



Hochschule Anhalt
Anhalt University of Applied Sciences
Fachbereich Angewandte Biowissenschaften
und Prozesstechnik

Entwicklung objektiver, sensorischer und chemisch-technischer
Testmethoden zur Qualitätsbeurteilung von Chia-Samen
im Rahmen der Qualitätssicherung sowie für die
internationale DLG-Qualitätsprüfung

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Science (M.Sc.)

von: Katharina Nikolas
Studiengang: Lebensmitteltechnologie
Erstgutachter: Prof. Dr. Jean Titze
Zweitgutachter: Dr. Andreas Voth

Köthen, 31.08.2017

Danksagung

Mein erster Dank gilt allen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Zunächst danke ich Herrn Rudolf Hepp und Frau Jennifer Schorr von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. für das Zustandekommen dieses Projektes und für die finanzielle Unterstützung.

Auch danke ich Herrn Dr. Andreas Voth, der Duria Global GmbH & Co. KG für die unentgeltliche Bereitstellung des Probematerials, für den Einblick in die Qualitätssicherung und nicht zuletzt für seine Bereitschaft, als externer Prüfer und Gutachter zur Verfügung zu stehen.

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Jean Titze für die Überlassung des Themas, die Übernahme der Korrektur und für die hervorragende wissenschaftliche Betreuung meinen Dank aussprechen. In ihm fand ich einen Betreuer, der mit großem Engagement, Diskussionsbereitschaft und persönlicher Unterstützung entscheidend zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei Herrn Jörg Wikert, Herrn Klaus Thiemann sowie Frau Ilona Jawinski für die experimentelle Unterstützung.

Großer Dank gilt meiner Familie, die mit viel Verständnis und Geduld zum Gelingen meiner Arbeit beigetragen hat.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abkürzungsverzeichnis	III
Formelverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
1.1 Einführung in die Problematik	1
1.2 Aktuelle Ausgangssituation und Zielsetzung der Arbeit	1
1.3 Schwerpunkte der Arbeit.....	2
2 DLG-Qualitätsprüfung	4
3 Charakterisierung von Chia-Samen (<i>Salvia hispanica</i>)	5
3.1 Anbau	5
3.2 Ernte und Reinigung.....	5
3.3 Zusammensetzung	6
3.4 Form und Struktur	9
3.5 Verwendungszwecke und Höchstmengenbegrenzung	12
3.6 Forschung und technologischer Einsatz	12
4 Material und Methoden	14
4.1 Besatzanalyse	14
4.2 Wassergehaltsbestimmung	15
4.2.1 Trockenschränkmethod e	15
4.2.2 Schnelltrockenwaage	15
4.3 Tausendkorngewichtsbestimmung	16
4.4 Hektolitergewichts-/Schüttdichtebestimmung	16
4.5 Siebanalyse.....	17
4.5.1 Partikelgrößenmessenrichtung	17
4.5.2 Ergebnisdarstellung der Partikelgrößenverteilung	17
4.6 Keimenergie	17
4.7 UV-Test.....	18
4.8 Farbmessung.....	19
4.9 Schneidetest.....	19
4.10 Quelltest	19

4.10.1 Einfacher Quelltest.....	19
4.10.2 Änderung der Quelldauer und -temperatur	19
4.10.3 Änderung des pH-Wertes des Wassers	20
4.11 Schütteltest	20
4.12 Begasungstest.....	21
4.13 Gefriertest.....	21
4.14 Statistische Ergebnisbewertung der Einzelergebnisse.....	21
5 Ergebnisse und Diskussion.....	22
5.1 Charakterisierung der Qualitätsmerkmale von Chia-Samen	22
5.1.1 Wassergehalt.....	22
5.1.1.1 Trockenschrankmethode	22
5.1.1.2 Schnelltrockenwaage (Schnellmethode)	22
5.1.2 Tausendkorngewicht	23
5.1.3 Schüttdichte/Hektolitergewicht.....	23
5.1.4 Korngrößenverteilung schwarzer und weißer Samen	24
5.1.5 Keimenergie.....	27
5.1.6 Besatzanalyse.....	29
5.1.7 Schneidetest	30
5.1.8 Farbe	30
5.2 Einflüsse auf die Sensorik und Qualität von Chia-Samen.....	31
5.2.1 UV-Strahlung.....	31
5.2.2 Quellen.....	33
5.2.3 Begasung mit Kohlenstoffdioxid	34
5.2.4 Schütteln.....	34
5.2.5 Gefriertest.....	35
5.3 Sensorische Bewertung anhand eines Vokabulars	35
6 Zusammenfassung.....	38
7 Literaturverzeichnis.....	40
8 Anhang.....	43

Abkürzungsverzeichnis

DIN	Deutsches Institut für Normung
DLG	Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V.
FCG	Fatted chia gum (deutsch: fettreiches Chia-Gummi)
HG	Hektolitergewicht
LEH	Lebensmitteleinzelhandel
M	Molar
MEBAK	Mitteleuropäische Brautechnische Analysenkommission
NN	Normalnull
PDCG	Partly defatted chia gum (deutsch: teilweise entfettetes Chia-Gummi)
REM	Rasterelektronenmikroskop
TKG	Tausendkorngewicht

Formelverzeichnis

a^*	Grün-Rot-Parameter
b^*	Blau-Gelb-Parameter
m_0	Einwaage vor der Trocknung
m_1	Einwaage nach der Trocknung
\bar{m}_{100}	Mittelwert aus dem Gewicht von 100 Samen
$m_{1.000}$	Gewicht von 1.000 Samen
n	Anzahl der Messungen
q_3	Verteilungsdichte
s	Empirische Standardabweichung
$s_{\bar{x}}$	Standardabweichung des Mittelwertes
\bar{x}	Arithmetischer Stichprobenmittelwert
D	Durchgang
E	Farbabstand
L^*	Luminanz
P	Wahrscheinlichkeit
R	Rückstand
Q_3	Verteilungssumme
ρ_s	Schüttdichte
Δ	Differenz

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1: Schematische Darstellung der Prozesslinie der Chia-Samen-Reinigung [ARGENCHIA 2014]	6
Abbildung 3.2: REM-Aufnahme des Chia-Nüsschens. Das linke Bild zeigt den inneren Aufbau und das rechte Bild stellt das Perikarp dar. [IXTAINA et al. 2010].....	9
Abbildung 3.3: REM-Aufnahme des weißen Chia-Nüsschens. Das linke Bild zeigt die Oberfläche des Perikarps. Im rechten Bild ist der Querschnitt des Perikarps zu sehen (c: Kutikula; exo: Exokarp; meso: Mesokarp; lc: Knochenzellenschicht; endo: Endokarp). [IXTAINA et al. 2010]	10
Abbildung 3.4: REM-Aufnahme des dunklen Chia-Nüsschens. Das linke Bild zeigt die Oberfläche des Perikarps und das rechte Bild den Querschnitt des Perikarps (c: Kutikula; exo: Exokarp; meso: Mesokarp; lc: Knochenzellenschicht; endo: Endokarp). [IXTAINA et al. 2010]	10
Abbildung 3.5: Aufnahmen von Chia-Samen unter dem Lichtmikroskop. Es wird Folgendes dargestellt (a) ganze weiße sowie dunkle trockene Chia-Samen, (b) ganzer befeuchteter Samen, (c-h) Histologische Abschnitte von befeuchteten Chia-Samen. (c-d) zeigen die äußere Zellwand, welche aufgeplatzt ist und das Freisetzen des Chia-Gel, welches den Samen umschließt. (e) stellt die Samenschale mit den Schichten dar, wobei endo für das Endokarp, Ts für Testa, lc für eine verhärtete Schicht und col für Kolumella steht. (g) lässt kleine Cluster der sphärischen Zellen erkennen, während in (h) die langen verzweigten Aggregate entlang des Samens beobachtet werden. [MUÑOZ et al. 2012].....	11
Abbildung 3.6: REM-Aufnahme eines hydratisierten und getrockneten Chia-Samens. Es zeigt einen dünnen Film auf der Oberfläche (a-b), während diesem eine hexagonale Struktur zugrunde liegt (b). [MUÑOZ et al. 2012].....	12
Abbildung 5.1: Verteilungssumme schwarzer Samen (Naduria)	24
Abbildung 5.2: Verteilungssumme der weißen Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien).....	25
Abbildung 5.3: Verteilungsdichte von schwarzen Chia-Samen (Naduria).....	26
Abbildung 5.4: Verteilungsdichte von weißen Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien).....	26
Abbildung 5.5: Keime nach 2 Tagen links: weiße Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien) und rechts: Chia-Samen (Naduria)	28
Abbildung 5.6: Keime nach 3 Tagen links: Chia-Samen (Naduria) und rechts: weiße Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien)	28
Abbildung 5.7: Farbwerte von verschiedenen Chia-Samen nach $L^*a^*b^*$ -Farbsystem	31
Abbildung 5.8: Helligkeitswerte (L^* -Werte) von weißen und schwarzen Chia-Samen ohne sowie nach 24 h und 48 h Bestrahlung mit UV-Licht	32

Abbildung 5.9: Werte des Rotanteils (a^* -Wert) von weißen und schwarzen Chia-Samen ohne sowie nach 24 h und 48 h Bestrahlung mit UV-Licht	32
Abbildung 5.10: Werte des Gelbtons (b^* -Werte) von weißen und schwarzen Chia-Samen ohne sowie nach 24 h und 48 h Bestrahlung mit UV-Licht	33
Abbildung 5.11: Verteilungssumme von Chia-Samen (Bio, Aldi, Bolivien) nach 7-tägigem Schütteltest	34
Abbildung 5.12: Verteilungsdichte von Chia-Samen (Bio, Aldi, Bolivien) nach 7-tägigem Schütteltest	35
Abbildung 5.13: Vorschlag für das Prüfschema für Chia-Samen auf Basis des Prüfschemas für Ölsamen und Ölsamenzubereitungen (2014)	37
Abbildung 8.1: Keime nach 3 Tagen, von links nach rechts: Naduria, weiße Bio-Chia-Samen (Bio Primo, Bolivien), Bio-Chia-Samen (Bio Primo, Uganda) und Bio-Chia-Samen (Aldi, Bolivien).....	45
Abbildung 8.2: Keime nach 3 Tagen, links: Bio-Chia-Samen (Naduria, Bolivien) und rechts: Bio-Chia-Samen (Aldi, Paraguay).....	46
Abbildung 8.3: Versuchsaufbau des UV-Tests	47
Abbildung 8.4: Chia-Samen (Naduria) vor der Bestrahlung mit UV-Licht mit Kartonage abgeklebt, um einen Unterschied zu sehen.....	48
Abbildung 8.5: Chia-Samen (Naduria) nach der Bestrahlung mit UV-Licht kein Unterschied sichtbar	48
Abbildung 8.6: Chia-Samen (Bio, Naduria, Bolivien)	48
Abbildung 8.7: Chia-Samen (Bio, Aldi, Bolivien)	48
Abbildung 8.8: Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Uganda).....	48
Abbildung 8.9: Verunreinigte Chia-Samen (Bio, Bolivien).....	48
Abbildung 8.10: Weiße Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien).....	49

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Eigenschaften der Qualitätsbeschreibung entsprechend der DLG-5-Punkte-Skala [FLIEDNER und WILHELMI 1995].....	4
Tabelle 3.1:	Typische Zusammensetzung von Chia-Samen [2013/50/EU].....	6
Tabelle 3.2:	Fettsäure- und Aminosäuregehalte in Chia-Samen [DING et al. 2017]	7
Tabelle 3.3:	Verteilung der Proteinfractionen in Chia-Samen [SANDOVAL-OLIVEROS und PAREDES-LÓPEZ 2013]	8
Tabelle 3.4:	Mineralstoff- und Polyphenolprofile in Chia-Samen [DING et al. 2017].....	8
Tabelle 3.5:	Verwendungszwecke von Chia-Samen [2013/50/EU]	12
Tabelle 5.1:	Ermittelte Wassergehalte von fein vermahlenden und ganzen Chia-Samen mittels Schnelltrochowaage bei 105 °C mit automatischer Abschaltung und bei 100 °C für 12 min getrocknet	23
Tabelle 5.2:	Ergebnisse der Siebanalyse schwarzer Chia-Samen (Naduria)	25
Tabelle 5.3:	Ergebnisse der Siebanalyse weißer Bio-Chia-Samen (Bio Primo, Bolivien).....	25
Tabelle 5.4:	Ermittelte Keimenergien verschiedener Chia-Samen unterschiedlicher Herkunft sowie Anbaus.....	27
Tabelle 5.5:	Zusammengefasstes Vokabular für die sensorische Bewertung von Chia-Samen .	36
Tabelle 8.1:	Nährwerte der Chia-Samen (Naduria) pro 100g.....	43
Tabelle 8.2:	Ermittlung des Wassergehaltes von fein vermahlenden und ganzen Chia-Samen (Naduria) mittels Trockenschrankmethode bei 105 °C und 130 °C	43
Tabelle 8.3:	Wassergehaltsbestimmung von fein vermahlenden und ganzen Chia-Samen mittels Schnelltrochowaage bei 105 °C mit automatischer Abschaltung und bei 100 °C für 12 min.....	43
Tabelle 8.4:	Bestimmung des Tausendkorngewichtes von schwarzen (Naduria) und weißen Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien).....	44
Tabelle 8.5:	Ermittlung des Volumens für das Hektolitergewicht mittels 100 ml-Meßkolben bei einer Einwaage von 50 g Chia-Samen (Naduria)	44
Tabelle 8.6:	Ermittlung der Schüttdichte schwarzer (Naduria) sowie weißer Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien) mittels 100 ml-Messkolbens bei Befüllung von 90 ml und anschließender Auswaage	44
Tabelle 8.7:	Keimenergien verschiedener Chia-Samen unterschiedlicher Herkunft und Anbaus bei drei Versuchen (n = 3).....	44
Tabelle 8.8:	CIELAB-Farbwerte (Mittelwerte) von verschiedenen Chia-Samen nach den Parametern L^* , a^* und b^*	46

Tabelle 8.9:	Durchschnittliche Farbwerte für weiße Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien) ohne Bestrahlung sowie nach 24 und 48 h Bestrahlung	46
Tabelle 8.10:	Durchschnittliche Farbwerte für Chia-Samen (Bio, Aldi, Bolivien) ohne Bestrahlung sowie nach 24 und 48 h Bestrahlung.....	47
Tabelle 8.11:	Keimenergie von Chia-Samen (Bio, Aldi, Bolivien) ohne sowie nach 7 Tage Begasung mit Kohlenstoffdioxid.....	47

1 Einleitung

1.1 Einführung in die Problematik

Super Food! – Jeder hat schon einmal davon gehört und kennt mindestens ein Beispiel. Aufgekommen ist dieser Hype um Super Food & Co. etwa seit 2014. Im Jahr 2015 wurden rund 756 t Chia-Samen im deutschen Lebensmitteleinzelhandel (LEH) abgesetzt, ein Jahr später waren es sogar 1.925 t [IRI 2017]. Nach ihrer Zulassung in der EU werden sie in Reformhäusern, Naturkostläden oder Biosupermärkten angeboten [AUGE 2015]. Seit nunmehr zwei Jahren findet man sie auch in einer Vielzahl von Drogeriegeschäften. Darüber hinaus gehören sie mittlerweile auch zum Angebot von Supermärkten. Im Jahr 2015 rund 12,4 Millionen Euro und im Jahr darauf 23,2 Millionen Euro Umsatz mit Chia Samen im deutschen LEH inkl. Drogeriemärkten erzielt wurden [IRI 2017]. Die Popularität nimmt momentan in einem solchen Maß zu, dass selbst Discounter keinen Umweg um dieses „Wundermittel“ machen. Die steigende Beliebtheit ist wahrscheinlich auf die angepriesene Wirkung der Super Food zurückzuführen.

Als Super Food werden Lebensmittel bezeichnet, die sich durch einen besonders hohen Gehalt an wertvollen Inhaltsstoffen, z. B. an Vitaminen, Proteinen oder ungesättigten Fettsäuren, wie den Omega-3-Fettsäuren, auszeichnen. Außerdem gelten sie als äußerst gesund. Beispiele sind die Beerensorten Acai, Goji oder Aronia. Matcha, Moringa oder Chia-Samen zählen ebenfalls zu den Super Food. Ihnen werden zahlreiche gesundheitsfördernde Eigenschaften zugeschrieben. Sie bestechen mal durch ihr antioxidatives Potenzial, mal durch größere Mengen an Mineralstoffen oder auch an sekundären Pflanzeninhaltsstoffen. Sie werden selten frisch, sondern meist getrocknet als Püree oder Extrakt angeboten. Auch als Anreicherung in funktionellen Lebensmitteln (etwa Brötchen mit Chia-Samen) oder in Kapsel- und Pulverform als Nahrungsergänzungsmittel kommen sie zur Anwendung. Des Weiteren werden sie als Zutat für Rezepte wie Müsli, Smoothies oder Riegel eingesetzt.

Besonders Chia-Samen sind beliebte Zutaten, die durch ihren hohen Omega-3-Fettsäuregehalt für positive gesundheitliche Effekte sorgen [AYERZA und COATES 2005], weshalb sie oft Bestandteil von sogenannten Overnight-Oats sind. Mit Overnight-Oats ist ein Frühstückersatz gemeint, welcher aus Haferflocken besteht, die über Nacht in Milch oder Joghurt eingeweicht werden. Diesem Trend werden keine Grenzen gesetzt, da sich Haferflocken beliebig mit anderen Zutaten, wie Obst, Frischkäse oder Super Food, wie Chia-Samen, kombinieren lassen.

