauptsächlich verwendete Gase bei MAP sind Stickstoff (N_2), Sauerstoff (O_2) und Kohlendioxid (CO_2) [HAN, 2005].

Während vorwiegend oxidativ gefährdete Lebensmittel in Vakuum- oder Stickstoffverpackungen umgeschlagen werden, dominiert bei vorwiegend mikrobiologisch gefährdeten Lebensmitteln die Verwendung von Kohlendioxid als Schutzgas, da dieses eine bakteriostatische Wirkung ausübt. Da die Löslichkeit von CO_2 mit steigender Temperatur rasch abnimmt, ist hierdurch dessen haltbarkeitsverlängernde Wirkung bevorzugt unter Kaltlagerbedingungen gegeben [HEISS, 2004].

Der Einsatz von sauerstoffarmen Verpackungen ist international im Zunehmen begriffen, wobei im Augenblick wasserarme Lebensmittel, wie Gewürze, Nüsse, Kaffee, Tee, Trockenmilch, Kartoffelflocken und Trockengemüse im Vordergrund stehen [HEISS, 2004].

Eine Vakuumverpackung hat gegenüber einer Schutzgasverpackung den Vorteil, dass die laufenden Kosten für das Schutzgas entfallen, aber den Nachteil, dass die Entfernung des Restsauerstoffs schlechter gesichert ist als bei einer Schutzgasspülung vor dem Verschließen [HEISS, 2004].

5 AUFGABENSTELLUNG

Ziel dieser Diplomarbeit war es, verschiedene Garungs- und Haltbarkeitsverfahren hinsichtlich des Carotinoid–Gehaltes ihrer Endprodukte zu vergleichen.

Folgende Verfahren wurden miteinander verglichen:

1. Garen (Kochen) ohne nachfolgende Haltbarkeitsverfahren.
   Bei dieser Methode war auch der optimale Garungsgrad (C_g-Wert) zu ermitteln.
2. Garen (gleicher C_g-Wert wie unter Punkt 1), aber anschließende Kühllagerung bei +4° C für 1 Woche.
3. Garen (gleicher C_g-Wert wie unter Punkt 1), aber anschließende Tiefkühlung bei -30° C für 1 Woche.
4. Blanchieren des Rohstoffes.
5. Blanchieren des Rohstoffes und Tiefkühlung bei -30° C für 1 Woche.
6. Hochdruckbehandlung des unbehandelten Rohstoffes.
7. Osmotische Trocknung des unbehandelten Rohstoffes.

Als Versuchsprodukt wurden Karotten *(Daucus carota L.)* ausgewählt, da dieser Rohstoff reich an Carotinoiden ist. Um die Kochschädigung beim Garen gering zu halten, wurde im Vorversuch der optimale Garungsgrad (C_g-Wert) bestimmt.

Im Hauptversuch wurden die oben angeführten Haltbarkeitsmethoden in Hinblick folgender Parameter miteinander verglichen:

- Carotinoidgehalt (Lutein, α–, β-Carotin)
- Trockenmasse (TM %)
- Farbe (L*-, a*-, b* – Werte)
- Textur

Nach entsprechender Lagerung wurde der Carotinoid–Gehalt in den Endprodukten mittels HPLC bestimmt und die angewendeten Haltbarkeitsmethoden miteinander verglichen.

6 MATERIAL UND METHODEN

6.1 VERWENDETE ROHSTOFFE

Karotten *(Daucus carota L.)* wurden von der Fa. Merkur Warenhandels AG, 1190 Wien, bezogen (Neue Ernte, Charge 39 + 40, Herkunftsland: Italien, Fa. Niedermayer Vertr.GmbH, A) und für den Vorversuch bei +4° C im Kühlraum gelagert, bzw. beim Hauptversuch sofort verarbeitet.

6.1.1 Karotten *(Daucus carota L.)*

Karotten *(Daucus carota L.)* gehören zur Familie der Doldenblüter *(Apiaceae)*. Die Karotte *(Daucus carota L.)* ist eine Kulturform der Wilden Möhre *(Daucus carota ssp. carota)*, die vermutlich mit der südeuropäischen Riesenmöhre *(Daucus carota ssp. Maximus)* und evtl. der orientalischen Schwarzmöhre *(Daucus carota ssp. afghanicus)* gekreuzt wurde [www.wikipedia.de, 2008].

Souci et al. (2000) beschreiben in nachstehender Tab. die Gehalte an Inhaltsstoffen.

Tab. 6.1: Seite 1 - Nährwerttabelle Karotte roh [SOUCI et. al, 2000]

Möhre	**Carrot**	**Carotte**
(Karotte, Mohrrübe)		
Daucus carota L.		

	Einheit	Protein	Fett	Kohlen-hydrate	Organ. Säuren	Ethanol	Total
Energiewert (Durchschnitt)	kJoule	17	7	82	3	0	109
per 100 g essbarer Teil	(kcal)	4	2	19	1	0	26

Abfall in %	Durchschnitt	19	Minimum	10	Maximum	25

Inhaltsstoffe	Einheit	Durchschnitt		Variation			Nährstoffdichte		Mol %
HAUPTBESTANDTEILE									
WASSER	g	88 ,2		87 ,5	-	92 ,1	g/MJ	808 ,9	
TOTAL STICKSTOFF	g	0 ,16		-	-	-	g/MJ	1 ,4	
PROTEIN (N x 6.25)	g	0 ,98		0 ,70	-	1 ,20	g/MJ	9 ,0	
FETT	g	0 ,20		0 ,10	-	0 ,30	g/MJ	1 ,8	
VERFÜGB. KOHLENHYDR.	g	4 ,80		-	-	-	g/MJ	44 ,0	
TOTAL BALLASTSTOFFE	g	3 ,63	[1]	3 ,34	-	3 ,76		33 ,3	
VERFÜGB. ORGAN. SÄUREN	g	0 ,26		-	-	-		2 ,4	
MINERALSTOFFE	g	0 ,86		0 ,66	-	1 ,02		7 ,9	
MINERALSTOFFE UND SPURENELEMENTE									
SALZ	mg	61		32	-	83	mg/MJ	563 ,1	
KALIUM	mg	321		210	-	390	mg/MJ	29343 ,9	
MAGNESIUM	mg	13		12	-	24	mg/MJ	123 ,2	
KALZIUM	mg	37		25	-	52	mg/MJ	337 ,8	
MANGAN	µg	175		92	-	360	µg/MJ	1604 ,9	
EISEN	µg	386		280	-	4800	µg/MJ	3540,0 ,0	
KOBALT	µg	1 ,3		0 ,1	-	2 ,0	µg/MJ	12 ,2	
KUPFER	µg	50		40	-	280	µg/MJ	462 ,6	
ZINK	µg	273		170	-	2100	µg/MJ	2503 ,7	
NICKEL	µg	5 ,7	[2]	2 ,8	-	53	µg/MJ	52 ,5	
CHROM	µg	4 ,0		0 ,3	-	8 ,0	µg/MJ	36 ,8	

Tab. 6.1: Seite 2 - Nährwerttabelle Karotte roh [SOUCI et. al, 2000]

Inhaltsstoffe	Einheit	Durchschnitt	Variation		Nährstoffdichte	Mol %
MINERALSTOFFE UND SPURENELEMENTE						
MOLYBDÄN	µg	8 ,0	-	-	µg/MJ	73 ,4
VANADIUM	µg	10	-	-	µg/MJ	91 ,7
ALUMINIUM	µg	169	1	- 300	µg/MJ	1549 ,9
PHOSPHOR	mg	35	30	- 44	mg/MJ	324 ,3
CHLORID	mg	59	39	- 75	mg/MJ	542 ,2
FLUORID	µg	19	10	- 38	µg/MJ	169 ,7
IODID	µg	1 ,6	0 ,4	- 17	µg/MJ	15 ,1
BOR	µg	312	175	- 418	µg/MJ	2861 ,3
SELEN	µg	1 ,3 [2]	0 ,0	- 2 ,0	µg/MJ	12 ,2
BROMID	µg	133	130	- 147	µg/MJ	1219 ,7
NITRAT	mg	50	9	- 110	mg/MJ	458 ,5
VITAMINE						
RETINOLÄQUIVALENT	mg	1 ,5	1 ,1	- 2 ,1	mg/MJ	14 ,1
TOTAL CAROTINOIDE	mg	11	7	- 14	mg/MJ	100 ,3
ALPHA-CAROTIN	mg	3 ,4	0 ,5	- 3 ,9	mg/MJ	31 ,0
BETA-CAROTIN	mg	7 ,6	6 ,3	- 11	mg/MJ	69 ,3
CRYPTOXANTHIN		Spuren	Spuren			0 ,0
VITAMIN E AKTIVITÄT	µg	465	384	- 627	µg/MJ	4264 ,5
TOTAL TOCOPHEROLE	µg	513	430	- 680	µg/MJ	4707 ,7
ALPHA-TOCOPHEROL	µg	440	360	- 600	µg/MJ	4035 ,2
BETA-TOCOPHEROL	µg	30	-	- -	µg/MJ	275 ,1
ALPHA-TOCOTRIENOL	µg	43	40	- 50	µg/MJ	397 ,4
VITAMIN K	µg	15	5	- 80	µg/MJ	137 ,0
VITAMIN B1	µg	69	50	- 100	µg/MJ	632 ,8
VITAMIN B2	µg	53	30	- 80	µg/MJ	486 ,1
NICOTINAMID	µg	580	400	- 1000	µg/MJ	5319 ,1
PANTOTHENSÄURE	µg	270	200	- 1000	µg/MJ	2476 ,2
VITAMIN B6	µg	270	101	- 437	µg/MJ	2476 ,2
BIOTIN	µg	5 ,0	2 ,0	- 7 ,0	µg/MJ	45 ,9
FOLSÄURE	µg	26 [3]	16	- 55	µg/MJ	236 ,2
VITAMIN C	mg	7 ,0	-	- -	mg/MJ	64 ,2

Tab. 6.1: Seite 3 - Nährwerttabelle Karotte roh [SOUCI et. al, 2000]

Inhaltsstoffe	Einheit	Durchschnitt	Variation			Nährstoffdichte		Mol %
AMINOSÄUREN								
ARGININ	mg	41	35	-	46	mg/MJ	376 ,0	
CYSTIN	mg	13	2	-	24	mg/MJ	119 ,2	
HISTIDIN	mg	15	7	-	19	mg/MJ	137 ,6	
ISOLEUCIN	mg	43	38	-	47	mg/MJ	394 ,4	
LEUCIN	mg	42	35	-	54	mg/MJ	385 ,2	
LYSIN	mg	47	40	-	56	mg/MJ	431 ,0	
METHIONIN	mg	8 ,0	4 ,0	-	10	mg/MJ	73 ,4	
PHENYLALANIN	mg	31	28	-	35	mg/MJ	284 ,3	
THREONIN	mg	36	33	-	39	mg/MJ	330 ,2	
TRYPTOPHAN	mg	10	8	-	12	mg/MJ	91 ,7	
TYROSIN	mg	16	12	-	21	mg/MJ	146 ,7	
VALIN	mg	40	38	-	47	mg/MJ	366 ,8	
FRUCHTSÄUREN								
ÄPFELSÄURE	mg	243	240	-	309	mg/MJ	2228 ,5	
ZITRONENSÄURE	mg	12	10	-	55	mg/MJ	111 ,5	
OXALSÄURE TOTAL	mg	6 ,1	-	-	-	mg/MJ	55 ,9	
OXALSÄURE LÖSBAR	mg	1 ,5	-	-	-	mg/MJ	13 ,8	
CHINASÄURE	mg	51	42	-	60	mg/MJ	467 ,7	
FERULASÄURE	mg	1 ,5	1 ,0	-	2 ,0	mg/MJ	13 ,8	
KAFFEESÄURE	mg	6 ,0	2 ,0	-	10	mg/MJ	55 ,0	
PARA-CUMARIN-SÄURE	µg	100	0	-	200	µg/MJ	917 ,1	
BERNSTEINSÄURE	mg	5 ,0	0 ,0	-	10	mg/MJ	45 ,9	
FUMARSÄURE	mg	7 ,0	5 ,0	-	8 ,0	mg/MJ	64 ,2	
SALICYLSÄURE	µg	230	-	-	-	µg/MJ	2109 ,3	
SPEZIELLE KOHLENHYDRATE								
GLUKOSE	mg	1403	840	-	1710	mg/MJ	12866 ,8	
FRUCTOSE	mg	1312	840	-	1960	mg/MJ	12032 ,3	
SACCHAROSE	mg	2081	1550	-	4170	mg/MJ	19084 ,7	
PENTOSAN	mg	370	320	-	410	mg/MJ	3393 ,3	
HEXOSAN	mg	600	560	-	640	mg/MJ	5502 ,6	

Tab. 6.1: Seite 4 - Nährwerttabelle Karotte roh [SOUCI et. al, 2000]

Inhaltsstoffe	Einheit	Durchschnitt		Variation			Nährstoffdichte		Mol %
SPEZIELLE KOHLENHYDRATE									
ZELLULOSE	mg	950		-	-	-	mg/MJ	8712	,4
POLYURONSÄURE	mg	1270		1190	-	1350	mg/MJ	11647	,1
INOSITOL	mg	27		26	-	27	mg/MJ	243	,0
MANNITOL	mg	160		-	-	-	mg/MJ	1467	,4
FETTSÄUREN									
MYRISTINSÄURE	µg	300		-	-	-	µg/MJ	2751	,3
PALMITINSÄURE	mg	35		32	-	38	mg/MJ	321	,0
STEARINSÄURE	mg	2	,6	2	,1	- 3	,0 mg/MJ	23	,4
ARACHIDONSÄURE	µg	600		-	-	-	µg/MJ	5502	,6
ÖLSÄURE	mg	3	,2	3	,0	- 3	,4 mg/MJ	29	,3
EICOSANOIDSÄURE	µg	600		-	-	-	µg/MJ	5502	,6
LINOLSÄURE	mg	105		104	-	105	mg/MJ	958	,4
LINOLENSÄURE	mg	12		10	-	15	mg/MJ	112	,8
STEROLE									
TOTAL STEROLE	mg	12		-	-	-	mg/MJ	110	,1
CAMPESTEROL	mg	1	,0	-	-	-	mg/MJ	9	,2
BETA-SITOSTEROL	mg	7	,0	-	-	-	mg/MJ	64	,2
STIGMASTEROL	mg	3	,0	-	-	-	mg/MJ	27	,5
PURINE									
TOTAL PURINE	mg	17	[4]	14	-	25	mg/MJ	155	,9
PHOSPHOLIPIDE									
TOTAL PHOSPHOLIPIDE	mg	39		-	-	-	mg/MJ	357	,7
PHOSPHATIDYLCHOLIN	mg	16		-	-	-	mg/MJ	146	,7
PHOSPHATIDYLETHANOLAMIN	mg	11		-	-	-	mg/MJ	100	,9
PHOSPHATIDYLSERIN	mg	2	,0	-	-	-	mg/MJ	18	,3
PHOSPHATIDYLINOSITOL	mg	4	,0	-	-	-	mg/MJ	36	,7

Tab. 6.1: Seite 5 - Nährwerttabelle Karotte roh [SOUCI et. al, 2000]

Inhaltsstoffe	Einheit	Durchschnitt	Variation		Nährstoffdichte		Mol %
SPEZIELLE BIOAKTIVE VERBINDUNGEN							
GLUTATHION	mg	2 ,2	-	-	mg/MJ	20 ,2	
ANDERE							
BALLASTSTOFFE, wasserlöslich	mg	1742	440	- 2300	mg/MJ	15975 ,8	
BALLASTSTOFFE, wasserunlöslich	mg	1889	1460	- 2890	mg/MJ	17323 ,9	

[1] modifizierte AOAC Methode
[2] Produktmenge von europ. Regionen
[3] Menge wurde mittels HPLC-Methode bestimmt
[4] Menge der totalen Purine ist in mg Urinsäure/100g ausgedrückt

6.1.2 Carotinoide

Carotinoide gehören zu einer Gruppe natürlich vorkommender lipophiler Farbpigmente, die in allen photosynthetischen und vielen nicht-photosynthetischen Pflanzengeweben enthalten sind. Sie sind oftmals verantwortlich für die rote, orange oder gelbe Farbe von Früchten, Gemüse, Blumen und den Blattverfärbungen im Herbst [FRANK et al., 1999].

Carotinoide sind wichtige „lichtsammelnde“ Pigmente, die in den Membranen der Chloroplasten als Antennen fungieren, um die Lichtenergie an das Chlorophyll weiterzuleiten. Außerdem stellen sie für den Photosynthese-Apparat einen Schutz gegen Photooxidation dar [DOENECKE et al., 2005].

Pflanzen-Carotinoide werden in Plastiden synthetisiert und angereichert und bestehen zumeist aus einem C_{40}-Kohlenwasserstoff Grundgerüst, welches aus 8 C_5-Isoprenoideinheiten aufgebaut ist und eine Anzahl von konjugierten Doppelbindungen enthält [FRANK et al., 1999].

Die zur Synthese verwendeten Isoprenoideinheiten stammen aus dem Mevalonsäure-unabhängigen Syntheseweg, auch Deoxyxylulose- oder Rohmer-pathway genannt [BUSCH, 2001].

Abb. 6.1 zeigt den Biosyntheseweg von Carotinoiden in Pflanzen ausgehend vom Lycopin [FRANK et al., 1999].

Für die Tiere sind einige Carotinoide, besonders β-Carotin, ein Provitamin, das vom tierischen Organismus in das fettlösliche Vitamin A (Retinol) umgewandelt werden kann, von großer Bedeutung [DOENECKE et al., 2005].

Vitamin A wird als Fettsäureester mit der Nahrung aufgenommen, im Darm-Lumen unter dem Einfluss von Esterasen des Pankreas hydrolisiert und als Vitamin-A-Alkohol resorbiert. Der Vitamin-A-Bedarf wird zusätzlich durch β-Carotin und einige weitere Carotine aus der pflanzlichen Nahrung gedeckt. Die Umwandlung dieses Provitamins in Vitamin A erfolgt in der Darmwand. Carotin wird relativ schlecht resorbiert. Ein hoher Fettgehalt der Nahrung begünstigt die Carotinausnutzung [KASPER, 2000].

Im menschlichen Blut und Gewebe kommen 20 verschiedene Carotinoide vor, von denen β,β-Carotin, Lycopin und Lutein die Hauptkomponenten repräsentieren (BRITTON et al., 1998).

Die Hauptaufgabe der Carotinoide für die Ernährung, (v.a. von β,β-Carotin), ist als Provitamin A, welches in das fettlösliche Vitamin A (Retinol) umgewandelt werden kann [BRITTON et al., 1995].

Vitamin A ist für das Wachstum, das Immunsystem und die Entwicklung von Zellen und Geweben unterschiedlichster Art von essentieller Bedeutung. In Form seines aktiven Metaboliten Retinsäure reguliert es das Wachstum und den Aufbau von Haut und Schleimhäuten. Daneben ist der Aldehyd des Vitamins, das Retinal, für den Sehvorgang von Bedeutung [D_A_CH, 2001].

Die zwei wesentlichen Funktionen von β-Carotin sind:

- Aus β-Carotin (Provitamin A) kann präformiertes Vitamin A entstehen, und
- Als anitoxidative Substanz kann es wie nahezu alle anderen Carotinode vor oxidativen Schäden schützen [D_A_CH, 2001].

Die positive Wirkung der Carotinoide beschränkt sich nicht nur auf die Wirkung von β-Carotin. Lutein ist eines der wichtigsten und am häufigsten vorkommenden Carotinoide. Es wirkt als Antioxidans schützend vor Krebs, Herzerkrankungen und degenerativen Augenerkrankungen (BRITTON et al., 1996).

Der gelbe Fleck (*Macula lutea*) im menschlichen Auge wird durch in der Netzhaut eingelagertes Pigment (Xantophyll) hervorgerufen. Xantophylle bilden neben den Carotinen die zweite Gruppe der Carotinoide. Die Makula liegt als querovaler Bezirk im Bereich der Netzhautmitte. In ihrem Zentrum befindet sich die gefäßlose Netzhautgrube (*Fovea centralis retinae*), die Stelle des schärfsten Sehens [LANG, 2004].

Vitamin A ist gegenüber O_2, Tageslicht, UV-Licht labil und wird bei Erhitzung, Sauerstoffzutritt oder saurem Milieu zerstört. Die Kochverluste betragen bis zu 30 % [ELMADFA, 1998].

Tab. 6.2 zeigt die empfohlene Zufuhr für Vitamin A (Retinol) und β-Carotin.

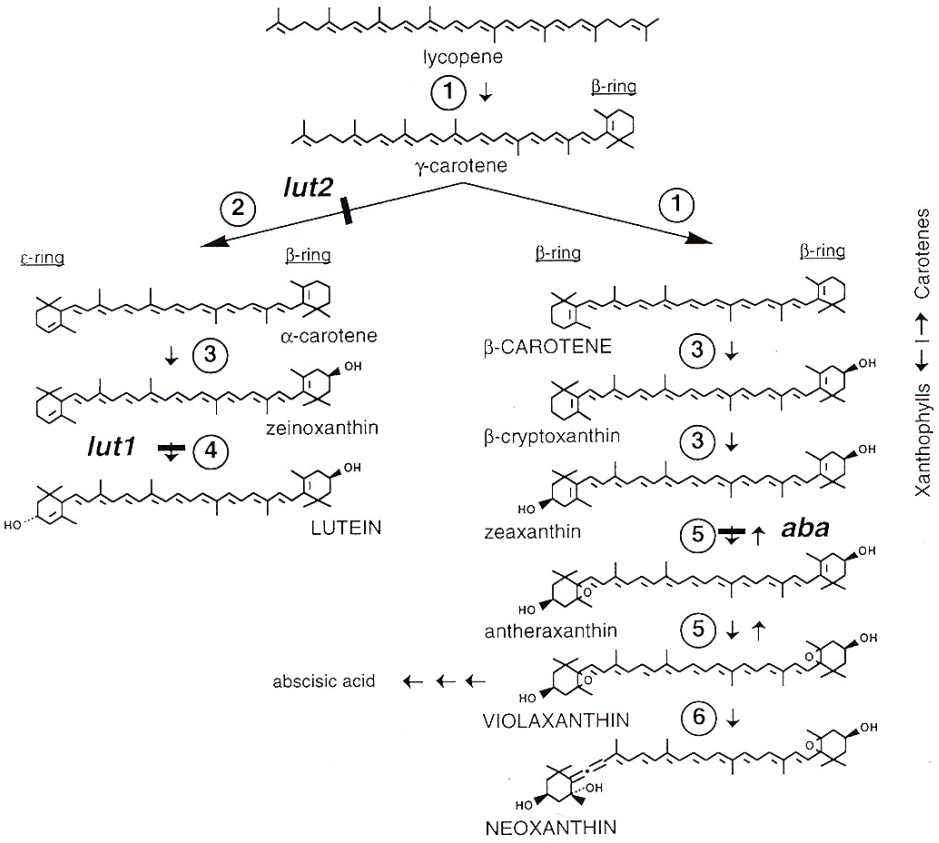


Abb. 6.1: Carotinoid-Biosynthese-Weg in Pflanzen ausgehend von Lycopin. Enzyme sind wie folgt durch Nummern angegeben: 1, β-Cyclase; 2, ε-Cyclase; 3, β-Ring Hydroxylase; 4, ε-Ring Hydroxylase; 5, Zeaxanthin Epoxidase und Violaxanthin De-Epoxidase; 6, Neoxanthin formendes Enzym. Lut 1, Lut 2 – fehlerhafter Lutein Locus; aba – fehlerhafter Abscisinsäure Locus [FRANK et al., 1999]

Tab. 6.2: Empfohlene Zufuhr Vitamin A (Retinol), β-Carotin [D_A_CH, 2001]

Alter	Retinol			
	mg-Äquivalent[1]/Tag		mg-Äquivalent[1]/MJ[2]	
	m	w	m	w
Säuglinge				
0 bis unter 4 Monate[3]	0,50		0,25	0,26
4 bis unter 12 Monate	0,60		0,20	0,21
Kinder				
1 bis unter 4 Jahre	0,60		0,13	0,14
4 bis unter 7 Jahre	0,70		0,11	0,12
7 bis unter 10 Jahre	0,80		0,10	0,11
10 bis unter 13 Jahre	0,90		0,10	0,11
13 bis unter 15 Jahre	1,10	1,00	0,10	0,11
Jugendliche und Erwachsene				
15 bis unter 19 Jahre	1,10	0,90	0,10	0,11
19 bis unter 25 Jahre	1,00	0,80	0,09	0,10
25 bis unter 51 Jahre	1,00	0,80	0,10	0,10
51 bis unter 65 Jahre	1,00	0,80	0,11	0,11
65 Jahre und älter	1,00	0,80	0,12	0,12
Schwangere				
ab 4. Monat		1,10		0,12
Stillende[4]		1,50		0,14

[1]1 mg Retinol-Äquivalent = 1 mg Retinol = 6 mg all-trans-β-Carotin = 12 mg andere Provitamin A-Carotinoide = 1,15 mg all-trans-Rentinylacetat = 1,83 mg all-trans-Retinylpalmitat; 1 IE = 0,3 µg Retinol

[2]Berechnet für Jugendliche und Erwachsene mit überwiegend sitzender Tätigkeit (PAL-Wert 1,4)

[3]Hierbei handelt es sich um einen Schätzwert

[4]Ca. 70 µg Retinol-Äquivalente Zulage pro 100 g sezernierte Milch

6.2 ANALYTISCHE METHODEN

6.2.1 Allgemein

Von jeder Probe (ROH, BL, BLTK, GA, GAK, GATK, HD, OS) wurde die Trockenmasse, Farbe und Textur, wie nachstehend beschrieben, bestimmt.

6.2.1.1 Bestimmung der Trockensubstanz

Prinzip

Die Trockenmasse ist jener Bestandteil einer Substanz, der nach Abzug des Rohwassers übrig bleibt.

Durchführung

In Aluschalen wurden 25 g Seesand eingewogen, mit einem Glasstab versehen und im Trockenschrank bei 100 °C ± 2 °C 3 Stunden lang getrocknet. Nach dem Auskühlen der Aluschalen im Exsikkator wurden 2,5 g ± 0,5 mg der Probe in die Aluschalen eingewogen und mit dem Glasstab verrieben. Die Trocknung erfolgte im Trockenschrank bei 100 °C ± 2 °C über Nacht. Am nächsten Tag wurden die erkalteten Proben ausgewogen (Analysenwaage Sartorius BP 2105, Fa. Sartorius, D) und die Trockenmasse nach folgender Formel bestimmt.

Berechnung der Trockenmasse [%]

$$\text{Trockensubstanz [\%]} = \frac{\text{Auswaage - Leergewicht}}{\text{Einwaage}} \text{ x100}$$

(Gl. 1)

Leergewicht = Aluschale und Seesand
Einwaage = Probe
Auswaage = getrocknete Probe + Aluschale mit getrocknetem Seesand

6.2.1.2 Farbmessung im L*-, a*-, b*-Raum

Prinzip

Beim Dreibereichsverfahren wird die von der Probe remittierte Strahlung durch einen Filter zerlegt. Von einer Photodiode werden die entsprechenden rot-, grün- und blau- Anteile, die Normfarbwerte X, Y und Z registriert [SIEBENHANDL, 2002].

Die CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) führte 1976 einen neuen Farbraum ein. Das CIE Lab-Farbsystem. Im L*a*b*-Farbraum sind alle für den Menschen sichtbaren Farben dargestellt. Er enthält alle möglichen geräteabhängigen Farbspektren. Somit erlaubt er die verlustfreie Konvertierung von Farbinformationen aus einem Farbsystem in ein anderes. Das L*a*b*-Farbsystem wird als Referenzfarbsystem, über die alle Umrechnungen getätigt werden (RGB-Bilder umwandeln in das CMYK-System), für die verschiedenen grafischen Anwendungsbereiche bis hin zur Farbmessung von Lebensmittelproben verwendet. Es ist eine absolute Farbkennzeichnung möglich. Aus diesem Grund wird dieses Format als Austauschformat zwischen den Geräten eingesetzt [www.sares.at, 2008].

Die gesättigten Farben (Spektral- und Purpurfarben) liegen auf der Äquitoriallinie dieses Modells. Senkrecht in der Mitte steht die Unbunt- oder Grauachse. Durch die drei senkrecht aufeinander stehenden Achsen beschreibt das CIE Lab-Farbsystem die folgenden Eigenschaften einer Farbe (Abb. 6.2):

- L*Achse: Luminanz (Helligkeit)
- a*Achse: Sättigung/Farbton; negativ = grünlich, positiv = rötlich
- b*Achse: Sättigung/Farbton; negativ = bläulich, positiv = gelblich [www.sares.at, 2008].

Material

- Farbmessgerät (Micro Color, Fa. Dr. Lange, D)
- Weißstandard (LMZ 076, Fa. Dr. Lange, D)

Durchführung

Das verwendete Farbmessgerät **Micro Color** ist ein 3-Bereichs-Farbmessgerät mit optischem Aufbau nach DIN 5033. Eine Ulbricht´sche Kugel dient in Verbindung mit einer Xenon-Blitzlampe zur diffusen Beleuchtung der zu

messenden Probe. Die diffuse Reflexion der Probe wird unter einem Winkel von 8° gemessen. Über ein Glasfaserkabel wird das Licht in drei gleiche Teile gesplittet und in die Messeinheit auf die drei Normfarbwert Messfilter X, Y und Z geleitet. Das jeweils auf die Fotoempfänger auftretende Licht ist charakteristisch für die spektralen Reflexionswerte R_x, R_y und R_z. Gleichzeitig bewertet ein zweiter Referenzlichtleiter die Lichtquelle sowie die Kugeloberfläche [SYS-MICROCOLOR.DOC, 2001].