Allerdings sind Chia-Samen nicht gleich Chia-Samen. Sie können wie auch andere Samen unterschiedliche Qualitäten aufweisen. Da sie zu den neuartigen Lebensmitteln in der EU gehören, existieren für diese Samen wenige bis keine Erfahrungswerte im Hinblick auf Sensorik oder Qualitätsbeurteilung. Für Lebensmittelproduzenten bedeutet dies eine Herausforderung in der Qualitätssicherung. Da sich viele Verbraucher auf Testsiegel und Labels verlassen, sollten Standards und Prüfmethode festgelegt werden, die der objektiven Qualitätsbeurteilung gerecht werden.

1.2 Aktuelle Ausgangssituation und Zielsetzung der Arbeit

Derzeit werden Chia-Samen lediglich als Bio-Produkt bei der internationalen DLG-Qualitätsprüfung bewertet. Da bislang nur Geruch und Geschmack beurteilt werden, ist das aus

wissenschaftlicher sowie sensorischer Sicht als nicht ausreichend anzusehen. Es fehlt ein valides Prüfschema, welches fundiert auch für konventionelle Produkte anzuwenden wäre.

Jedoch bestehen zur Qualitätsbeurteilung der Chia-Samen bereits erste Testmethoden, die im Rahmen der Qualitätssicherung beispielsweise von der Duria Global GmbH & Co. KG durchgeführt werden. Auch einige Fachartikel behandeln die Charakterisierung von Chia-Samen anhand physikalischer Parameter wie den Wassergehalt. Um die Chia-Samen umfassend zu charakterisieren, sowie ihre Qualität unter dem Gesichtspunkt der neuesten Erkenntnisse der Wissenschaft besser bewerten zu können, leitete sich die folgende Aufgabenstellung ab, nämlich die

Entwicklung objektiver, sensorischer und chemisch-technischer Testmethoden zur Qualitätsbeurteilung von Chia-Samen im Rahmen der Qualitätssicherung sowie für die internationale DLG-Qualitätsprüfung.

1.3 Schwerpunkte der Arbeit

Bei der internationalen DLG-Qualitätsprüfung werden die Produkte nach bestehenden Prüfschemata untersucht und nach einer Skala bewertet. Daher wird in dieser Arbeit ein Schwerpunkt auf die generelle Durchführung und Bewertung dieser sensorischen Untersuchung gelegt. Zudem werden Kenntnisse über die Chia-Pflanze im Allgemeinen sowie über die Samen selbst erarbeitet. Aufbauend darauf soll die Beschreibung der praktischen Umsetzung der bestehenden, weiterentwickelten sowie neu entwickelten Methoden für die Qualitätsbeurteilung von Chia-Samen einen Aspekt darstellen.

Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung wurde Wert auf eine theoretische Betrachtung der Chia-Pflanze sowie vor allem den Chia-Samen im Allgemeinen gelegt. Ihre Qualität hängt maßgeblich vom Anbau bzw. der Herkunft sowie ihrer Zusammensetzung ab. Die einzelnen Schwerpunkte der Arbeit gliedern sich in insgesamt sechs Abschnitte.

Nach der **Einleitung** gibt **Kapitel 2** (DLG-Qualitätsprüfung) eine Einführung in die Produktbewertung der DLG-Qualitätsprüfung. Dazu gehört zunächst die Beschreibung sowie Erklärung der dabei angewandten Prüfverfahren. Im Anschluss daran werden die Eigenschaften der Qualitätsbeschreibung aufgezeigt.

Kapitel 3 (Charakterisierung der Chia-Samen (*Salvia hispanica* L.)) befasst sich mit der allgemeinen Charakterisierung von Chia d. h. dem Anbau der Chia-Pflanze, deren Ernte und Reinigung, deren Zusammensetzung, deren Form und Struktur sowie deren Höchstmengenbegrenzung und dem Verwendungszweck von Chia-Samen. Daneben wird ein kurzer Überblick über die aktuelle Forschung an Chia-Samen und ihrem technologischen Einsatz gegeben.

Die theoretisch erarbeiteten Ergebnisse der Kapitel 2 und 3 ermöglichen ein Verständnis für die in **Kapitel 4** (Material und Methoden) durchgeführten Analysen, die von der Besatzanalyse, über die Wassergehaltsbestimmung bis hin zum Begasungstest reichen. Alle weiteren Messeinrichtungen, Analysemethoden und Materialien, die in dieser Arbeit zum Einsatz kommen, werden ebenfalls in diesem Kapitel beschrieben.

In **Kapitel 5** (Ergebnisse und Diskussion) werden die Ergebnisse der praktischen Umsetzung der bestehenden, weiterentwickelten und neu entwickelten Methoden aufgezeigt und diskutiert.

Zunächst werden die Chia-Samen anhand ihrer Qualitätsmerkmale, wie dem Wassergehalt, dem Tausendkorngewicht oder der Schüttdichte, charakterisiert und mit den Werten aus der Literatur verglichen. Anschließend werden die Einflüsse auf die Sensorik sowie die Qualität beleuchtet.

Durch Untersuchung von Faktoren, wie dem ultravioletten Licht, dem Quellen, dem Schütteln, dem Begasen sowie dem Frost, werden unterschiedliche Methoden zur Qualitätsbewertung aufgezeigt. Den Abschluss bildet die Vorstellung eines beschreibenden Vokabulars, auf dem der beigefügte Vorschlag eines DLG-Prüfschemas für Chia-Samen basiert.

Abschließend stellt die **Zusammenfassung** die Erkenntnisse aller gewonnenen Ergebnisse dar.

2 DLG-Qualitätsprüfung

Die internationale DLG-Qualitätsprüfung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft e. V. (DLG) besteht grundsätzlich aus Einzelprüfungen mit Konsensfindung sowie einer sogenannten Konsensprüfung (Gruppenprüfung). Die Einzelprüfung besteht aus mindestens vier sensorischen Sachverständigen, die die Proben einzeln d. h. unabhängig bewerten. Anschließend wird jedes Erzeugnis durch eine Prüfergruppe, die mindestens aus drei Prüfern besteht, in einer gemeinsamen Runde bewertet.

Die Methode, die hierbei angewendet wird, unterscheidet sich von anderen sensorischen Testmethoden, da die DLG nach einer eigenen Prüfmethode bewertet. Sie wird als „Beschreibende Prüfung mit integrierter Bewertung“ bezeichnet. Sie bezieht sich dabei auf DIN 10964 (Einfach beschreibende Prüfung), DIN 10975 (Expertengutachten) und DIN 10969 (Beschreibende Prüfung mit anschließender Qualitätsbewertung) [DLG e. V. 2009].

Anhand eines DLG 5-Punkte-Schemas wird eine deskriptive sensorische Analyse mit Skale durch die Beurteilung von Experten durchgeführt. Das Schema ist nach den visuellen (Aussehen/Äußeres), haptischen (Konsistenz/Textur), olfaktorischen (Geruch) sowie gustatorischen (Geschmack) Kriterien aufgebaut.

Hierfür wird ein Qualitätsstandard für das jeweilige Produkt definiert. Der optimale Standard entspricht der höchsten Bewertung d. h. der Note 5,0. Dabei kann ein Produkt mit 5, 4, 3, 2, 1 oder 0 Punkten bewertet werden. Die Qualitätsbeschreibung für die Punkte ist in Tabelle 2.1 dargestellt.

Tabelle 2.1: Eigenschaften der Qualitätsbeschreibung entsprechend der DLG-5-Punkte-Skala [FLIEDNER und WILHELMI 1995]

Punkte	Qualitätsbeschreibung	Allgemeine Eigenschaften
5	Sehr gut	Keine Abweichung von den Qualitätserwartungen
4	Gut	Geringfügige Abweichungen
3	Zufriedenstellend	Leichte Abweichungen
2	Weniger zufriedenstellend	Deutliche Abweichungen
1	Nicht zufriedenstellend	Starke Abweichungen
0	Ungenügend	Nicht bewertbar

Die einzelnen Kriterien (visuelle, haptische, olfaktorische sowie gustatorische) sind produktspezifisch gewichtet, so werden die Ergebnisse für jedes Prüfmerkmal mit dem Gewichtungsfaktor multipliziert.

Für die Produkt Prämierung stehen Medaillen, die sich nach der Gesamtnote richten. Der goldene Preis wird ausschließlich bei einer Note von 5,0, der silberne von 4,50 bis 4,99 und der bronzene von 4,00 bis 4,49 vergeben [FLIEDNER und WILHELMI 1995].

3 Charakterisierung von Chia-Samen (*Salvia hispanica*)

3.1 Anbau

Chia, deren lateinischer Name *Salvia hispanica* lautet, ist eine einjährige krautige Sommerpflanze aus der Familie der Lippenblütler (*Labiatae* oder *Lamiaceae*). Sie kann bis zu zwei Meter hoch werden. Sie blüht von Juli bis August violett und produziert kleine glänzende weiße bzw. beige sowie schwarz gefleckte oder dunkle Schließfrüchte (sog. Klausen), die meist als Samen bezeichnet werden [MUÑOZ et al. 2012].

Die meisten Populationen, die heute angebaut werden, enthalten neben den schwarzen Samen ($91,3 \pm 0,3 \%$) [IXTAINA et al. 2008] einen geringen Anteil an weißen Samen. Dieses Phänomen ist auf eine Chia-Pflanze zurückzuführen, die nur weiße Samen liefert, was durch ein einziges rezessives Gen kodiert ist [IXTAINA et al. 2010].

Die Chia-Pflanze kommt naturgemäß in den Tropen und Subtropen vor, wo sie zwischen 400 m und 2.500 m über NN angebaut werden kann. Allerdings sind die Bedingungen unterhalb 200 m für die Kultivierung von Chia nicht geeignet [OROZCO et al. 2014]. In ihrem Wachstum ist die Chia-Pflanze recht anspruchslos, wodurch ein weitreichender Anbau möglich ist. Gegenwärtig wird die Chia-Pflanze auf Flächen zwischen $20^{\circ} 55'N$ und $25^{\circ} 05'S$ [SORONDO 2014], d. h. überwiegend in Mexiko, Bolivien, Argentinien, Ecuador und Guatemala angebaut, weshalb sie auch ein großes Potential als zukünftige Kulturpflanze hat [IXTAINA et al. 2010]. Jedoch ist sie in allen Entwicklungsstadien gegenüber Frost intolerant [LOBO et al. 2011]. AYERZA und COATES (2009) geben eine Temperaturspanne für das Wachstum von Chia zwischen $11^{\circ}C$ und $36^{\circ}C$ an, während das Optimum im Bereich von $16-26^{\circ}C$ liegt. Neben den Temperaturen beeinflusst auch die Tageslänge den potentiellen Ertrag sowie die Qualität der Samen [AYERZA 2010].

3.2 Ernte und Reinigung

Nach der Ernte müssen die Samen mechanisch gereinigt, wobei Steine, Blüten, Blätter und andere Pflanzenteile entfernt werden. Die Reinigung und Sortierung sind wesentlich für die Qualität der Chia-Samen.

Nach der Ernte mit Mähreschern werden die Samen zu einer Samenreinigungsanlage gefahren. Vor der Reinigung bzw. während der Lagerung findet meist eine Begasung zur Schädlingsbekämpfung statt, die in geschlossenen Räumen, z. B. mit Kohlenstoffdioxid, durchgeführt wird [THE CHIA COMPANY 2011]. Die nachfolgende Abbildung (3.1) zeigt eine Prozesslinie der Chia-Samen-Reinigung. Nach Entladen der sogenannten Big Bags werden die Samen in einem Sieb der Größe nach sortiert, währenddessen ist eine Aspiration gewährleistet. Über einen Einfülltrichter gelangen die Samen zur nächsten Station, wo sie densitometrisch sortiert werden. Nach dem Polieren werden die Chia-Samen abgepackt und können versandt werden.

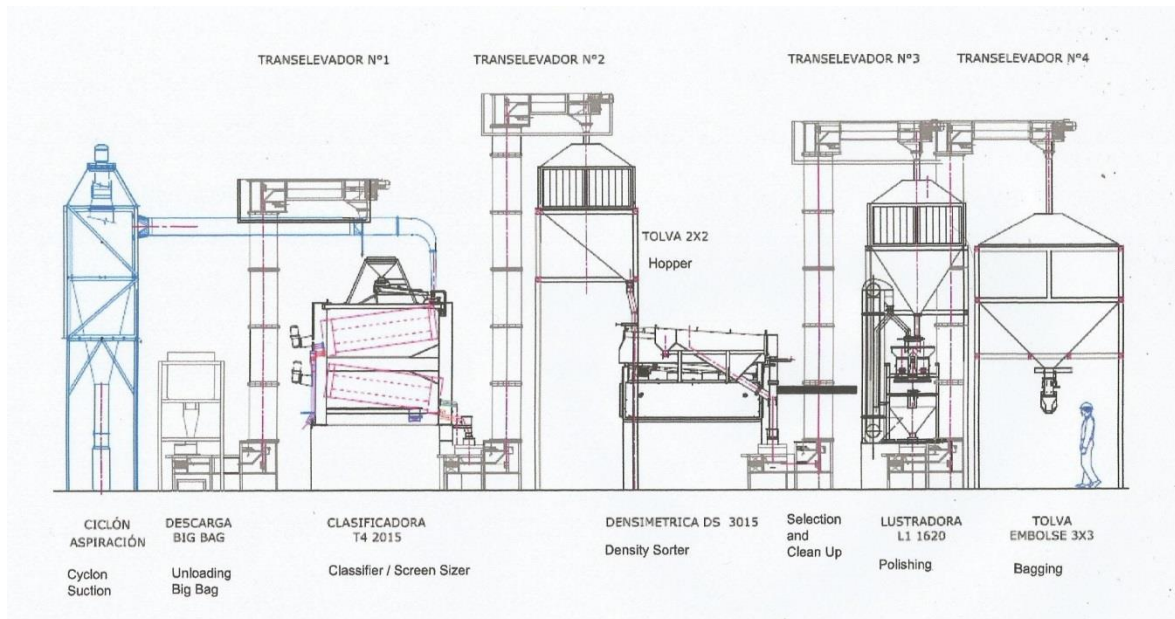


Abbildung 3.1: Schematische Darstellung der Prozesslinie der Chia-Samen-Reinigung [ARGENCHIA 2014]

3.3 Zusammensetzung

In der Spezifikation von Chia-Samen, die in der Verordnung (EG) Nr. 258/97 (Novel Food-Verordnung) festgelegt ist, wird eine typische Zusammensetzung angegeben. Diese ist in Tabelle 3.1 dargestellt.

Dabei besagt die Novel Food-Verordnung, dass Lebensmittel, die vor dem 15. Mai 1997 nicht in nennenswertem Umfang in Verkehr waren oder verzehrt wurden, dieser Verordnung unterliegen. Da Chia-Samen aus Südamerika stammen und in Europa bis dato keine Rolle in der Ernährung gespielt haben, werden sie nach dieser Verordnung gehandhabt.

Tabelle 3.1: Typische Zusammensetzung von Chia-Samen [2013/50/EU]

Trockenmasse	91-96 %
Eiweiß	20-22 %
Fett	30-35 %
Kohlenhydrate	25-41 %
Ballaststoffe (v.a. unverdauliche Zellulose, Pentosanen und Lignin)	18-30 %
Asche	4-6 %

Aus oben stehender Tabelle geht hervor, dass Chia-Samen einen hohen Anteil an Fett enthalten (30-35 %). Da der Fett- bzw. Ölgehalt in der Trockenmasse 35 % nicht unterschreitet (aus den Leitsätzen für Ölsamen), können Chia-Samen als Ölsaart eingestuft werden.

IXTAINA et al. (2010) fanden heraus, dass weiße und dunkle Chia-Samen in den Gehalten der Hauptkomponenten der Fettsäuren geringfügig, jedoch signifikant differieren. Der Ölsäure- sowie der α -Linolsäure-Gehalt waren in den dunklen Samen höher als in den weißen, während ein gegenteiliger Trend für die gesättigten Fettsäuren Palmitin- und Stearinsäure beobachtet wurde. Dieses Phänomen wurde jedoch nicht von AYERZA (2013) bestätigt.

Dem entgegen behauptet er, dass sich weiße und dunkle Samen weder im Gehalt noch in der Zusammensetzung der Proteine, Aminosäuren, Ballaststoffe, Antioxidantien sowie dem Ölgehalt unterscheiden.