Vor Beginn jeder Messung wurde das Farbmessgerät kalibriert. Es erfolgte eine Dunkelkalibrierung durch Messung in den Raum. Nach der Kalibrierung gegen den Weißstandard wurden die Werte X=85,9, Y=90,8 und Z=96,1 angezeigt. Der Messkopf wurde auf die Karottenscheiben aufgesetzt und von jeder Probe wurden 4 Messdaten erfasst.

Auswertung

Die „Data station“ des Farbmessgerätes zeichnete die Werte L*, a*, b*, C*, X, Y und Z auf.

Sollen mehrere Proben über die L*, a*, b*-Werte miteinander verglichen werden, kann man durch Einführen von Kennzahlen, welche die einzelnen Koordinaten berücksichtigen, die Ergebnisse verständlicher darstellen [SIEBENHANDL, 2002].

Der Gelbwert (**Yellowness Index** nach DIN 6167) errechnet sich aus den Normfarbwerten X, Y, Z nach folgender Gleichung:

$$G = \frac{a \times X - b \times Z}{Y}$$

(Gl. 2)

a = Faktor bei NormLichtart D 65 und Normalbeobachter 10°:1,301
b = Faktor bei NormLichtart D 65 und Normalbeobachter 10°:1,149

Das empfindungsgemäße L*, a*, b*-System ist besonders anschaulich für die Erkennung von Farbdifferenzen (ΔE*). Der Wert von ΔE* wird entsprechend der Festlegungen in **ISO 12647** und **ISO 13655** als euklidischer Abstand nach dem Satz des Pythagoras im dreidimensionalen Raum berechnet:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

(Gl. 3)

wobei

$\Delta L^* = L^*_{Probe} - L^*_{Bezug}$
$\Delta a^* = a^*_{Probe} - a^*_{Bezug}$
$\Delta b^* = b^*_{Probe} - b^*_{Bezug}$ [HUNT, 2004].

(Gl. 4)

Für Farbdifferenzen ΔE* als euklidischer Abstand der L*a*b*-Werte wird üblicherweise folgende Beurteilung abgegeben [SCHLÄPFER, 2002]:

- 0,0 - 0,5 = kein bis fast kein Unterschied
- 0,5 - 1,0 = Unterschied kann für das geübte Auge bemerkbar sein
- 1,0 - 2,0 = merklicher Farbunterschied
- 2,0 - 4,0 = wahrgenommener Farbunterschied
- 4,0 - 5,0 = wesentlicher Farbunterschied, der selten toleriert wird
- oberhalb 5,0 = die Differenz wird als andere Farbe bewertet

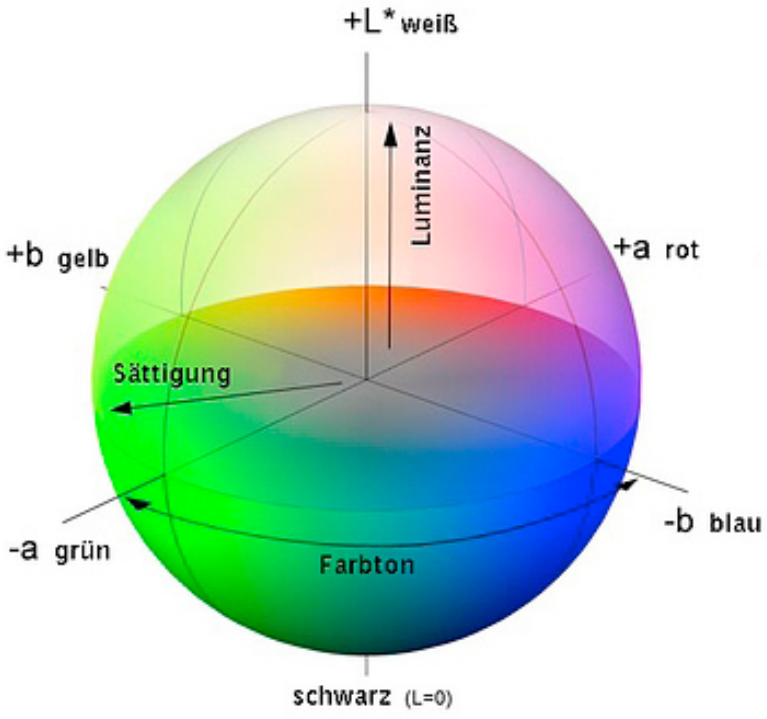


Abb. 6.2: CIE Lab-Farbsystem [www.sares.at, 2008]

6.2.1.3 Texturmessung

Prinzip

Eine Messzelle misst die auf sie wirkenden Kräfte anhand eines Dehnungsmessstreifens, welcher eine Längenänderung und hierdurch eine Änderung seines elektrischen Widerstands erfährt.

Messung texturaler Eigenschaften von Lebensmittelproben anhand uniaxialer Bewegung verschiedener Prüfkörper und der Aufzeichnung von Weg, Kraft und Zeit. Weg und Kraft können sowohl in Druck- als auch in Zugrichtung vorgegeben bzw. gemessen werden [STABLE MICRO SYSTEMS, 2001].

Material

- Texture Analyser TA-XT 2i mit 25 kg Kraftmessdose
  (Fa. Stable Micro Systems, UK)
- Eprom – Version der Steuerungskonsole 6.03
- Software: Texture Expert Version 1.22_de für Windows
- Einsatz: Blade Set HDP/BS
- Probentisch: HDP 90 („Heavy Duty Platform“)

Durchführung

Es wurde die Maximalkraft (MaxKraft) gemessen, diese entspricht der Bissfestigkeit.

Vor der Messung wurde eine Gewichtskalibration und eine Kalibration der Sondenhöhe durchgeführt. Die Kalibrierung erfolgte bei der 25 kg Kraftmessdose mit dem 5 kg Kalibrationsgewicht. Mit dieser Kraftmessdose können Kräfte mit zu 250 N in einer Prüfrichtung und zusätzlich bis zu 25 N in der Gegenrichtung gemessen werden. Bei der Kalibrierung der Kraftmessdose wird die elektrische Spannung gemessen, die zwischen dem Dehnungsstreifen bei zwei verschiedenen Kräften herrscht, sodass jede auftretende Kraft durch die gemessene Spannung bzw. dem entsprechenden digitalisierten Wert charakterisiert werden kann. Nach erfolgter Kalibrierung der Sondenhöhe wurde die Messung gestartet. Die Messeinstellungen waren wie folgt:

- Leistung: % Verformung
- Vor – Geschwindigkeit: 5,0 [sec]

- Test – Geschwindigkeit: 5,0 [sec]
- Weg: 100 %

Auswertung

Die Quarzuhr ermöglicht Aufzeichnungen von Kraft oder Weg gegen die Zeit in einer Messdatenrate r von bis zu 500 Punkten pro Sekunde (pps); d.h. alle 1/r = 0,002 sec. kann ein Messpunkt (bestehend aus Zeit-, Weg- und Kraftwert) aufgenommen werden. Jede Messung kann max. 30.000 Messpunkte aufzeichnen, d.h. die Messzeit ist mit

$$t_{max} = \frac{30.000}{r} \text{ [sec]} \qquad \text{(Gl. 5)}$$

begrenzt. Bei der max. Messdatenrate von 500 pps kann daher 60 sec. lang gemessen werden [STABLE MICRO SYSTEMS, 2001].

6.2.2 Carotinoid-Bestimmung

6.2.2.1 Bestimmung des Gehaltes an α-Carotin, β-Carotin und Lutein mittels HPLC

Die Extraktion der Carotinoide erfolgte in Anlehnung an **Bunea et al. (2007)**. Im Anschluss an die Extraktion erfolgte die Gehaltsbestimmung mittels HPLC.

Prinzip der Methode

Die in den Karotten enthaltenen Carotinoide werden mit einem Lösungsmittelgemisch (Methanol:Essigsäureethylester:Petrolether, 1:1:1, v/v/v) aus dem Probenmaterial extrahiert. Anschließend werden die Carotinoide mittels HPLC mit dem Photo-Diodenarray-Detektor (PDA) quantifiziert.

Extraktion der Carotinoide

Material

Geräte

- Mixer (Magic Butler, Fa. Bob Home Handelsges.mb.H., A)
- Analysenwaage (Sartorius BP 2105, Fa. Sartorius AG, D, Max.: 210 g, Min: 10 mg, d=0,1 mg, e=1 mg)

- Braungläser mit Deckel 50mL
- 20 mL Vollpipette mit Pileusball
- Hysil 500 mL Glas mit Deckel
- Faltenfilter 125 mm (Fa. Ederol, D)
- Glastrichter
- Magnetrührer (RCT B, Fa. IKA®-Werke, D, 230 V, 50/60 Hz, 620 W, 0-1100 min-1) und Magnetrührstäbe
- Scheidetrichter 250 mL (Fa. Lenz, D)
- Bechergläser 500 mL und Becherglas 800 mL
- Kolbenhubpipette 1000 µL (Fa. Eppendorf, D)
- Rundkolben 100 mL
- Rotavapor (Laborota 4010-digital, Fa. Heidolph, D) mit Heizbad (HB digit, Fa. Heidolph, D) und Vakuumpumpe (MZ 2C, Fa. Vacuubrand GmbH+Co, D)
- Spatel
- Alu Schale 96 mm, 125 mL (Fa. Carl Roth GmbH+Co, D)
- Parafilm (Fa. Pechiney, US)

Reagenzien

- Methanol CH_4O (≥ 99,9 %, Fa. Carl Roth GmbH+Co.KG, D)
- Essigsäureethylester $C_4H_8O_2$ (≥ 99,5 %, Fa. Carl Roth GmbH+Co KG, D)
- Petrolether 40-60°C (Fa. Carl Roth GmbH+Co KG, D)
- Diethylether $C_4H_{10}O$ (≥ 99 %, Fa. Carl Roth GmbH+Co KG, D)
- Natrimchlorid NaCl (≥ 99,5 %, Fa. Carl Roth GmbH+Co KG, D)
- Natriumsulfat Na_2SO_4 (Fa. Merck KgaA, D)
- Tetrahydrofuran C_4H_8O (Fa. Merck KgaA, D)
- BHT Butylhydroxytoluol (Fa. Grindsted Products, DK)

Durchführung

Die Probe (Karotten unbehandelt bzw. behandelt) wurde im Haushaltsmixer zerkleinert (ca. 1 min). Anschließend wurden 5 g im Doppelansatz in Braungläser eingewogen und mit 0,02 g BHT versetzt. Danach erfolgte die Zugabe von 15 mL Lösungsmittel (Methanol:Essigsäureethylester:Petrolether, 1:1:1, v/v/v). Nach Zugabe eines Magnetrührstabes wurden die mit Lösungsmittel versetzten Proben auf dem Magnetrührer 15 min extrahiert. Die Probe wurde

danach über einen Faltenfilter in ein Braunglas filtriert. Die im Filter zurückgebliebene Probe wurde neuerlich mit 15 mL Lösungsmittel versetzt und 15 min auf dem Magnetrührer extrahiert. Dieser Vorgang wurde insgesamt 6 mal wiederholt. Nach der Extraktion wurde das aufgefangene Filtrat in einen Scheidetrichter überführt und mit einer wässrigen NaCl-Lösung gewaschen. Für die wässrige NaCl-Lösung wurden 800 mL Leitungswasser mit 100 g NaCl versetzt. Das Waschen des Extraktes erfolgte 3mal. Das „gereinigte" Extrakt wurde danach über Natriumsulfat getrocknet. Dazu wurde Watte in einen Glastrichter gegeben und mit Natriumsulfat beschichtet und das Extrakt im Scheidetrichter über den mit Na_2SO_4 beschichteten Glastrichter in einen Rundkolben abfiltriert. Anschließend wurde das Extrakt mittels des Rotavapors im 35°C warmen Wasser bei 120 min^{-1} einrotiert. Auf diese Weise wurden die Lösungsmittel abgedampft. Das Carotinoid-Extrakt wurde dann mit Stickstoff für 10 min begast, um noch allfälligen in der Probe enthaltenen Sauerstoff zu eliminieren. Die Rundkolben mit den einrotierten Proben wurden danach mit Parafilm verschlossen und im Tiefkühlschrank bei -20° C bis zur Analyse mittels HPLC zwischengelagert. In nachstehendem Fliessdiagramm ist die Extraktion der Carotinoide zusammengefasst.

Beschreibung der HPLC-Anlage

HPLC (Fa. Shimadzu USA Manufacturing Inc.) bestehend aus:

- System Controller: SCL-10A VP
- Software: Shimadzu LC-Solution Version 5.31
- Auto Injektor: SIL-10 A VP
- Pumpe: LC-10 A VP
- Entgaser: DGU-14 A
- Säulenofen: CTO-10A VP
- Säule: Vydac 201TP C18 5µ, 250 mm x 4,6 mm
- Detektor: UV/VIS Diodenarray SPD-M10A VP
- Mobile Phase: Methanol:Acetonitril Gradient (9:1, v/v)
- Flußrate: 1 mL/min

Die Identifizierung der Carotinoide erfolgte anhand von Retentionszeit und UV-Spektrum.

Kalibration der Methode

Als Standardsubstanzen wurden die Carotinoide Lutein, α-Carotin und β-Carotin verwendet.
Standards:

- Lutein (Fa. Extrasynthèse, F)
- α-Carotin (Fa. Fluka, D)
- β-Carotin (Fa. Sigma-Aldrich Logistik GmbH, D)

Zur Erstellung der Kalibrationsgeraden (Abb. 6.4-6.6) wurden von den Standards Verdünnungsreihen erstellt (Pipettierschema Tab. 6.3). Dazu wurden die Reinsubstanzen in sechs (für Lutein) bzw. in sieben (für α-Carotin und β-Carotin) verschiedenen Konzentrationen in 1,5 mL Braunglas-Vials pipettiert, und mit THF versetzt. Die Vials wurden anschließend gut durchmischt und die Proben in die HPLC injiziert. Aus den Kalibrationskurven wurden die Konzentrationen der Extrakte nach folgenden Gleichungen ermittelt:

für Lutein:	y = 260233x + 119407	(Gl. 6)
für α-Carotin:	y = 215473x + 488060	(Gl. 7)
und für β-Carotin	y = 274009,285x - 1377589,986	(Gl. 8)

wobei y die gemessene und x die tatsächliche Konzentration darstellt.

Die Korrelation der Daten wurde mit der R-Quadrat-Kennziffer überprüft. Es ist das Quadrat der Korrelation. Das R-Quadrat variiert zwischen 0 und 1 (unabhängig von negativen oder positiven Korrelationswerten). Wenn R-Quadrat = 1, bedeutet das ein perfektes lineares Verhältnis. Ein R-Quadrat-Wert von 0,7 – 0,9 verdeutlicht eine hohe Korrelation zwischen den Daten. Der R-Quadrat-Wert betrug für Lutein 0,997, für α-Carotin 0,999 und für β-Carotin 0,999.

Durchführung Gehaltsbestimmung Carotinoide mittels HPLC

Material

Geräte

- HPLC (Fa. Shimadzu USA Manufacturing Inc.)

Reagenzien

- Tetrahydrofuran THF C_4H_8O (99,9 %, Fa. Merck KGaA, D)
- Methanol CH_4O (99,95 %, HPLC Ultra Gradient Grade, Fa. Carl Roth GmbH+CoKG, D)
- Acetonitril CH_3CN (≥ 99,9 %, Gradient Grade für HPLC, Fa. Merck KGaA, D)

Durchführung

Die gefrorene Probe wurde aufgetaut, mit 1 mL THF versetzt und in ein 1,5 mL Vial pipettiert. Anschließend wurde der Auto Sampler mit den Vials bestückt und die Messung gestartet. Die Messparameter waren wie folgt:

- Flussrate: 1mL/min
- Zeit: 80 min
- Detektor: PDA bei 450 nm
- Temperatur: 25° C

Auswertung

Im Anschluss an die Messung wurden dann die Konzentrationen der Carotinoide mittes der Kalibrationsgeraden bestimmt.

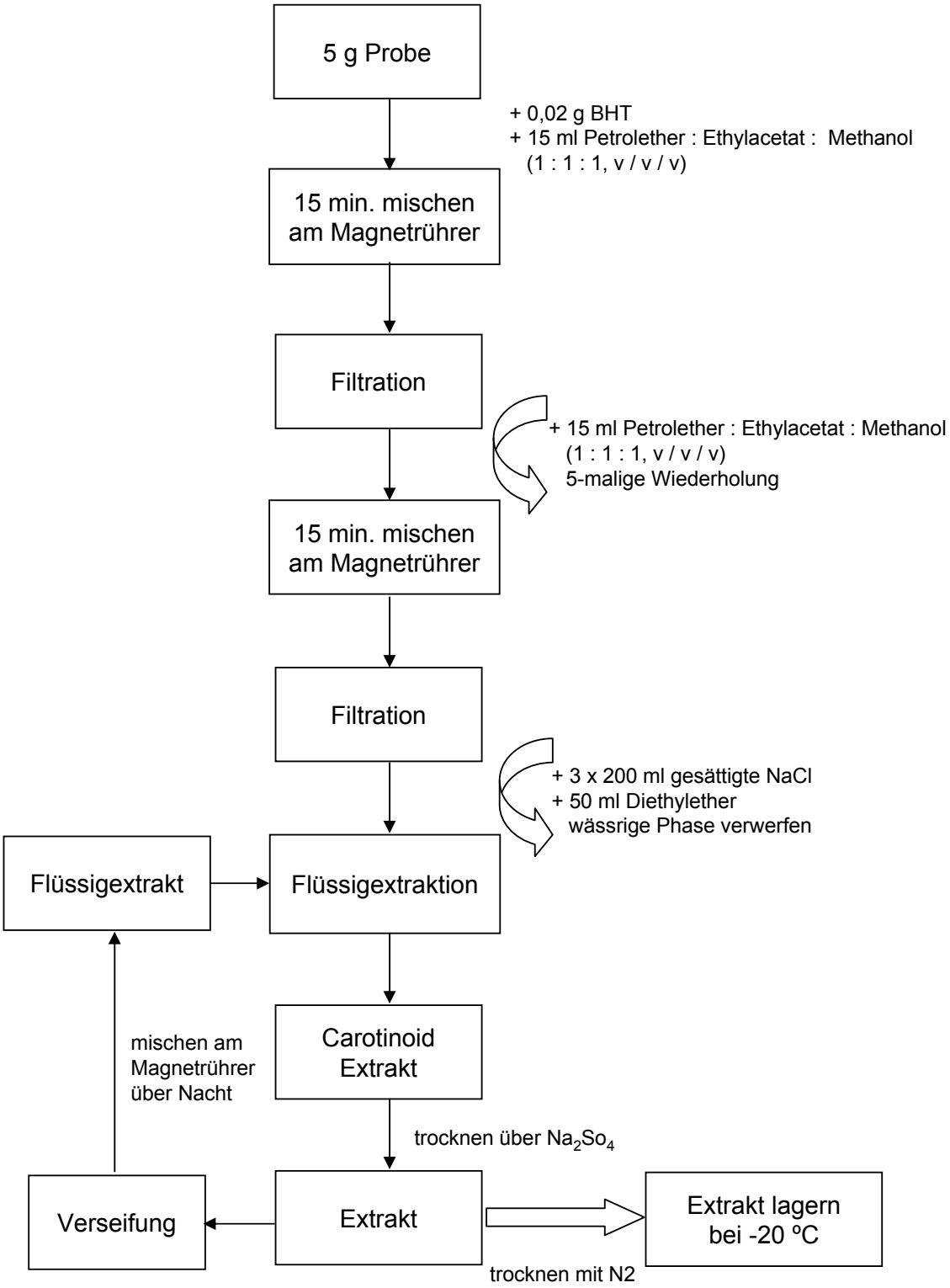


Abb. 6.3: Carotinoid-Extraktion

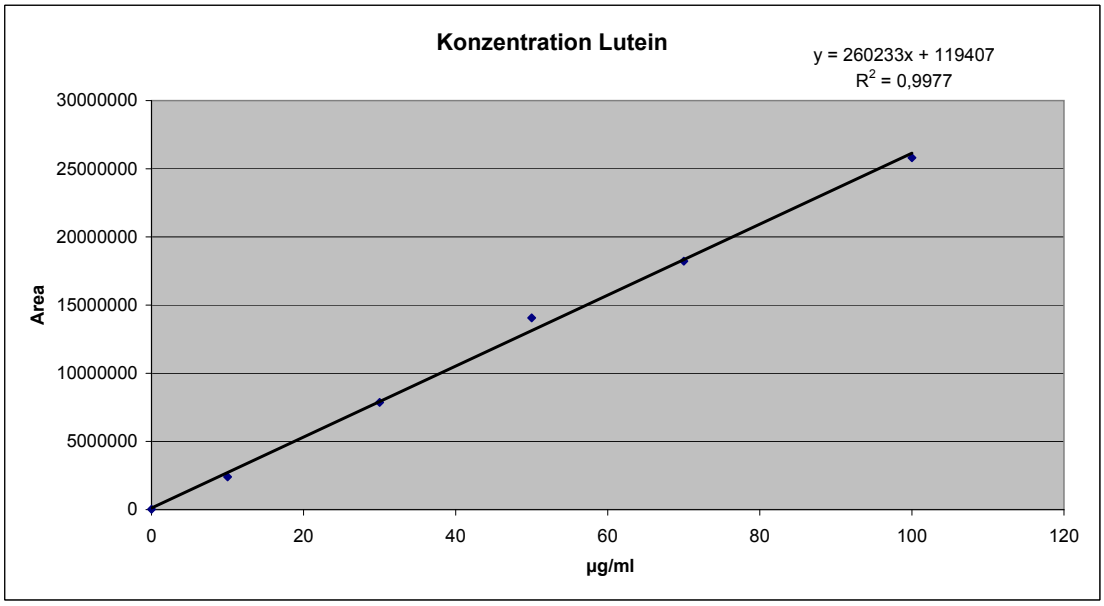


Abb. 6.4: Kalibrierungsgerade für die Gehaltsbestimmung von Lutein mittels HPLC

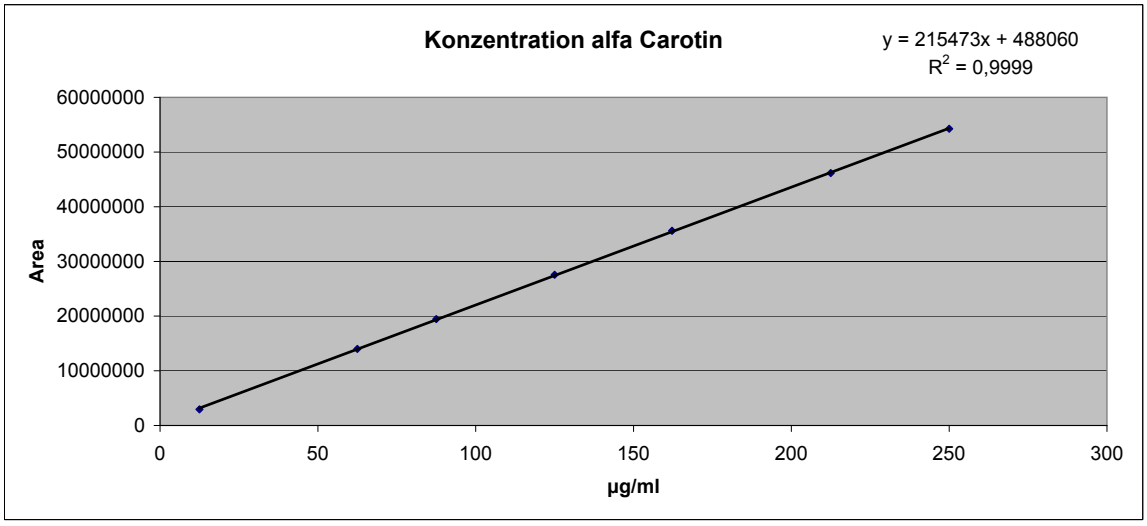


Abb. 6.5: Kalibrationsgerade für die Gehaltsbestimmung von α-Carotin mittels HPLC

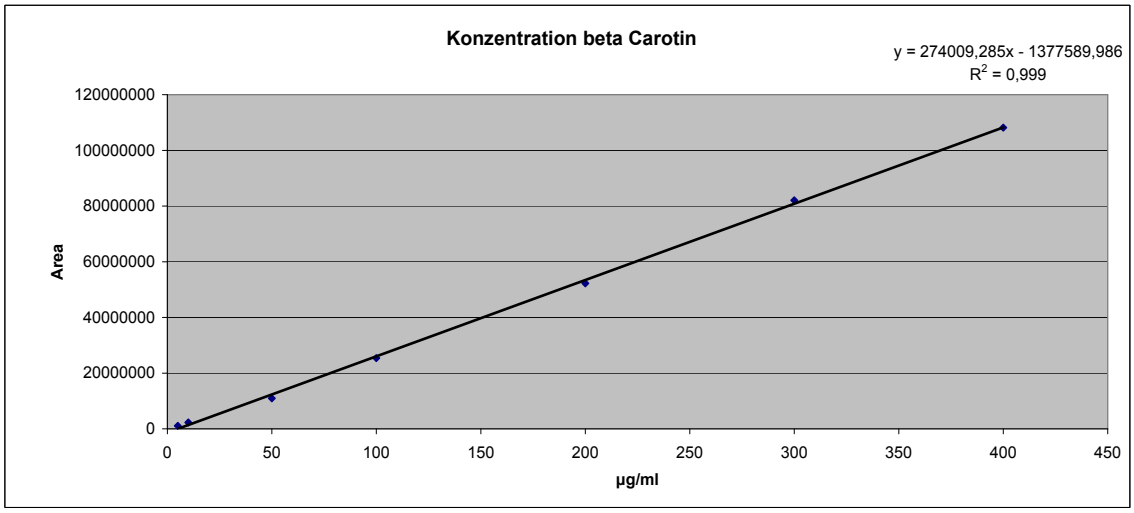


Abb. 6.6: Kalibrationsgerade für die Gehaltsbestimmung von β-Carotin mittels HPLC

Tab. 6.3: Pipettierschema Kalibrationsgerade Lutein, α-Carotin und β-Carotin

Lutein			
S	**Konz. [µg/mL]**	**von S_0 [µl]**	**THF [µl]**
S_0	100	200	-
S_1	70	100	42,85
S_2	50	100	100
S_3	30	100	233
S_4	10	100	900
S_5	0,001	10	9950
α-Carotin			
S	**Konz. [µg/mL]**	**von S_0 [µl]**	**THF [µl]**
S_0	250	500	-
S_1	212,5	500	88,23
S_2	162,2	500	270,65
S_3	125	500	500
S_4	87,5	500	928,57
S_5	62,5	300	900
S_6	12,5	100	1900
β-Carotin			
S	**Konz. [µg/mL]**	**von S_0 [µl]**	**THF [µl]**
S_0	400	500	-
S_1	300	500	166
S_2	200	500	500
S_3	100	400	1200
S_4	50	200	1400
S_5	10	100	3900
S_6	5	100	7900

6.3 STATISTISCHE METHODEN

Es wurden sensorische Untersuchungen im Vorversuch und im Hauptversuch mit jeweils 10 Probanden durchgeführt. Im Vorversuch wurde auf diese Weise der optimale Garungsgrad ermittelt, im Hauptversuch wurde mit der Sensorik der Beliebtheitsgrad bei den osmotisch getrockneten Karotten festgestellt.

Farbe und Textur wurden in zehnfacher Wiederholung bestimmt und der gemittelte Wert für die Interpretation der Ergebnisse verwendet. Die Extraktion der Carotinoide erfolgte im Doppelansatz, wobei auch hier der Mittelwert als Ergebnis angegeben wurde.

Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte als Pareto Analyse und als Analysis of Variance (ANOVA) mit STATGRAPHICS Centurion XV. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte als Multiple Sample Comparison Test. Die Auswertung des Vorversuches erfolgte mit MS Excel 2003 und STATGRAPHICS Centurion XV (Simple Regression). Die Ergebnisse der Farbmessung wurden als Multiple Range Test dargestellt.

7 VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

7.1 BESTIMMUNG DES OPTIMALEN GARUNGSGRADES (C_g-WERT)

Material

Geräte

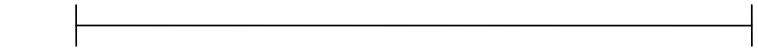
- Heizplatte E-HK F (Fa. Lohberger, A)
- Gemüseschäler (Fa. Einhell, A)
- Alexanderwerk UGM mit Einsatz 4 (Fa. Alexander Doubrawsky, A)
- Topf, Sieb, Stoppuhr, Schüsseln, vorgewärmte Petrischalen
- Texture Analyser TA-XT 2i mit 25 kg Kraftmessdose (Fa. Stable Micro Systems, UK)
- Eprom – Version der Steuerungskonsole 6.03
- Software: Texture Expert Version 1.22_de für Windows
- Einsatz: Blade Set HDP/BS
- Probentisch: HDP 90 („Heavy Duty Platform“)

Durchführung

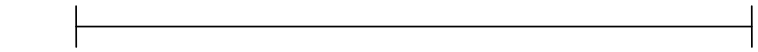
Grobbestimmung: ca. 1 kg Karotten wurden geschält, mit dem Alexanderwerk in Scheiben zerkleinert und in 100° C heißes Wasser gegeben. Alle 2 min wurden ca. 100 g mit einem Sieb entnommen, unter kaltem fließenden Wasser abgekühlt, auf vorgewärmte (40° C) Glas-Petrischalen verteilt und von 10 Probanden verkostet (Beurteilung der Härte der Karotten auf einer Skala von viel zu weich über optimal bis viel zu hart; die optimale Bissfestigkeit entsprach auf dieser Skala einem Wert von 50). Dieser Vorgang wurde bis zu 20 min Kochzeit wiederholt (Sensorikbögen Abb. 7.1 und Abb. 7.2).

Feinbestimmung: Durchführung wie oben, jedoch erfolgte die 1. Entnahme der Karotten erst nach 6 min Kochzeit und danach jede Minute bis 15 min.

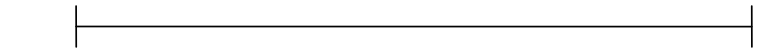
1. Probe:
Bitte beurteilen Sie die Konsistenz (Härte) der Probe anhand der untenstehenden Skala!



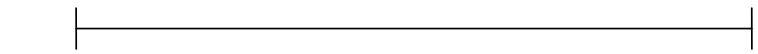
2. Probe:
Bitte beurteilen Sie die Konsistenz (Härte) der Probe anhand der untenstehenden Skala!



3. Probe:
Bitte beurteilen Sie die Konsistenz (Härte) der Probe anhand der untenstehenden Skala!



4. Probe:
Bitte beurteilen Sie die Konsistenz (Härte) der Probe anhand der untenstehenden Skala!



5. Probe:
Bitte beurteilen Sie die Konsistenz (Härte) der Probe anhand der untenstehenden Skala!

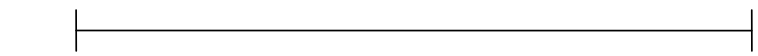
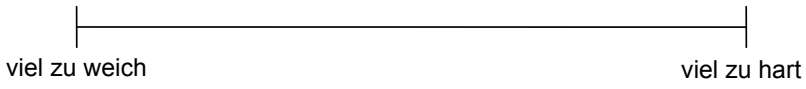
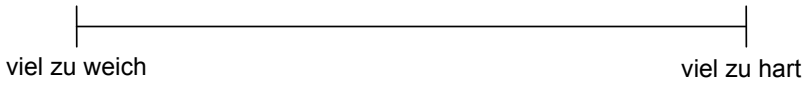


Abb. 7.1: Fragebogen Sensorik - Seite 1

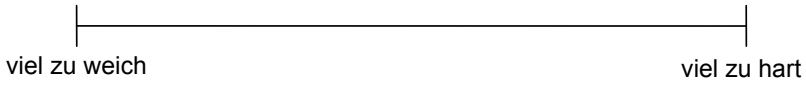
6. Probe:
Bitte beurteilen Sie die Konsistenz (Härte) der Probe anhand der untenstehenden Skala!



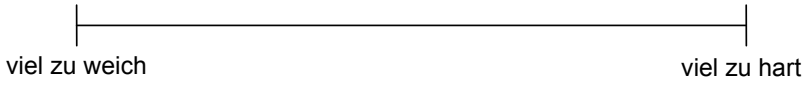
7. Probe:
Bitte beurteilen Sie die Konsistenz (Härte) der Probe anhand der untenstehenden Skala!



8. Probe:
Bitte beurteilen Sie die Konsistenz (Härte) der Probe anhand der untenstehenden Skala!



9. Probe:
Bitte beurteilen Sie die Konsistenz (Härte) der Probe anhand der untenstehenden Skala!



10. Probe:
Bitte beurteilen Sie die Konsistenz (Härte) der Probe anhand der untenstehenden Skala!

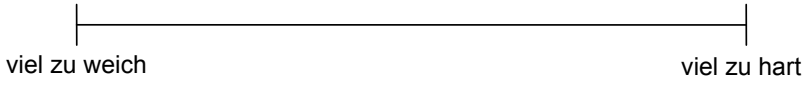


Abb. 7.2: Fragebogen Sensorik - Seite 2

7.1.1 Bestimmung des C_g-Wertes und Texturmessung

Durchführung

Die Durchführung erfolgte wie unter „Grobbestimmung“ beschrieben, jedoch mit 2 kg Karotten, damit neben der sensorischen Verkostung auch Texturmessungen durchgeführt werden konnten. Die Texturmessung erfolgte wie unter 6.2.1.3 beschrieben. Mittels STATGRAPHICS Centurion XV wurde die Korrelation zwischen der sensorisch bestimmten Karottenhärte und der mit dem Texture Analyser gemessen Maximalkraft ermittelt.

7.2 CAROTINOID-EXTRAKTION

Material

Geräte und Reagenzien wie unter 6.2.2.1 beschrieben, zusätzlich:

- Photometer U-1100 (Fa. Hitachi Ltd., J)
- Präzisionsküvetten aus Quarzglas, Schichtdicke: 10 mm (Fa. Hellma, D)
- Kaliumhydroxid KOH (≥95,9 %, Fa. Carl Roth GmbH+Co, D)

Durchführung

Es wurde eine 8malige Extraktion wie unter 6.2.2.1 beschrieben durchgeführt und anschließend erfolgte eine photometrische Messung bei 450 nm, um die Effizienz der Extraktion zu prüfen. Die Messergebnisse sind Tab. 7.1 zu entnehmen:

Die Extinktion wurde mit dem Photometer nach dem Lambert Beer´schen Gesetz

$$E = \varepsilon \times c \times d \qquad \text{(Gl. 9)}$$

bestimmt.

E = Extinktion
ε = molarer Extinktionskoeffizient
c = Konzentration der absorbierenden Substanz
d = Schichtdicke

Aufgrund der gemessenen Konzentration (Tab. 7.1) wurde für eine 6malige Wiederholung der Extraktion entschieden, weil dann die Verluste sehr gering sind.

Die Extraktion wurde dann wie unter 6.2.2.1 beschrieben durchgeführt, wobei die Hälfte der Probe mit 30 %iger methanolischer KOH verseift wurde. Für die Verseifung wurden 12 g KOH in ein Braunglas eingewogen und mit 40 mL Methanol versetzt. Die Verseifung erfolgte über Nacht und wurde durchgeführt, um etwaige Ester aus der Probe zu entfernen. Da Karotten keine Ester aufweisen [RODRIGUEZ-AMAYA, 2001] wurde im Hauptversuch auf die Verseifung verzichtet.

Tab. 7.1: Photometrische Konzentrationsbestimmung der Carotinoide

Messung	Probe 1 [Abs.]	Probe 2 [Abs.]	Mittelwert $\bar{x}$ [Abs.]
1	1,890	1,700	1,800
2	1,705	1,362	1,530
3	0,979	0,892	0,940
4	0,344	0,479	0,410
5	0,134	0,191	0,160
6	0,090	0,100	0,100
7	0,063	0,054	0,060
8	0,047	0,041	0,040

7.3 VERGLEICH VON HALTBARKEITSVERFAHREN

Die Versuchsanordnung ist in Abb. 7.3 graphisch dargestellt. Die Probencodierung ist der Tab. 7.2 zu entnehmen.

Tab. 7.2: Probencodierung

Probenkürzel	Bedeutung
ROH	Roh
BL	Blanchiert
BLTK	Blanchiert, Tiefkühllagerung (1 Woche)
GA	Garen
GAK	Garen, Kühllagerung (1 Woche)
GATK	Garen, Tiefkühllagerung (1 Woche)
HD	Hochdruckbehandlung
OS	Osmotische Trocknung

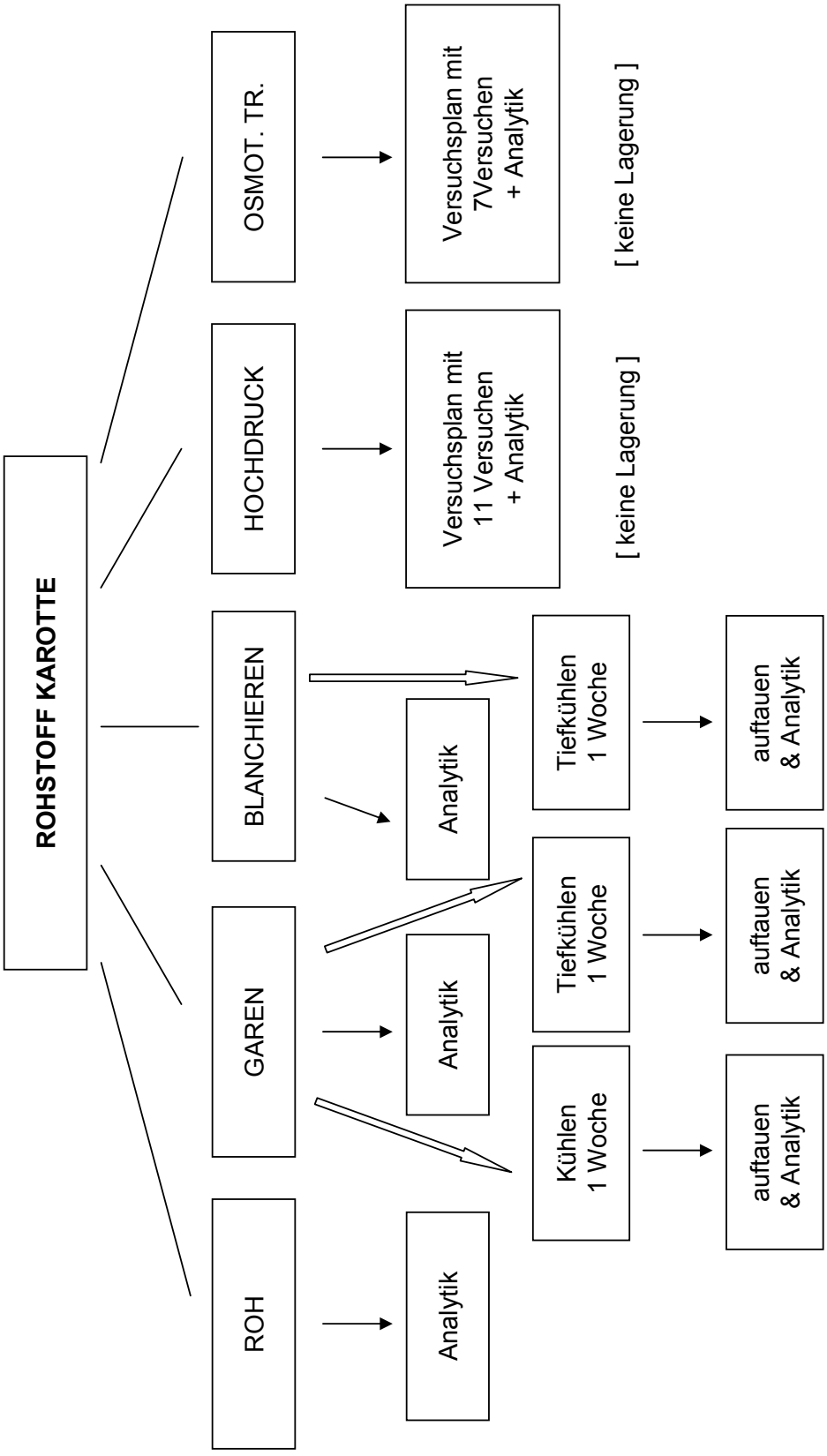


Abb. 7.3: Versuchsanordnung

7.3.1 Material

Geräte

- Gemüseschäler (Fa. Einhell, A)
- Alexanderwerk UGM mit Einsatz 4 (Fa. Alexander Doubrawsky, A)
- Heizplatte E-HK F (Fa. Lohberger, A)
- Topf, Sieb, Stoppuhr
- VAMA Vakuumverpackungsmaschine VP 350 S (Maschinenbau GmbH, D)
- Hochdruckanlage NOVA SWISS FF 725 (Fa. Nova Swiss Sarl, F)
- Trockenschrank ULM 400 (Fa. Memmert GmbH+Co.KG, D)
- Wasserschüttelbad 1092 (Fa. GFL, Gesellschaft für Labortechnik mbH, D)

Reagenzien

- Zucker (Wiener Zucker, Feinkristallzucker, Fa. Agrana, A)
- Kochsalz (Traunseer Speisesalz jodiert, Fa. Salinen Austria, A)

7.3.2 Durchführung

7.3.2.1 Blanchieren

Blanchieren wird hauptsächlich zur Inaktivierung der Ascorbatoxidase, der Cellulasen, Chlorophyllasen, Lipoxygenasen und anderer Enzyme durchgeführt. Dabei ist es wichtig ein Indikatorenzym für den Nachweis einer ausreichenden Hitzeeinwirkung festzulegen [BERGER, 2006].

Die rohen Karotten (3 kg) wurden geschält und mit dem Alexanderwerk in Scheiben geschnitten. In Anlehnung an **Escobar et al. (2007)** wurden danach 2 kg Karotten 30 s in 1 % mas Salzwasser bei 100 °C blanchiert, abgeseiht und in kaltem Wasser abgekühlt.

7.3.2.2 Garen

3 kg Karotten wurden geschält, mit dem Alexanderwerk in Scheiben geschnitten und 10 min in 1 % mas Salzwasser bei 100 °C gegart, abgeseiht und in kaltem Wasser abgekühlt.

7.3.2.3 Kühllagerung

1 kg der blanchierten Karotten und 1 kg der gegarten Karotten wurden zu je 100 g in Plastikbeutel vakuumverpackt und 7 Tage im Kühlraum bei 4 °C gelagert. Vor den Analysen wurden die Karotten in 25 °C warmem Wasser auf Raumtemperatur (20 °C) erwärmt.

7.3.2.4 Tiefkühlung

1 kg gegarte Karotten wurden zu je 100 g in Plastikbeutel vakuumverpackt und 7 Tage im Tiefkühlraum bei -30 °C gelagert. Am Vortag der Analysen wurden die gefrorenen Proben vom Tiefkühlraum in den Kühlraum (4 °C) gebracht, dort 12 h über Nacht gelagert und dann 3 h in der Verpackung bei Raumtemperatur aufgetaut. Die Analytik der rohen Proben erfolgte ohne Vorbehandlung.

7.3.2.5 Hochdruckbehandlung

Prinzip

Auf das zu behandelnde Produkt wird über die umgebende Flüssigkeit ein hoher Druck ausgeübt und über einen definierten Zeitraum gehalten. Anschließend erfolgt eine Entspannung auf Umgebungsdruck. Flüssige und pastöse Lebensmittel können dabei selbst als druckübertragendes Medium dienen, während feste Produkte zum Schutz vor einem Eindringen der druckübertragenden Flüssigkeit in eine flexible Verpackung eingeschlossen werden. Dem hydrostatischen Gesetz folgend breitet sich der Druck in wässrigen Medien ohne Verzögerung gleichmäßig in alle Richtungen aus. Im Gegensatz zur Zeitabhängigkeit der Wärmeübertragung bei thermischen Prozessen haben bei diesem Verfahren Größe und geometrische Form der Produkte keinerlei Einfluss auf die Wirksamkeit des Verfahrens [SCHÖBERL, 2001].

Hauptaufgabe der Hochdruckanwendung bei Lebensmitteln ist die Verlängerung der Lagerungsstabilität und die Inaktivierung bzw. Zerstörung von Mikroorganismen [KNORR et al., 2006].

Von großer Bedeutung für die Keimreduzierung ist der Wassergehalt der Probe, dabei ist etwa ein Mindestanteil von 15 % Wassergehalt notwendig. Trockene Lebensmittel können mittels Hochdruckverfahren nicht- oder nur befeuchtet entkeimt werden [FRANKE, 2000].

Durchführung

Mittels STATGRAPHICS Centurion XV wurde ein randomisierter 2^3 Versuchsplan erstellt, welcher in Tab. 7.3 ersichtlich ist.

Die Parameter Druck, Temperatur und Zeit wurden in Anlehnung an **Soysal et al. (2004)** so gewählt, dass es zu einer Inaktivierung der Peroxidase kommt, da diese zu unerwünschten Änderungen des Geschmacks und der Farbe von rohen und blanchierten Karotten führt.

Die rohen Karotten (5 kg) wurden geschält, im Alexanderwerk in Scheiben zerkleinert, anschließend zu je 100 g in Plastikbeutel vakuumverpackt und in die Hochdruckanlage eingebracht und laut Versuchsplan behandelt (siehe Tab. 7.3). Nach erfolgter Behandlung wurden die Proben entnommen, die Plastikbeutel unter fließendem kalten Wasser außen gereinigt und die behandelten Karotten anschließend der Analytik zugeführt.

Durch die Hochdruckbehandlung von Lebensmitteln besteht die Chance hochqualitative Produkte zu erzeugen, die auf der einen Seite sicherer sind und andererseits eine höhere Haltbarkeit aufweisen [EDENHARDER et al., 2002].

Tab. 7.3: Versuchsplan Hochdruckbehandlung

Probencode	Druck [bar]	Temperatur [°C]	Zeit [min]
HD1	6000	20	5
HD2	6000	50	35
HD3	6000	50	5
HD4	3500	35	20
HD5	1000	20	5
HD6	1000	50	5
HD7	3500	35	20
HD8	6000	20	35
HD9	1000	50	35
HD10	3500	35	20
HD11	1000	20	35

7.3.2.6 Osmotische Trocknung

Prinzip

Osmotische Trocknung ist ein Prozess, bei dem der zelluläre Wasseranteil teilweise entfernt wird, wenn die Proben in eine konzentrierte lösbare Lösung eingebracht werden [SINGH et al., 2008].

Durchführung

Mittels STATGRAPHICS Centurion XV wurde ein randomisierter 2^2 Versuchsplan erstellt, der in Tab. 7.4 ersichtlich ist.

Matusek und Merész (2002) berichten vom Einfluss der Prozessvariablen (Konzentration und Komposition der osmotischen Lösung, Temperatur, Zeit, Vorbehandlungen) auf den Massentransfer bei osmotisch getrockneten Karotten. Eine Erhöhung der Konzentration und Temperatur der osmotischen Lösung resultierte in einer Erhöhung der Rate des Massentransfers bis zu einem bestimmten Wert, oberhalb dessen unerwünschte Änderungen des Geschmacks, der Farbe und Textur beobachtet wurden.

Die Parameter Temperatur und Zuckergehalt wurden in Anlehnung an **Singh et al. (2007)** gewählt, die die optimalen Bedingungen der osmotischen Trocknung von Karottenscheiben mit

- Temperatur: 46,5 °C
- Zuckerlösung: 50 °Brix + 10 % w/v wässrige NaCl-Lösung
- Zeit: 180 Minuten

angeben.

Die rohen Karotten (5 kg) wurden geschält, mit dem Alexanderwerk in Scheiben von 3 mm Dicke zerkleinert und in Plastikwannen überführt. Anschließend wurde die osmotische Zuckerlösung laut Versuchsplan (Tab. 7.4) hergestellt und in die Plastikwannen eingefüllt. Die Plastikwannen wurden für 3 h in das Schüttelwasserbad gestellt. Anschließend wurden die osmotisch behandelten Karotten unter fließendem Wasser gewaschen, auf Papiertüchern getrocknet und danach der Analytik zugeführt.

Tab. 7.4: Versuchsplan Osmotische Trocknung

Probencode	Temperatur [°C]	Zucker [°Brix]	Zeit [min]
OS1	20	30	180
OS2	70	50	180
OS3	45	40	180
OS4	45	40	180
OS5	20	50	180
OS6	45	40	180
OS7	70	30	180

8 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

8.1 BESTIMMUNG C_g-WERT (optimaler Garungsgrad)

Die Ergebnisse der Verkostungen sind in Abb. 8.1 und 8.2 graphisch dargestellt. Die Ergebnisse der sensorischen Verkostung sind im Anhang der Tab. 13.1 und 13.2 zu entnehmen. Bei der sensorischen „Grobbestimmung“ des optimalen Garungsgrades deuteten die Ergebnisse auf die 10 min gegarten Karotten hin (Abb. 8.1). Die Ergebnisse der sensorischen „Feinbestimmung“ des C_g-Wertes bestätigten diese Annahme, da der Median für die 10 min gegarten Karotten genau auf der Linie für die optimale Bissfestigkeit (Abb. 8.2) lag, weshalb für die Garung ein C_g-Wert von 10 min angenommen wurde.

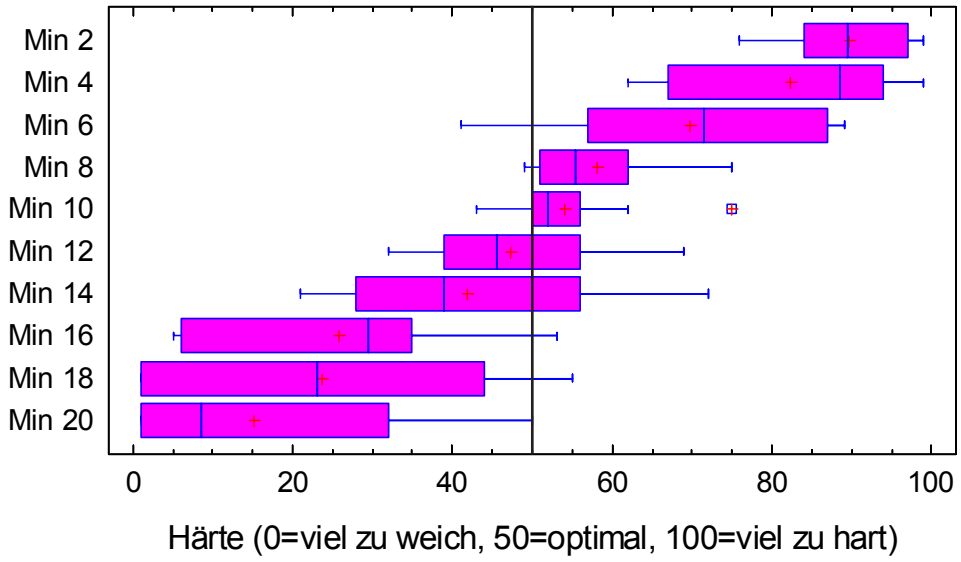


Abb 8.1: Ergebnisse Sensorik-“Grobbestimmung“ C_g-Wert (n=10)

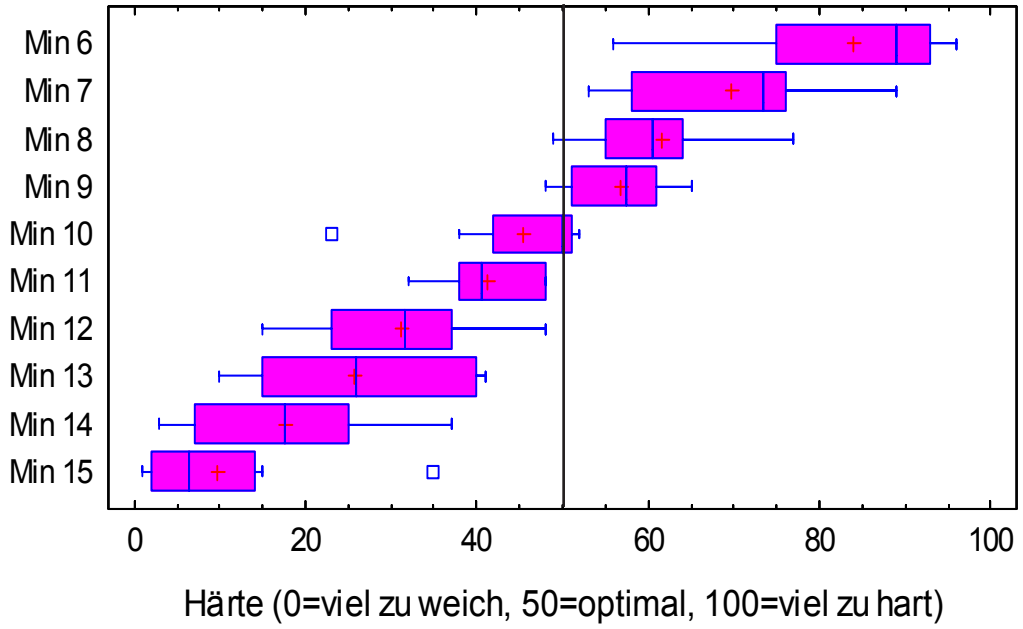


Abb 8.2: Ergebnisse Sensorik-"Feinbestimmung" C_g-Wert (n=10)

8.2 BESTIMMUNG C_g-WERT UND TEXTURMESSUNG

Die Ergebnisse der Verkostung sind in Abb. 8.3 dargestellt. Es wurde eine optimale Garungsdauer von 10 min ermittelt.

Die Einzelergebnisse der sensorischen Verkostung und die Einzelmesswerte der Texturmessungen sind dem Anhang zu entnehmen (Tab. 13.3 und 13.4). Die Korrelation zwischen der sensorisch bestimmten Härte und der mit dem Texture Analyser gemessenen Maximalkraft ist in Abb. 8.4 graphisch dargestellt. In einer einfachen Regression wurde die Gültigkeit eines linearen Modells in Bezug auf die Möglichkeit, die Beziehung zwischen sensorisch ermittelter Härte und gemessener Maximalkraft zu beschreiben, ermittelt. Die mathematische Gleichung des Modells, mit dem der Wert einer (abhängigen) Variablen aus den Werten anderer (unabhängiger) Variablen vorhergesagt werden kann, lautet:

Sensorik _Härte = -0,940332 + 4,09784 x MaxKraft

(Gl. 10)

Da der p-Wert in der ANOVA-Tabelle kleiner ist als 0,01, ist eine statistisch signifikante Beziehung zwischen der sensorisch ermittelten Härte und der mit dem Texture Analyser gemessenen Maximalkraft auf einem Signifikanzniveau von 99 % gegeben.

Die R-Quadrat-Statistik zeigt, dass das Modell geeignet ist, 97,0051 % der Variabilität der sensorisch ermittelten Härte zu erklären. Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,984911, was auf eine relativ starke Beziehung zwischen den Variablen Sensorik_Härte und MaxKraft hinweist (Abb. 8.4).

Der Zusammenhang zwischen der Garungsdauer und der gemessenen Maximalkraft ist in Abb. 8.5 dargestellt. Es wurde ebenfalls ein lineares Modell verwendet, das die Beziehung zwischen Maximalkraft und Garungsdauer beschreibt. Die Gleichung für dieses Modell lautet:

MaxKraft = 22,7593 - 0,914758*Min (Gl. 11)

Da der p-Wert der ANOVA-Tabelle kleiner ist als 0,01, ist auch hier eine statistisch signifikante Beziehung zwischen MaxKraft und Garungsdauer auf einem Signifikanzniveau von 99 % gegeben.

Die R-Quadrat-Statistik zeigt, dass das Modell geeignet ist, 95,7601 % der Variabilität in MaxKraft zu erklären. Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,978571, was auf eine relativ starke Beziehung zwischen den Variablen Maxkraft und Garungsdauer hinweist (Abb. 8.5).