Das in Chia-Samen enthaltende Öl, weist ein besonderes Fettsäuremuster auf. Eine ganzheitliche Analyse von DING et al. (2017) gibt darüber Aufschluss. Daneben wird ein Überblick über das Aminosäurespektrum, als auch über die Mineralstoffe und Antioxidantien gegeben. Sie haben Chia-Samen aus Australien analysiert und die Ergebnisse in Tabelle 3.2 sowie Tabelle 3.4 erhalten. Dabei machen die α -Linolsäure (etwa 57 %), die Linolsäure (etwa 22 %), die Stearinsäure (etwa 4 %) sowie die Ölsäure (etwa 9 %) den größten Anteil an Fettsäuren in Chia-Samen aus. Außerdem enthalten Chia-Samen den höchsten bisher bekannten α -Linolsäure-Gehalt, der bis 67,8 % betragen kann [COATES und AYERZA 1996]. Laut AYERZA und COATES (2009) reicht der Ölgehalt hierbei von 29,4 % bis 33,5 %. Die größten Differenzen im Ölgehalt sowie der Fettsäurezusammensetzung sind auf das Herkunftsgebiet, und dessen umweltlich bedingten Unterschiede zurückzuführen [AYERZA 2010]. BAGINSKY et al. (2016) berichten, dass insbesondere die Temperaturen die Art der Fettsäuren beeinflussen. Erhöhte Temperaturen während der Samenentwicklung bewirken einen Rückgang in der Produktion ungesättigter Fettsäuren. Unterdessen führen niedrigere Temperaturen im Allgemeinen zu einem höheren Grad an ungesättigten Fettsäuren [THOMAS et al. 2003]. Daneben lässt sich ein zunehmender Ölgehalt auf eine steigende Anbauhöhe zurückführen [BAGINSKY et al. 2016]. Dabei nimmt der Genotyp mehr Einfluss auf den Samenertrag als auf den Öl- und Proteingehalt, die Fettsäurezusammensetzung sowie die phenolischen Verbindungen [AYERZA und COATES 2009].

Tabelle 3.2: Fettsäure- und Aminosäuregehalte in Chia-Samen [DING et al. 2017]

Fettsäure	Gehalt [g/100 g Öl]	Aminosäure	Gehalt [mg/100 g]
Myristinsäure (C 14:0)	0,04 ± 0,01	Threonin	795,33 ± 6,58
Pentadecansäure (C 15:0)	0,03 ± 0,00	Valin	940,67 ± 19,84
Palmitinsäure (C 16:0)	6,95 ± 0,26	Methionin	467,93 ± 8,82
Palmitoleinsäure (C16:1)	0,07 ± 0,01	Isoleucin	775,25 ± 20,89
Margarinsäure (C 17:0)	0,05 ± 0,01	Leucin	1.514,48 ± 37,86
Stearinsäure (C 18:0)	4,33 ± 0,34	Phenylalanin	1.021,05 ± 39,21
Ölsäure (C 18:1)	9,17 ± 0,08	Lysin	1.183,91 ± 72,11
Linolsäure (C 18:2 (ω -6))	21,51 ± 0,35	Histidin	663,35 ± 42,85
α -Linolsäure (C 18:3 (ω -3))	56,98 ± 0,77	Arginin	2.380,73 ± 176,40
Arachinsäure (C 20:0)	0,30 ± 0,01	Asparaginsäure	2.068,83 ± 88,28
Gadoleinsäure (C 20:1)	0,23 ± 0,03	Serin	1.197,13 ± 30,57
Eicosadiensäure (C 20:2)	0,04 ± 0,00	Glutaminsäure	3.761,49 ± 57,80
cis-11,14,17-Eicosatrien- säure (C 20:3 (ω -3))	0,04 ± 0,00	Glycin	1.182,02 ± 29,07
Behensäure (C 22:0)	0,09 ± 0,00	Alanin	1.163,09 ± 35,18
Tricosansäure (C 23:0)	0,02 ± 0,00	Cystein	380,35 ± 38,44
Lignocersäure (C 24:0)	0,08 ± 0,01	Tyrosin	893,33 ± 45,47
		Prolin	528,59 ± 14,70
Gesättigte Fettsäuren	11,90 ± 0,42	Essentielle	7.361,97 ± 55,76
Ungesättigte Fettsäuren	88,11 ± 0,47	Aminosäuren	
ω -3 Fettsäuren	57,02 ± 0,77	Nicht essentielle	13.555,57 ± 37,29
ω -6 Fettsäuren	21,51 ± 0,35	Aminosäuren	
ω -3: ω -6	2,65 ± 0,08		

Essentielle Aminosäuren stellen für den menschlichen Körper wichtige Bausteine dar, die jedoch mit der Nahrung aufgenommen werden müssen, da sie vom Organismus selbst nicht synthetisiert werden können. Von diesen enthalten Chia-Samen in etwa 7 % [DING et al. 2017].

Die Getreideproteine lassen sich generell nach ihrer unterschiedlichen Löslichkeit in sog. Osborne-Fractionen einteilen, so auch die Proteine in Chia-Samen. Die Albumine sind wasserlöslich, daneben sind die Globuline in Kochsalzlösung extrahierbar. Prolamine hingegen können mit 70%igem Ethanol extrahiert werden. Gluteline sind nicht extrahierbar, weshalb sie im Rückstand verbleiben [BELITZ und GROSCH 1982].

KAČMÁROVÁ et al. (2016) ermittelten für Albumine und Globuline einen Gehalt von 54,6 % bis 62,8 %. Sie konnten auch nachweisen, dass Chia-Samen lediglich einen geringen Gehalt an Prolaminen (<15 %) aufweisen. Der Glutelingehalt reicht von 9,5 % bis 15,2 %. Neben der Analyse der Proteine, wurde zudem der Gehalt des unlöslichen Rückstandes, welcher Werte von 7,9 % bis 20,9 % annahm, bestimmt. Ähnliche Ergebnisse erhielten SANDOVAL-OLIVEROS und PAREDES-LÓPEZ (2013), welche in Tabelle 3.3 dargestellt sind. Hierbei wird bestätigt, dass die Albumine und Globuline (etwa 69,3 %) den größten Anteil der Proteine in Chia-Samen ausmachen.

Tabelle 3.3: Verteilung der Proteinfractionen in Chia-Samen [SANDOVAL-OLIVEROS und PAREDES-LÓPEZ 2013]

Proteine	g/100 g Protein
Albumine	17,3 ± 0,8
Globuline	52,0 ± 1,0
Prolamine	12,7 ± 0,2
Gluteline	14,5 ± 0,2
Unlösliche Proteine	3,4 ± 0,6

Tabelle 3.4: Mineralstoff- und Polyphenolprofile in Chia-Samen [DING et al. 2017]

Mineralstoffe	Gehalt		Gehalt
Kalium (mg/100 g)	13.477,61 ± 56,27	Polysaccharide	30,81 ± 1,44
Magnesium (mg/100 g)	4.963,81 ± 31,80	(Gesamt) (g/100 g)	
Calcium (mg/100 g)	4.221,89 ± 232,44	Gesamtpolyphenole	239,02 ± 7,06
Natrium (mg/100 g)	11,55 ± 0,87	(mg GAE/100 g	
Eisen (mg/100 g)	131,12 ± 14,60	Extrakt)	
Zink (mg/100 g)	88,69 ± 5,24	Gesamtflavonoide	193,24 ± 5,39
Mangan (mg/100 g)	71,01 ± 6,35	(mg CE/100 g	
Kupfer (mg/100 g)	26,67 ± 3,47	Extrakt)	
Kobalt (mg/100 g)	1,73 ± 0,07	Kondensierte Tannine	31,15 ± 0,66
Nickel (mg/100 g)	4,09 ± 0,30	(mg CE/100 g	
Selen (µg/100 g)	45,33 ± 1,67	Extrakt)	
		Rutin	98,56 ± 3,62
		(mg/100 g Extrakt)	
		p-Anissäure	8,32 ± 0,36
		(mg/100 g Extrakt)	
		Hesperidin	56,79 ± 2,53
		(mg/100 g Extrakt)	

Aus Tabelle 3.4 geht zudem hervor, dass Chia-Samen viel Kalium (13,5 %), Calcium (4,2 %) sowie Magnesium (4,9 %) enthalten. Ebenso konnten Antioxidantien in Form von Polyphenolen (0,2 %) nachgewiesen werden, wobei der größte Anteil auf Flavonoide zurückgeht. Bei den zuletzt genannten konnten die Hauptverbindungen Rutin sowie Hesperidin nachgewiesen werden [DING et al. 2017]. AYERZA (2013) wies außerdem erstmalig eine Lignan-Komponente (Secoisolaricresorcinol-Diglycosid) nach, welches als Phytoöstrogen eine antioxidative Wirkung aufweist.

Das Besondere an Chia-Samen ist, dass beim Einweichen oder Feuchtwerden ein Gel austritt. Dieses Gel oder Gummi besteht hauptsächlich aus den Polysacchariden β -D-Xylopyranosyl, α -D-Glucopyranosyl und 4-O-Methyl- α -D-glucopyranosyluronsäure [SEGURA-CAMPOS et al. 2014]. COOREY et al. (2014) geben den genauen Anteil für die Rohfaser im Chia-Gel mit 58 % und 34 % für Kohlenhydrate an.

3.4 Form und Struktur

IXTAINA et al. (2008) beschreibt die Form der Chia-Samen als ungleichseitig elliptisch. Die Länge reicht dabei von 1,73 mm bis 2,63 mm, wobei der Hauptteil der Samen (59 % der dunklen und 62 % der weißen Samen) zwischen 2,00 mm und 2,25 mm liegt. Dabei konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den dunklen und weißen Samen in der Länge beobachtet werden. Daneben wurden für die Weite bzw. Breite, Werte zwischen 1,22 mm und 1,45 mm und für die Dicke 0,77-0,85 mm beider Samenarten bestimmt. Des Weiteren konnten sie ermitteln, dass weiße Samen breiter und dicker als dunkle Samen sind.

Ein Chia-Samen bzw. Chia-Nüsschen (botanisch) besteht aus einem wahren Samen und einem Perikarp, welches den Samen umschließt, wie im rechten Bild der Abbildung 3.2 zu sehen ist. Der wahre Samen ist aus einer Samenschale (Testa), einem Endosperm sowie einem Embryo, welcher meist aus Keimblättern (Kotyledonen) besteht, aufgebaut [IXTAINA et al. 2010]. Der Aufbau der Chia-Samen lässt sich anhand Abbildung 3.2 (linkes Bild) gut erkennen.

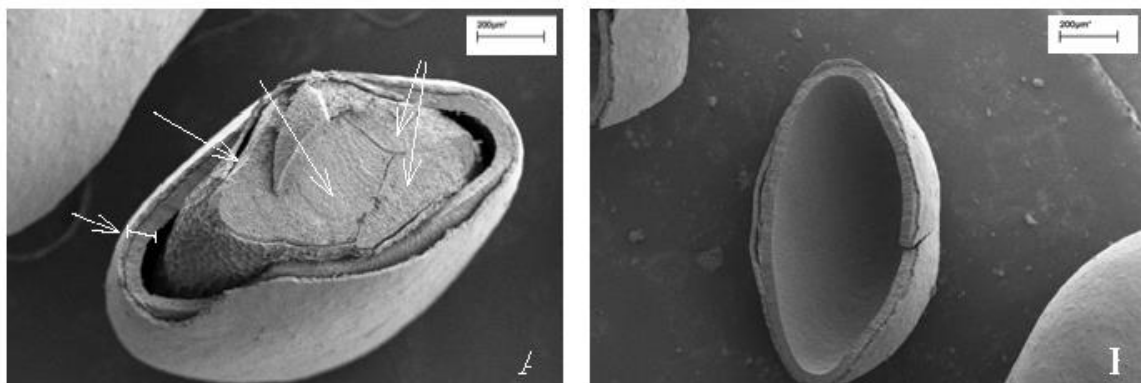


Abbildung 3.2: REM-Aufnahme des Chia-Nüsschens. Das linke Bild zeigt den inneren Aufbau und das rechte Bild stellt das Perikarp dar. [IXTAINA et al. 2010]

Das Perikarp des Chia-Nüsschens ist anhand der Aufnahmen aus einer Kutikula, einem Exokarp, einem Mesokarp, einer Schicht aus Knochenzellen bzw. einer harten Schicht sowie einem Endokarp aufgebaut.

Dabei existiert ein Unterschied zwischen den dunklen und den weißen Chia-Samen, denn die Schichten der weißen Samen sind kompakter [HEDGE 1978]. In Abbildung 3.3 sowie 3.4 (linkes

Bild) sind die Oberflächen der weißen und dunklen Chia-Samen dargestellt. Hierbei ist deutlich zu erkennen, dass die Beschaffenheit dieser bei den weißen Samen wesentlich rauer, während sie bei den dunklen Samen glatter gestaltet ist.

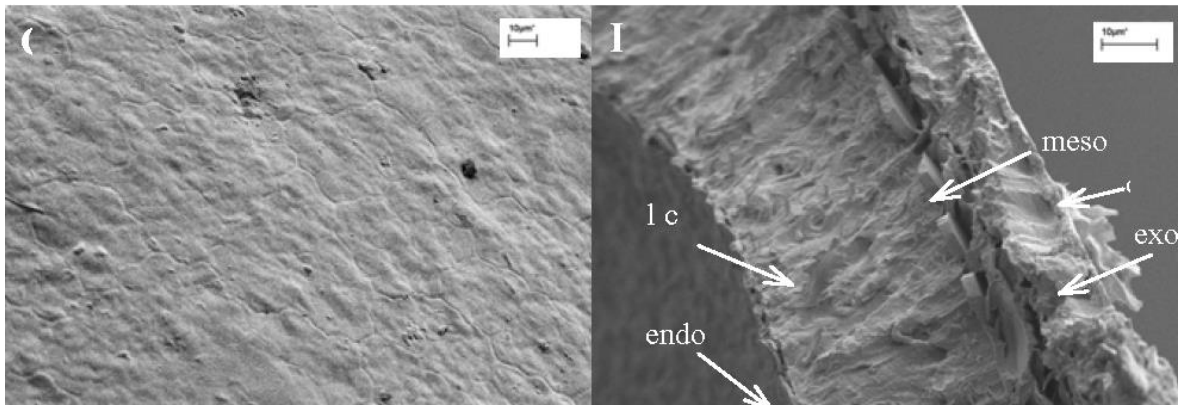


Abbildung 3.3: REM-Aufnahme des weißen Chia-Nüsschens. Das linke Bild zeigt die Oberfläche des Perikarps. Im rechten Bild ist der Querschnitt des Perikarps zu sehen (c: Kutikula; exo: Exokarp; meso: Mesokarp; lc: Knochenzellenschicht; endo: Endokarp). [IXTAINA et al. 2010]

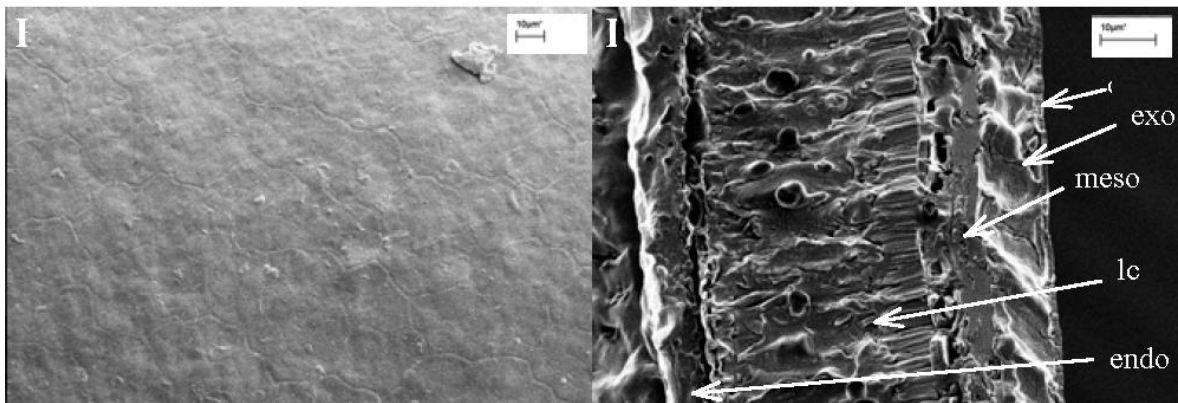


Abbildung 3.4: REM-Aufnahme des dunklen Chia-Nüsschens. Das linke Bild zeigt die Oberfläche des Perikarps und das rechte Bild den Querschnitt des Perikarps (c: Kutikula; exo: Exokarp; meso: Mesokarp; lc: Knochenzellenschicht; endo: Endokarp). [IXTAINA et al. 2010]

Die Abbildungen 3.5 b und c zeigen das Chia-Gel, welches sich um die vollständig hydratisierten Samen bildete. Es ist eine durchgehend transparente Kapsel mit einer durchschnittlichen Dicke von $414 \pm 35 \mu\text{m}$ zu sehen. Nach zwei Stunden Weichen erreicht es seine maximale Dicke. In Abbildung 3.5 d erkennt man zwei Schichten, eine innere, welche aus verzweigten Strukturen geformt ist, sowie eine äußere Schicht, die trüb und homogen ist. Das Gel ist dabei stark an den Samen gebunden, wodurch es sich nur schwer trennen lässt. Die Abbildung 3.5 e zeigt die Samenschale bzw. Testa, welche eine Dicke von $13 \pm 0,41 \mu\text{m}$ aufweist und die folgenden drei Schichten umfasst: eine äußere Schicht, die durch rechteckige dünne Wände mit einer Größe von $4,2 \pm 0,26 \mu\text{m}$ charakterisiert ist, wo vermutlich das Gel lokalisiert ist, eine harte Schicht aus langen und dünnen Zellen, welche faserähnlich sind, und einem Endokarp, welches eine dünne und innere Schicht darstellt [MUÑOZ et al. 2012].

Bei Kontakt mit Wasser kommt es zu einem sofortigen Erscheinen kleiner Filamente an der Oberfläche der Samen, welche sich langsam bis zur maximalen Ausdehnung ausbreiten.