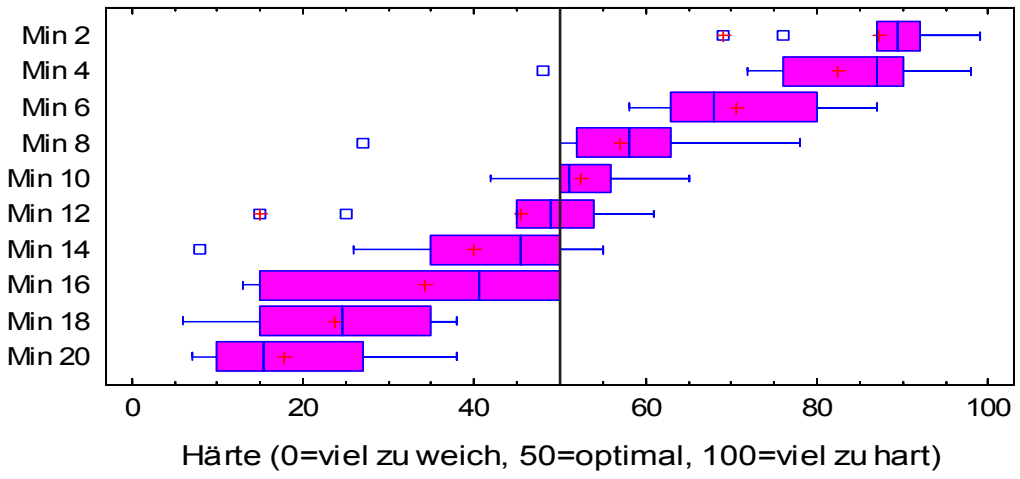


Abb 8.3: Ergebnisse Texture Analyser - Härte [N]; (n=10)

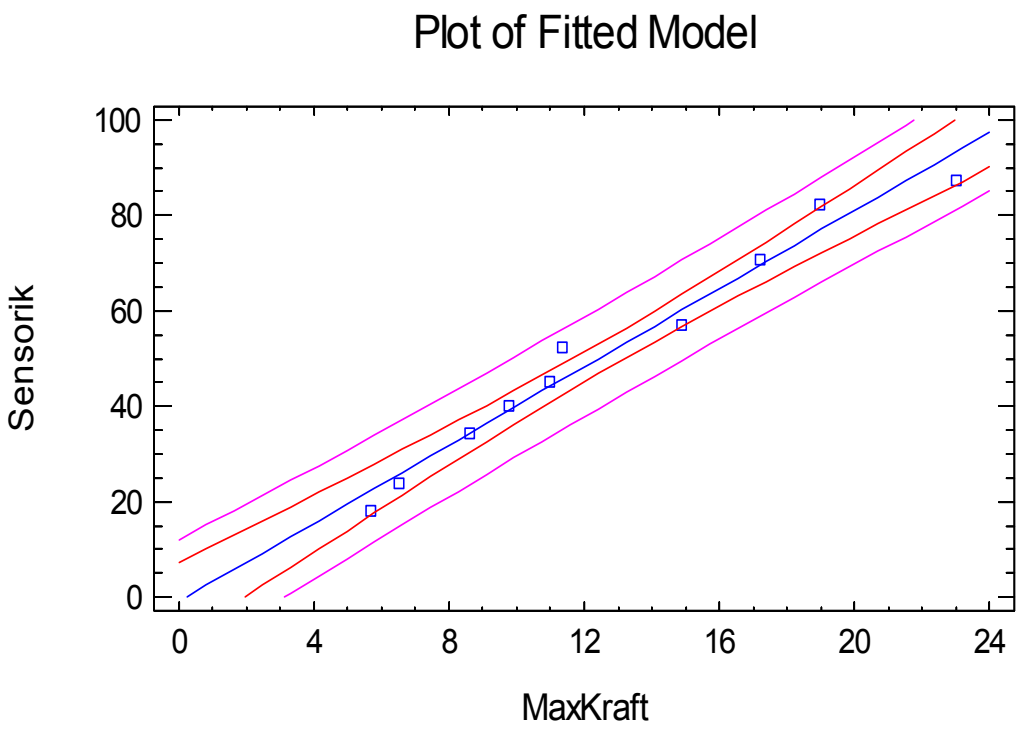


Abb 8.4: Korrelation Sensorik_Härte und Textur_Maximalkraft [N]

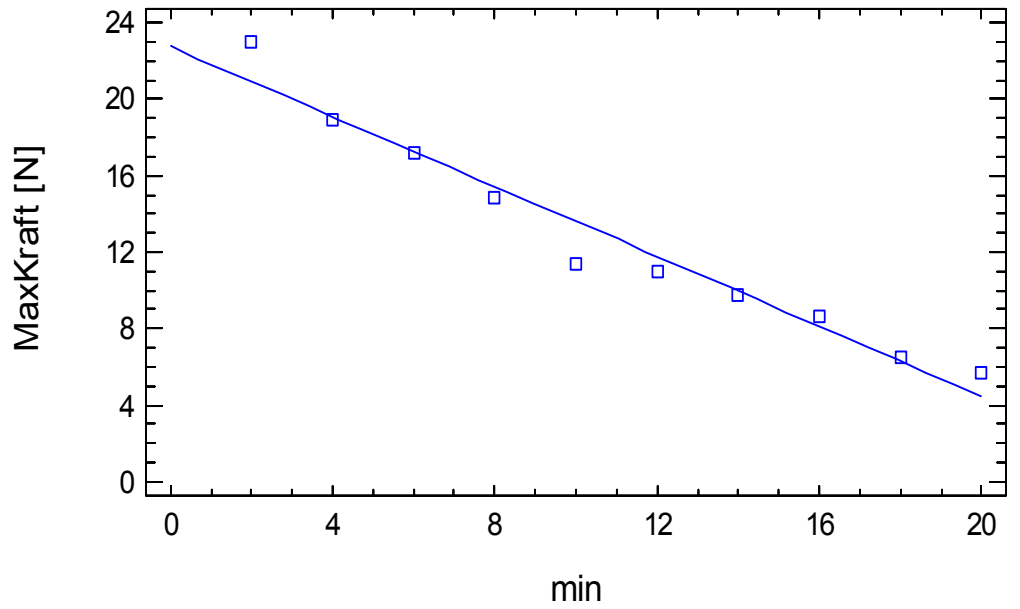


Abb 8.5: Zusammenhang Garungsdauer (min) und Textur

8.3 VERGLEICH VON HALTBARKEITSVERFAHREN

Die Mittelwerte und Standardabweichungen für die Gehaltsbestimmung an Carotinoiden sind in Tab. 8.1 dargestellt. Für Lutein, α- und β-Carotin wurde das Ergebnis aus einer Bestimmung im Dreifachansatz erzielt.

Wie der Tab. 8.1 zu entnehmen ist, wiesen die osmotisch getrockneten Karotten im Mittel die geringsten Carotinoid-Konzentrationen bezogen auf die Trockensubstanz auf und die gegarten Proben gefolgt von den blanchierten Karotten die höchsten. Die hochdruckbehandelten Karotten wiesen Konzentrationen auf, die zwischen den Werten der rohen und der osmotisch getrockneten Karotten lagen.

Die gegarten (GA, GAK, GATK) und blanchierten Karotten (BL, BLTK) zeigten die höchsten Konzentrationen, da es durch die Hitzeeinwirkung einerseits zur Enzyminaktivierung kam und andererseits die Zellmatrix verändert wurde, wodurch die Extraktion besser funktionierte. **Bunea et al. (2008)** berichten, dass die Bioverfügbarkeit von sekundären Pflanzenstoffen von der Matrix und Mikrostruktur der Lebensmittel in denen sie vorkommen, von den Lagerbedingungen und von angewendeten thermischen Prozessen beeinflusst wird. Blanchieren und Kochen bewirken eine bessere Freisetzung der Carotinoide aus der Zellmatrix.

Bei der Hochdruckbehandlung kommt es durch den hohen Druck in Kombination mit der Temperatur ebenfalls zu einer Veränderung in der Zellmatrix, wodurch auch hier die nachfolgende Extraktion besser funktionierte als bei den rohen Karotten.

Bei der Farbmessung wurden 10-fach-Bestimmungen durchgeführt, die Mittelwerte sind in Tab. 8.2 aufgelistet.

Wie der Tab. 8.2 zu entnehmen ist, gab es bei den Farbwerten zwischen den einzelnen Proben keine großen Unterschiede.

Die Mittelwerte für die Trockenmasse und Textur sind der Tab. 8.3 zu entnehmen. Die Ermittlung der Ergebnisse für die Trockenmasse erfolgte durch eine Dreifachbestimmung, für die Textur wurden 10-fach-Bestimmungen durchgeführt. Wie zu erwarten war, wiesen die osmotisch getrockneten Proben

die höchsten Trockensubstanz-Werte auf und die blanchierten und gegarten Karotten die niedrigsten. Bei der Textur waren die rohen Karotten die härtesten und die blanchierten und gegarten Proben die weichsten, die hochdruckbehandelten Karotten wiesen im Mittel ähnliche Härte wie die rohen auf.

In Abb. 8.6 ist ein Vergleich der Konzentrationen an Lutein, α- und β-Carotin für alle durchgeführten Methoden graphisch dargestellt.

Abb. 8.7 zeigt einen graphischen Vergleich für die Trockenmasse und Abb. 8.8 für die Textur der angewandten Methoden.

Tab. 8.1: Ergebisse Carotinoidgehalte bezogen auf die TS mittels HPLC (n=3)

	Lutein [mg/kg] TS[1]		**α-Carotin [mg/kg] TS[1]**		**β-Carotin [mg/kg] TS[1]**		**Gesamtcarotinoide [mg/kg] TS[1]**	
Proben-code	Mittelwert	Std.Abw.	Mittelwert	Std.Abw.	Mittelwert	Std.Abw.	Mittelwert	Std.Abw.
ROH	4,75	0,90	98,73	7,38	337,43	5,57	440,91	3,34
BL	54,34	0,81	453,65	2,84	559,21	3,79	1067,20	1,52
BLTK	26,12	3,23	295,12	14,26	396,00	15,09	717,24	6,62
GA	57,40	0,36	640,28	20,68	938,04	23,71	1635,72	12,70
GAK	73,18	4,84	767,89	27,55	1043,84	10,98	1884,91	11,75
GATK	60,70	5,16	688,37	10,88	1019,00	6,45	1768,07	3,00
HD1	26,01	1,38	219,41	3,50	403,56	2,54	648,98	1,06
HD2	20,98	0,82	225,59	11,67	535,96	4,81	782,53	5,49
HD3	16,25	0,91	167,56	5,79	421,12	18,97	604,93	9,34
HD4	28,78	1,47	284,09	5,80	478,94	4,82	791,81	2,27
HD5	24,44	0,26	281,32	8,20	334,20	9,59	639,96	5,03
HD6	22,79	3,52	260,10	10,90	500,53	7,46	783,42	3,69
HD7	28,34	0,79	257,74	5,49	453,80	8,36	739,88	3,82
HD8	26,82	0,67	221,82	0,16	395,45	1,34	644,09	0,59
HD9	26,44	0,78	287,51	4,97	447,76	10,88	761,71	5,07
HD10	28,93	2,32	313,11	1,36	485,25	5,76	827,29	2,31
HD11	19,13	0,24	189,68	9,88	241,84	4,45	450,65	4,83
OS1	13,59	0,91	120,89	3,79	137,67	3,73	272,15	1,65
OS2	9,15	0,67	131,71	2,99	160,17	0,41	301,03	1,42
OS3	15,59	1,95	134,96	0,99	197,92	1,87	348,47	0,53
OS4	15,88	0,09	137,46	0,54	210,51	4,41	363,85	2,37
OS5	22,26	0,16	201,68	2,03	281,84	2,38	505,78	1,19
OS6	16,22	0,27	140,67	4,49	208,85	1,38	365,74	2,19
OS7	7,78	0,72	129,86	0,21	159,01	2,53	296,65	1,22

[1)] TS = Trockensubstanz

Tab. 8.2: Ergebnisse Farbmessung L*, a*, b*-Werte (n=10)

	L*[1]		**a*[2]**		**b*[3]**	
Proben-code	Mittelwert	Standard-abweichung	Mittelwert	Standard-abweichung	Mittelwert	Standard-abweichung
ROH	64,12	1,03	37,41	0,91	52,84	3,19
BL	61,08	0,81	37,05	1,37	51,98	1,20
BLTK	61,84	1,73	38,10	1,57	53,31	2,17
GA	61,09	1,87	33,59	1,75	55,24	2,99
GAK	62,54	2,46	34,20	3,15	55,73	2,58
GATK	61,04	1,01	37,05	2,42	56,28	1,06
HD1	58,74	0,74	37,86	1,49	51,40	0,86
HD2	51,08	1,76	37,60	0,87	51,35	2,80
HD3	59,30	1,37	37,58	0,69	51,34	1,51
HD4	59,21	1,08	36,43	2,13	50,98	1,72
HD5	59,28	1,94	36,87	2,42	50,75	2,24
HD6	57,72	1,77	37,77	0,85	50,18	2,79
HD7	59,94	1,31	37,18	1,55	52,13	1,69
HD8	59,52	1,56	37,75	0,93	51,85	3,10
HD9	59,82	1,73	37,92	0,95	52,03	2,87
HD10	59,63	1,05	37,02	1,57	51,07	1,53
HD11	59,52	0,68	37,76	2,31	50,55	5,35
OS1	63,06	1,61	40,58	2,19	53,71	1,28
OS2	61,41	1,80	37,83	3,18	57,77	2,95
OS3	63,25	1,40	40,64	1,48	55,41	2,11
OS4	63,31	1,22	40,63	2,21	55,00	2,51
OS5	62,64	1,20	41,51	1,92	51,77	5,32
OS6	63,00	1,31	40,97	1,29	55,32	1,49
OS7	59,59	1,13	38,49	1,75	52,40	2,90

[1)] Luminanz (Helligkeit)

[2)] Sättigung/Farbton; negativ=grünlich, positiv=rötlich

[3)] Sättigung/Farbton; negativ=bläulich, positiv=gelblich

Tab. 8.3: Ergebnisse Trockenmasse (n=3) und Textur (n=10)

	Trockenmasse [%]		**Textur [N]**	
Proben-code	Mittelwert	Standard-abweichung	Mittelwert	Standard-abweichung
ROH	12,20	0,26	62,06	8,17
BL	7,38	0,71	46,18	2,61
BLTK	9,61	0,14	37,26	4,03
GA	5,61	0,15	18,83	2,35
GAK	5,37	0,37	10,53	2,32
GATK	5,42	0,39	10,32	3,37
HD1	9,42	0,05	53,00	9,06
HD2	9,77	0,11	56,43	11,12
HD3	8,80	0,31	48,38	9,25
HD4	12,23	0,09	60,39	6,04
HD5	11,58	0,79	54,98	7,98
HD6	12,20	0,26	70,74	12,99
HD7	12,56	0,36	59,61	10,90
HD8	11,93	0,06	51,93	9,51
HD9	12,67	0,12	54,89	9,30
HD10	12,48	0,46	59,12	4,10
HD11	12,13	0,19	53,14	11,38
OS1	29,51	0,23	34,27	2,98
OS2	38,70	0,36	15,10	4,56
OS3	34,19	0,13	33,88	4,10
OS4	33,38	0,24	32,50	7,67
OS5	36,89	0,10	29,75	3,75
OS6	32,68	0,41	32,93	4,44
OS7	29,16	0,19	10,06	2,91

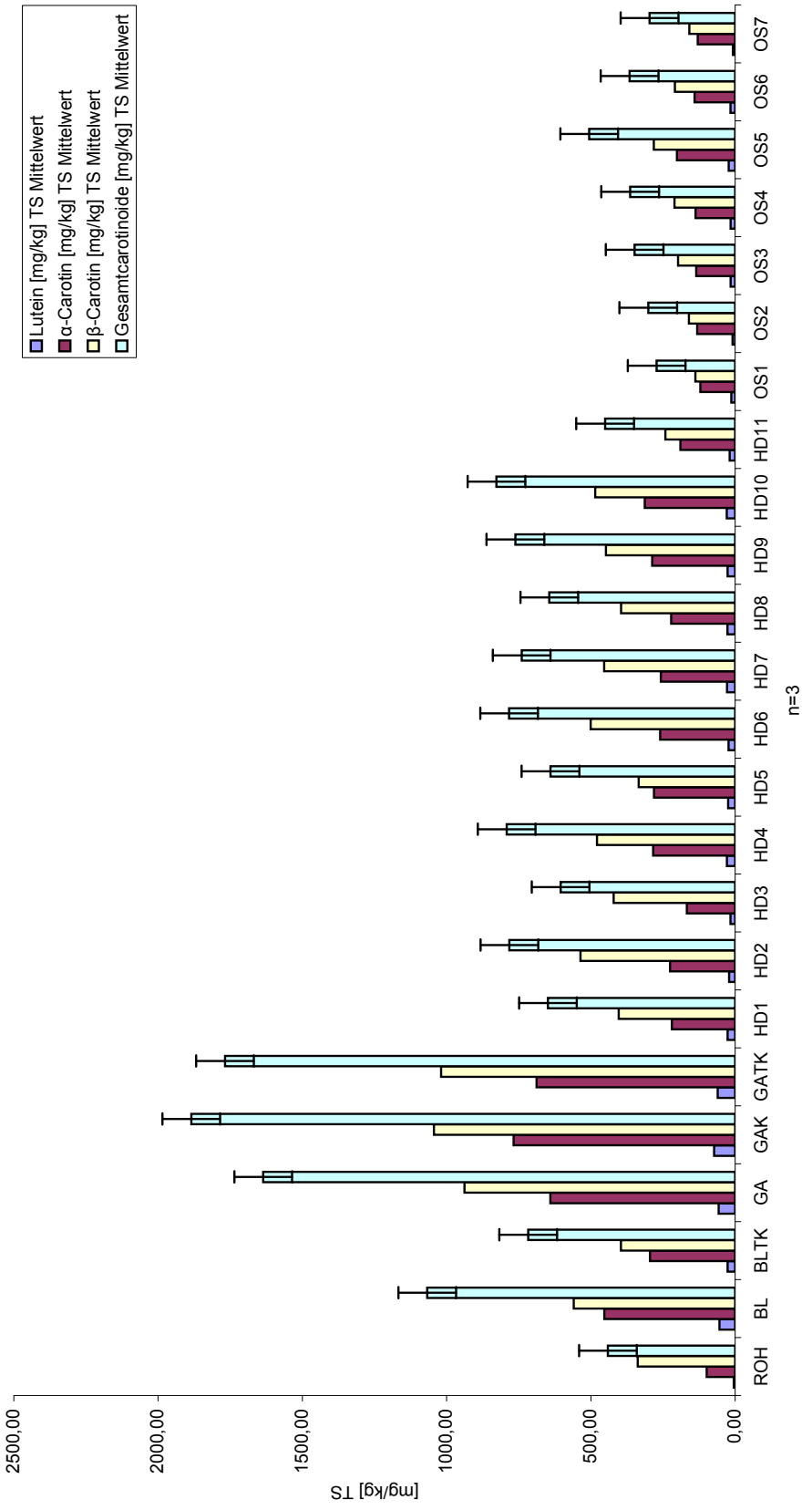


Abb. 8.6: Vergleich Carotinoid-Konzentration für alle angewendeten Verfahren (n=3)

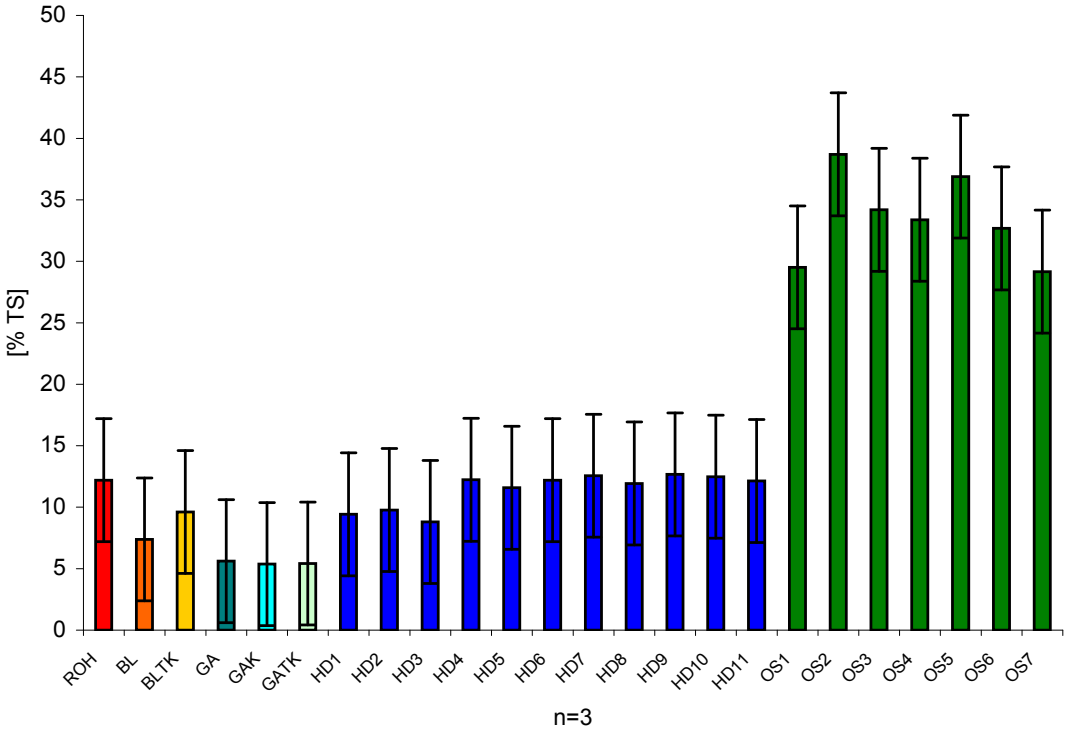


Abb. 8.7: Vergleich Trockenmasse für die angewendeten Haltbarkeitsmethoden (n=3)

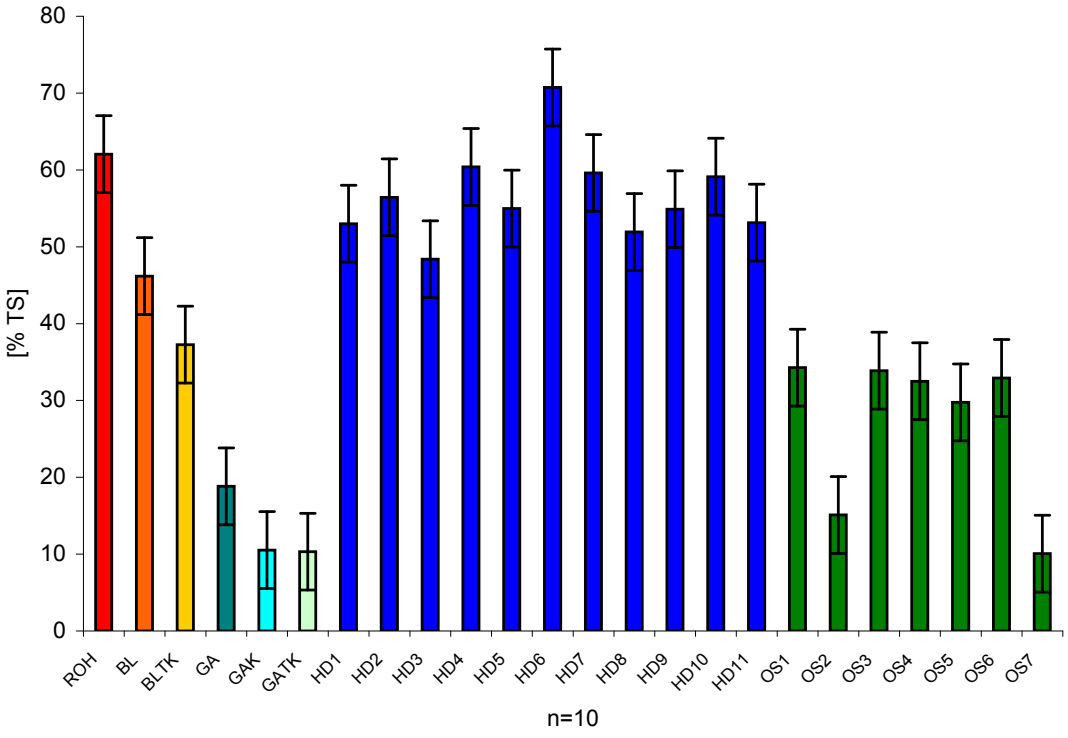


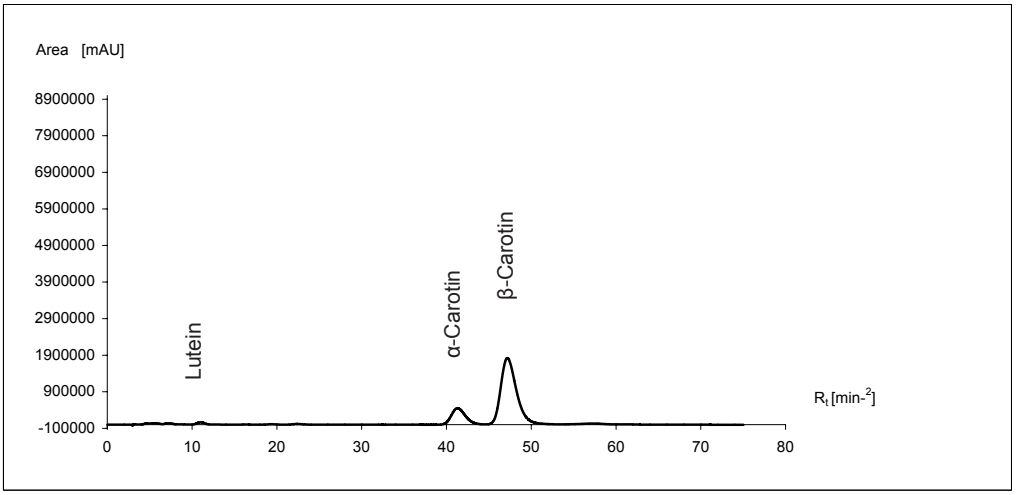
Abb. 8.8: Vergleich Textur [N] für die angewendeten Haltbarkeitsmethoden (n=10)

8.3.1 Carotinoidgehalt

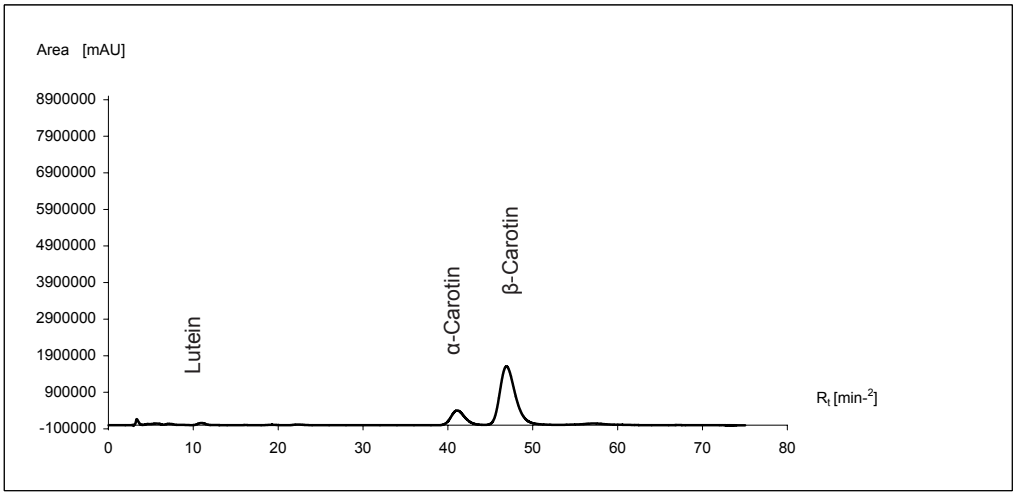
Die Konzentrationsbestimmung wurde mittels HPLC durchgeführt, wie unter 6.2.2.1 beschrieben. Die Absorptionsmaxima werden laut Literatur (abhängig vom verwendeten Lösungsmittel) mit 422 - 474 nm für Lutein, 421- 475 nm für α-Carotin und mit 425 - 478 nm für β-Carotin angegeben (BRITTON et.al, 1995).

In Anlehnung an **Surles et al. (2004)** und **Bunea et al. (2008)** wurde für die Quantifizierung der Carotinoide gegen authentische Standards bei 450 nm gemessen, da diese Wellenlänge einen guten Kompromiss für Lutein (445 nm), α-Carotin (444 nm) und β-Carotin (453 nm) darstellt.

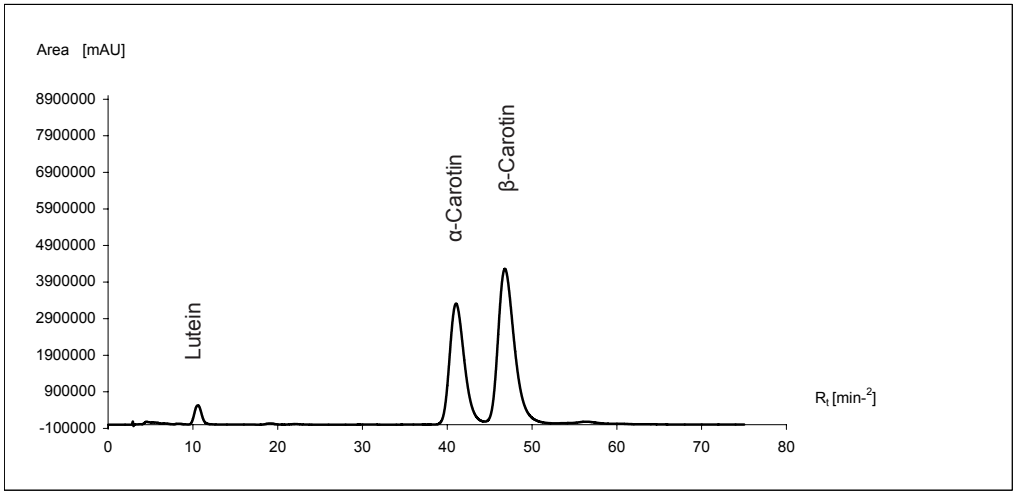
In Abb. 8.9 - 8.11 sind die Chromatogramme für die durchgeführten Haltbarkeitsmethoden angeführt. Die Laufzeit betrug 80 min, wobei Lutein bei 10 - 12 min absorbierte, α-Carotin zwischen Minute 40 und 42 und β-Carotin zwischen Minute 45 und 50 das Absorptionsmaximum aufwiesen.



Roh nicht verseift

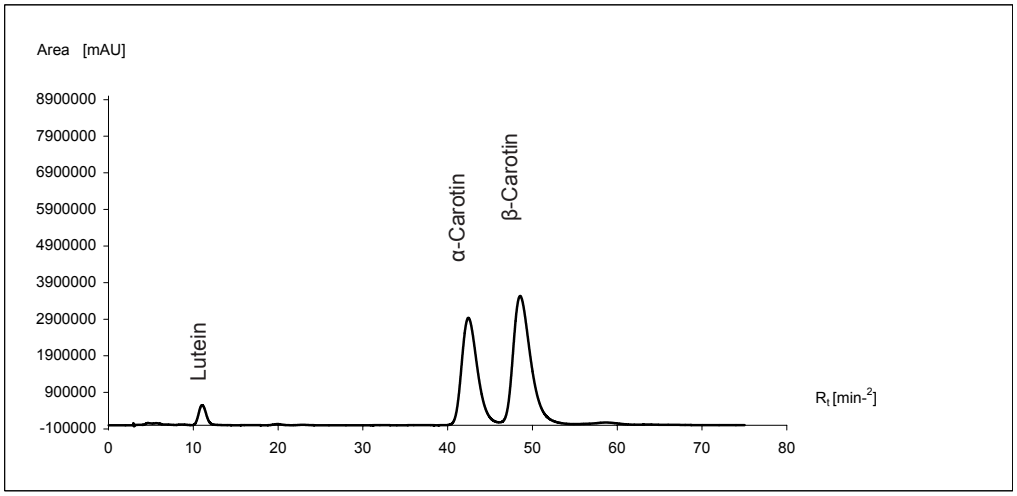


Roh verseift

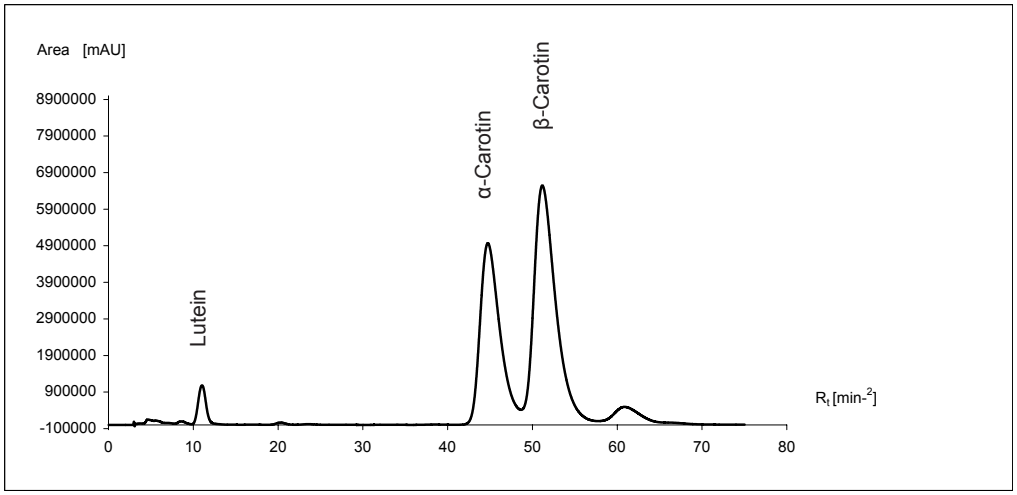


BL

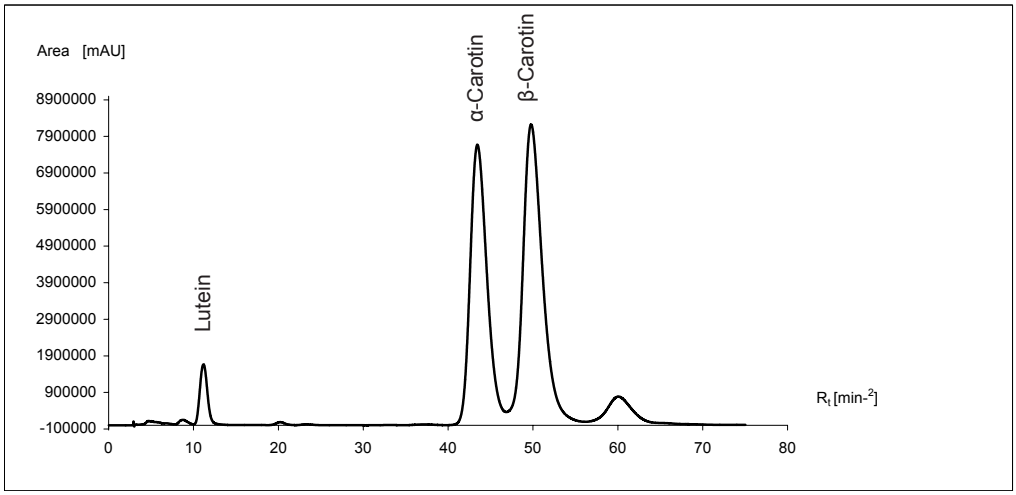
Abb. 8.9 Chromatogramme Carotionoide - HPLC (bezogen auf die Trockensubstanz)



BLTK

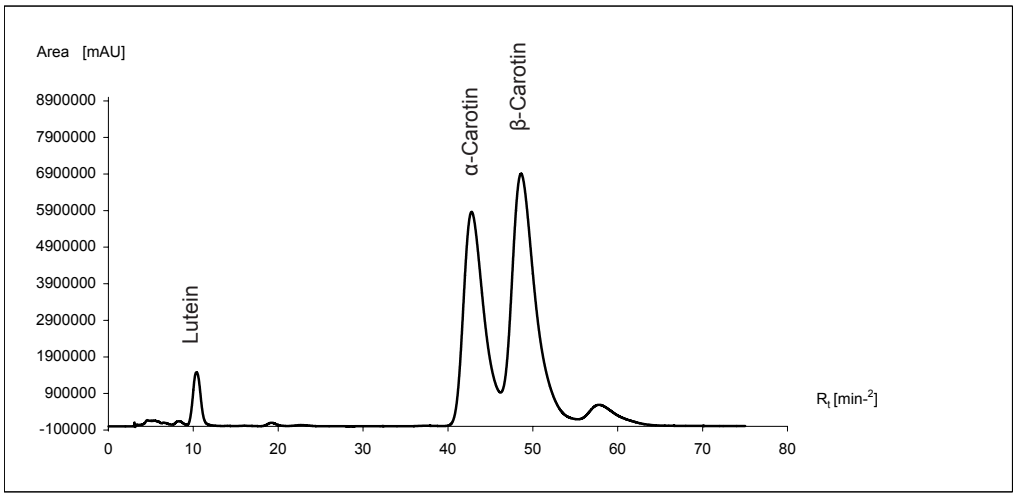


GA

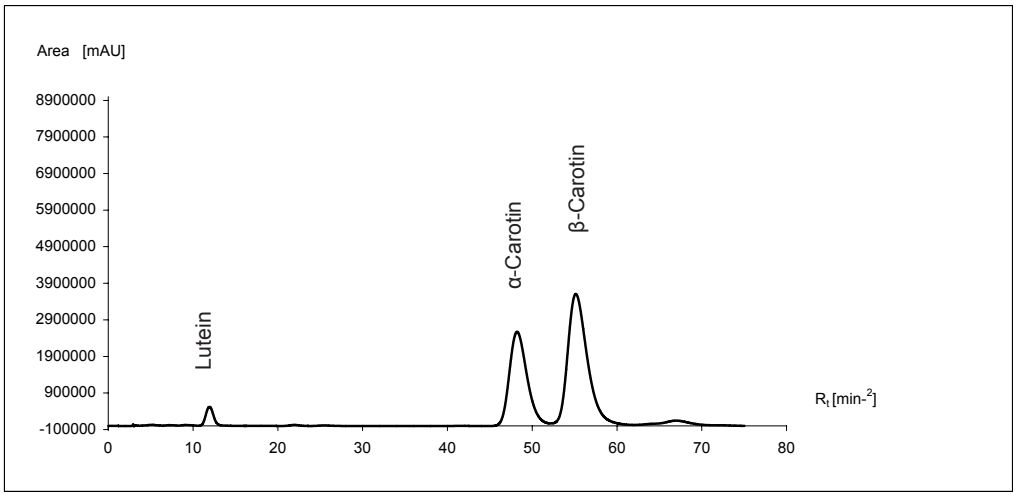


GAK

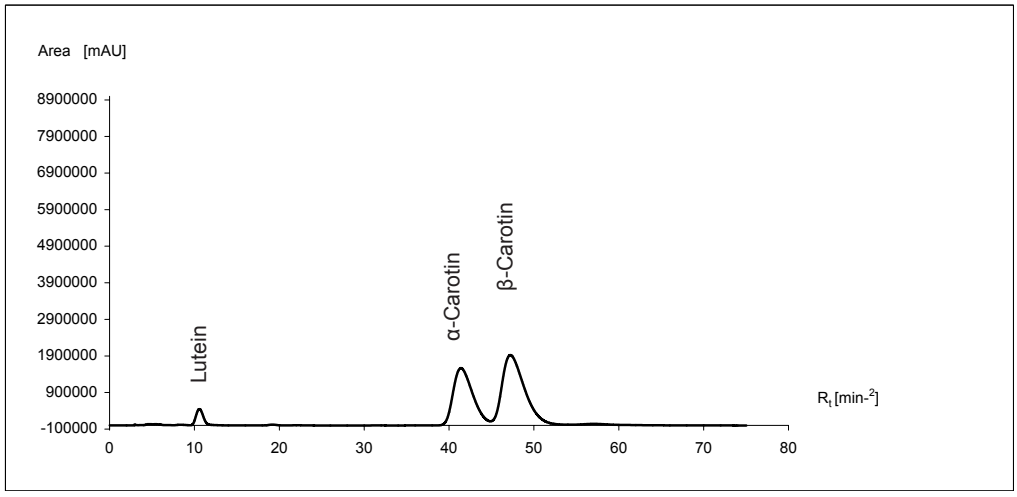
Abb. 8.10 Chromatogramme Carotionoide - HPLC (bezogen auf die Trockensubstanz)



GATK



HD10



OS5

Abb. 8.11 Chromatogramme Carotionoide - HPLC (bezogen auf die Trockensubstanz)

8.3.1.1 Lutein

Die Mittelwerte der Ergebnisse (Tab. 8.1) reichten von 4,75 mg/kg Trockensubstanz bei den rohen Karotten (ROH) bis zu 73,18 mg/kg Trockensubstanz bei den gegart und gekühlten Karotten (GAK). Bei den rohen Karotten (ROH) zeigte sich die geringste Lutein-Konzentration, was darauf zurückzuführen ist, dass durch die mechanische Zerkleinerung die Zellmatrix nicht restlos „zerstört" wurde, wodurch bei der nachfolgenden Extraktion Lutein in der Matrix zurückgehalten wurde. Die blanchierten (BL) und gekochten Karotten (GA, GAK, GATK) zeigten die höchsten Konzentrationen, da es durch die Hitzeeinwirkung einerseits zur Enzyminaktivierung kam und andererseits die Zellmatrix verändert wurde, wodurch die Extraktion besser funktionierte. **Bunea et al. (2008)** berichten, dass die Bioverfügbarkeit von sekundären Pflanzenstoffen von der Matrix und Mikrostruktur der Lebensmittel in denen sie vorkommen, von den Lagerbedingungen und von angewendeten thermischen Prozessen beeinflusst wird. Blanchieren und Kochen bewirken eine bessere Freisetzung der Carotinoide aus der Zellmatrix.

Die Ergebnisse der Hochdruckbehandlung (HD) sind in Abb. 8.12 und 8.13 ersichtlich. Es wurde ein Multiple Sample Comparison – Test durchgeführt. Die Parameter AB (Druck und Temperatur), A (Druck) und B (Temperatur) wirkten sich negativ auf den Lutein-Gehalt aus, während C (Zeit), AC (Druck und Zeit), BC (Temperatur und Zeit) positive Effekte zeigten (Abb. 8.12). Da keiner der p-Werte in der ANOVA-Tabelle kleiner als 0,05 ist, ist zwischen den einzelnen Parametern keine statistisch signifikante Beziehung gegeben.

Wie aus Abb. 8.13 ersichtlich ist bewirkte eine Druckerhöhung eine Abnahme der Konzentration, ebenso wirkten sich eine Temperaturerhöhung und eine verkürzte Prozessdauer negativ auf den Lutein-Gehalt aus.

Die Ergebnisse der osmotischen Trocknung (OS) sind in Abb. 8.14 und 8.15 angeführt. Es wurde ein Multiple Sample Comparison – Test durchgeführt. Die Parameter A (Temperatur) und AB (Temperatur und Zuckergehalt) wirkten sich negativ auf den Lutein-Gehalt aus, während B (Zuckergehalt) einen positiven Einfluss auf die Konzentration aufwies (Abb. 8.14). Da der p-Wert für den Parameter A (Temperatur) in der ANOVA-Tabelle kleiner als 0,05 ist,

zeigt die Temperatur eine statistisch signifikante Beziehung auf einem Signifikanzniveau von 95 %.

Die R-Quadrat-Statistik zeigt, dass das Modell geeignet ist, 90,9672 % der Variabilität in Lutein zu erklären.

Aus der graphischen 3D-Darstellung in Abb. 8.15 geht hervor, dass sich eine Erhöhung der Temperatur in einer Erniedrigung der Lutein-Konzentration niederschlug, während eine Erhöhung des Zuckergehalts in einer Konzentrationssteigerung resultierte.

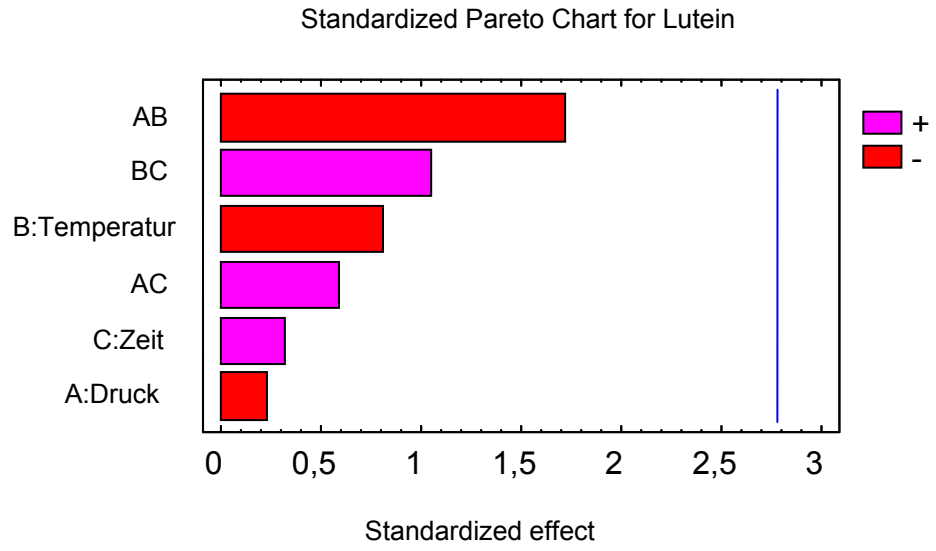


Abb. 8.12: Pareto Analyse für Lutein - Hochdruckbehandlung (bezogen auf die Trockensubstanz)

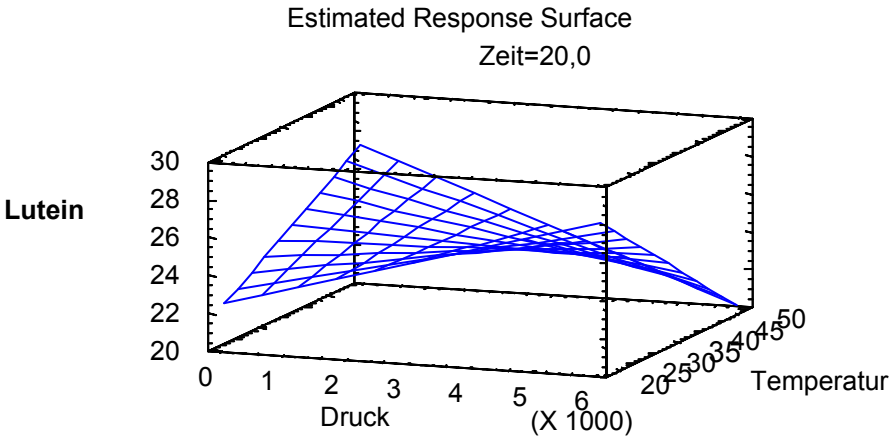


Abb. 8.13: Effekte von Druck und Temperatur auf die Lutein-Konzentration bei der Hochdruckbehandlung (bezogen auf die Trockensubstanz)

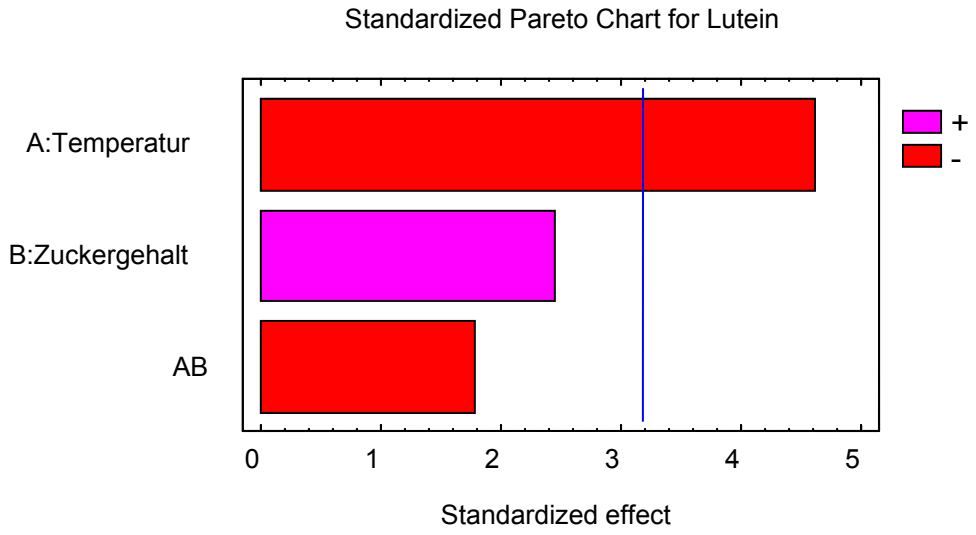


Abb. 8.14: Pareto Analyse für Lutein-Osmotische Trocknung (bezogen auf die Trockensubstanz)

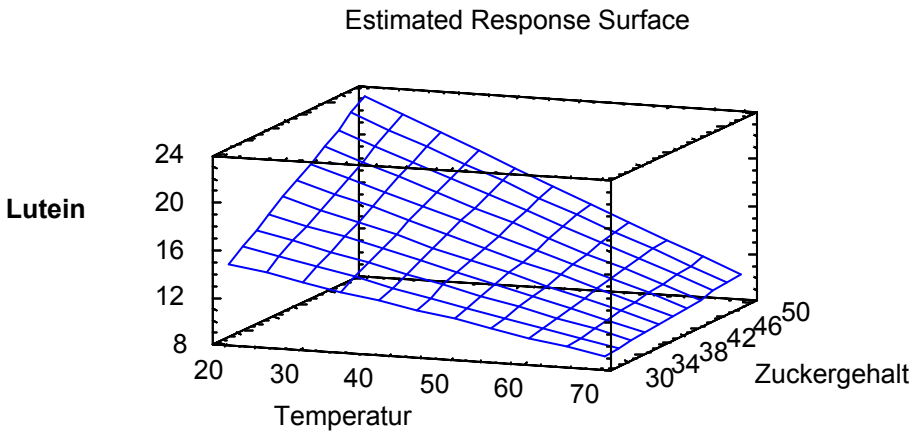


Abb. 8.15: Efftekte der Temperatur und Zuckerkonzentration der osmotischen Lösung auf die Lutein-Konzentration von Karottenscheiben bei einer Prozessdauer von 180 min (bezogen auf die Trockensubstanz)

8.3.1.2 α-Carotin

Die Mittelwerte der Ergebnisse (Tab. 8.1) reichten von 98,73 mg/kg Trockensubstanz bei den rohen Karotten (ROH) bis zu 767,89 mg/kg Trockensubstanz bei den gegart und gekühlten Karotten (GAK). Dieser große Konzentrationsunterschied zwischen den einzelnen Behandlungsmethoden gegenüber Lutein ist auf die generell höhere Gesamtkonzentration an α-Carotin in Karotten zurückzuführen.

Die blanchierten (BL) und gegarten Karotten (GA, GAK, GATK) wiesen eine höhere Konzentration als die rohen Karotten (ROH) auf, was wie unter 8.3.1.1 beschrieben auf Vorgänge in der Zellmatrix zurückzuführen ist.

Die Ergebnisse der hochdruckbehandelten Karotten (HD) sind in Abb. 8.16 und 8.17 graphisch dargestellt. Es wurde ein Multiple Sample Comparison-Test durchgeführt, woraus ersichtlich ist, dass sich die Parameter A (Druck), AB (Druck und Temperatur) und C (Zeit) generell negativ auf den α-Carotin-Gehalt auswirkten und BC (Temperatur und Zeit), AC (Druck und Zeit) sowie B (Temperatur) einen positiven Effekt zeigten (Abb. 8.16).
Da für keinen der Effekte der p-Wert in der ANOVA-Tabelle kleiner als 0,05 ist, gibt es hier keine statistisch signifikante Beziehung zwischen den Variablen.

Die 3D-Darstellung in Abb. 8.17 zeigt, dass eine Druckerhöhung sowie eine Temperaturerniedrigung in einer Abnahme der α-Carotin-Konzentration resultierten, während sich die Prozessdauer nur geringfügig auf den Gehalt an α-Carotin auswirkte.

Die Ergebnisse der osmotisch getrockneten Karotten (OS) sind in Abb. 8.18 und 8.19 ersichtlich. Wie aus Abb. 8.18 hervorgeht, wirkten sich die Parameter AB (Temperatur und Zuckergehalt) sowie A (Temperatur) negativ auf die Konzentration aus, während B (Zuckergehalt) eine positive Wirkung zeigte.

Da die p-Werte in der ANOVA-Tabelle für alle Parameter kleiner als 0,05 sind, liegt eine statistisch signifikante Beziehung zwischen den Variablen auf einem Signifikanzniveau von 95 % vor.

Die R-Quadrat-Statistik zeigt, dass das Modell geeignet ist, 96,8697 % der Variabilität in α-Carotin zu erklären.

Abb. 8.19 zeigt graphisch dargestellt die Auswirkung von Temperatur und Zuckergehalt auf die α-Carotin-Konzentration. Es ist ersichtlich, dass eine Erhöhung der Temperatur und eine Erniedrigung des Zuckergehaltes in einer Abnahme der α-Carotin-Konzentration resultieren.

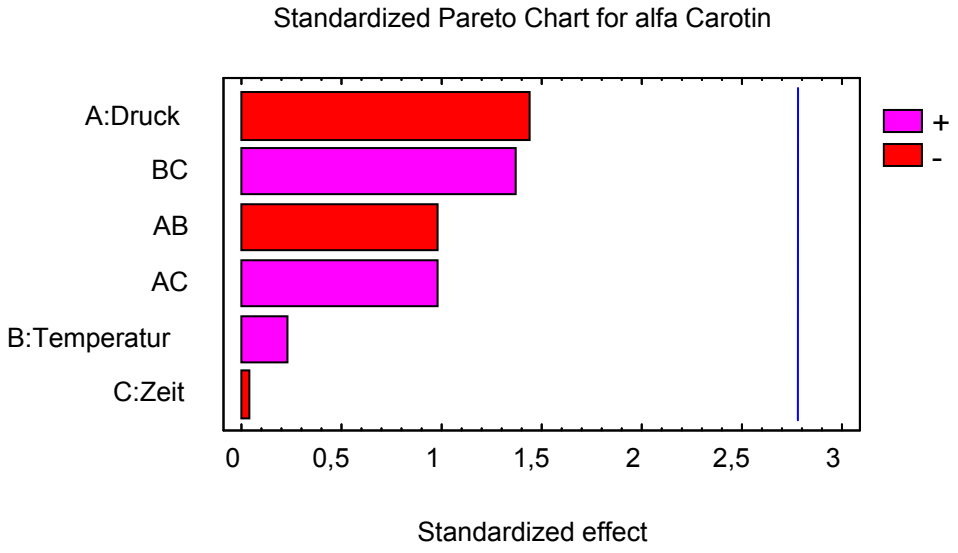


Abb. 8.16: Pareto Analyse für α-Carotin - Hochdruckbehandlung (bezogen auf die Trockensubstanz)

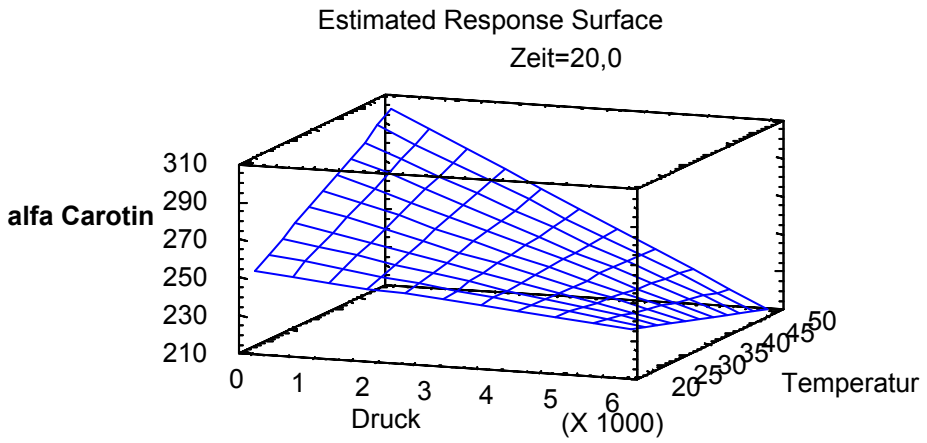


Abb. 8.17: Effekte von Druck und Temperatur auf die α-Carotin-Konzentration bei der Hochdruckbehandlung (bezogen auf die Trockensubstanz)

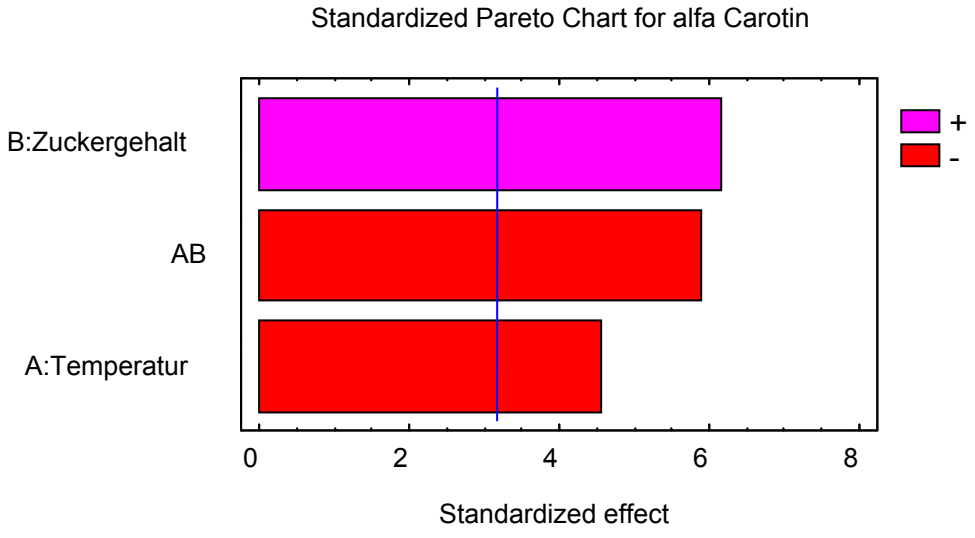


Abb. 8.18: Pareto Analyse für α-Carotin - Osmotische Trocknung (bezogen auf die Trockensubstanz)

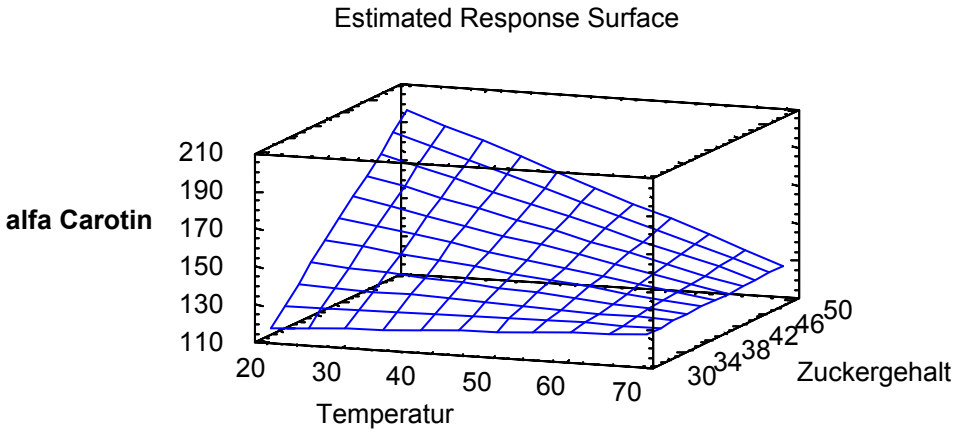


Abb. 8.19: Efftekte der Temperatur und Zuckerkonzentration der osmotischen Lösung auf die α-Carotin-Konzentration von Karottenscheiben bei einer Prozessdauer von 180 min (bezogen auf die Trockensubstanz)

8.3.1.3 β-Carotin

Die Mittelwerte der Ergebnisse sind in Tab. 8.1 ersichtlich. Die Werte reichten von 137,67 mg/kg Trockensubstanz bei den osmotisch behandelten Karotten (OS) bis zu 1043,84 mg/kg Trockensubstanz bei den gegart und gekühlten Karotten (GAK). Die osmotisch getrockneten Karotten wiesen insgesamt die geringsten Konzentrationen bezogen auf die Trockenmasse auf, gefolgt von den rohen Karotten (ROH). Die höchsten Konzentrationen bezogen auf die Trockensubstanz waren bei den gegarten Karotten (GA, GAK, GATK) zu finden. Die blanchierten Karotten (BL, BLTK) wiesen ähnliche Konzentrationen wie die hochdruckbehandelten Proben (HD) auf.

Die Ergebnisse der hochdruckbehandelten Karotten (HD) sind in Abb. 8.20 und 8.21 graphisch aufbereitet. Die Parameter B (Temperatur), AC (Druck und Zeit), A (Druck) sowie BC (Temperatur und Zeit) wirkten sich positiv auf die β-Carotin-Konzentration aus, wogegen AB (Druck und Temperatur) und C (Zeit) einen negativen Effekt aufwiesen (Abb. 8.20).

Da der p-Wert in der ANOVA-Tabelle für den Parameter B (Temperatur) kleiner als 0,05 ist, ist eine statistisch signifikante Beziehung auf einem Signifikanzniveau von 95 % gegeben.