Die vollständig hydratisierten Samen entwickelten, die in Abbildung 3.5 f und g dargestellten Filamente.

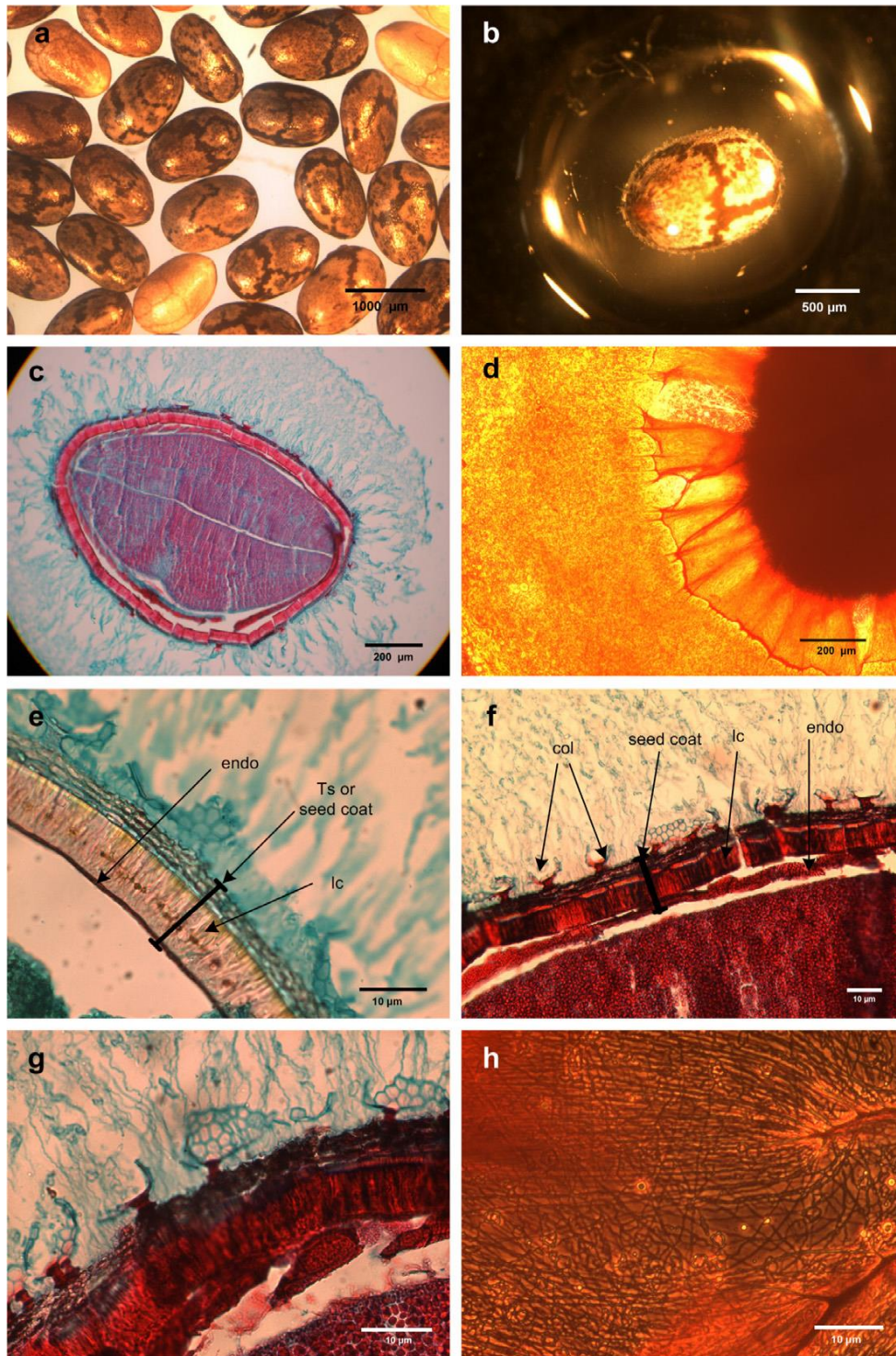


Abbildung 3.5: Aufnahmen von Chia-Samen unter dem Lichtmikroskop. Es wird Folgendes dargestellt (a) ganze weiße sowie dunkle trockene Chia-Samen, (b) ganze befeuchteter Samen, (c-h). Histologische Abschnitte von befeuchteten Chia-Samen. (c-d) zeigen die äußere Zellwand, welche aufgeplatzt ist und das Freisetzen des Chia-Gel, welches den Samen umschließt. (e) stellt die Samenschale mit den Schichten dar, wobei endo für das Endokarp, Ts für Testa, lc für eine verhärtete Schicht und col für Kolumella steht. (g) lässt kleine Cluster der sphärischen Zellen erkennen, während in (h) die langen verzweigten Aggregate entlang des Samens beobachtet werden. [MUÑOZ et al. 2012]

Nach dem Einweichen der Chia-Samen in Wasser und anschließender Trocknung durch warme Luft, scheinen die Samen von einem dünnen Film bedeckt zu sein. MUÑOZ et al. (2012) fanden bei ihren Untersuchungen heraus, dass die dabei entstandene Schicht aus hexagonal epidermalen Zellen mit verdickten radialen Zellwänden besteht, wie in Abbildung 3.6 dargestellt.

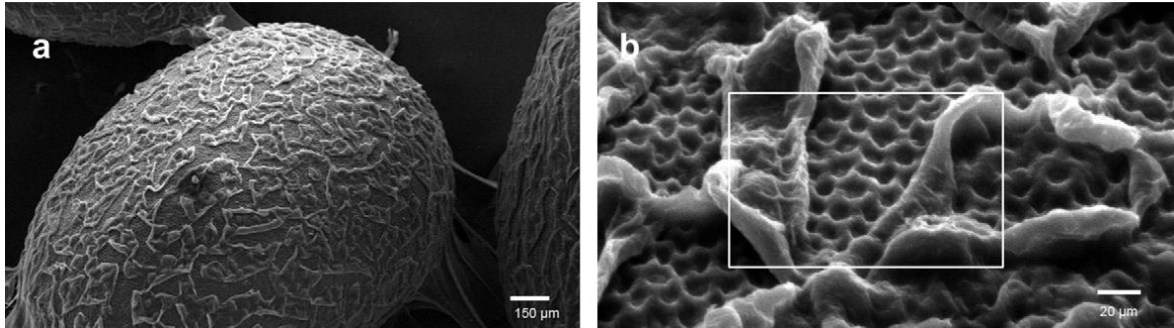


Abbildung 3.6: REM-Aufnahme eines hydratisierten und getrockneten Chia-Samens. Es zeigt einen dünnen Film auf der Oberfläche (a-b), während diesem eine hexagonale Struktur zugrunde liegt (b). [MUÑOZ et al. 2012]

3.5 Verwendungszwecke und Höchstmengenbegrenzung

Nach der Novel Food-Verordnung unterliegen Chia-Samen einem Höchstgehalt. Seit 2009 dürfen Chia-Samen ausschließlich in Broterzeugnissen mit einem maximalen Gehalt von 5 % verwendet werden. Seit 2013 ist ihr Höchstgehalt auf 10 % erhöht worden. Seitdem darf Chia vorverpackt nur mit der Verbraucherangabe, dass eine tägliche Aufnahme von 15 g nicht überschritten werden darf, wie in Tabelle 3.4 ersichtlich, vertrieben werden. Neben den vorverpackten Samen, ist es darüber hinaus erlaubt Chia-Samen in Mischungen aus Früchten und Nüssen zu einem Anteil von nicht mehr als 10 % einzusetzen. Ebenso geregelt ist auch ihr Gebrauch in Frühstückscerealien, der in der Summe 10 % nicht überschreiten darf.

Tabelle 3.5: Verwendungszwecke von Chia-Samen [2013/50/EU]

Backwaren	nicht mehr als 10 %
Frühstückscerealien	nicht mehr als 10 %
Mischungen aus Früchten, Nüssen und Samen	nicht mehr als 10 %
Vorverpackter Chia-Samen als solcher	nicht mehr als 15 g täglich

3.6 Forschung und technologischer Einsatz

Bestandteil der weitreichenden Forschung an Chia-Samen ist das Chia-Gum. Dieses Gummi der Chia-Samen bzw. das Chia-Gel kann bis zu 27-mal ihr eigenes Gewicht an Wasser aufnehmen [MUÑOZ et al. 2012], weshalb es aus ihrer diätetischen Faser extrahiert wird, um als Zusatz die Viskosität, Stabilität, Textur und Konsistenz in Lebensmitteln zu beeinflussen [SEGURA-CAMPOS et al. 2014, COOREY et al. 2014]. SEGURA-CAMPOS et al. (2014) fanden heraus, dass dieses Gummi in zwei Fraktionen eingeteilt werden kann. Diese bestehen aus Gummi mit Fett (FCG) sowie aus teilweise entfettetem Gummi (PDCG). Die beiden Fraktionen unterscheiden sich dabei in ihrer Zusammensetzung. PDCG enthält einen höheren Protein-, Mineralstoff- sowie Kohlenhydratgehalt im Vergleich zum FCG. Daneben wurde in Dispersionsversuchen ermittelt, dass das Chia-Gel ein nicht-newtonsches, sondern ein strukturviskoses oder pseudoplastisches Fließverhalten zeigt. Dabei

wurde erforscht, dass PDCG viskoser als FCG ist. Außerdem stellen Chia-Samen eine gute Quelle für Gel dar, welches hervorragende physikalisch-chemische Eigenschaften sowie funktionale Qualität aufweist, weshalb es eine potenzielle Anwendung in der Lebensmittelindustrie verspricht [SEGURA-CAMPOS et al. 2014].

4 Material und Methoden

4.1 Besatzanalyse

Die Besatzanalyse entstammt der Getreidetechnologie. Dabei enthält eine Partie sowohl einwandfreies Grundgetreide als auch einen bestimmten Teil an Besatz, welcher international in den ICC-Standards (ICC Standard 102/1, ICC Standard 103/1) als auch in der EU-Verordnung über die Verfahren und Bedingungen für die Übernahme von Getreide im Rahmen der Intervention (EU-VO 824/2000) sämtliche Bestandteile einer Getreideprobe meint, die nicht zum einwandfreien Grundgetreide zählen. Diese Fraktionen gehen auf den Anbau, die Ernte, die Trocknung oder die Lagerung zurück [SEIBEL 2005].

Es ist bekannt, dass das sogenannte Mutterkorn im Getreide als gesundheitsschädlich gilt und demzufolge entfernt werden muss. Über das Vorkommen von giftigen Verunreinigungen in Chia-Samen liegen bisher keine Erkenntnisse vor. Bei der Verarbeitung/Ernte der Chia-Pflanze kann allerdings Fremdbesatz wie Fremdsamen, unter anderem schwarzer Amaranth, Schwarzbesatz wie Unkrautsamen, z. B. der heimische Farolito (flache, rote Unkrautsamen) auftreten. Chia-Samen mit Auswuchs (sichtbares Erkennen von Wurzel- oder Blattkeimen) wurden bislang nicht beobachtet, weshalb weniger darauf geachtet werden muss. Des Weiteren können als Schwarzbesatz Verunreinigungen wie Steine, Erdklumpen sowie Pflanzenteile vorhanden sein. Tierischer Befall lässt sich an Kot oder Insektenfragmenten, welche zur Ekelreaktion beim Verbraucher führen und daher unerwünscht sind, erkennen. Zudem treten in den Chia-Proben unreife Samen auf, die eine bräunliche Farbe aufweisen. Diese Samen geben dem Verbraucher ein verfälschtes Bild über die beworbenen schwarz weiß marmorierten Chia-Samen und sollten daher nur in geringem Maße vorhanden sein.

Ein weiteres Qualitätsmerkmal stellt die Oberflächenbeschaffenheit dar, die zwar nicht Teil der klassischen Besatzanalyse ist, welcher jedoch große Bedeutung zugesprochen werden kann, da sie einen Hinweis auf die Erntebedingungen gibt. Feucht gewordene Samen beginnen zu Quellen. Daraus folgend kommt es zum Austritt von einem Gel, welches bei Trocknung eine wellige, schuppige sowie matte Oberfläche hinterlässt (vgl. Kapitel 3.4).

All die genannten Erscheinungen sind unerwünscht und mindern die Qualität der Samen. Somit ist die Besatzanalyse nach den folgenden zusammengefassten Kriterien bzw. Untersuchungen

- matte Samen
- Fremdsamen
- Bruchkorn
- braune Samen
- entschälte/gespaltene Samen
- Feinanteil/Feinstaub
- pflanzliche Reste
- Sackfäden
- Skletorium, Käfer, Insektenfragmente
- Erde, Steine

für Chia-Samen durchzuführen.

Hierbei wurde eine repräsentative Teilprobe (5 g) in eine Petrischale gegeben und auf den genannten Besatz hin analysiert.

Im Allgemeinen wird bei der Besatzbestimmung der prozentuale Anteil der Verunreinigungen aus der Differenz des Gewichtes der Verunreinigungen und dem Gewicht des Durchschnittsmusters multipliziert mit 100 % errechnet. Bei der Untersuchung wurde dieser prozentuale Besatz nicht bestimmt.

4.2 Wassergehaltsbestimmung

4.2.1 Trockenschrankmethode

Von jeder Probe wurden ca. 20 g Chia-Samen in der Labor-Scheibenmühle DLFU (Bühler AG, Schweiz) fein vermahlen (0,2 mm) und unmittelbar danach 5 g davon in Metalltiegel eingewogen.

Da als Standardmethode für die Prüfung des Feuchtigkeitsgehaltes von Getreide die zweistündige Trocknung bei 130–133 °C unter normalem Luftdruck gilt [SEIBEL 2005], wurden die Chia-Samen bei dieser Temperatur im Trockenschrank getrocknet. Die Versuchsdurchführung erfolgte nach der Trockenschrank-Methode (EBC-Methode) (R-110.40.020) (ISO172) [JACOB 2016].

Autoren, die den Wassergehalt von Chia-Samen bestimmten, verwendeten die ICC Standardmethode No. 110/1 für Cerealien und Getreideprodukte oder die AOAC-Methode, wobei hierfür ein Vakuumofen benötigt wird. Da keine Möglichkeit bestand, diese Methode anzuwenden, kam die MEBAK Methode zur Anwendung.

Zusätzlich wurde der Wassergehalt nach einer weiteren Standardmethode bestimmt, wobei dieses Verfahren als EBC-Methode im MEBAK (R-200.18.020) beschrieben ist. Dabei wurde die Temperatur in einem elektrisch beheizten Lufttrockenschrank (Heraeus, Hanau) auf 105–107 °C eingestellt und die Proben mindestens drei Stunden darin belassen, bis sich das Gewicht nicht mehr geänderte. Durch Differenzwägung mittels Präzisionswaage 770 (Kern & Sohn GmbH, Balingen) erfolgte die Bestimmung des Wassergehaltes, wobei die Proben mindestens 20 min im Exsikkator auf Raumtemperatur abgekühlt [MIEDANER 2002]. Die Berechnung erfolgte über folgende Formel

$$\text{Wassergehalt [\%]} = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \cdot 100. \quad (4.1)$$

Dabei steht m_0 für die Einwaage vor der Trocknung und m_1 für die Einwaage nach der Trocknung.

4.2.2 Schnelltrockenwaage

Für schnelle Ergebnisse eignet sich der elektronische Feuchtigkeitsbestimmer MA 30 (Sartorius, Göttingen), der die Probe mittels Infrarot-Dunkelstrahler trocknet und aus der Differenzwägung den Wassergehalt ermittelt. Die vom Hersteller Sartorius empfohlene Einstellung für die Trocknung von Weizen und Roggen wird mit 140 °C für 15 min angegeben. Diese konnte allerdings für Chia-Samen nicht angewendet werden, da der Gehalt an Wasser und Fett stark voneinander abweichen und sich bei 130 °C bereits nach wenigen Minuten eine starke Geruchsbildung zeigt.

Für Ölsaaten ist diese vorgegebene Temperatur zu hoch, da für diese eine Temperatureinstellung von 100 °C bei einer Trocknungszeit von 12 min und einer Einwaage von 8 g vom Hersteller vorgegeben. Um diese Schnellmethode mit der Trockenschrank-Methode vergleichen zu können, wurde die Temperatur nach der Trockenschrank-Methode auf 105 °C eingestellt. Die Abschaltung erfolgte automatisch, nachdem keine Änderung des Wassergehaltes mehr erfolgte. Aufgrund der einfachen Handhabung und der geringen Fehlerquellen ließen sich gute und reproduzierbare Ergebnisse ermitteln.

Mit dieser Schnellmethode wurde der Wassergehalt von den konventionell angebauten Chia-Samen (Naduria) sowie von den biologisch angebauten Chia-Samen (Aldi, Paraguay) verglichen. Jede Probe wurde in der MEBAK-Mühle fein vermahlen (0,2 mm) und nachfolgend etwa 5 g für die Temperatur von 105 °C bzw. 8 g bei 100 °C eingewogen. Darüber hinaus erfolgte die zuvor beschriebene Beprobung mit intakten Samen. Da von den Bio-Chia-Samen (Aldi, Paraguay) nur wenig Material vorhanden war, konnte nur die Bestimmung bei 105 °C und automatischer Abschaltung erfolgen. Es wurde eine Dreifachbestimmung bzw. einmal eine Vierfachbestimmung durchgeführt.