Die R-Quadrat-Statistik zeigt, dass das vorliegende Modell geeignet ist, 85,5548 % der Variabilität in β-Carotin zu erklären.

Der graphischen 3D-Darstellung in Abb. 8.21 ist zu entnehmen, dass sich eine Druck- und Temperaturerhöhung in einer Zunahme der β-Carotin-Konzentration niederschlugen, während die Prozessdauer den β-Carotin-Gehalt nur unwesentlich beeinflusste.

Die Ergebnisse der osmotisch getrockneten Karotten sind in Abb. 8.22 und 8.23 dargestellt. Wie in Abb. 8.22 ersichtlich, hatten die Parameter A (Temperatur) und AB (Temperatur und Zuckergehalt) einen negativen Einfluss auf die β-Carotin-Konzentration, während B (Zuckergehalt) sich konzentrationserhöhend auswirkte.

Da die p-Werte der Parameter B (Zuckergehalt) und AB (Temperatur und Zuckergehalt) in der ANOVA-Tabelle kleiner sind als 0,05, ist eine statistisch signifikante Beziehung auf 95 %igem Signifikanzniveau gegeben.

Die R-Quadrat-Statistik zeigt, dass das Modell geeignet ist, 93,7845 % der Variabilität in β-Carotin zu erklären.

Abb. 8.23 veranschaulicht graphisch dargestellt die Auswirkungen von Temperatur und Zuckergehalt auf die β-Carotin-Konzentration. Wie man erkennen kann, bewirkte eine Temperaturerhöhung eine Konzentrationsabnahme, während es durch eine Erhöhung des Zuckergehaltes zu einer Zunahme der β-Carotin-Konzentration kam.

Für die osmotisch behandelten Karotten wurde auch ein „Beliebtheitstest" durchgeführt. Die graphische Gegenüberstellung ist in Abb. 8.24 ersichtlich, der verwendete Fragebogen in Abb. 8.25. Die einzelnen Sensorikergebnisse sind der Tab. 13.5 zu entnehmen.

Wie aus Abb. 8.24 hervorgeht, waren OS1 (20° C und 30° Brix) die „beliebtesten", gefolgt von den Versuchen am Zentralpunkt OS6, OS3 und OS4 (jeweils 45° C und 40° Brix). Am wenigsten gefielen OS2 (70° C und 50° Brix) und OS5 (20° C und 50° Brix).

Insgesamt ließ sich bei den Auswertungen des Carotinoid-Gehaltes erkennen, dass die rohen Karotten (ROH) die niedrigste Lutein-Konzentration aufwiesen, der Lutein-Gehalt zwischen den blanchiert und tiefgekühlten (BLTK) und hochdruckbehandelten Karotten (HD) keine nennenswerten Konzentrationsunterschiede zeigte. Die osmotisch getrockneten Karotten (OS) wiesen einen Lutein-Gehalt auf, der zwischen der Konzentration der rohen Karotten (ROH) und den hochdruckbehandelten (HD) lag. Die höchste Lutein-Konzentration wiesen die gegarten Karotten (GA, GAK, GATK) auf.

Die Konzentration an α-Carotin war bei den rohen Karotten (ROH) ebenfalls am geringsten, nahm dann bei den osmotisch getrockneten (OS) über die hochdruckbehandelten (HD) bis zu den blanchiert und tiefgekühlten Karotten (BLTK) zu und erreichte die größten Werte bei den blanchierten (BL) und gegarten Karotten (GA, GAK, GATK).

Für die Konzentration an β-Carotin konnte diese Aussage nicht gemacht werden, es ist aber deutlich ersichtlich, dass die osmotisch getrockneten Karotten (OS) die niedrigsten Konzentrationen aufwiesen, und der Gehalt dann von den rohen Karotten (ROH) über die blanchiert und tiefgekühlten (BLTK), blanchierten (BL) bis zu den gegarten Karotten (GA, GAK, GATK) stark zunahm.

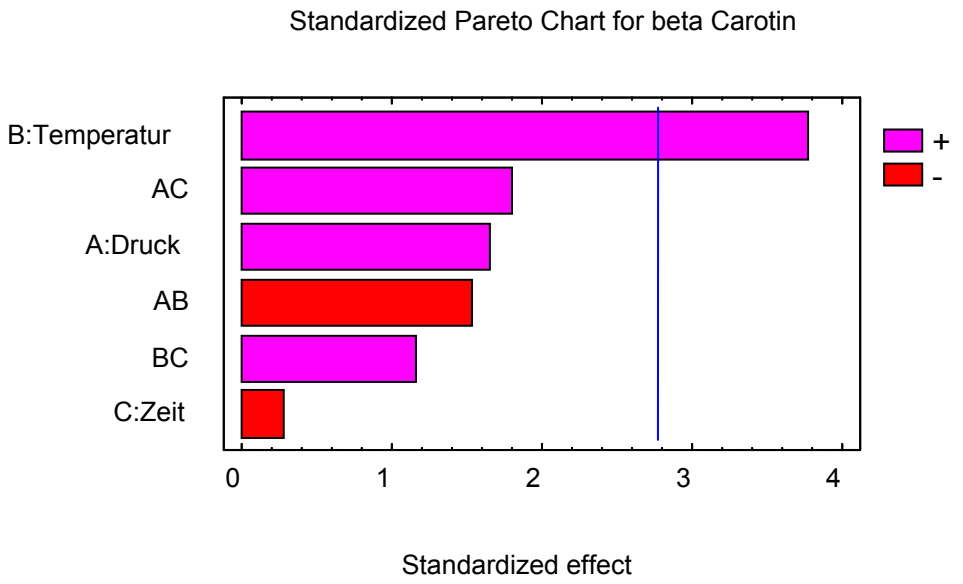


Abb. 8.20: Pareto Analyse für β-Carotin - Hochdruckbehandlung (bezogen auf die Trockensubstanz)

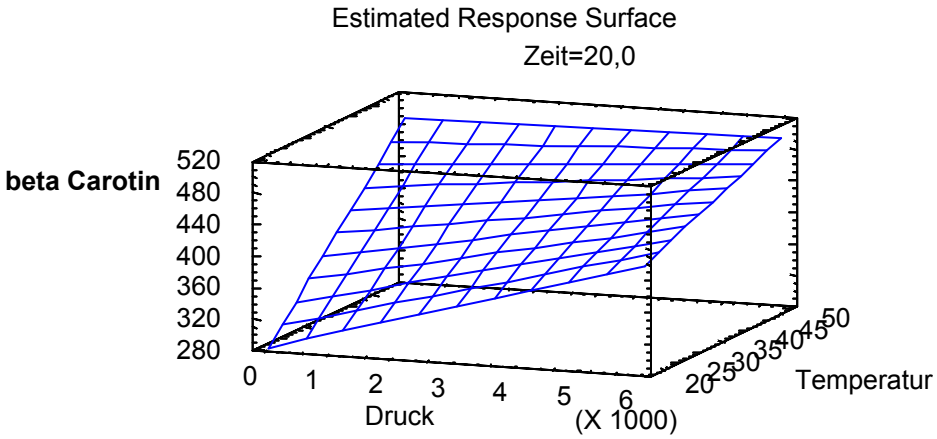


Abb. 8.21: Effekte von Druck und Temperatur auf die β-Carotin-Konzentration bei der Hochdruckbehandlung (bezogen auf die Trockensubstanz)

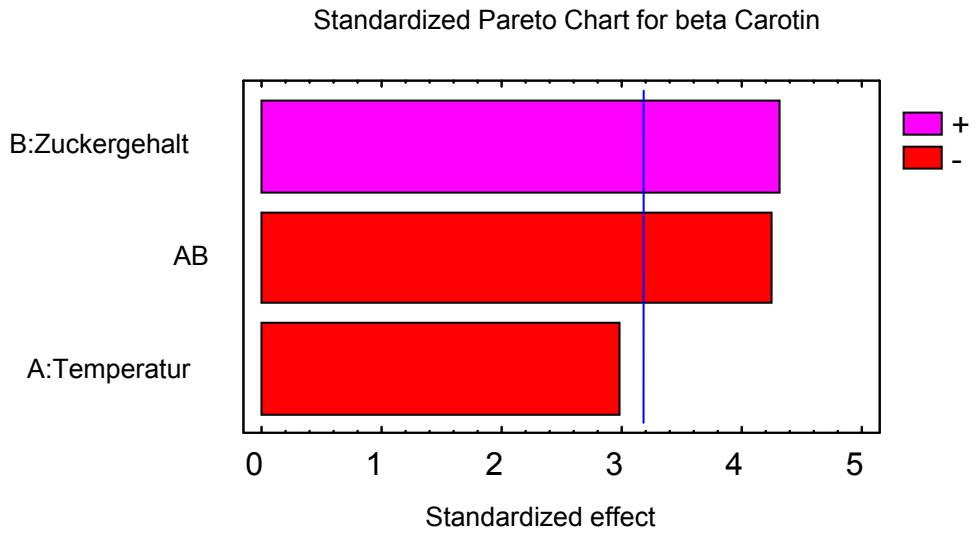


Abb. 8.22: Pareto Analyse für β-Carotin - Osmotische Trocknung (bezogen auf die Trockensubstanz)

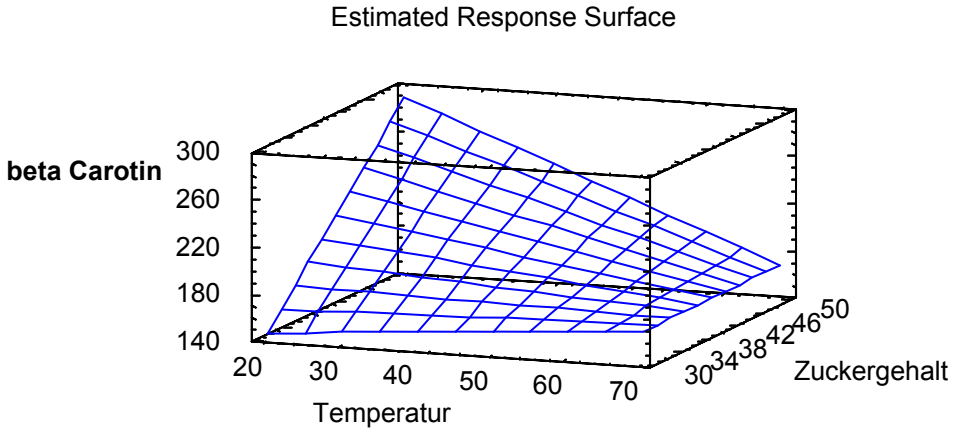


Abb. 8.23: Efftekte der Temperatur und Zuckerkonzentration der osmotischen Lösung auf die β-Carotin-Konzentration von Karottenscheiben bei einer Prozessdauer von 180 min (bezogen auf die Trockensubstanz)

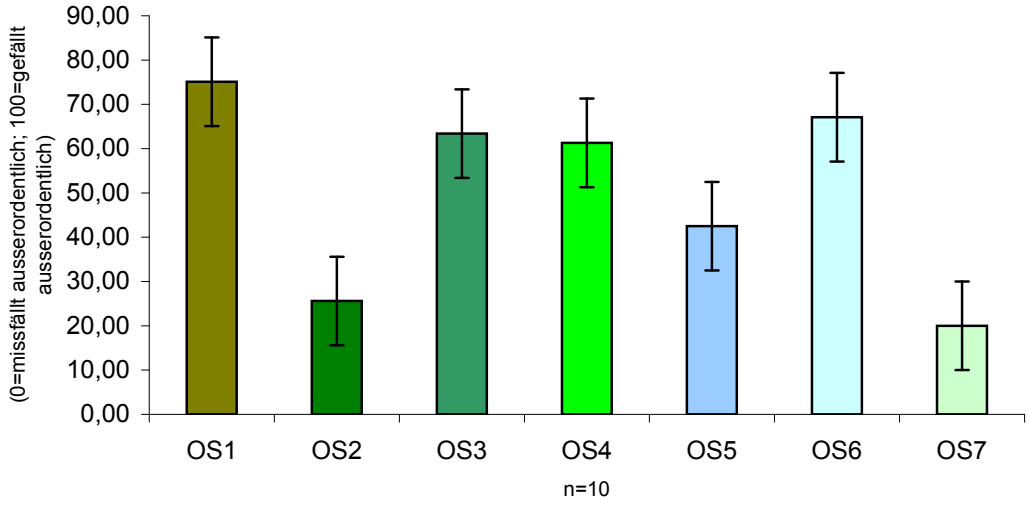
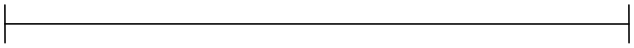


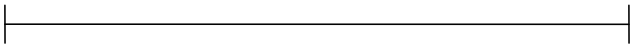
Abb. 8.24: Sensorik-Beliebtheitstest osmotisch getrocknete Karotten

1. Probe:
Bitte beurteilen Sie den Geschmack der Probe anhand der untenstehenden Skala!



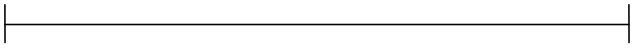
missfällt außerordentlich gefällt außerordentlich

2. Probe:
Bitte beurteilen Sie den Geschmack der Probe anhand der untenstehenden Skala!



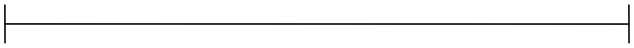
missfällt außerordentlich gefällt außerordentlich

3. Probe:
Bitte beurteilen Sie den Geschmack der Probe anhand der untenstehenden Skala!



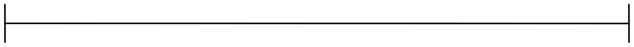
missfällt außerordentlich gefällt außerordentlich

4. Probe:
Bitte beurteilen Sie den Geschmack der Probe anhand der untenstehenden Skala!



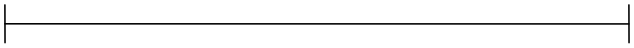
missfällt außerordentlich gefällt außerordentlich

5. Probe:
Bitte beurteilen Sie den Geschmack der Probe anhand der untenstehenden Skala!



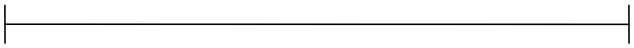
missfällt außerordentlich gefällt außerordentlich

6. Probe:
Bitte beurteilen Sie den Geschmack der Probe anhand der untenstehenden Skala!



missfällt außerordentlich gefällt außerordentlich

7. Probe:
Bitte beurteilen Sie den Geschmack der Probe anhand der untenstehenden Skala!



missfällt außerordentlich gefällt außerordentlich

Abb. 8.25: Fragebogen für die sensorische Beurteilung

8.3.2 Farbe

Die Ergebnisse der Mittelwerte der einzelnen Farbmessungen sind in Tab. 8.2 ersichtlich.

Die Auswertung der Farbmessungen ist in Tab. 13.6 angegeben. Es wurden für den L*-,a*- und b*-Wert 10-fach-Bestimmungen durchgeführt.

Mittels STATGRAPHICS Centurion XV wurde für die L*-,a*- und b*-Werte aller Behandlungsmethoden ein Multiple Range Test durchgeführt, wobei für die hochdruckbehandelten (HD) und osmotisch getrockneten (OS) Proben ein Mittelwert errechnet und für den statistischen Test verwendet wurde.

Für die hochdruckbehandelten (HD) und osmotisch getrockneten (OS) Karotten erfolgte dann nochmals separat eine Pareto-Analyse mittels STATGRAPHICS Centurion XV.

8.3.2.1 L*

Im Multiple Range Test wurden beim Merkmal Luminanz (Helligkeit) fünf homogene Gruppen identifiziert (Tab. 8.4). Die dunkelste Probe war die hochdruckbehandelte (HD) mit einem Helligkeitswert von 59,25, gefolgt von den gegarten und tiefgekühlten (GATK), den blanchierten (BL), den gegarten (GA), den blanchierten und tiefgkühlten (BLTK), den osmotisch getrockneten (OS), den gegarten und gekühlten (GAK) und den rohen Karotten (ROH). Am hellsten waren die rohen Karotten (ROH) mit einem Helligkeitswert von 64,12. Die hochdruckbehandelten (HD) Proben bildeten die erste homogene Gruppe. Die zweite Gruppe bestand aus den gegarten und tiefgekühlten (GATK), den blanchierten (BL), den gegarten (GA) und den blanchierten und tiefgekühlten (BLTK) Karotten. Die blanchierten (BL), gegarten (GA), blanchiert und tiefgekühlten (BLTK) und osmotisch getrockneten (OS) Proben bildeten die dritte homogene Gruppe. Die vierte Gruppe bestand aus den blanchiert und tiefgekühlten (BLTK), osmotisch getrockneten (OS) und gegart und gekühlten (GAK) Proben. Die letzte homogene Gruppe bildeten die rohen (ROH) Karotten.

Die statistische Auswertung der hochdruckbehandelten (HD) und osmotisch getrockneten (OS) Karotten ist den Abb. 8.26 und 8.27 zu entnehmen.

Der Abb. 8.26 sind die Parameter zu entnehmen, die die Helligkeit bei der Hochdruckbehandlung beeinflussen. Es war zu erkennen, dass alle Parameter,

das sind AC (Druck und Zeit), B (Temperatur), A (Druck), BC (Temperatur und Zeit), AB (Druck und Temperatur) und C (Zeit) sich negativ auf die Helligkeit auswirkten. Es ist allerdings keine statistisch signifikante Beziehung gegeben.

In Abb. 8.27 sind die Einflussfaktoren auf den L*-Wert bei den osmotisch getrockneten Karotten angegeben. Es ist ebenfalls keine statistisch signifikante Beziehung gegeben. Der Parameter A (Temperatur) wirkte sich negativ auf die Luminanz aus, während AB (Temperatur und Zuckergehalt) sowie B (Zuckergehalt) einen positiven Effekt zeigten.

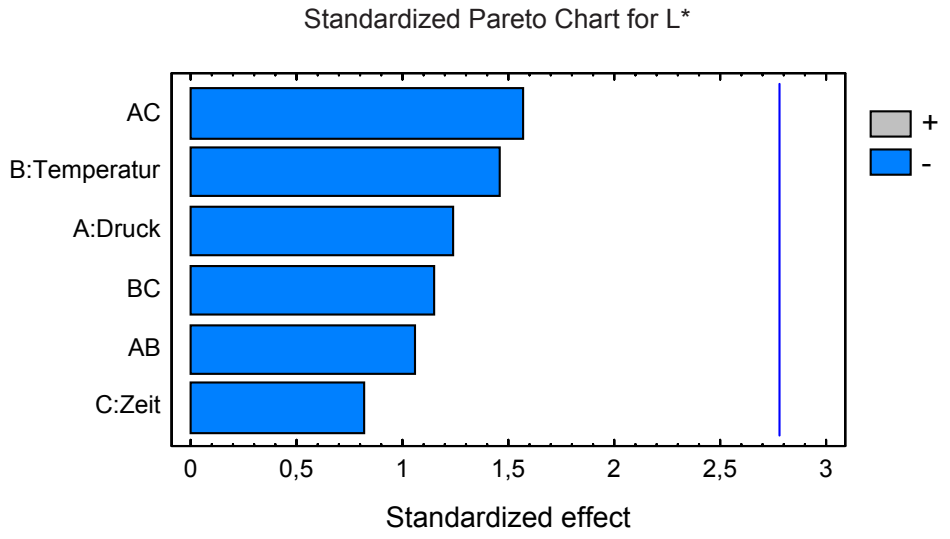


Abb. 8.26: Pareto Analyse für L*-Wert (Luminanz) - Hochdruckbehandlung

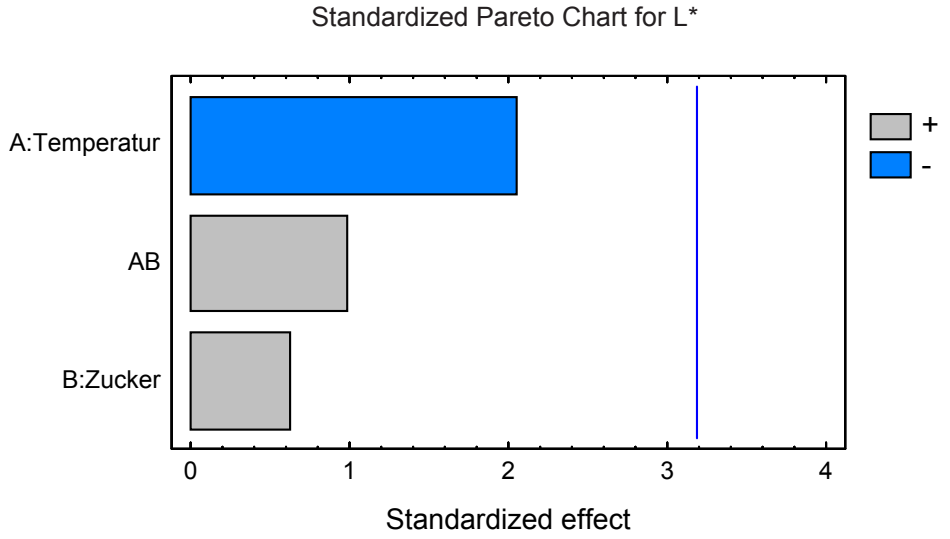


Abb. 8.27: Pareto Analyse für L*-Wert (Luminanz) - Osmotische Trocknung

8.3.2.2 a*

Im Multiple Range Test wurden beim a*-Wert drei homogene Gruppen identifiziert (Tab. 8.5). Die a*-Werte lagen bei allen Proben im positiven Bereich (Rotton). Die erste Gruppe bildeten die gegarten (GA) und die gegarten und gekühlten (GAK) Karotten. Die zweite homogene Gruppe bildeten die gegarten und tiefgekühlten (GATK), blanchierten (BL), hochdruckbehandelten (HD), rohen (ROH) und die blanchierten und tiefgekühlten (BLTK) Proben. Die dritte Gruppe bildeten die osmotisch getrockneten (OS) Karotten.

Die separat für die hochdruckbehandelten (HD) und osmotisch getrockneten (OS) Karotten durchgeführte statistische Auswertung ist in Abb. 8.28 und Abb. 8.29 graphisch dargestellt.

Wie der Abb. 8.28 zu entnehmen ist, wiesen die hochdruckbehandelten (HD) Proben keine statistisch signifikante Beziehung auf. Die Parameter AB (Druck und Temperatur), AC (Druck und Zeit) und BC (Temperatur und Zeit) wirkten sich negativ auf den Rotton aus, während C (Zeit), B (Temperatur) und A (Druck) einen positiven Effekt auf den Rotton zeigten.

Abb. 8.29 zeigt die Auswirkung von Temperatur und Zuckergehalt bei den osmotisch getrockneten (OS) Proben auf den Rotton (a*-Wert). Die Parameter A (Temperatur) und AB (Temperatur und Zuckergehalt) wirkten sich negativ aus, während B (Zuckergehalt) auf den a*-Wert einen positiven Einfluss hatte.

Der p-Wert in der ANOVA-Tabelle für A (Temperatur) ist kleiner als 0,05, was eine statistisch signifikante Beziehung auf 95 %igem Signifikanzniveau bedeutet. Die R-Quadrat-Statistik zeigt, dass das vorliegende Modell geeignet ist 79,4637 % der Variabilität in a* zu erklären.

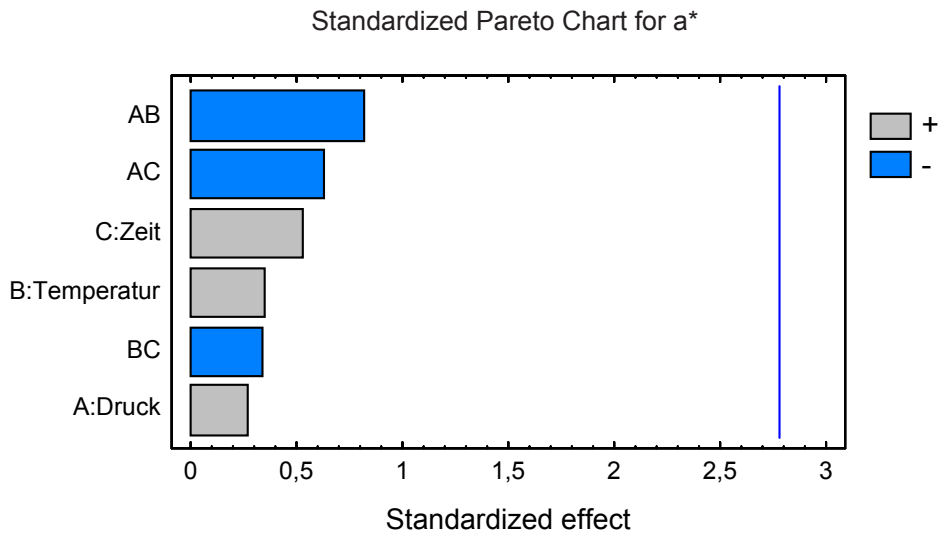


Abb. 8.28: Pareto Analyse für a*-Wert (Rotton) - Hochdruckbehandlung

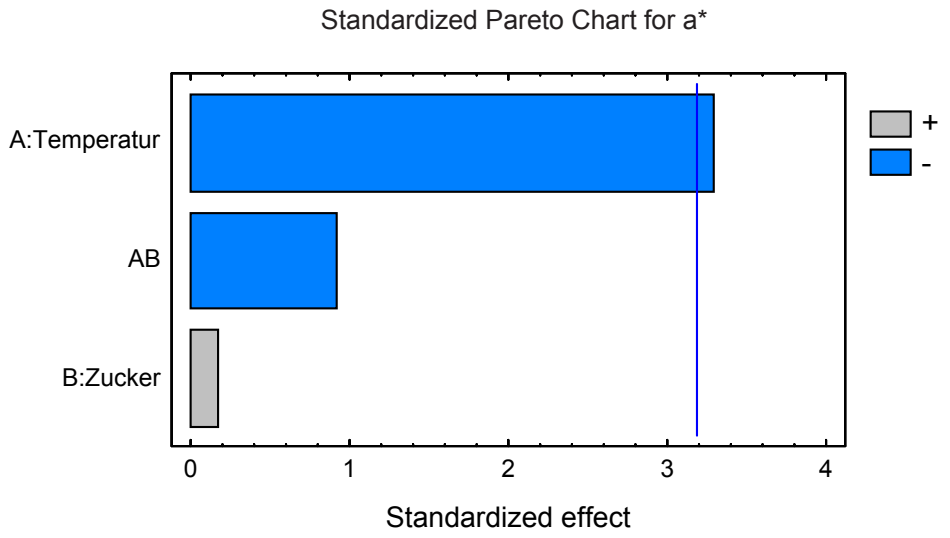


Abb. 8.29: Pareto Analyse für a*-Wert (Rotton) - Osmotische Trocknung

8.3.2.3 b*

Im Multiple Range Test wurden vier homogene Gruppen identifiziert (Tab. 8.6). Die b*-Werte lagen für alle Proben im positiven Bereich, der den Gelbton beschreibt. Die intensivste Gelbfärbung wiesen die gegarten und tiefgekühlten (GATK) Proben auf, gefolgt von den gegart und gekühlten (GAK) und den gegarten (GA) Karotten (56,28; 55,73; 55,24). Die hochdruckbehandelten (HD), blanchierten (BL) und rohen (ROH) Karotten bildeten die erste homogene Gruppe. Die zweite Gruppe bestand aus den blanchierten (BL), rohen (ROH) und blanchiert und tiefgekühlten (BLTK) Proben. Die rohen (ROH), blanchiert und tiefgekühlten (BLTK) und osmotisch getrockneten (OS) Karotten bildeten die dritte homogene Gruppe, während die osmotisch getrockneten (OS), gegarten (GA), gegart und gekühlten (GAK) und gegart und tiefgekühlten (GATK) Proben die vierte Gruppe repräsentierten.

Die separat für die hochdruckbehandelten (HD) und osmotisch getrockneten (OS) Karotten durchgeführte statistische Auswertung ist in Abb. 8.30 und 8.31 angegeben.

Abb. 8.30 zeigt die Einflussfaktoren der Hochdruckbehandlung auf den Gelbton (b*-Wert). Die Parameter AB (Druck und Temperatur) sowie AC (Druck und Zeit) zeigten einen negativen Effekt, während sich A (Druck), C (Zeit), BC (Temperatur und Zeit) und B (Temperatur) positiv auf den Gelbton auswirkten.

In Abb. 8.31 sind die Einflussfaktoren der osmotischen Trocknung auf den Gelbwert (b*-Wert) graphisch dargestellt. Die Parameter AB (Temperatur und Zuckergehalt), A (Temperatur) und B (Zuckergehalt) wirkte sich für den Gelbton der osmotisch getrockneten (OS) Karotten positiv aus.

Da der p-Wert in der ANOVA-Tabelle für den Parameter AB kleiner als 0,05 ist, ist eine statistisch signifikante Beziehung auf 95 %igem Signifikanzniveau gegeben. Die R-Quadrat-Statistik zeigt, dass das vorliegende Modell geeignet ist 87,44,78 % der Variabilität in b* zu erklären.

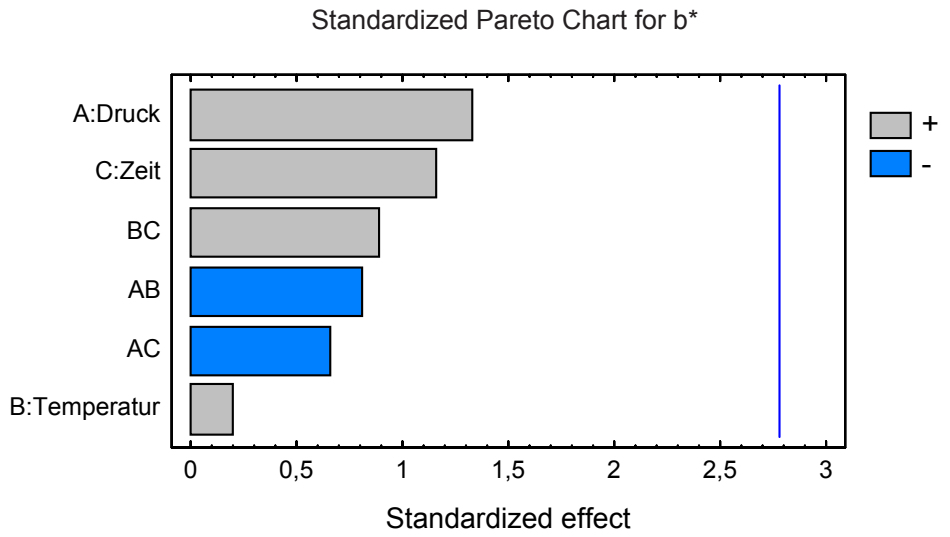


Abb. 8.30: Pareto Analyse für b*-Wert (Gelbton) - Hochdruckbehandlung

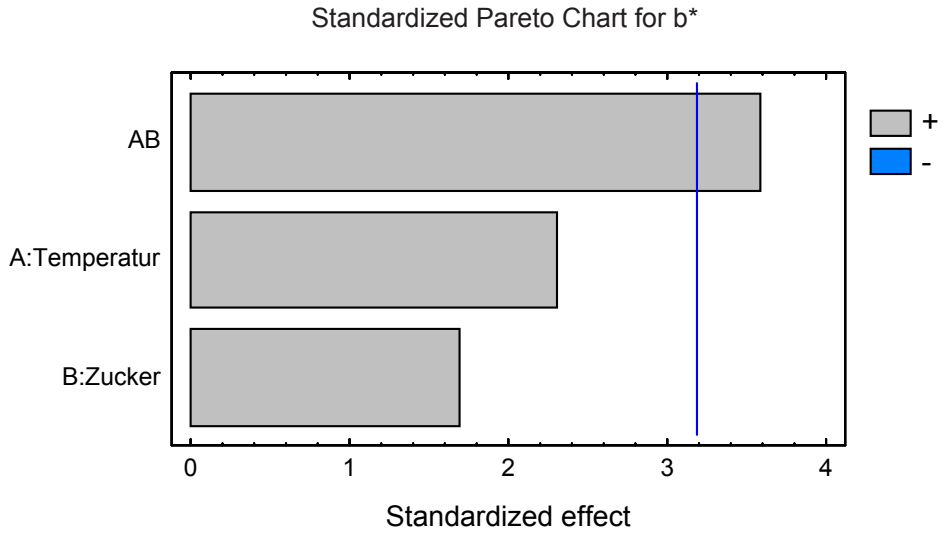


Abb. 8.31: Pareto Analyse für b*-Wert (Gelbton) - Osmotische Trocknung

Tab. 8.4: Multiple Range Test: Luminanz (L*-Wert)

Probe	Mittelwert	Homogene Gruppen			
HD	59,25	X			
GATK	61,04		X		
BL	61,08		X	X	
GA	61,09		X	X	
BLTK	61,84		X	X	X
OS	62,32			X	X
GAK	62,54				X
ROH	64,12				X

Tab. 8.5: Multiple Range Test: a*-Wert

Probe	Mittelwert	Homogene Gruppen		
GA	33,59	X		
GAK	34,20	X		
GATK	37,05		X	
BL	37,05		X	
HD	37,43		X	
ROH	37,61		X	
BLTK	38,10		X	
OS	40,09			X

Tab. 8.6: Multiple Range Test: b*-Wert

Probe	Mittelwert	Homogene Gruppen			
HD	51,24	X			
BL	51,98	X	X		
ROH	52,84	X	X	X	
BLTK	53,31		X	X	
OS	54,48			X	X
GA	55,24				X
GAK	55,73				X
GATK	56,28				X

8.3.3 Trockenmasse

Die Bestimmung der Trockenmasse erfolgte im Dreifach-Ansatz, die Durchführung ist 6.2.1.1 zu entnehmen.

Die Ergebnisse der Mittelwerte sind in Tab. 8.3 aufgelistet. Die Einzelwerte der Bestimmung der Trockenmasse sind für alle Haltbarkeitsmethoden in Tab. 13.7 angegeben.

Der Gehalt der Trockenmasse nahm von den gegart und gekühlten (GAK) über die gegart und tiefgekühlten (GATK), gegarten (GA), blanchierten (BL), blanchiert und tiefgekühlten (BLTK), rohen (ROH), hochdruckbehandelten (HD) bis zu den osmotischen behandelten (OS) Karotten zu.

Die höchste Trockenmasse wiesen erwartungsgemäß die osmotisch getrockneten (OS) Karotten auf. Durch die Einlagerung der osmotischen Zuckerlösung in die Zellmatrix wird das darin enthaltene Wasser verdrängt, wodurch die Trockenmasse zunimmt. **Ferrando und Spiess (2002)** berichten von einer Wasserdiffusion in den Protoplasten von Karotten während der osmotischen Trocknung in 50 %iger Zuckerlösung in einer Größenordnung von 10^{-12} m^2/s.

Für die hochdruckbehandelten (HD) und osmotisch getrockneten (OS) Proben erfolgte eine statistische Auswertung mittels STATGRAPHICS Centurion XV. Die Ergebnisse sind in Abb. 8.32 und 8.33 dargestellt.

Abb. 8.32 zeigt die Einflüsse von Druck, Zeit und Temperatur auf die Trockensubstanz bei der Hochdruckbehandlung. Die Parameter A (Druck), AB (Druck und Temperatur), BC (Temperatur und Zeit) sowie B (Temperatur) wirkten sich negativ auf die Trockenmasse der hochdruckbehandelten (HD) Karotten aus, während C (Zeit) und AC (Druck und Zeit) positive Effekte zeigten.

Der p-Wert in der ANOVA-Tabelle für A (Druck) ist kleiner als 0,05, was eine statistisch signifikante Beziehung auf 95 %igem Signifikanzniveau beschreibt.

Der R-Quadrat-Statistik-Wert zeigt, dass das Modell zu 77,7519 % geeignet ist, die Variabilität in TM zu erklären.

Abb. 8.33 veranschaulicht die Einflussfaktoren auf die Trockenmasse bei der osmotischen Trocknung. Alle Parameter, B (Zuckergehalt), AB (Temperatur und Zuckergehalt) und A (Temperatur), wirkten sich gehaltserhöhend aus.

Da der p-Wert in der ANOVA-Tabelle für B (Zuckergehalt) kleiner als 0,05 ist, ist eine statistisch signifikante Beziehung auf 95 %igem Signifikanzniveau gegeben.

Die R-Quadrat-Statist zeigt, dass das vorliegende Modell geeignet ist, 98,4153 % der Variabilität in TM zu erklären.

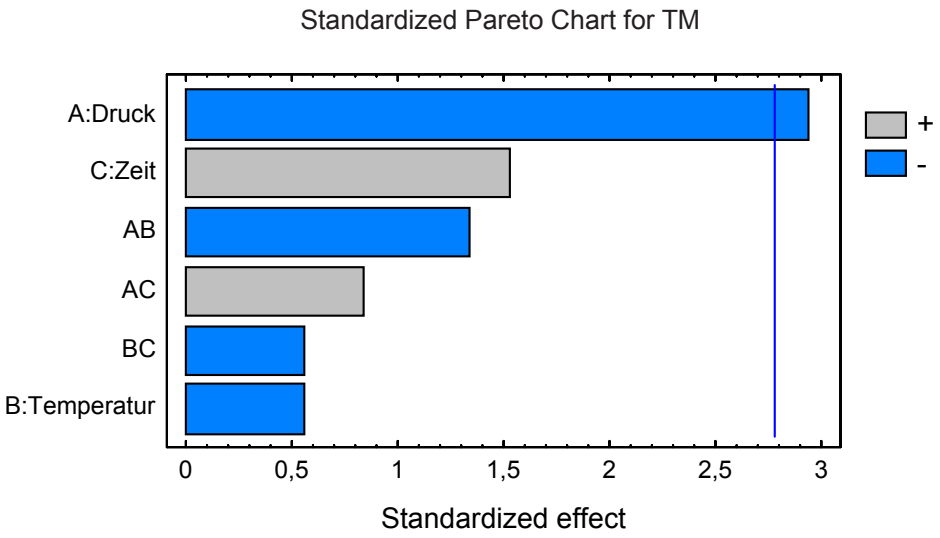


Abb. 8.32: Pareto Analyse für Trockenmasse (TM) Hochdruckbehandlung

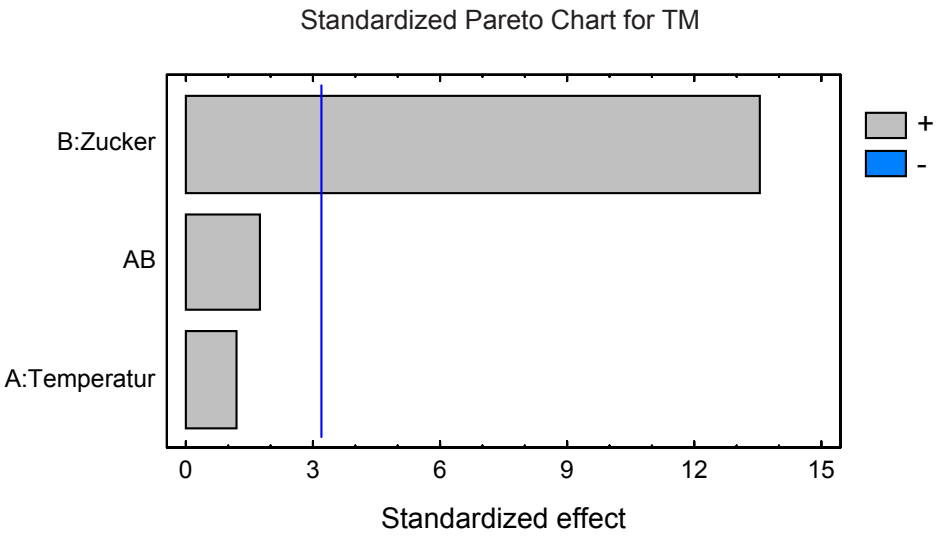


Abb. 8.33: Pareto Analyse für Trockenmasse (TM) Osmotische Trocknung

8.3.4 Textur

Die Textur wurde für alle Proben in einer 10fach-Bestimmung ermittelt, die Durchführung ist unter 6.2.1.3 ersichtlich. Die Ergebnisse der Mittelwerte sind in Tab. 8.3 angegeben. Die einzelnen Messwerte aller Proben ist in Tab. 13.8 aufgelistet.

Die Ergebnisse der Textur reichten von 10,06 N bei den osmotisch getrockneten (OS) Proben bis zu 70,74 N bei den hochdruckbehandelten (HD) Karotten. Da der Rohstoff Karotte in Größe und Dicke nie gleich beschaffen war, lassen diese Ergebnisse keine Schlussfolgerung zu.

Es erfolgte eine statistische Auswertung für die hochdruckbehandelten (HD) und osmotisch getrockneten (OS) Proben. Die Ergebnisse sind in Abb. 8.34 und Abb. 8.35 ersichtlich.

Wie in Abb. 8.34 ersichtlich ist, wirkten sich die Parameter AC (Druck und Zeit) und B (Temperatur) positiv auf die Textur aus, während A (Druck), AB (Druck und Temperatur), C (Zeit) und BC (Temperatur und Zeit) negative Effekte zeigten. Da alle p-Werte in der ANOVA-Tabelle größer als 0,05 sind, ist keine Signifikanz gegeben.

Xu und Han (2006) berichten, dass bei der Hochdruckbehandlung von Karotten mit einem Druck von 4000 bar und einer Zeit von 20 Minuten, bzw. einem Druck von 5000 bar und einer Zeit von 5 Minuten die geringsten Texturänderungen auftreten.

Dies zeigt sich auch bei den Ergebnissen, da die Proben HD4, HD7 und HD10, die mit 3500 bar und 20 Minuten behandelt wurden, annähernd gleiche Werte aufweisen, wie die rohen (ROH) Karotten. Die gemessenen Werte betrugen im Mittel für HD4 60,39 N, für HD7 59,61 N, für HD10 59,12 N und für ROH 62,06 N.

Araya et al. (2007) berichten, dass Veränderungen der Textur in erster Linie durch rasche Druckänderung verursacht werden (Kompression und/oder Dekompression). Dadurch kommt es zu biochemischen Veränderungen, die aber nicht zu signifikanten Textur-Änderungen führen.

Der Texturverlust von hitzebehandelten Karotten wird durch die Depolimerisation von Pectin erklärt [DE ROECK et al., 2008]. Dies zeigte sich auch bei den Proben BL, BLTK, GA, GAK und GATK.

Texturerhalt von hochdruckbehandelten Karotten kann durch die Inhibierung der beta-Eliminierung erklärt werden [DE ROECK et al., 2008].

Abb. 8.35 veranschaulicht die Einflüsse von Temperatur und Zuckergehalt auf die Textur bei der osmotischen Trocknung. Es war festzustellen, daß sich der Parameter A (Temperatur) negativ auf die Textur auswirkte, während AB (Temperatur und Zuckergehalt) und B (Zuckergehalt) zu einer leichten Texturverbesserung führten, wenn auch nicht statistisch signifikant.

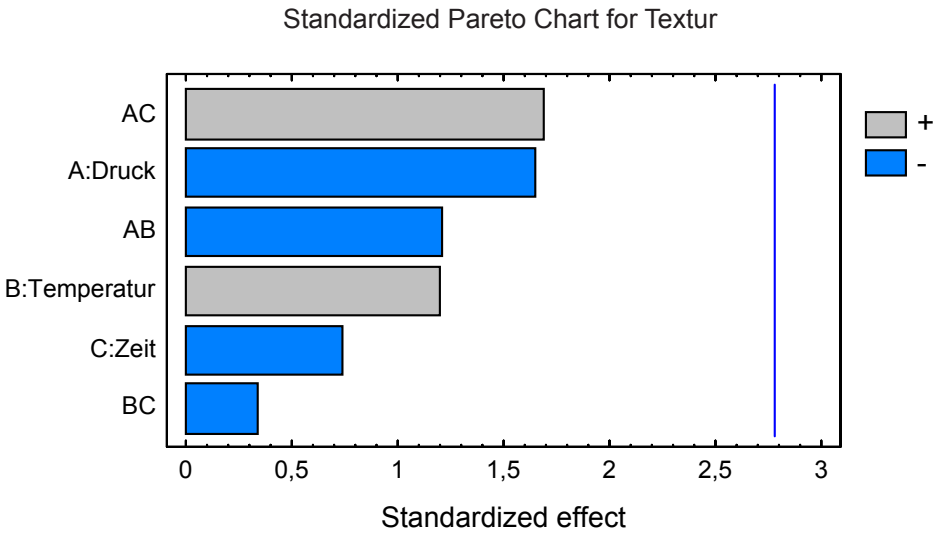


Abb. 8.34: Pareto Analyse für Textur Hochdruckbehandlung

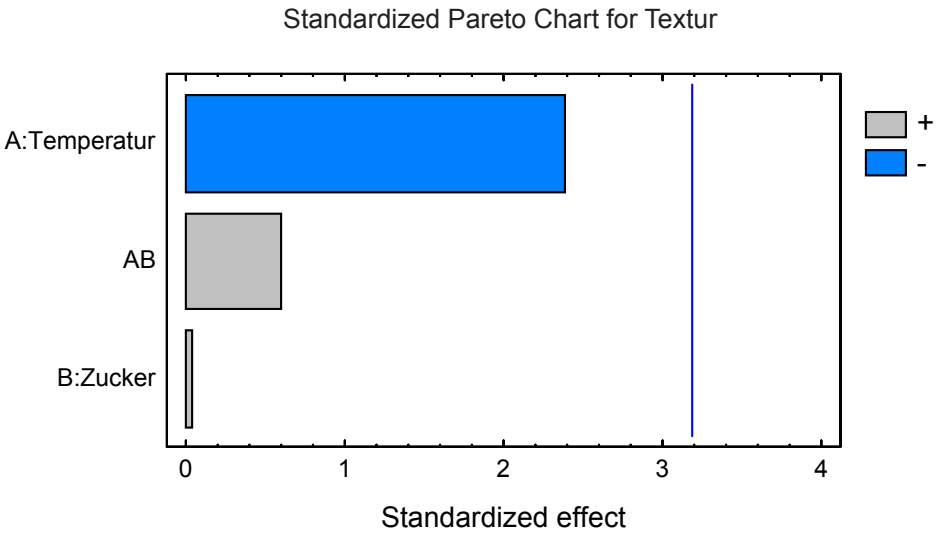


Abb. 8.35: Pareto Analyse für Textur Osmotische Trocknung

9 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Ziel der vorliegenden Diplomarbeit war es, unterschiedliche Garungs- und Haltbarkeitsmethoden anhand eines vorher definierten Rohstoffes hinsichtlich der Qualität der Endprodukte zu vergleichen. Dazu wurden im Vorfeld verschiedene Parameter festgelegt. Besonderes Augenmerk wurde auf die Hochdruckbehandlung und die osmotische Trocknung gelegt. Als Rohstoff wurden Karotten ausgewählt, da diese reich an Carotinoiden sind, die das Hauptuntersuchungsmerkmal charakterisierten.

Vor der analytischen Carotinoid-Bestimmung wurden die Karotten unterschiedlichen Garungs- und Haltbarkeitsverfahren unterzogen, um zu sehen, wie sich die einzelnen Methoden auf die Konzentration an Gesamtcarotinoiden auswirken. Die Ergebnisse stimmen größtenteils mit den vorhandenen Literaturdaten überein. So zeigte sich, dass durch einfaches Garen (die Zellen werden hierbei zerstört) die Konzentration an Carotinoiden gegenüber den rohen Karotten deutlich erhöht werden konnte, wovon auch **Miglio et al. (2008)** berichten. Andererseits wird durch das Kochen die Textur verändert (die Karotte wird weicher). Die osmotisch behandelten Karotten wiesen die geringsten Gesamtcarotinoid-Konzentrationen bezogen auf die Trockenmasse auf, da aufgrund der Diffusion der Zuckerlösung in die Zelle die Konzentrationshöhe von Carotinoiden „verdünnt“ wurde. Bei den hochdruckbehandelten Karotten konnte eine Konzentrationserhöhung der Gesamtcarotinoide in Bezug auf die rohen Karotten festgestellt werden.

Die Ergebnisse der Trockensubstanz-Bestimmung lieferten keine neuen Erkenntnisse, da die osmotisch getrockneten Proben wie erwartet den höchsten Gehalt aufwiesen, was wiederum auf die Wasserdiffusion aus den Zellen und die Einlagerung der osmotischen Lösung in die Zellen zurückzuführen ist.

Im Vorfeld der Untersuchungen wurde der optimale Garungsgrad (C_g-Wert) durch sensorische Verkostungen und Texturmessungen mit 10 min ermittelt.

Bei den Texturmessungen ergaben sich ebenfalls keine neuen Erkenntnisse, da die rohen Karotten wie erwartet die härtesten Proben und die gegarten Karotten die weichsten waren.

Bei der Farbmessung gab es zwischen den einzelnen Proben nur geringfügige Unterschiede, die allerdings nicht signifikant waren.

Insgesamt wurden im Laufe dieser Arbeit viele interessante Erkenntnisse (z.B. bei der Extraktion der Proben) gewonnen, die durch weiterführende Versuche noch weiter entwickelt werden könnten.

10 ZUSAMMENFASSUNG

Im ersten Teil der Arbeit erfolgte eine umfassende, EDV-unterstützte Literaturstudie zu dem Thema der Qualitätserhaltung bei verschiedenen Haltbarkeitsmethoden.

Im praktischen Teil wurde ein einheitlich definierter Rohstoff (Karotten, *Daucus carota L.*) verschiedenen Garungs- und Haltbarkeitsverfahren (blanchieren, blanchieren und tiefkühlen, kühlen, tiefkühlen, Hochdruckbehandlung, osmotische Trocknung) unterzogen und im Anschluss die Trockenmasse, die Textur, die Farbe (L*-, a*-, b*-Werte) und die Konzentration an Lutein, α- und β-Carotin untersucht.

In Vorversuchen wurde der optimale Garungsgrad (C_g-Wert) durch sensorische Verkostungen und Texturmessungen mit 10 min ermittelt.

Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte als Pareto-Analyse und ANOVA (Analysis of Variance) sowie als Multiple Range Tests mittels STATGRAPHICS Centurion XV.

Es zeigte sich, dass die gegarten Karotten (GA, GAK, GATK) die höchsten Carotinoid-Konzentrationen aufwiesen, gefolgt von den blanchierten (BL, BLTK) und hochdruckbehandelten Proben (HD). Die geringsten Carotinoid-Konzentrationen wiesen die osmotisch getrockneten Karotten (OS) auf. Der Carotinoid-Gehalt der rohen Karotten (ROH) lag zwischen den Konzentrationen der osmotisch getrockneten (OS) und hochdruckbehandelten Proben (HD).

11 SUMMARY

Literature study concerning preservation methods and their influence on food quality took place in the first part of this work.

In the practicle part carrots (*Daucus carota L.*) were cooked and then preserved by different methods (blanching, blanching and freezing, cooling, freezing, High-Pressure-Treatment, Osmotic Dehydration) and drying weight, texture, color (L*-, a*, b*-characteristics) and carotenoids have been analysed.

In pretests the optimal cook value of carrots has been determined to be 10 minutes.

The statistic evaluation of the results took place as Pareto analysis and ANOVA (analysis of variance) as well as multiple range tests by means of STATGRAPHICS Centurion XV.

It turned out that the cooked carrots had the highest carotenoid concentrations, followed from the blanched and high-pressure-treated samples. The raw, untreated carrots showed carotenoid concentrations which lay between those from the osmotically-dried and the high-pressure-treated samples.

12 LITERATURVERZEICHNIS

ARAYA, X.I.T.; M. HENDRICKX; B.E. VERLINDEN; S. VAN BUGGENHOUT; N.J. SMALE; C. STEWART and A.J. MAWSON: Understanding texture changes of high pressure processed fresh carrots: A microstructural and biochemical approach. Journal of Food Engineering 80 (2007) 873-884.

BALTES, W.: Lebensmittelchemie. Springer-Verlag, Berlin (2003).

BARBOSA-CÁNOVAS, G.; U.R. POTHAKAMURY; E. PALOV and B.G. SWANSON: Nonthermal Preservation of Foods. Marcel Dekker Inc., New York (1997).

BELITZ, H.-D.; W. GROSCH und P. SCHIEBERLE: Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Springer-Verlag, Berlin (2001).

BERGER, M.S.: Veränderungen ausgewählter Qualitätsparameter in Erbsen, Bohnen und Karotten während verschiedener Frische- und Tiefkühllagerbedingungen. Dissertation, München (2006).

BERGHOFER, E.: Vorlesungsunterlagen zur Vorlesung „Allgemeine Lebensmitteltechnologie“, Wintersemester 2006/07.

BRITTON, G.; S. LIAAEN-JENSEN and H. PFANDER: Carotenoids, Volume 1A: Isolation and Analysis. Birkhäuser Verlag, Basel (1995).

BRITTON, G.; S. LIAAEN-JENSEN and H. PFANDER: Carotenoids, Volume 1B: Spectroscopy. Birkhäuser Verlag, Basel (1995).

BRITTON, G.; S. LIAAEN-JENSEN and H. PFANDER: Carotenoids, Volume 2: Synthesis. Birkhäuser Verlag, Basel (1996).

BRITTON, G.; S. LIAAEN-JENSEN and H. PFANDER: Carotenoids, Volume 3: Biosynthesis and Metabolism. Birkhäuser Verlag, Basel (1998).

BUNEA, A.; M. ANDJELKOVIC; C. SOCACIU; O. BOBIS; M. NEACSU; R. VERHÉ and J. CAMP: Total and individual carotenoids and phenolic acids content in fresh, refrigerated and processed spinach (Spinacia oleracea L.). Food Chemistry 108 (2008) 649-656.

BUSCH, M.: Funktionale Analyse des Biosynthesewegs der Carotinoide in Tabak. Dissertation, Hohenheim (2001).

D_A_CH: Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Umschau/Braus, Frankfurt am Main (2001).

DE ROECK, A.; D.N. SILA; T. DUVETTER ; A. VAN LOEY and M. HENDRICKX : Effect of high pressure/high temperature processing on cell wall pectic substances in realation to firmness of carrot tissue. Food Chemistry 107 (2008) 1225-1235.

DEHNE, L.I.; M. PFISTER und K.W. BÖGL: Neuere physikalische Verfahren zur Haltbarmachung von Lebensmitteln – Prinzip und Anwendungen. Bundesgesundheitsbl.-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 43 (2000) 33-40.

DOENECKE, D.; J. KOOLMAN; G. FUCHS und W. GEROK: Karlsons Biochemie und Pathobiochemie. 15., komplett überarbeitete und neugestaltete Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart (2005).

ELMADFA, I.: Ernährungslehre. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (2004).

ELMADFA, I. und C. LEITZMANN: Ernährung des Menschen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (1998).

ESCOBAR, M.P.; F.G. GALINDO; L. WADSÖ; J.R. NÁJERA and I. SJÖHOLM: Effect of long-term storage and blanching pre-treatments on the osmotic dehydration kinetics of carrots (Daucus carrota L.). Journal of Food Engineering 81 (2007) 313-317.

FERRANDO, M. and W.E.L. SPIESS: Transmembrane Mass Transfer in Carrot Protoplasts during Osmotic Treatment. Journal of Food Science 67 (2002) 2673-2680.

FRANK, H.A.; A.J. YOUNG; G. BRITTON and R.J. COGDELL: The Photochemistry of Carotenoids. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (1999).

FRANKE, K.: Neue Konservierungsmethoden. Verbraucherschutz, Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (2000).

HAN, J.H.: Innovations in Food Packaging. Elsevier Academic Press, California (2005).

HEISS, R.: Lebensmitteltechnologie – Biotechnologische, chemische, mechanische und thermische Verfahren der Lebensmittelverarbeitung. Springer-Verlag, Berlin (2004).

HEISS, R. und K. EICHNER: Haltbarmachen von Lebensmitteln – Chemische, physikalische und mikrobiologische Grundlagen der Qualitätserhaltung. Springer – Verlag, Berlin (2002).

HUNT, R. W. G.: The Reproduction of Color. John Wiley & Sons, Chicester (2004).

KASPER, H.: Ernährungsmedizin und Diätetik. Urban & Fischer – Verlag, München (2000).

KNORR, D.; V. HEINZ and R. BUCKOW: High pressure application for food biopolymers. Biochimica et Biophysica Acta 1764 (2006) 619-631.

KRÄMER, J.: Lebensmittelmikrobiologie. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart (2002).

KRÖLL, K. und W. KAST: Trocknungstechnik, Trocknen und Trocknen in der Produktion. Springer Verlag, Berlin (1989).

KURZHALS, H.-A.: Kühlen und Gefrieren von Lebensmitteln. B. Behr´s Verlag, Hamburg (2007).

LANG, G. K.: Augenheilkunde, verstehen-lernen-anwenden. 3., vollständig überarbeitete Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart (2004).

LÖBBERT, R.; D. HANRIEDER; U. BERGES und J. BECK: Lebensmittel Waren-Qualitäten-Trends. Europa Lehrmittel, Nourney (2000).

MATUSEK, A. and P. MERÉSZ: Modelling of Sugar Transfer during Osmotic Dehydration of Carrots. Periodica Polytechnica Ser. Chem. Eng. 46 (2002) 83-92.

MICRO COLOR Fa. Dr. Bruno Lange – Farbmessgerät Arbeitsanleitung

MIGLIO, C.; E. CHIAVARO; A. VISCONTI; V. FOGLIANO and N. PELLEGRINI: Effects of Different Cooking Methods on Nutritional and Physicochemical Characteristics of Selected Vegetables. Journal of Agricultural and Food Chemistry 56 (2008) 139-147.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.: A Guide to carotenoid Analysis in Foods. ILSI Press, International Life Science Institute, Washington D.C (2001).

SCHLÄPFER, K.: Farbmetrik in der grafischen Industrie. UGRA, St. Gallen (2002).

SCHÖBERL, H.: Physikalisch-chemische und strukturelle Auswirkungen einer hydrostatischen Hochdruckbehandlung auf Lebensmittel. Herbert Utz Verlag, München (2000).

SCHWEDT, G.: Taschenatlas der Lebensmittelchemie. Thieme-Verlag, Stuttgart (1999).

SIEBENHANDL, S.: Systematik natürlicher Antioxidantien und deren Einsatz in der Lebensmitteltechnologie – Herstellung, Charakterisierung und Anwendungsmöglichkeiten von Extrakten aus der Färberkamille (Anthemis tinctoria). Dissertation, Wien (2002).

SIELAFF, H.: Technologie der Konservenherstellung. B. Behr´s Verlag, Hamburg (1996).

SINGH, B.; P.S. PANESAR and V. NANDA: Optimization of osmotic dehydration process of carrot cubes in sucrose solution. Journal of Food Process Engineering 31 (2008) 1-20.

SINGH, B.; P.S. PANESAR; A.K. GUPTA and J.F. KENNEDY: Optimization of osmotic dehydration of carrot cubes in sucrose-salt soltutions using response surface methodology. EUR Food Res Technol 225 (2007) 157-165.