4.3 Tausendkorngewichtsbestimmung

Für die Ermittlung des Tausendkorngewichtes (TKG) wird standardmäßig die EBC-Methode (R-110.23.020) herangezogen. Allerdings gibt es für die Zählung von Chia-Samen noch kein Zählbrett bzw. Zählapparatur. Das manuelle Abzählen von 500 bzw. 1.000 Samen gestaltet sich äußerst schwierig, weshalb diese Methode zur Vereinfachung der Handhabung abgewandelt werden musste. Es wurden lediglich 100 Samen ausgezählt und auf einer elektrischen Präzisionswaage 770 (Kern & Sohn GmbH, Balingen) auf 0,0001 g genau abgewogen. Das TKG wurde nach folgender Gleichung berechnet.

$$m_{1.000} [g] = \bar{m}_{100} [g] \cdot 10 \quad (4.2)$$

Nach einer Dreifachmessung von weißen (Bio, Bio Primo, Bolivien) und dunklen Chia-Samen (Naduria), erfolgte die Mittelwertberechnung sowie die anschließende Multiplikation mit 10, um das Gewicht von 1.000 Chia-Samen zu erhalten. IXTAINA et al. (2008) sowie TUNDE-AKINTUNDE und AKINTUNDE (2004) führten diese Methode bereits an Chia-Samen und Sesam-Samen durch.

4.4 Hektolitergewichts-/Schüttdichtebestimmung

Das Hektolitergewicht (HG) ist in der Getreidetechnologie ein Maß für die (Schütt-)Dichte des Getreides und entspricht dem Gewicht von 100 Liter Getreide. Bedeutung hat es als Qualitätskriterium in der Schälmmüllerei, wobei es auf einen hohen Anteil an gut und gleichmäßig ausgebildeten Körnern ankommt. Daneben kann es auch für die Berechnung von Lagerraum dienen. Einfluss auf das HG nimmt u. a. auch der Wassergehalt [SEIBEL 2005].

Durch Verwiegen erfolgt die Bestimmung des HG. Dazu ist ein Getreideprober, welcher eine Eichzulassung haben muss, erforderlich. Dieser kann ¼ l oder 1 l Fassungsvermögen haben. Aus einer amtlichen Vergleichstabelle wird dann das dazugehörige HG abgelesen [SEIBEL 2005], wobei das ermittelte Gewicht anstatt dem Bezugswert aus der Tabelle mit 400 multipliziert werden kann [JACOB 2016]. Da es für Chia-Samen allerdings keine Vergleichstabellen gibt, muss diese Methode

in abgewandelter Form zur Anwendung kommen. Weiterhin kann nur ein ungefährender Wert ermittelt werden, da keine geeichten Gefäße zur Verfügung standen. Für die HG-Bestimmung von Chia-Samen wurden daher lediglich 50 g konventionell angebaute Chia-Samen (Naduria) eingewogen und das damit gefüllte Volumen in einem 100 ml Meßkolben bestimmt. Durch Hochrechnung kann ein ungefährender Wert angegeben werden.

Die Schüttdichte (ρ_S) von Chia-Samen wird von mehreren Autoren bestimmt, wodurch dessen Ermittlung einen höheren Stellenwert annimmt, als die vom HG. Nach IXTAINA et al. (2008) wird hierbei ein Glas bzw. Messkolben von 150 mm Höhe verwendet und auf 90 ml aufgefüllt. Der Inhalt wird daraufhin mittels elektrischer Analysenwaage 770 (Kern & Sohn GmbH, Balingen) auf 0,0001 g genau abgewogen. Der Vorgang wird insgesamt drei Mal durchgeführt. Die Schüttdichte stellt das Verhältnis des Samengewichtes der Probe zum kompletten Volumen dar. Somit erfolgte die Kalkulation über nachstehende Formel

$$\rho_S = \frac{m}{V} . \quad (4.3)$$

Dabei steht m für die ermittelte Masse bei einem eingenommenen Volumen von 90 ml bzw. 90 cm³.

4.5 Siebanalyse

4.5.1 Partikelgrößenmessenrichtung

Mit diesem Trennverfahren wird die Probe bzw. das Siebgut in mehrere Fraktionen aufgetrennt. Dabei ist das Trennkriterium der Durchgang der Partikel durch die Siebmaschen/-öffnungen. Hierbei wird die Trockensiebung durch Überwinden der Haftkräfte durch Bewegung des Siebes angewandt.

Diese herkömmliche Methode wird mittels Siebmaschine durchgeführt, wobei die einzelnen Siebmaschinen durch die Art der Sieb- und Gutbewegung unterschieden werden. In dieser Arbeit kam eine Rotationssiebmaschine Analysette 18 (Fritsch, Idar-Oberstein) zum Einsatz. Die Siebung erfolgte im Siebsatz, welcher mit Quadratlochsieben der Maschenweiten 500 µm, 710 µm, 1.000 µm und 1.250 µm ausgestattet war. Die Siebe wurden sowohl vor als auch nach der Siebanalyse mittels Präzisionswaage 822 (Kern & Sohn GmbH, Balingen) auf 0,01 g genau abgewogen und die Differenz als Rückstand auf den jeweiligen Sieben verzeichnet.

4.5.2 Ergebnisdarstellung der Partikelgrößenverteilung

Zur Bestimmung der Partikelgrößenverteilung der schwarzen und weißen Chia-Samen wurden jeweils drei Siebungen ($n = 3$) mit einer Siebzeit von je 5 min und einer Geschwindigkeit der Stufe 6 direkt hintereinander durchgeführt. Das Ergebnis stellt die arithmetischen Mittelwerte mit den zugehörigen Konfidenzintervallen für $P = 95 \%$ dar. Alle Partikelgrößenverteilungen werden als Summenverteilungen sowie Dichteverteilungen wiedergegeben.

4.6 Keimenergie

Auf Grundlage der Untersuchung der Keimenergie von Braugerste, die einen Hinweis auf den Gesundheitszustand der Gerste gibt, wurde die Keimenergie von Chia-Samen analysiert. Unter der

Keimenergie wird der Prozentsatz an Körnern verstanden, welche zum Zeitpunkt der Untersuchung unter normalen Mälzungsbedingungen keimen [MIEDANER 2002, JACOB 2016]. Die Wasseraufnahmefähigkeit von Gerste wird durch die bei der Nachreife bzw. Keimruhe erfolgenden enzymatischen Vorgänge beeinflusst. Je enzymkräftiger eine Gerstensorte ist, umso größer das Wasseraufnahmevermögen, umso günstiger der Brauwert der Gerste [MIEDANER 2002]. Bei Chia-Samen kann die Keimenergie dementsprechend einen Hinweis auf die Vorbehandlung geben. Im Vergleich zu vorgetrockneten oder abgedampften Chia-Samen, müssten Samen im rohen Zustand, hohe Keimenergien aufweisen.

Für die Ermittlung der Keimenergie fand die bewährte Keimkastenmethode nach AUBREY Anwendung [JACOB 2016]. Da sich das Abzählen von 1.000 Samen aufgrund der Größe der Chia-Samen als nicht praktikabel gestaltet, wie bereits in Kapitel 4.3 beschrieben, daher erfolgte die Bestimmung auf Grundlage von lediglich 100 Samen. Diese wurden auf ein mit Wasser (etwa 2 ml) befeuchtetes Filterpapier in einer Petrischale (Ø 85 mm) aufbewahrt. Die gleichmäßige Verteilung der Feuchtigkeit konnte mittels Spritzflasche garantiert werden. Die Auszählung der nicht gekeimten Samen erfolgte nach drei Tagen (= 72 h). Dabei gilt ein Samen als gekeimt, wenn sich Wurzeln und/oder Blattkeim sichtbar entwickelt haben.

Die Petrischalen wurden in einen Keimschrank mit geregelter Temperatur (= $20 \pm 1^\circ\text{C}$) Gelegt. Zum Befeuchten wurde Leitungswasser (mit weniger als 0,2 mg/l freiem Chlor) verwendet. Die Keimenergie errechnet sich, wie folgt,

$$\text{Keimenergie [\%]} = 100 - n. \quad (4.4)$$

Dabei stellt n die Anzahl der nicht gekeimten Samen nach drei Tagen dar.

Als Proben dienten die konventionell angebauten Chia-Samen (Naduria), weiße Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien), Bio-Chia-Samen (Aldi, Bolivien), Bio-Chia-Samen aus Uganda (Bio Primo), matte Chia-Samen (Bio, Aldi, Paraguay), verunreinigte Chia-Samen (Bio, Bolivien) sowie Bio-Chia-Samen (Naduria).

4.7 UV-Test

Der selbst entwickelte UV-Test diente der Prüfung der Lichtstabilität der Chia-Samen. Eine vorhergehende Bestrahlung für 24 Stunden in der Laminaarbox Uniflow UVU 700 (150 W, Uniequip Laborgerätebau und Vertriebs GmbH, Leipzig) brachte keine farblichen sowie sensorischen Unterschiede mit sich, weshalb darauf folgend eine Höhensonne 1041A (350 W, Quarzlampengesellschaft mbH, Hanau) verwendet wurde. Die Apparatur bestand im Wesentlichen aus einer Quarzlampe, die sowohl Ultraviolette- als auch Infrarotlicht erzeugte und ausstrahlte. Hierfür wurde eine eigene Vorrichtung aus Plexiglas (25x29 cm) gefertigt. Der Spalt betrug insgesamt 1,2 cm und konnte durch eine zusätzliche Glasscheibe (4 mm stark) auf 0,8 cm verringert und zur Hälfte mit Chia-Samen gefüllt werden. Der Abstand zur Höhensonne betrug 50 cm. Als Probematerial dienten die weißen Chia-Samen (Bio) sowie die schwarzen Chia-Samen (Bio, Aldi, Bolivien). Die bestrahlten Samen wurden sensorisch bewertet sowie einer Farbmessung (s. Kapitel 4.8) unterzogen, um den Einfluss der UV-Strahlung, welche auf die Verpackung und somit auf die Qualität und die Sensorik der Chia-Samen einwirken kann, zu ermitteln. Die Bestrahlung dauerte 24 sowie 48 Stunden an, woraufhin eine ausführliche Analyse folgte.

4.8 Farbmessung

Die Farbgebung spielt eine große Rolle bei Körnern und Samen und stellt daher auch ein Qualitätsmerkmal bei Chia-Samen dar. Die Farbmessung erfolgte im CIELAB-Farbraum mit dem Chroma-Meter CR-310 (Konica Minolta, Japan) im ChromaControl C (Konica Minolta, Japan) nach DIN 6167 mit der Lichtart D_{65} , d. h. mit Licht von 6500 K. Nach der Messung werden programmseitig drei Werte ausgegeben, den Parameter L^* , welcher ein Maß für die Helligkeit ist, sowie die Farbkoordinaten a^* und b^* . Der Parameter $+a^*$ deutet auf einen Rotanteil hin und $-a^*$ zeigt in Richtung grün, währenddessen der Parameter $+b^*$ für den Gelbanteil und $-b^*$ für den Blauanteil steht [KONICA MINOLTA SENSING INC. 2003, MAVI 2010]. Im Koordinatenursprung befindet sich dagegen ein neutrales Grau [KONICA MINOLTA SENSING INC. 2013]. Die Mittelwertbestimmung jeder Probe geschah auf Basis einer Vierfachmessung.

Für die Farbmessung kamen folgende Proben zur Anwendung: weiße Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien), Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Uganda), Chia-Samen (Bio, Aldi, Paraguay), Chia-Samen (Bio, Aldi, Bolivien), verunreinigte Chia-Samen (Bio, Bolivien), konventionell erzeugte Chia-Samen (Naduria) sowie für biologisch angebaute Chia-Samen (Naduria, Bolivien).

4.9 Schneidetest

Für einen möglichen Schneidetest, welcher vorrangig als Prüfmethode bei der DLG-Qualitätsprüfung von Tortenguss zur Anwendung kommt, konnte das beste Ergebnis bei einem Verhältnis von 8 g fein geschroteten Samen und 20 ml Wasser ermittelt werden. Die gleichmäßige Verteilung von Chia-Schrot (Naduria) im Wasser erfolgte mittels Umrühren unter Zuhilfenahme eines Glasstabes. Die Quelldauer betrug 30 Minuten. Nach Überführen der Masse auf eine Petrischale, wurde diese einem Schneidetest unterzogen.

4.10 Quelltest

4.10.1 Einfacher Quelltest

Die Durchführung des einfachen Quelltests geschah in Anlehnung an VOTH (2016)¹. Hierfür wurden 14 g Samen mittels elektrischer Waage Kern 822 (Kern & Sohn GmbH, Balingen) mit einem standardisierten Tafelwasser (Bonaqa still, The Coca-Cola Company) auf 225 ml in einem skalierten Becherglas (max. 350 ml) aufgefüllt und mittels Glasstab umgerührt. Daneben stand als Quellmedium anstatt Tafelwasser auch das Köthener Leitungswasser zur Verfügung, welches identische Ergebnisse lieferte. Nach 30-minütigem Quellen erfolgten daraufhin die Bewertung der Quellung anhand der Höhe der Skalierung sowie eine olfaktorische Beurteilung. Nach einem 24- sowie 48-stündigem Quellen bei Raumtemperatur wurden die Proben nochmalig einem sensorischen Test unterzogen, sowie auf eine Trübung oder Färbung des Wassers geachtet.

4.10.2 Änderung der Quelldauer und -temperatur

Das Ziel war die Verkürzung des Quelltests durch Einweichen der Samen im Maischbad bei den Temperaturen 30 °C, 40 °C, 50 °C und 60 °C. Durch einen Geruchs- sowie Geschmackstest sollten

¹Für den Quelltest werden 2 Teelöffel Chia-Samen in einen Plastikbecher gegeben, der mit etwa 200 ml Leitungswasser gefüllt wird. Nach einem und zweitem Tag wird auf einen negativen Geruch hin untersucht [Voth 2016].

die Qualitätsunterschiede hervorragen. Die Durchführung dieser Methode erfolgte in einem computergesteuerten Maischapparat LB Electronic (Lochner Labor und Technik GmbH, Berching), welcher mit einem beheizbaren Wasserbad, mit bis zu acht Edelstahlbechern sowie Rührern ausgestattet war. Von Vorteil ist die exakte Temperatureinstellung des beschriebenen Maischbades, weshalb es u. a. für Kongress- sowie Hartonganalysen Verwendung findet.

Für diesen Test wurden jeweils 15 g Probe mittels Präzisionswaage Kern 822 (Kern & Sohn GmbH, Balingen) eingewogen und mit 250 ml entsalztem Wasser verrührt. Die Beobachtung von sensorischen Auffälligkeiten sowie die Dokumentation geschahen während einer Stunde. Als Proben dienten hierbei ganze weiße Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien), schwarze Chia-Samen (konventionell, Naduria), fein vermahlene schwarze Chia-Samen (konventionell, Naduria), ganze schwarze Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Uganda) sowie ganze Samen einer selbst hergestellten schlechten Charge (d. h. konventionell angebaute Chia-Samen von Naduria wurden auf einem feinmaschigen Metallgitter verteilt und mittels Sprühflasche mit entsalztem Wasser befeuchtet, anschließend im Trockenschrank bei 45-50 °C getrocknet, sodass eine matte Oberfläche entstand).

4.10.3 Änderung des pH-Wertes des Wassers

Das Einweichen der Chia-Samen erfolgte bei unterschiedlichen pH-Werten. Während die saure Lösung einen pH von 4,5 durch 0,1 M Salzsäure (Carl Roth GmbH & Co. KG, Karlsruhe) aufwies, resultierte die Einstellung für die basische Lösung einen pH von 8,5 durch 0,1 M Natronlauge (Carl Roth GmbH & Co. KG, Karlsruhe). Die sensorische Untersuchung konnte nach 30-minütigem Einweichen durchgeführt werden.

Des Weiteren wurde der Abstand der beiden pH-Werte vergrößert, um den Geruchseindruck zu intensivieren. Daraus folgend ergab sich eine Änderung des pH-Wertes bei der sauren Lösung von 4,5 auf 2,5 durch Zugabe von 85%iger Phosphorsäure (von Labormitarbeitern hergestellt) sowie bei der basischen Lösung von pH 8,5 auf pH 10. Nach einer Einweichzeit von 30 Minuten erfolgte die olfaktorische Bewertung.

Um den Einfluss der Sensorik im Hinblick auf die Qualität der Chia-Samen darzustellen, wurde zusätzlich das Quellen in einer salzigen Lösung (0,1 M NaCl-Lösung) untersucht.

Für die hier beschriebenen Tests kamen folgende Proben zur Anwendung: weißen Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien), schwarze Chia-Samen (konventionell, Naduria), fein vermahlene schwarze Chia-Samen (konventionell, Naduria), schwarze Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Uganda), schwarze Chia-Samen (Bio, Aldi, Bolivien) und schwarze Chia-Samen (Bio, Aldi, Paraguay). Hierfür wurde unter Hilfenahme der Präzisionswaage Kern 822 (Kern & Sohn GmbH, Balingen) je 2,5 g Probe eingewogen und in 50 ml der jeweiligen Lösung in einem Becherglas mittels Glasstab vermischt.

4.11 Schütteltest

Der Schütteltest beinhaltet die Prüfung hinsichtlich des Abriebes, um hiermit Rückschlüsse auf die Transportfähigkeit der Chia-Samen ziehen zu können. Für die Abfüllung der Probe dienten dabei Drahtbügelflaschen, welche zu einem Drittel gefüllt wurden. Dies entsprach in etwa einem Gewicht von 110 g Chia-Samen je Flasche. Des Weiteren wurden die Flaschen auf einem Kompaktschüttler (Bühler KS-15 Control) waagrecht eingespannt und bei 420/min sieben Tage geschüttelt.

Anschließend erfolgte die Durchführung der Siebanalyse (vgl. Kapitel 4.5) zur Messung des Abriebes.

4.12 Begasungstest

Der Begasungstest oder CO₂-Test stellt eine Untersuchung auf den Sauerstoffbedarf der Chia-Samen während der Keimruhe sowie deren Auswirkung auf die Keimenergie und das Quellvermögen anhand des Quelltests dar. Hierfür kam ein druckfester Behälter (Cornelius-Behälter), welcher trocken und sauber sein muss, zur Anwendung. Es wurden so viele Chia-Samen eingefüllt bis der Boden bedeckt war. Anschließend erfolgte die Begasung der Probe mit Kohlenstoffdioxid, sodass sich ein Druck von 0,2 bar einstellte. Nach einer Lagerdauer des Cornelius-Behälters von sieben Tagen bei 20 °C Raumtemperatur, wurde daraufhin der Druck im Behälter entspannt und die darin Gelagerten Samen auf Veränderungen in ihrer Keimenergie (s. Kapitel 4.6) oder im Quellen (s. Kapitel 4.10) untersucht.

4.13 Gefriertest

Da die Chia-Pflanze Temperaturschwankungen in den Minusbereich nur eingeschränkt übersteht, soll mit diesem Test Frost simuliert werden. Um hiermit die Qualitätseinbußen bzw. die Auswirkung auf die Sensorik der Samen zu untersuchen, wurden die Chia-Samen (Naduria) für ein bis drei Tage in einem Kunststoffbehälter im Gefrierschrank bei -18 °C eingelagert. Nach jedem Tag erfolgte die sensorische Beprobung der Samen. Um eine Extremsituation nachzuahmen, wurde eine Probe sieben Tagen Frost ausgesetzt.

4.14 Statistische Ergebnisbewertung der Einzelergebnisse

Die Interpretation aller Ergebnisse dieser Arbeit beruht auf folgenden Annahmen:

1. Das Messergebnis als Mittelwert einer Mehrfachmessung ist der beste Schätzwert für den zugehörigen Wert der Messgröße.
2. Der Bereich des Mittelwerts \pm seiner Unsicherheit sollte einen großen Anteil der Werteverteilung umfassen, die der Messgröße sinnvoll zugeordnet werden konnten.

Die Messunsicherheit wurde als Vertrauensbereich mit Hilfe der t -Verteilung nach W. S. GOSSET ermittelt [GOSSET 1908], da es sich im Allgemeinen um die Vertrauensgrenzen für den Mittelwert bei unbekannter Streuung handelte.

Aus der empirischen Standardabweichung s von der Anzahl n an Probenmessung und deren arithmetischem Stichprobenmittelwert \bar{x} gemäß DIN ISO 5725 auf einem Signifikanzniveau mit einer Wahrscheinlichkeit von $P = 95 \%$ ergibt sich die Messunsicherheit [DIN ISO 5725 1981]:

$$\bar{x} \pm \frac{t \cdot s}{\sqrt{n}}. \quad (4.5)$$

Durch analytische Verfahren gewonnene Daten sind im Allgemeinen normalverteilt.

5 Ergebnisse und Diskussion

5.1 Charakterisierung der Qualitätsmerkmale von Chia-Samen

5.1.1 Wassergehalt

5.1.1.1 Trockenschrankmethode

Diese Methode lieferte für die fein vermahlene Chia-Samen (Naduria) einen Durchschnittswert von $7,605 \pm 0,112$ %. Dieser kommt dem errechneten Wert von 7,99 %, der sich aus der Differenz der Trockenmasse anhand der ausgewiesenen Inhaltsstoffe auf der Verpackung ergibt, sehr nahe. Wobei als Mineralstoffe nur der Gehalt an Natriumchlorid aufgeführt wird. Da allerdings weitere Mineralien enthalten sind, wird der Wassergehalt von 7,99 % unterschritten, womit der ermittelte Wert als durchaus realistisch erscheint. Im Vergleich zu IXTAINA et al. (2008) und IXTAINA et al. (2010), die für schwarze Chia-Samen 7,2 % und für weiße Chia-Samen 6,6 % ermittelten, was im Mittel einen Wert von $7,0 \pm 0,4$ % ergibt, ist der genannte Wert für die schwarzen konventionell angebauten Chia-Samen höher. Auch KAČMÁROVÁ et al. (2016) untersuchten Chia-Samen auf ihren Wassergehalt hin, welcher von 5,8 % bis 6,72 % reichte. Zurückführen lässt sich die Differenz zwischen dem ermittelten Wassergehalt und dem aus der Literatur möglicherweise auf die Herkunftsländer. IXTAINA et al. (2008) analysierten argentinische Chia-Samen, KAČMÁROVÁ et al. (2016) untersuchten Chia-Samen aus Bolivien, Argentinien sowie argentinische Bio-Samen. Während die genaue Angabe des Herkunftslandes der Chia-Samen (Naduria) nicht aufgeführt wird, da die Samen aus verschiedenen südamerikanischen Ländern bezogen werden.²

Bei Anwendung der Standardmethode für Getreide, d. h. die Trocknung bei 130 °C, wurde mit $7,198 \pm 0,517$ % ein niedrigerer Wert als bei 105 °C erreicht. Die ganzen Samen wiesen mit $8,328 \pm 0,102$ % den höchsten Wert im Vergleich zu den anderen Proben auf. Auffällig waren die ermittelten Wassergehalte für die ganzen Samen bei 130 °C, da diese höher als die Werte für die fein vermahlene Samen waren. Nach Trocknung der Proben (ganze Samen sowie Schrot) wiesen diese einen starken Verbrennungsgeruch auf. Des Weiteren kam es zum Verkleben des Chia-Schrotes. Daher kann von Umsetzungsreaktionen ausgegangen werden, die den Feuchtegehalt verfälschen, wodurch auch der erhöhte Wassergehalt bei den ganzen Samen zu erklären wäre.

Die veränderte Farbe des Chia-Schrotes, die ins bräunlich-schwarze geht, weist auf weitere Reaktionen als ausschließlich den gewünschten Wasserverlust hin. Demnach kann die Temperatur von 130 °C nicht zum Bestimmen des Wassergehaltes von Chia-Samen verwendet werden, sondern nur nach EBC-Methode (R-110.40.020) bzw. (ISO172), welche 105 °C als Trocknungstemperatur vorschreibt.

5.1.1.2 Schnelltrochewaage (Schnellmethode)

Ganze Samen lieferten bei beiden Einstellungen niedrigere Wassergehalte als die fein vermahlene Samen. Der Grund hierfür liegt in der Schale, die wie bei vielen anderen Körnern und Samen vor Feuchtigkeitsverlust durch äußere Einflüsse schützt.

² [VOTH 2016]

Die Chia-Samen (Bio, Aldi, Paraguay) mit einer matten Oberfläche wiesen einen höheren Wassergehalt ($8,12 \pm 1,447\%$) auf als die Samen von Naduria ($6,93 \pm 0,603\%$). Die Werte für die Chia-Samen (Naduria) bei einer Trocknungstemperatur von 100 °C waren um $0,1\%$ höher als die bei 105 °C , wie aus Tabelle 5.1 ersichtlich. Die Trockenschrankmethode lieferte im Mittel einen um etwa $0,15\%$ niedrigeren Wassergehalt als die Trockenwaage für die konventionell angebauten, fein vermahlene Chia-Samen (Naduria). Daneben könnte auch die höhere Feuchte der Samen auf eine Wasseraufnahme während des Transportes oder einer unsachgemäßen Lagerung schließen. Weshalb ein hoher Wassergehalt der Chia-Samen auf niedere Qualität hindeutet und die Haltbarkeit beeinträchtigt. Da die Bio-Chia-Samen aus Vorversuchen eine schlechte Qualität im Quellen sowie in der Sensorik aufwiesen, kann behauptet werden, dass ein Wassergehalt von über 8% nicht erwünscht ist und dementsprechende Hinweise auf schlechte Qualitäten liefert.

Tabelle 5.1: Ermittelte Wassergehalte von fein vermahlene und ganzen Chia-Samen mittels Schnelltrockenwaage bei 105 °C mit automatischer Abschaltung und bei 100 °C für 12 min getrocknet

Wassergehalt [%] fein vermahlen 105 °C aut.	Wassergehalt [%] ganze Samen 105 °C aut.	Wassergehalt [%] Aldi (Paraguay), ganz 105 °C aut.	Wassergehalt [%] fein vermahlen 100 °C 12 min	Wassergehalt [%] ganze Samen 100 °C 12 min
$7,7525 \pm 0,2564$	$6,93 \pm 0,6029$	$8,12 \pm 1,4466$	$7,85 \pm 0,0248$	$6,55 \pm 0,0497$

5.1.2 Tausendkorngewicht

Das ermittelte Tausendkorngewicht der schwarzen Chia-Samen ist mit $1,336 \pm 0,047\text{ g}$ um etwa $0,03\text{ g}$ größer als das der weißen Chia-Samen ($1,308 \pm 0,023\text{ g}$). IXTAINA et al. (2008) erhielten für schwarze Chia-Samen bei einem durchschnittlichen Wassergehalt von $7,0\%$ das TKG von $1,323 \pm 0,010\text{ g}$. Auch für weiße Samen erhielten sie einen niedrigeren Wert ($1,301 \pm 0,010\text{ g}$).

Die ermittelten Ergebnisse liegen somit nur unwesentlich über den Werten aus der Literatur. Die geringen Abweichungen lassen sich vermutlich auf den etwas höheren Wassergehalt der verwendeten schwarzen Samen (Naduria) (im Durchschnitt $>7,0\%$) zurückführen.

SULEIMAN et al. (2015) fanden einen Zusammenhang zwischen dem Feuchtegehalt und dem TKG für Chia-Samen heraus. Dabei stellten sie folgende Gleichung auf

$$\text{TKG} = 1,083 + 0,15 \cdot \text{Wassergehalt}. \quad (5.1)$$

Bei Erhöhung des Wassergehaltes von 10% auf 20% , stieg auch infolge das TKG von $2,00\text{ g}$ auf $3,50\text{ g}$ an [SULEIMAN et al. 2015]. Da das TKG in Beziehung zum Sortierungsergebnis der Gerste steht und mit zunehmendem Wassergehalt steigt [JACOB 2016], kann das TKG daher zur Beurteilung von Chia-Samen herangezogen werden.

5.1.3 Schüttdichte/Hektolitergewicht

Hochgerechnet ergab sich für die schwarzen Chia-Samen ein Hektolitergewicht von $71,4\text{ kg/hl}$, welches dem Durchschnittshektolitergewicht von Leinsamen (73 kg/hl) sehr nahe kommt [HEFTER 1908]. Für Gerste werden Normwerte von $48\text{--}62\text{ kg/hl}$ angegeben [JACOB 2016]. Im Vergleich zur Gerste sind Chia-Samen sehr viel kleiner, woraus auch kleinere Zwischenräume im Gegensatz zur

Gerste resultieren. Das ist ein Grund, warum die Normwerte für Gerste unterhalb denen von Chia-Samen liegen.

Eine weitaus größere Bedeutung geht auf die Schüttdichte zurück. Die mittlere Schüttdichte schwarzer Samen wurde mit $0,6935 \pm 0,0179 \text{ g/cm}^3$ und die der weißen Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien) mit $0,6977 \pm 0,0126 \text{ g/cm}^3$ bestimmt. Die ermittelten Schüttdichten der schwarzen und weißen Samen weichen somit nur in geringem Maße voneinander ab, wobei die der weißen Samen etwas höher liegt als die der schwarzen. IXTAINA et al. (2008) haben für schwarze Samen eine mittlere Schüttdichte von $0,722 \text{ g/cm}^3$ und für weiße Samen einen Wert von $0,667 \text{ g/cm}^3$ angegeben. Demnach liegt der Wert für die schwarzen Samen aus dieser Bestimmung deutlich unter dem Wert der Autoren. Dies kann, wie auch schon beim TKG, auf unterschiedliche Qualitäten der Samen sowie deren Herkunftsländer hindeuten. Bei einem Anstieg im Wassergehalt konnten SULEIMAN et al. (2015) einen Rückgang in der Schüttdichte von $0,729 \text{ g/cm}^3$ auf $0,458 \text{ g/cm}^3$ verzeichnen. Im Rückschluss darauf kann behauptet werden, dass der Wassergehalt nicht nur Einfluss auf das TKG, sondern auch auf die Schüttdichte nimmt.

5.1.4 Korngrößenverteilung schwarzer und weißer Samen

Die Siebanalyse der schwarzen Chia-Samen (Naduria) sowie der weißen Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien) ergab die in der Abbildung 5.1 sowie 5.2 dargestellten Verteilungssummen. Hieraus ist ersichtlich, dass der Rückstand mit einer Partikelgröße kleiner $1.000 \mu\text{m}$ sehr gering ausfällt und die größte Anzahl an Samen größer $1.000 \mu\text{m}$ und kleiner $1.250 \mu\text{m}$ ist. Der Anteil an größeren ($>1.250 \mu\text{m}$) Partikeln liegt unter 1 %.

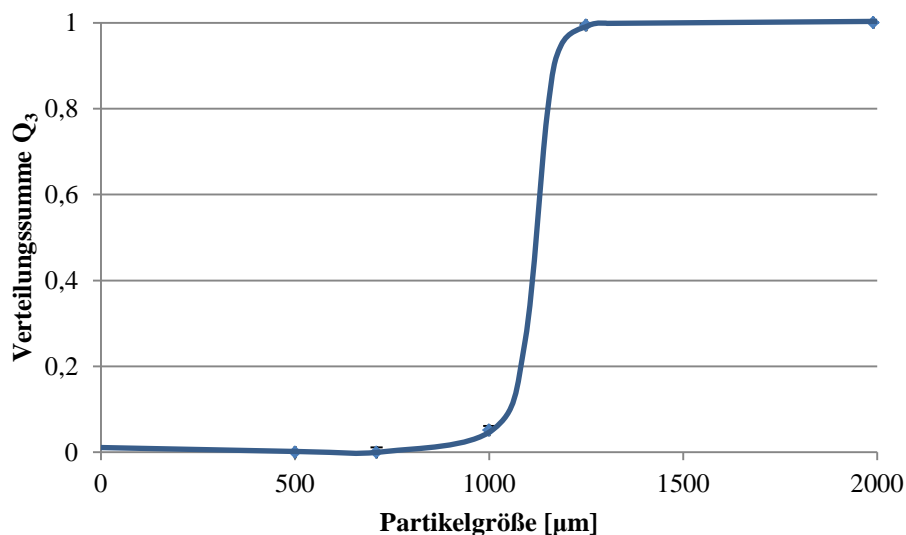


Abbildung 5.1: Verteilungssumme schwarzer Samen (Naduria)

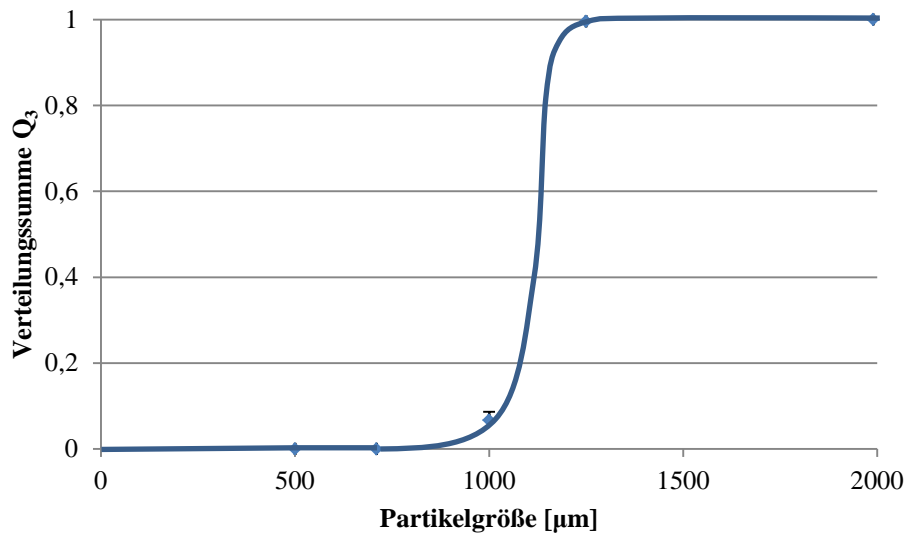


Abbildung 5.2: Verteilungssumme der weißen Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien)

Tabelle 5.2: Ergebnisse der Siebanalyse schwarzer Chia-Samen (Naduria)

x [μm]	Δx [μm]	Δm [g]	ΔD [g]	$Q_3 = D$	R
500	-	0	0	0	1
710	210	5,13	0,0513	0,0513	0,9487
1.000	290	94,31	0,9431	0,9944	0,0056
1.250	250	0,56	0,0056	1	0
1.990 (max.)	740	0	0	1	0

Tabelle 5.3: Ergebnisse der Siebanalyse weißer Bio-Chia-Samen (Bio Primo, Bolivien)

x [μm]	Δx [μm]	Δm [g]	ΔD [g]	$Q_3 = D$	R
500	-	0	0	0	1
710	210	6,7	0,067	0,067	0,933
1.000	290	92,89	0,9289	0,9959	0,0041
1.250	250	0,41	0,0041	1	0
1.990 (max.)	740	0	0	1	0

Aus der Tabelle 5.2 geht hervor, dass 94,31 % der schwarzen Chia-Samen (Naduria) größer als 1.000 μm sind. Bei den weißen Samen waren es nur minimal weniger (92,89 %). Daneben ist die Verteilung der Samen, welche größer 710 μm bzw. größer 1.250 μm sind, nicht identisch. Die weißen Samen enthielten 0,15 % weniger größere Partikel ($>1.250 \mu\text{m}$) und etwa 1,6 % mehr kleinere Partikel ($<710 \mu\text{m}$). Jedoch nahmen die unterschiedlichen Fraktionen auf die Sensorik keinen Einfluss.