SOUCI; FACHMANN and KRAUT: Food Composition and Nutrition Tables. Medpharm Scientific Publishers, Stuttgart (2000).

SOYSAL, C.; Z. SÖYLEMEZ and F. BOZOGLU: Effect of high hydrostatic pressure and temperature on carrot peroxidase inactivation. EUR Food Res Technol 218 (2004) 152-156.

STABLE MICRO SYSTEMS – Texture Analyser Arbeitsanleitung

SURLES, R.L.; N. WENIG; P.W. SIMON and S.A. TANUMIHARDJO: Carotenoid Profiles and Consumer Sensory Evaluation of Specialty Carrots (Daucus carota, L.) of Various Colors. Journal of Agricultural and Food Chemistry 52 (2004) 3417-3421.

TERNES, W.: Naturwissenschaftliche Grundlagen der Lebensmittelzubereitung. Behr-Verlag, Hamburg (2000).

TONON, R.V.; A.F. BARONI and M.D. HUBINGER: Osmotic dehydration of tomato in ternary solutions: Influence of process variables on mass transfer kinetics and an evaluation of the retention of carotenoids. Journal of Food Engineering 82 (2007) 509-517.

TSCHEUSCHNER, H.-D.: Grundzüge der Lebensmitteltechnik. B. Behr´s Verlag GmbH & Co KG, Hamburg (2004).

XU, S. und L. HAN: Influence of High Pressure Processing on Carrot´Texture and Tissue. Biotechnology 5 (2006) 134-136.

ZWEYTICK, G.: Vorlesungsunterlagen zur Vorlesung “Allgemeine Lebensmitteltechnologie”, Wintersemster 2006 / 07.

Centrale Marketing-Gesellschaft der deutschen Agrarwirtschaft mbH (CMA) www.cma.de/media/Internetschw-Haltbarmachen-S-03-2003-AB-KV.pdf Zugriff: 13.08.2007

CIE LAB-Farbsystem www.sares.at Zugriff: 12.07.2008

Florin, Gesellschaft für Lebensmitteltechnologie mbH www.florin.de/infothek/hitzekonservierung-lebensmittel.htmL Zugriff: 13.08.2007

Internationaler Arbeitskreis für Verantwortung in der Gesellschaft e.V. (IAVG) www.iavg.org/iavg031.pdf Zugriff: 13.08.2007

Karotte www.wikipedia.de Zugriff: 09.07.2008

13 ANHANG

Tab. 13.1: Ergebnisse Sensorik C_g-Wert - „Grobbestimmung“

Proband (TP[1])	2 min	4 min	6 min	8 min	10 min	12 min	14 min	16 min	18 min	20 min
TP 1	97,00	98,00	89,00	54,00	52,00	39,00	27,00	6,00	1,00	1,00
TP 2	86,00	63,00	52,00	49,00	51,00	57,00	40,00	34,00	48,00	12,00
TP 3	83,00	94,00	57,00	57,00	50,00	56,00	56,00	46,00	44,00	32,00
TP 4	95,00	91,00	87,00	73,00	75,00	69,00	56,00	53,00	55,00	50,00
TP 5	84,00	67,00	57,00	50,00	43,00	32,00	21,00	5,00	1,00	1,00
TP 6	76,00	62,00	41,00	51,00	52,00	49,00	72,00	35,00	35,00	34,00
TP 7	99,00	92,00	84,00	75,00	56,00	42,00	30,00	25,00	12,00	5,00
TP 8	92,00	86,00	78,00	62,00	52,00	43,00	38,00	15,00	5,00	1,00
TP 9	87,00	72,00	65,00	55,00	62,00	48,00	51,00	35,00	34,00	15,00
TP 10	98,00	99,00	87,00	56,00	48,00	37,00	28,00	5,00	1,00	1,00
Mittelwert	89,70	82,40	69,70	58,20	54,10	47,20	41,90	25,90	23,60	15,20
Standardabw.	7,66	14,80	17,40	9,15	8,84	11,05	16,33	17,51	21,73	17,54

[1)] TP=Testperson/Proband

Tab. 13.2: Ergebnisse Sensorik C_g-Wert - „Feinbestimmung“

Proband (TP[1])	6 min	7 min	8 min	9 min	10 min	11 min	12 min	13 min	14 min	15 min
TP 1	56,00	53,00	49,00	54,00	23,00	38,00	15,00	28,00	33,00	14,00
TP 2	75,00	53,00	59,00	57,00	50,00	42,00	48,00	41,00	25,00	15,00
TP 3	96,00	74,00	62,00	51,00	45,00	32,00	20,00	10,00	3,00	1,00
TP 4	87,00	61,00	55,00	50,00	42,00	47,00	28,00	15,00	7,00	5,00
TP 5	93,00	75,00	64,00	63,00	52,00	48,00	23,00	15,00	4,00	2,00
TP 6	92,00	73,00	59,00	61,00	51,00	48,00	36,00	28,00	20,00	5,00
TP 7	68,00	58,00	53,00	48,00	38,00	32,00	42,00	40,00	37,00	35,00
TP 8	89,00	76,00	63,00	58,00	50,00	38,00	27,00	15,00	8,00	1,00
TP 9	94,00	89,00	77,00	60,00	52,00	48,00	35,00	24,00	15,00	8,00
TP 10	89,00	85,00	76,00	65,00	51,00	39,00	37,00	40,00	25,00	10,00
Mittelwert	83,90	69,70	61,70	56,70	45,40	41,20	31,10	25,60	17,70	9,60
Standardabw.	13,20	12,80	9,08	5,77	9,19	6,39	10,29	11,77	12,19	10,24

[1)] TP=Testperson/Proband

Tab. 13.3: Ergebnisse Sensorik C_g-Wert und Texturmessung

Proband (TP[1])	2 min	4 min	6 min	8 min	10 min	12 min	14 min	16 min	18 min	20 min
TP 1	99,00	98,00	87,00	78,00	52,00	50,00	48,00	13,00	6,00	10,00
TP 2	90,00	88,00	68,00	59,00	50,00	47,00	43,00	49,00	27,00	15,00
TP 3	87,00	72,00	65,00	52,00	50,00	45,00	35,00	15,00	12,00	8,00
TP 4	89,00	76,00	58,00	50,00	42,00	25,00	26,00	15,00	22,00	17,00
TP 5	94,00	90,00	82,00	70,00	65,00	61,00	55,00	50,00	38,00	29,00
TP 6	76,00	85,00	63,00	57,00	50,00	55,00	50,00	50,00	15,00	16,00
TP 7	90,00	87,00	80,00	63,00	57,00	53,00	50,00	46,00	35,00	38,00
TP 8	87,00	92,00	68,00	53,00	50,00	48,00	35,00	19,00	15,00	12,00
TP 9	92,00	87,00	77,00	62,00	56,00	54,00	50,00	50,00	38,00	27,00
TP 10	69,00	48,00	58,00	27,00	52,00	15,00	8,00	35,00	30,00	7,00
Mittelwert	87,30	82,30	70,60	57,10	52,40	45,30	40,00	34,20	23,80	17,90
Standardabw.	8,72	14,17	10,27	13,60	6,00	14,29	14,41	16,75	11,51	10,20

[1)] TP=Testperson/Proband

Tab. 13.4: Ergebnisse Texture Analyser C_g-Wert

MaxKraft [N]	0 min	2 min	4min	6 min	8 min	10 min	12 min	14 min	16 min	18 min	20 min
1	61,32	25,01	16,71	21,02	7,24	9,12	7,33	11,07	17,16	5,02	6,04
2	63,29	21,09	23,24	19,09	16,07	8,07	10,38	13,61	9,03	4,89	4,99
3	71,72	23,41	18,70	16,15	14,83	12,23	9,25	8,13	5,31	5,14	4,05
4	57,01	18,77	22,71	17,72	15,21	13,07	10,37	9,71	6,57	7,15	6,01
5	61,14	24,15	16,93	10,58	9,13	9,02	9,07	7,16	7,78	11,91	3,89
6	58,71	19,25	18,24	19,09	22,90	10,09	12,36	13,08	8,93	6,07	4,79
7	60,08	26,21	14,22	18,27	10,22	11,33	12,71	9,10	10,02	5,32	5,04
8	69,17	18,71	12,99	16,83	16,81	21,51	6,21	8,97	5,91	5,04	4,90
9	66,32	26,02	24,11	11,09	19,15	13,04	9,97	5,78	9,07	4,98	9,21
10	70,95	27,63	21,89	21,98	17,18	6,08	22,29	11,04	6,15	9,87	7,77
Mittelwert	63,97	23,03	18,97	17,18	14,87	11,36	10,99	9,77	8,59	6,54	5,67
Standardabw.	5,25	3,34	3,88	3,78	4,79	4,22	4,44	2,48	3,41	2,44	1,67

Tab. 13.5: Ergebnisse Sensorik Beliebtheit Osmotische Trocknung

Beliebtheitsbestimmung - Osmotische Trocknung							
	Probencode						
Proband	**OS1**	**OS2**	**OS3**	**OS4**	**OS5**	**OS6**	**OS7**
1	78	53	81	59	45	25	15
2	82	18	37	64	38	83	30
3	91	5	72	59	69	73	66
4	69	37	93	76	14	83	7
5	85	3	48	65	38	92	16
6	52	64	73	68	72	66	1
7	73	19	68	75	12	82	7
8	95	1	85	63	42	89	1
9	80	9	53	49	33	23	44
10	46	47	24	35	62	55	13
MW[1]	75,10	25,60	63,40	61,30	42,50	67,10	20,00
STD[2]	15,81	22,93	22,20	12,14	20,64	25,23	20,93

[1)] Mittelwert
[2)] Standardabweichung

Tab. 13.6: Ergebnisse Farbmessung (L*-, a*-, b*-Wert) - Seite 1

Farbmessung: L*, a*, b*-Werte									
Probe	**L***	**MW[1]**	**STD.[2]**	**a***	**MW[1]**	**STD.[2]**	**b***	**MW[1]**	**STD.[2]**
ROH	63,70	64,12	1,02827	37,30	37,61	0,91342	48,70	52,84	3,18998
	63,40			39,60			52,70		
	64,00			36,80			50,90		
	63,60			37,80			54,30		
	64,90			36,80			55,90		
	65,30			37,30			56,70		
	63,80			38,60			51,70		
	65,10			37,00			53,40		
	62,10			36,90			47,50		
	65,30			38,00			56,60		
BL	61,60	61,08	0,80939	38,30	37,05	1,37457	53,80	51,98	1,20167
	61,50			34,80			52,10		
	61,30			35,10			52,00		
	61,20			38,10			53,00		
	62,70			37,50			53,60		
	61,40			37,80			51,90		
	60,20			37,20			51,00		
	60,20			35,50			50,90		
	60,50			38,30			51,40		
	60,20			37,90			50,10		
BLTK	60,90	61,84	1,72897	40,20	38,10	1,56773	52,20	53,31	2,17125
	59,90			39,30			50,70		
	64,60			38,30			55,90		
	62,60			36,60			54,20		
	62,00			38,20			54,40		
	62,30			37,90			54,40		
	59,60			37,90			50,40		
	62,40			39,10			55,40		
	60,00			38,90			50,40		
	64,10			34,60			55,10		
GA	61,20	61,09	1,86574	34,60	33,59	1,75021	55,90	55,24	2,99711
	62,00			34,00			56,50		
	60,40			34,70			54,70		
	62,30			31,40			56,70		
	61,20			32,90			56,60		
	61,90			32,30			56,00		
	61,30			34,80			56,10		
	64,30			30,40			59,70		
	58,50			35,30			50,60		
	57,80			35,50			49,60		
GAK	62,20	62,54	2,46135	35,40	34,20	3,15383	54,50	55,73	2,58287
	62,70			32,80			57,00		
	60,90			35,50			53,10		
	60,70			36,30			52,50		
	61,90			35,20			56,10		
	61,40			37,80			59,30		
	68,10			28,70			59,10		
	65,30			29,60			57,90		
	59,70			37,80			52,50		
	62,50			32,90			55,30		

Tab. 13.6: Ergebnisse Farbmessung (L*-, a*-, b*-Wert) - Seite 2

Farbmessung: L*, a*, b*-Werte									
Probe	**L***	**MW[1]**	**STD.[2]**	**a***	**MW[1]**	**STD.[2]**	**b***	**MW[1]**	**STD.[2]**
GATK	59,60	61,04	1,01346	37,60	37,05	2,4158	55,50	56,28	1,06333
	60,30			38,10			56,30		
	61,90			38,20			58,30		
	60,40			38,90			56,90		
	61,50			35,50			55,60		
	61,60			35,70			56,10		
	62,50			31,60			56,10		
	59,60			39,90			54,40		
	61,90			36,10			56,30		
	61,10			38,90			57,30		
HD1	58,80	58,74	0,73666	37,70	37,86	1,49904	50,80	51,40	0,85765
	58,00			39,90			50,50		
	59,70			36,10			51,40		
	58,90			36,40			52,20		
	59,30			36,70			51,50		
	58,30			39,70			51,60		
	58,40			36,30			51,10		
	60,00			37,60			53,10		
	57,80			38,60			50,10		
	58,20			39,60			51,70		
HD2	57,10	59,08	1,76434	37,60	37,60	0,86667	47,90	51,35	2,80129
	58,70			37,50			51,20		
	57,20			37,20			49,50		
	56,30			38,00			46,80		
	59,00			36,60			50,90		
	61,00			39,70			54,50		
	60,40			36,90			53,10		
	61,60			38,00			55,80		
	59,70			37,50			52,60		
	59,80			37,00			51,20		
HD3	58,90	59,30	1,36545	37,20	37,58	0,68605	51,50	51,34	1,51158
	56,80			38,50			48,50		
	60,20			38,20			52,00		
	57,80			37,40			49,60		
	60,30			36,70			52,60		
	59,40			38,00			51,10		
	58,00			38,60			50,30		
	60,40			37,20			53,60		
	60,50			36,90			52,20		
	60,70			37,10			52,00		
HD4	58,40	59,21	1,07853	36,90	36,43	2,12658	49,60	50,98	1,71775
	61,40			36,10			55,30		
	59,70			32,70			51,50		
	58,60			35,70			50,40		
	58,50			35,90			50,60		
	59,20			35,50			49,80		
	58,50			39,20			50,50		
	60,60			34,70			50,70		
	58,00			40,00			49,40		
	59,20			37,60			52,00		

Tab. 13.6: Ergebnisse Farbmessung (L*-, a*-, b*-Wert) - Seite 3

Farbmessung: L*, a*, b*-Werte									
Probe	**L***	**MW[1]**	**STD.[2]**	**a***	**MW[1]**	**STD.[2]**	**b***	**MW[1]**	**STD.[2]**
HD5	61,50	59,28	1,94354	34,90	36,87	2,41939	52,80	50,75	2,2466
	60,60			36,30			52,50		
	58,50			35,60			48,00		
	62,10			35,50			52,50		
	56,60			37,80			46,50		
	57,50			42,40			50,90		
	56,70			39,60			48,50		
	60,60			34,90			52,20		
	59,40			35,60			52,00		
	59,30			36,10			51,60		
HD6	57,70	57,72	1,77689	38,00	37,77	0,85121	49,90	50,18	2,78919
	57,00			36,90			47,00		
	61,10			37,10			54,80		
	57,00			37,50			49,80		
	60,10			39,50			53,50		
	58,30			38,50			52,50		
	55,10			37,90			46,30		
	56,70			36,70			48,60		
	56,30			37,30			48,30		
	57,90			38,30			51,10		
HD7	58,00	59,94	1,30996	37,60	37,18	1,54618	49,60	52,13	1,69774
	59,40			37,50			53,20		
	58,80			37,90			50,90		
	59,70			38,00			53,60		
	59,40			37,40			50,90		
	61,10			37,00			54,40		
	59,50			36,30			49,80		
	59,90			38,70			53,40		
	61,00			38,20			53,10		
	62,60			33,20			52,40		
HD8	60,80	59,52	1,56759	38,10	37,75	0,92766	55,90	51,85	3,10242
	57,30			38,70			47,70		
	57,10			36,00			46,50		
	61,80			37,30			55,30		
	61,40			37,50			54,60		
	59,50			37,20			50,80		
	59,10			38,00			52,40		
	59,80			37,00			53,20		
	58,70			39,00			50,60		
	59,70			38,70			51,50		
HD9	57,70	59,82	1,72807	39,70	37,92	0,95429	49,00	52,03	2,86785
	59,30			38,50			52,50		
	59,00			37,90			51,80		
	58,90			37,90			51,50		
	61,90			37,20			55,00		
	62,90			37,60			58,60		
	58,50			37,60			50,20		
	58,60			39,00			49,60		
	59,70			37,50			51,80		
	61,70			36,30			50,30		

Tab. 13.6: Ergebnisse Farbmessung (L*-, a*-, b*-Wert) - Seite 4

Farbmessung: L*, a*, b*-Werte									
Probe	**L***	**MW[1]**	**STD.[2]**	**a***	**MW[1]**	**STD.[2]**	**b***	**MW[1]**	**STD.[2]**
HD10	57,80	59,63	1,04568	39,70	37,02	1,56971	50,20	51,07	1,53409
	59,80			38,30			51,70		
	58,90			36,20			49,40		
	59,80			37,10			52,80		
	58,70			36,80			49,60		
	60,50			37,00			53,80		
	60,70			35,00			50,20		
	60,00			38,50			51,70		
	58,90			37,10			51,90		
	61,20			34,50			49,40		
HD11	59,60	59,52	0,67626	40,90	37,76	2,31142	52,30	50,55	5,35646
	58,90			38,50			52,70		
	59,80			38,70			54,40		
	58,80			37,50			51,30		
	59,10			38,60			52,70		
	60,20			37,60			54,00		
	59,00			35,90			51,40		
	59,40			40,70			52,10		
	59,40			36,00			48,60		
	61,00			33,20			36,00		
OS1	64,30	63,06	1,60983	38,60	40,58	2,19079	54,10	53,71	1,28794
	62,60			42,70			53,90		
	62,60			40,40			54,40		
	63,70			39,00			54,60		
	60,40			42,00			53,40		
	64,80			37,70			51,60		
	62,90			42,60			54,30		
	61,00			40,70			53,30		
	65,60			38,10			51,70		
	62,70			44,00			55,80		
OS2	62,50	61,41	1,80274	34,10	37,83	3,18016	60,70	57,77	2,95599
	60,30			41,10			57,70		
	59,60			40,70			55,00		
	63,10			35,20			60,60		
	64,30			33,30			62,40		
	59,80			39,10			55,10		
	63,60			35,10			60,40		
	60,90			41,40			55,50		
	59,40			40,80			55,10		
	60,60			37,50			55,20		
OS3	61,20	63,25	1,40178	41,50	40,64	1,47814	54,50	55,41	2,11421
	64,00			41,70			57,40		
	64,40			40,20			55,10		
	63,50			39,00			52,50		
	66,20			38,80			59,50		
	62,60			42,60			55,80		
	62,30			40,00			55,90		
	62,40			41,30			55,40		
	63,50			38,80			52,30		
	62,40			42,50			55,70		

Tab. 13.6: Ergebnisse Farbmessung (L*-, a*-, b*-Wert) - Seite 5

Farbmessung: L*, a*, b*-Werte									
Probe	**L***	**MW[1]**	**STD.[2]**	**a***	**MW[1]**	**STD.[2]**	**b***	**MW[1]**	**STD.[2]**
OS4	63,70	63,31	1,22425	39,00	40,63	2,20557	57,80	55,00	2,50909
	62,70			38,20			53,20		
	63,60			41,30			55,40		
	64,80			38,40			49,50		
	61,80			42,50			54,40		
	65,50			38,20			56,50		
	63,00			43,80			57,20		
	63,80			43,40			57,40		
	62,50			41,90			55,00		
	61,70			39,60			53,60		
OS5	62,60	62,64	1,20019	43,10	41,51	1,91975	54,40	51,77	5,32417
	63,30			43,40			55,10		
	62,30			41,20			50,70		
	59,90			41,10			50,20		
	62,20			40,50			55,10		
	62,50			41,00			45,30		
	63,20			42,00			57,40		
	64,70			37,20			40,30		
	63,00			44,10			55,40		
	62,70			41,50			53,80		
OS6	60,80	63,00	1,30639	40,70	40,97	1,29276	55,00	55,32	1,49429
	63,70			41,50			56,80		
	64,00			41,70			54,90		
	62,90			40,00			53,00		
	65,20			39,00			57,60		
	61,80			42,30			54,70		
	63,00			41,00			56,20		
	62,70			41,80			55,30		
	64,10			39,00			53,20		
	61,80			42,70			56,50		
OS7	59,10	59,59	1,12689	36,00	38,49	1,7483	52,10	52,40	2,90364
	61,00			39,40			54,80		
	60,10			39,60			51,90		
	57,50			39,40			51,60		
	59,90			34,60			45,00		
	58,10			39,20			51,90		
	59,80			38,80			54,40		
	60,70			38,70			54,20		
	59,20			39,30			53,20		
	60,50			39,90			54,90		

[1)] Mittelwert

[2)] Standardabweichung

Tab. 13.7: Ergebnisse Bestimmung Trockensubstanz

Trockenmasse [%]							
Probencode		**Mittelwert**	**Std.Abw**	**Probencode**		**Mittelwert**	**Std.Abw**
ROH	11,90	12,20	0,26	HD7	12,95	12,56	0,36
	12,30				12,48		
	12,40				12,25		
BL	8,07	7,38	0,71	HD8	11,90	11,93	0,06
	6,65				11,89		
	7,43				11,99		
BLTK	9,52	9,61	0,14	HD9	12,53	12,67	0,12
	9,78				12,75		
	9,54				12,72		
GA	5,77	5,61	0,15	HD10	12,44	12,48	0,46
	5,48				12,96		
	5,59				12,04		
GAK	4,96	5,37	0,37	HD11	12,01	12,13	0,19
	5,49				12,03		
	5,66				12,34		
GATK	5,71	5,42	0,39	OS1	29,32	29,51	0,23
	4,97				29,44		
	5,57				29,77		
HD1	9,38	9,42	0,05	OS2	38,40	38,70	0,36
	9,47				38,60		
	9,42				39,10		
HD2	9,65	9,77	0,11	OS3	34,33	34,19	0,13
	9,79				34,08		
	9,86				34,16		
HD3	9,15	8,80	0,31	OS4	33,14	33,38	0,24
	8,68				33,62		
	8,57				33,37		
HD4	12,23	12,23	0,09	OS5	37,01	36,89	0,10
	12,14				36,86		
	12,32				36,81		
HD5	11,93	11,58	0,79	OS6	32,77	32,68	0,41
	10,67				33,03		
	12,13				32,23		
HD6	12,30	12,20	0,26	OS7	28,97	29,16	0,19
	11,90				29,35		
	12,40				29,16		

Tab. 13.8: Ergebnisse Texturmessung [N] - Seite 1

TEXTURMESSUNG MAXIMALKRAFT [N]														
Probe	**[N]**	**MW[1]**	**STD[2]**	**Probe**	**[N]**	**MW[1]**	**STD[2]**	**Probe**	**[N]**	**MW[1]**	**STD[2]**	**Probe**	**[N]**	**MW[1]**	**STD[2]**
ROH	60,80	62,061	8,18	**BL**	49,54	46,179	2,61	**BLTK**	38,21	37,26	4,03	**GA**	24,01	18,83	2,35
	62,18				45,44				41,22				17,75		
	63,48				49,53				39,45				19,07		
	64,17				46,68				32,19				16,58		
	72,27				42,74				33,40				18,34		
	75,78				48,11				33,22				20,56		
	49,24				47,19				35,20				17,84		
	62,58				46,69				40,83				15,52		
	59,44				43,30				43,99				18,72		
	50,67				42,57				34,90				19,95		
GAK	13,22	10,53	2,32	**GATK**	11,40	10,32	3,37	**HD1**	67,93	53,00	9,06	**HD2**	53,75	56,43	11,13
	9,40				10,56				55,89				51,34		
	11,42				15,87				48,74				53,54		
	9,56				12,04				47,43				36,74		
	11,33				7,35				44,10				60,72		
	15,16				5,27				46,60				67,90		
	8,19				10,81				43,14				51,37		
	9,69				6,32				64,85				48,65		
	7,44				14,29				62,26				76,15		
	9,87				9,29				49,09				64,18		
HD3	67,66	48,38	9,26	**HD4**	62,51	60,39	6,04	**HD5**	63,78	54,98	7,99	**HD6**	61,12	70,74	13,00
	53,30				60,26				42,78				73,36		
	40,95				65,33				46,82				70,59		
	47,45				56,00				55,53				92,89		
	34,16				68,98				56,89				61,75		
	39,08				64,16				67,61				71,80		
	48,20				49,82				45,50				44,42		
	52,24				57,71				55,12				81,48		
	52,30				65,55				60,26				76,53		
	48,49				53,57				55,52				73,43		

Tab. 13.8: Ergebnisse Texturmessung [N] - Seite 2

TEXTURMESSUNG MAXIMALKRAFT [N]															
Probe	**[N]**	**MW[1]**	**STD[2]**	**Probe**	**[N]**	**MW[1]**	**STD[2]**	**Probe**	**[N]**	**MW[1]**	**STD[2]**	**Probe**	**[N]**	**MW[1]**	**STD[2]**
HD7	70,75	59,61	10,90	**HD8**	58,05	51,93	9,51	**HD9**	47,14	54,89	9,30	**HD10**	58,23	59,12	4,10
	44,63				60,07				57,65				56,12		
	65,68				56,08				37,91				59,16		
	57,00				41,35				54,79				57,00		
	70,93				53,53				66,84				55,23		
	66,58				61,70				51,73				54,80		
	44,35				61,10				52,36				56,90		
	49,05				36,74				53,55				63,50		
	71,48				38,93				71,03				63,23		
	55,61				51,71				55,94				67,03		
HD11	32,50	53,14	11,38	**OS1**	36,74	34,27	2,98	**OS2**	20,26	15,10	4,56	**OS3**	36,82	33,88	4,10
	48,59				34,59				13,25				33,22		
	44,80				34,66				9,31				38,59		
	61,76				37,22				11,01				38,12		
	56,87				37,62				17,84				37,94		
	54,78				36,23				21,83				30,53		
	54,86				30,65				20,50				29,89		
	64,37				32,84				11,20				30,95		
	42,17				33,78				12,50				27,04		
	70,72				28,39				13,32				35,66		
OS4	46,40	32,50	7,68	**OS5**	26,00	29,75	3,75	**OS6**	42,36	32,93	4,44	**OS7**	13,81	10,06	2,91
	28,65				30,42				31,24				13,92		
	38,48				28,86				29,61				13,46		
	34,49				33,93				31,20				11,27		
	20,71				34,40				29,36				8,83		
	32,13				29,85				29,15				6,15		
	35,60				25,20				31,45				9,64		
	25,22				34,92				30,52				8,58		
	37,98				24,84				36,88				8,23		
	25,38				29,12				37,53				6,66		

[1)] Mittelwert
[2)] Standardabweichung

LEBENSLAUF

Name: Michael Streuselberger

Adresse: 1180 Wien, Gentzgasse 130/15

Telefon: 0650/7003061

e-mail: Michael.Streuselberger@gmx.at

Geburtsdatum: 16.06.1972 in Wien

Staatsbürgerschaft: Österreich

Familienstand: ledig

Schulausbildung

1999 – 2008	Studium der Ernährungswissenschaften Universität Wien
1992 – 1993	staatl. Dipl. Heilmasseur
1986 – 1992	Handelsakademie I der Wiener Kaufmannschaft
1982 – 1986	Bundesrealgymnasium Wien XVI

Berufspraxis:

2005-2008 BAXTER Vertriebs GmbH
Marketing BioScience/BioSurgery, Aussendienstsupport, Spesenabrechnung, internes Bestellwesen, Auftragsabwicklung, Kongressorganisation, interne Organisation und Ablage, Vorbereitung von Präsentations- und Schulungsunterlagen

2001-2003 AMIS Financial Consulting AG
Kundenservice
Vertragskontrolle und Eingabe, Betreuung der hausinternen Datenbank, Datenpflege, monatliche Provisionsabrechnung, Schnittstelle zu Bankinstituten, Bearbeitung von Verpfändungen, Betreuung der Kundenkonten und dazugehörige Abrechnungen, Kunden und Vermittlerbetreuung, Schnittstelle zu Franchise-Büros

2000-2001 Premiere Pay TV
Back Office
Kundenbetreuung und Support, Einholung von Angeboten und Angebotsprüfung, Vorbereitung von Meetings, Erstellung von Präsentationsunterlagen

1998-2000 AFP allround fitness products
Mitarbeiter im Bereich Sporternährung
Hilfestellung bei der Produktauswahl, Angebotseinholung, Vertrieb, Kundenbetreuung, Gestaltung von Fitness- und Ernährungsplänen

1992-1998 Ikea Vösendorf
Assistent der Logistikabteilung
Waren- und Lagerlogistik, Mithilfe bei der Warenbestellung, Koordination bei der Be- und Entladung der Waggons und LKW´s und Koordination eines mehrköpfigen Studententeams

Fremdsprachen:
Englisch in Wort und Schrift
Französisch Grundkenntnisse

PC Kenntnisse:
Windows NT/ 2000 / XP:
Access, Word, Excel, Outlook, Powerpoint, Photoshop 7.0, SPSS 8.0, Internet - Anwenderkenntnisse
OpenOffice.org

Führerschein:
Gruppe A und B
Staplerführerschein

Wien, 17.09.2008