Anhand der Verteilungsdichten der weißen sowie dunklen Chia-Samen, welche in den Abbildungen 5.3 und 5.4 dargestellt sind, konnte ebenfalls kein Unterschied verzeichnet werden. Es fällt auf, dass die überwiegende Anzahl an Chia-Samen eine Partikelgröße zwischen 1 mm und 1,25 mm hatte. Demzufolge sind die hier getesteten Chia-Samen sehr gut sortiert worden. Des Weiteren erhielten diese auch in der Besatzanalyse gute Bewertungen. Es befanden sich nur in geringem Maße kleine oder große Samen in der Probe, was zu einer einheitlichen verbrauchergerechten Korngröße führte.

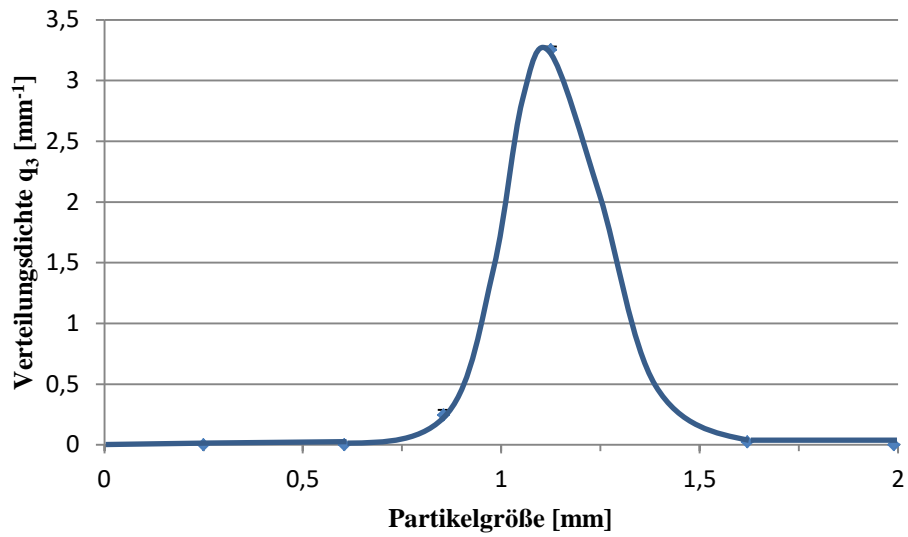


Abbildung 5.3: Verteilungsdichte von schwarzen Chia-Samen (Naduria)

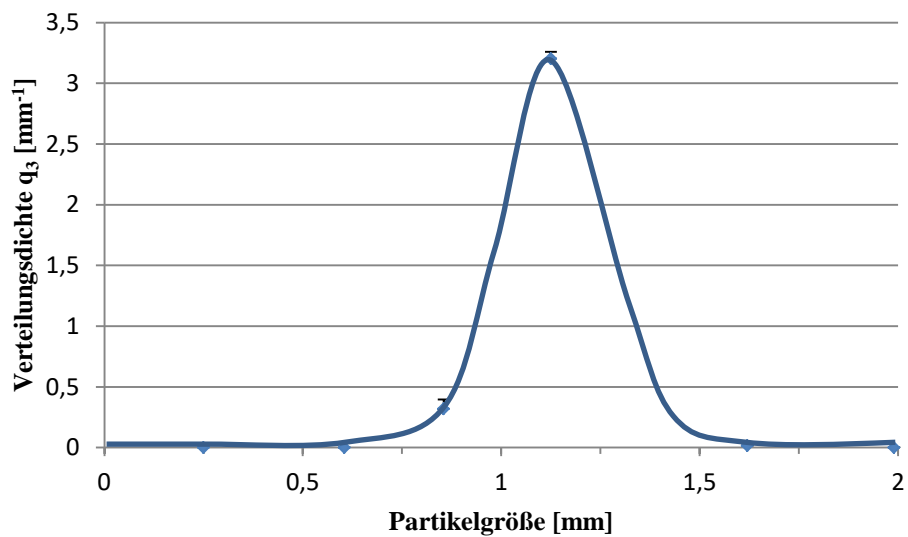


Abbildung 5.4: Verteilungsdichte von weißen Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien)

5.1.5 Keimenergie

Tabelle 5.4: Ermittelte Keimenergien verschiedener Chia-Samen unterschiedlicher Herkunft sowie Anbaus

Probe	Keimenergie [%]
Chia-Samen (Naduria)	86 ± 4,08
Weißer Chia-Samen (Bio, Bio Primo)	97,67 ± 1,25
Chia-Samen (Bio, Aldi, Bolivien)	99,67 ± 0,47
Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Uganda)	97,33 ± 0,47
Chia-Samen (Bio, Aldi, Paraguay)	1,67 ± 0,94
Chia-Samen (verunreinigt, Bolivien)	94 ± 2,16
Chia-Samen (Bio, Naduria, Bolivien)	97,33 ± 1,25

Die beste Keimenergie erreichen die Bio-Samen von Aldi aus Bolivien, wobei diese nahezu 100 % betrug, wie in Tabelle 5.4 zu sehen. Nur etwas niedriger lag diese bei den weißen Bio-Samen von Bio Primo, ebenfalls aus Bolivien, den schwarzen Bio-Samen aus Uganda sowie den Bio-Samen von Naduria. Die stark verunreinigte Probe einer schlechten Charge aus Bolivien wies mit einem Mittelwert von 94 % eine gute Keimenergie auf. Unter 90 % lag die Keimenergie der konventionell angebauten Chia-Samen von Naduria. Der Unterschied zu den Bio-Samen und den konventionell angebauten Chia-Samen ließ sich bereits nach 24-48 Stunden erkennen. Die Bio-Chia-Samen keimten bereits nach 24 Stunden, wobei bei den Chia-Samen aus konventioneller Landwirtschaft nur wenige zu keimen begannen, wie in Abbildung 5.5 zu sehen ist. Nach drei Tagen waren bei den Bio-Samen Wurzelkeim und Blattkeim fast vollständig ausgebildet. In der nachfolgenden Abbildung ist zu erkennen, dass bei den konventionell angebauten Chia-Samen (Naduria) generell weniger Keime sowie Blattkeime zu sehen waren.

Bei allen hier getesteten Bio-Chia-Samen, bis auf die Chia-Samen aus Paraguay (Aldi), die von schlechter Qualität waren, konnten nach 24 Stunden bereits erste Keime beobachtet werden. Somit lässt sich im Hinblick auf die Keimdauer mit dieser Methode unterscheiden, ob Chia-Samen konventionellen oder ökologischen Ursprungs vorliegen. Ursächlich für die verspätete Keimung ist wahrscheinlich die Anwendung von synthetischen Pflanzenschutzmitteln, welche sowohl vor der Aussaat als auch während der Reifung eingesetzt werden.³ Jedoch werden vermutlich nur geringe Mengen an Pestiziden verwendet, da die Keimenergie nach drei Tagen dennoch nahezu 90 % erreichte. Zudem lässt sich anhand der Keimenergie, welche bei konventionell angebauten Chia-Samen in etwa 10 % niedriger war, erkennen, um welchen Anbau der Samen es sich handelt.

Die Chia-Samen von Aldi (Paraguay), welche eine matte Oberfläche aufwiesen, müssen von minderer Qualität sein, da ihre Keimenergie <2 % betrug. Somit scheint der Gesundheitszustand der Samen schlecht gewesen zu sein. Auf Grund der Tatsache, dass diese Samen Anzeichen einer Befeuchtung und Trocknung aufwiesen, könnten die hohen Trocknungstemperaturen zu einer Denaturierung der Stärke- und eiweißabbauenden Enzyme, die zum Keimen erforderlich sind, geführt haben.

³ [VOH 2016]



Abbildung 5.5: Keime nach 2 Tagen links: weiße Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien) und rechts: Chia-Samen (Naduria)

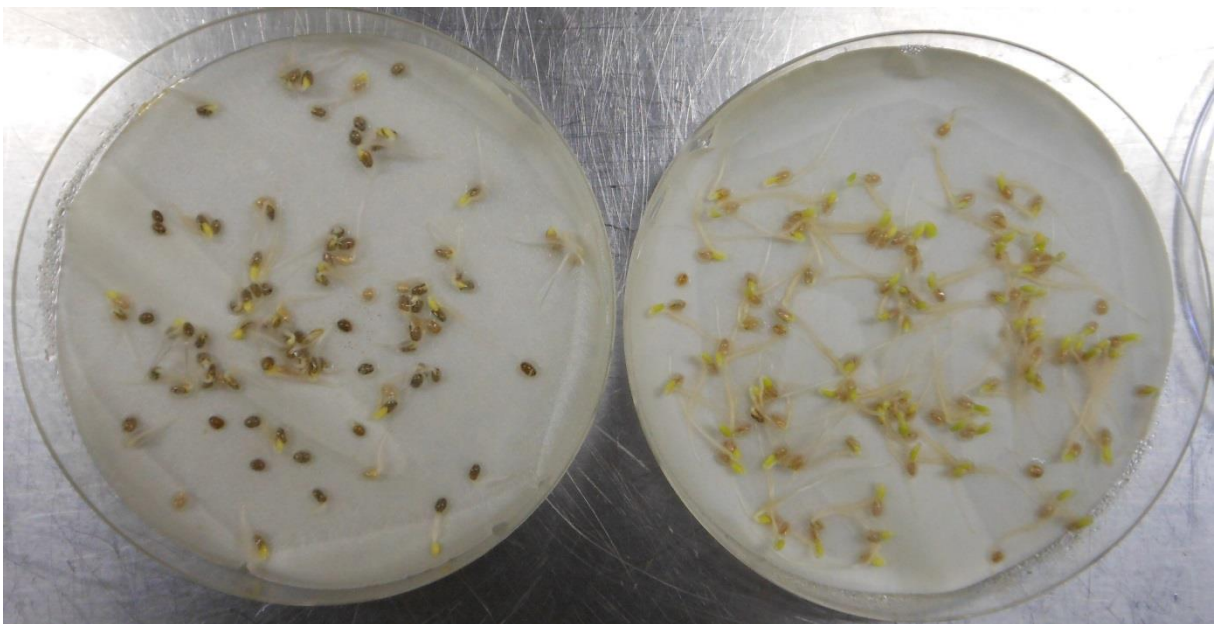


Abbildung 5.6: Keime nach 3 Tagen links: Chia-Samen (Naduria) und rechts: weiße Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien)

Schlussfolgernd dient diese Analyse nicht nur zur Differenzierung von Bio-Chia-Samen und konventionell angebauten Chia-Samen, sondern auch zur Beurteilung der Samenqualität. Chia-Samen mit niedriger Keimenergie könnten dementsprechend behandelt worden sein oder erfuhren ungünstige Erntebedingungen, sodass sie nicht mehr als rohe Chia-Samen gelten sollten.

Die Keimenergie nahm dabei keinen direkten Einfluss auf die Sensorik, wobei die geprüften Chia-Samen (Bio, Aldi, Paraguay) einen dezenten alten bzw. dumpfen Geruch und Geschmack aufwiesen.

5.1.6 Besatzanalyse

Aus der Besatzanalyse für die Bio-Samen (Naduria, Bolivien) ging hervor, dass nur wenig Erd- oder Pflanzenteile, einige entschälte Chia-Samen, einzelne braune, wenige Bruchsamensamen sowie ein Unkrautsamen (schwarzer Amaranth) enthalten waren. Die Chia-Samen Probe (Bio, Aldi, Bolivien) beinhaltete ebenfalls vereinzelte entschälte Samen, wenige braune, jedoch wurden keine Fremdsamen entdeckt. Somit kam es bei den beschriebenen Proben zu keinen Auffälligkeiten, weshalb diese ohne Mängel bewertet werden können. Die weißen Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien) enthielten wenige braune Samen, Bruchkorn und vermutlich Kot, welcher als unerwünschter Bestandteil nicht in den Samen vorhanden sein sollte. Dies ist wohlmöglich auf eine fehlende densitometrische bzw. unzureichende Sortierung zurückzuführen. Bei einer solchen Probe sollte dieser Bestandteil zu Abzügen in der Bewertung führen. In den Chia-Samen aus Uganda (Bio, Bio Primo) konnte ein geringer Anteil an braunen, leicht gelblich grünen Samen sowie vereinzelte Pflanzenreste identifiziert werden. Auffällig waren die ungleichmäßig großen Samen, welche durch eine fehlende Sortierung abwertend beurteilt werden müssen.

Bei den Bio-Chia-Samen aus Bolivien, welche durch ihre Verunreinigungen sofort auffielen, konnten viele Pflanzenteile, Kot, wenige matte Samen, viele Fremdsamen (schwarzer Amaranth) sowie viele Unkrautsamen (Farolito) gezählt werden. Allerdings waren keine braunen Samen zu sehen. Jedoch wiesen die Chia-Samen eine starke Verstaubung auf. Dieses Phänomen kommt durch fehlende Aspiration, welche Steine und Staub filtert, zustande. Daneben waren die Größenunterschiede deutlich sichtbar, was wiederum auf eine mangelhafte Sortierung hindeutet. Allgemein lässt sich behaupten, dass diese Samen keinerlei bis minimaler Reinigung unterzogen worden sind. Derartige Chia-Samen sollten nicht in den Handel gebracht werden, weshalb sie mit erheblichen Mängeln bewertet werden müssen. Nebenbei bemerkt, sind einige SORTEX-Apparate in der Lage die Samen nach Farbe, Größe und Form mittels Laserstrahl zu sortieren.

Die Reinheit der Chia-Samen ist sehr wichtig, weshalb die Besatzanalyse eine bedeutende Rolle in der Qualitätssicherung einnimmt. Ihre Prüfung sollte Bestandteil der Qualitätssicherung sein. Diese wird bereits bei mehreren Unternehmen angewendet u. a. auch bei der Duria Global GmbH & Co. KG. Dabei wäre ein Vorgehen für die Qualitätsbewertung einer Charge im Rahmen der Qualitätssicherung mittels Einstufungskriterien, welche in der Tabelle 4.1 dargestellt sind, denkbar. Bei der Untersuchung könnten drei bis vier Proben à 1 g beurteilt werden.

Tabelle 4.1: Vorgeschlagene Einstufungskriterien für die Qualitätsbewertung von Chia-Samen für die Qualitätssicherung

Besatz und andere Bestandteile	Sehr gute bis gute Qualität	Akzeptable Qualität	Nicht akzeptable Qualität
Fremdsamen	0	1-5	>5
Bruchkorn	0-10	11-20	>20
Braune/unreife Samen	0-5	6-15	>15
Entschälte/gespaltene Samen	0-10	11-20	>20
Matte Samen	0-5	6-15	>15
Pflanzliche Reste	0-5	6-15	>15
Feinanteil/Feinstaub	Nein	Nein	Ja
Sackfäden	Nein	Nein	Ja
Skletorium, Käfer, Insektenfragmente	Nein	Nein	Ja
Erde, Steine	Nein	Nein	Ja

Mittels Bildanalytischer Methoden lassen sich Besatzbestimmungen durchführen, wobei diese zur Vereinfachung der Qualitätssicherung noch nicht automatisierbar sind und somit nicht ganz auf die Handauslese verzichtet werden kann [SEIBEL 2005].

5.1.7 Schneidetest

Die vorbereitete Masse aus Schrot und Wasser bildete eine gallertartige Struktur aus. Allerdings nimmt die Masse keine feste Form an. Diese war stark klebend, weshalb man sie nicht ohne Weiteres aus dem Gefäß heraus bekam. Somit ist die Durchführung des Schneidetests wie bei Tortenguss nicht möglich, da keine klare Kante sichtbar war.

5.1.8 Farbe

Die Farbbestimmung der verschiedenen Proben ergab, die in Abbildung 5.7 dargestellten Farbwerte für weiße Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien), Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Uganda), Chia-Samen (Bio, Aldi, Paraguay), Chia-Samen (Bio, Aldi, Bolivien), verunreinigte Chia-Samen (Bio, Bolivien), konventionell erzeugte Chia-Samen (Naduria) sowie für biologisch angebaute Chia-Samen (Naduria, Bolivien).

Die weißen Chia-Samen sind deutlich von den schwarzen bzw. dunklen Chia-Samen abzugrenzen. Sie erreichten einen Helligkeitswert (L^* -Wert) von über 60, während die übrigen dunklen Chia-Samen bei einem Wert nahe 50 bzw. etwas über 50 lagen. Die a^* -Werte, die den Rotanteil angeben, waren ebenfalls höher als bei den schwarzen Samen. Ferner ist der Wert für den Gelbanteil in den weißen Samen, welcher mit dem Parameter b^* angegeben wird, im Vergleich zu den anderen Chia-Samen höher. Darüber hinaus fällt auf, dass die $L^*a^*b^*$ -Werte von den Aldi-Samen (Bio, Bolivien) mit den verunreinigten Chia-Samen (Bio, Bolivien) sowie den konventionell angebauten Chia-Samen (Naduria) nahezu übereinstimmen. Da aus der Besatzanalyse hervorging, dass die Chia-Samen (Aldi, Bio, Bolivien) sehr guter Qualität und die verunreinigten Chia-Samen (Bio, Bolivien) von minderer Qualität waren, ist die Farbanalyse für die Bewertung der Qualität daher eher ungeeignet. Da die Chia-Samen (Bio, Aldi, Paraguay) vorwiegend aus matten Samen bestanden, führten diese zu kleineren Helligkeitswerten (L^* -Wert) als die der übrigen Samen. Zudem nahmen die Parameter a^* und b^* vergleichsweise (außer die weißen Chia-Samen) große Werte an.

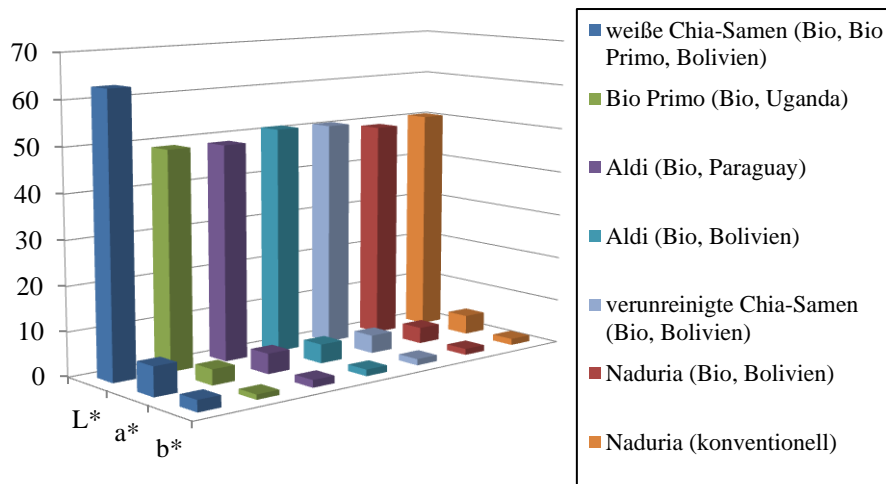


Abbildung 5.7: Farbwerte von verschiedenen Chia-Samen nach $L^*a^*b^*$ -Farbsystem

5.2 Einflüsse auf die Sensorik und Qualität von Chia-Samen

5.2.1 UV-Strahlung

Nach einstündiger ultravioletter Bestrahlung konnte man bei den beiden Proben (schwarze und weiße Chia-Samen) einen leicht alten Geruch wahrnehmen. Nach einer weiteren einstündigen Bestrahlung intensivte sich der beschriebene Geruch und erhielt bei den schwarzen Chia-Samen (Bio, Aldi, Bolivien) eine leichte Vanille-Note. Der Geruchseindruck alt wurde bei beiden Proben auch im Geschmack wahrgenommen. Nach einer dreistündigen Bestrahlung konnte weder bei den weißen (Bio, Bio Primo, Bolivien) noch den schwarzen Chia-Samen (Bio, Aldi, Bolivien) eine sichtbare farbliche Veränderung wahrgenommen werden, weshalb die Chia-Samen weitere 24 sowie 48 Stunden bestrahlt wurden. Da nach dieser Zeit nach wie vor keine erkennbaren Unterschiede beobachtet werden konnten, wurde eine Farbmessung durchgeführt. Aus dieser Messung gingen die nachfolgenden Diagramme hervor. In Abbildung 5.8 sind die Helligkeitswerte (L^* -Werte) der weißen sowie schwarzen Chia-Samen dargestellt. Die Differenzen sind weniger stark ausgeprägt, wobei dennoch festgestellt werden kann, dass bei den dunklen Chia-Samen (Bio, Aldi, Bolivien) der L^* -Wert mit längerer Bestrahlung abnimmt. Demzufolge werden diese Samen durch UV-Einwirkung minimal dunkler. Bei den weißen Chia-Samen nimmt der L^* -Wert ebenfalls ab, jedoch etwas deutlicher. Daneben sinkt auch der Rotanteil beider Proben durch zunehmende UV-Strahlung, was aus Abbildung 5.9 hervorgeht. Die Abnahme ist bei den weißen Chia-Samen deutlich zu sehen, während der Unterschied bei den dunklen Samen kaum ins Gewicht fällt. Dem hingegen stehen die Werte für den Gelbton, welche in Abbildung 5.10 verdeutlicht werden. Während die schwarzen Chia-Samen nur geringe Differenzen aufzeigten, stiegen die Werte für die weißen Chia-Samen maßgeblich. Diese Differenzen erhöhten sich mit Dauer der UV-Bestrahlung. Demnach vergilbten die Chia-Samen durch UV-Einfluss, wobei der Unterschied lediglich bei den weißen Samen offensichtlich war.

Aus dem Farbabstand bzw. der Farbdifferenz, die nach 24 stündiger Bestrahlung bei den schwarzen Samen 0,08 und bei den weißen Chia-Samen 0,83 betrug, kann der Unterschied in der farblichen Gesamtabweichung angegeben werden. Nach 48 stündiger UV-Einwirkung vergrößerte sich der Farbabstand beider Samen. Während der Wert für die dunklen Chia-Samen bei 0,39 lag, stieg

dieser für die weißen Chia-Samen auf 1,33 an. Da der Wert dieser Dauer an Bestrahlung für die dunklen Chia-Samen niedrig war, fiel auch die Wahrnehmung sehr gering aus. Bei den weißen Chia-Samen lag der Wert über 1,0, dennoch konnte der Unterschied mit dem menschlichen Auge nur in geringem Maße wahrgenommen werden [HÄBLER 2012]. Dennoch müssen Unternehmen, die Chia-Samen vertreiben, bei der Wahl der Verpackung die UV-Einwirkung berücksichtigen.

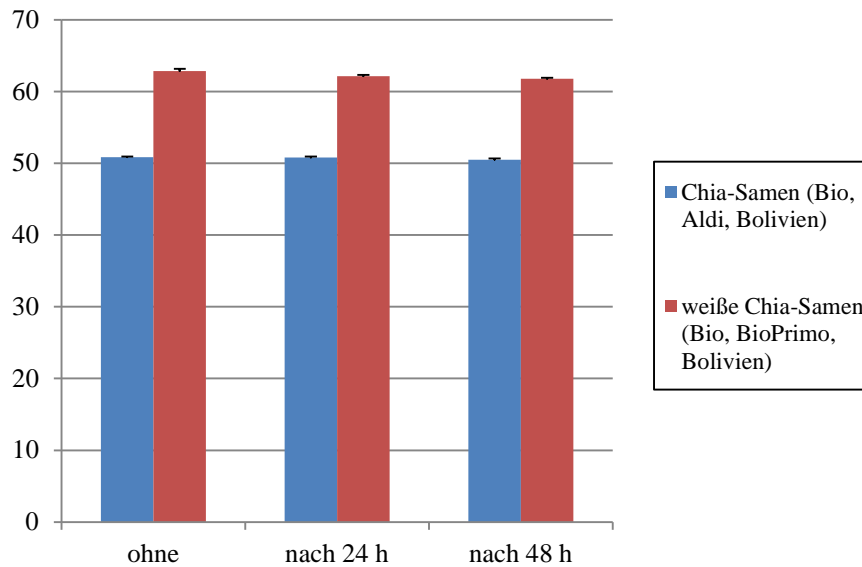


Abbildung 5.8: Helligkeitswerte (L^* -Werte) von weißen und schwarzen Chia-Samen ohne sowie nach 24 h und 48 h Bestrahlung mit UV-Licht

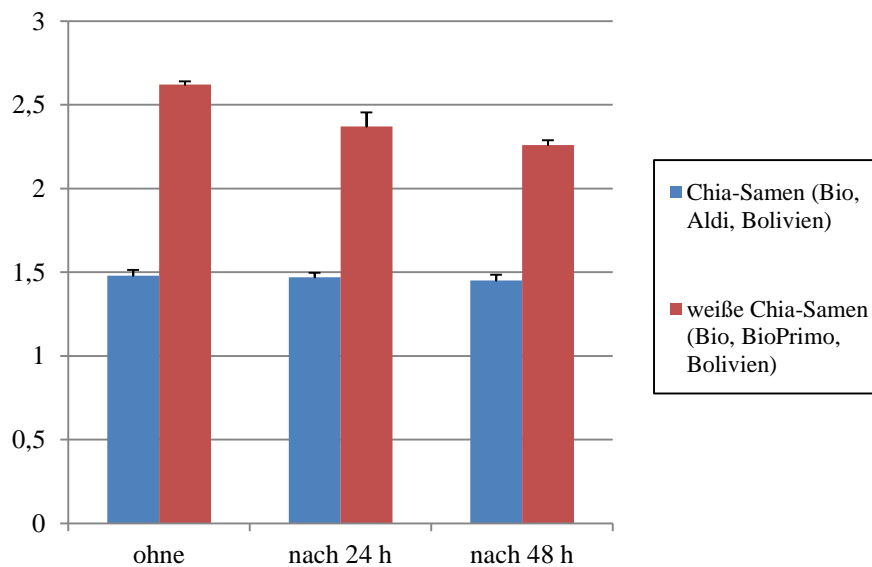


Abbildung 5.9: Werte des Rotanteils (a^* -Wert) von weißen und schwarzen Chia-Samen ohne sowie nach 24 h und 48 h Bestrahlung mit UV-Licht

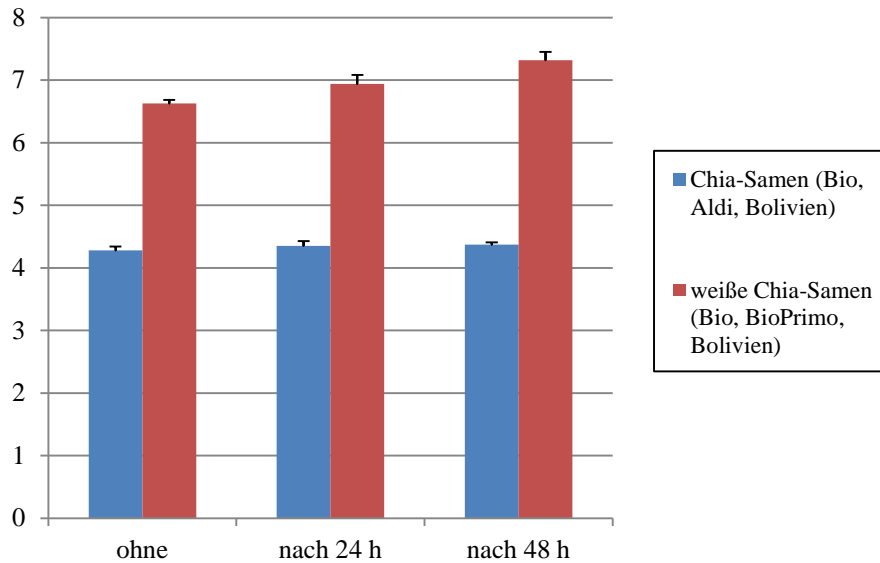


Abbildung 5.10: Werte des Gelbtons (b^* -Werte) von weißen und schwarzen Chia-Samen ohne sowie nach 24 h und 48 h Bestrahlung mit UV-Licht

5.2.2 Quellen

Die erste Durchführung erfolgte bei 30 °C. Während der ersten Stunde trat keine sensorische Auffälligkeit ein. Bei weiterer Temperaturerhöhung auf 40 °C, wurde bei den fein vermahlene Samen ein malziger Geruch wahrgenommen. Wohingegen die biologisch angebauten ganzen Chia-Samen (Naduria) aromatisch fischig rochen. Die weißen Bio-Samen (Bio Primo, Bolivien) dagegen wiesen ein mehliges Aroma auf. Bei den Bio-Chia-Samen aus Uganda (Bio Primo) wurde wie vor dem Quelltest ein neutraler Geschmack als auch Geruch wahrgenommen. Eine weitere Temperaturerhöhung auf 50 °C ging mit keinerlei Änderung der Sensorik einher.

Die hergestellte schlechte Charge wies keine sensorischen Unterschiede zu den Chia-Samen (Naduria) auf.

Auch bei 60 °C kam es zu keiner signifikanten Änderung hinsichtlich der sensorischen Eigenschaften. Dahingegen konnte durch Erhöhung der Temperatur sogar der anfängliche negative Geruchseindruck neutralisiert werden. Die hierfür verantwortlichen Substanzen verdampfen mit großer Wahrscheinlichkeit, da durch Zunahme der Quelldauer (auf eine weitere Stunde ausgedehnt) alle zuvor identifizierten Aromen geglättet wurden. Somit konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Proben festgestellt werden.

Einstellung des pH-Wertes/salziger Lösung

Nach 30 minütiger Einweichzeit erfolgte bei der alkalischen Lösung (pH 8,5) eine deutliche olfaktorische Wahrnehmung. Die schlechte Charge (Bio, Aldi, Paraguay) wies einen strohigen, modrigen sowie fischigen Geruch auf.

Des Weiteren wurde die Differenz der beiden pH-Werte vergrößert. Die saure Lösung wurde auf den pH-Wert 2,5 und die basische Lösung auf pH 10 eingestellt. Nach 30-minütigem Einweichen in der alkalischen Lösung (pH 10) wurde wie zuvor auch schon bei pH 8,5 die genannte geruchliche Abweichung ermittelt. Bei der sauren Lösung (pH 2,5) gab es keine sensorischen Auffälligkeiten.

Eine zusätzliche salzige Lösung ließ die Proben noch neutraler im Geschmack erscheinen, sodass dabei keine geschmacklichen bzw. Unterschiede im Geruch wahrgenommen werden konnten.

5.2.3 Begasung mit Kohlenstoffdioxid

Aus der physiologischen Untersuchung (Keimenergie) wurde ein Mittelwert von $99,67 \pm 1,43$ % bestimmt. Dieser lag damit exakt bei den Samen ohne Kohlenstoffdioxid-Begasung. Somit hat die 7-tägige Begasung keinerlei Auswirkung auf die Keimenergie der Chia-Samen. Bei einer längeren Begasungszeit könnte es allerdings Veränderungen im Samen nach sich ziehen, was zu Qualitätseinbußen in der Keimenergie führen kann. Vergleichbar ist dieser Prozess mit der Kohlenstoffdioxid-Begasung der Chia-Samen nach der Ernte, um eine Kontamination mit Insekten auszuschließen.

5.2.4 Schütteln

Nach optischem Eindruck war nahezu kein Abrieb in der Versuchsflasche erkennbar. Die Durchführung der Siebanalyse ergab, die in Abbildung 5.11 sowie 5.12 dargestellten Diagramme. Diese stimmten mit den Abbildungen 5.1 und 5.3 überein, weshalb der minimal entstandene Abrieb keinerlei Auswirkung auf die Verteilungssumme hat. Demzufolge nimmt das Schütteln der Samen keinen Einfluss auf die Korngrößenverteilung und demnach auch nicht auf die Qualität der Chia-Samen.

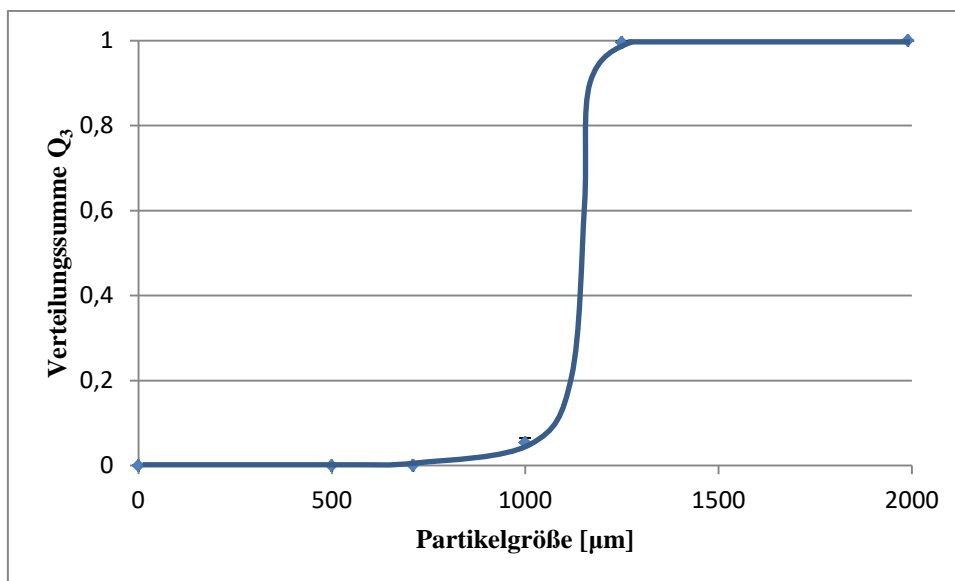


Abbildung 5.11: Verteilungssumme von Chia-Samen (Bio, Aldi, Bolivien) nach 7-tägigem Schütteltest

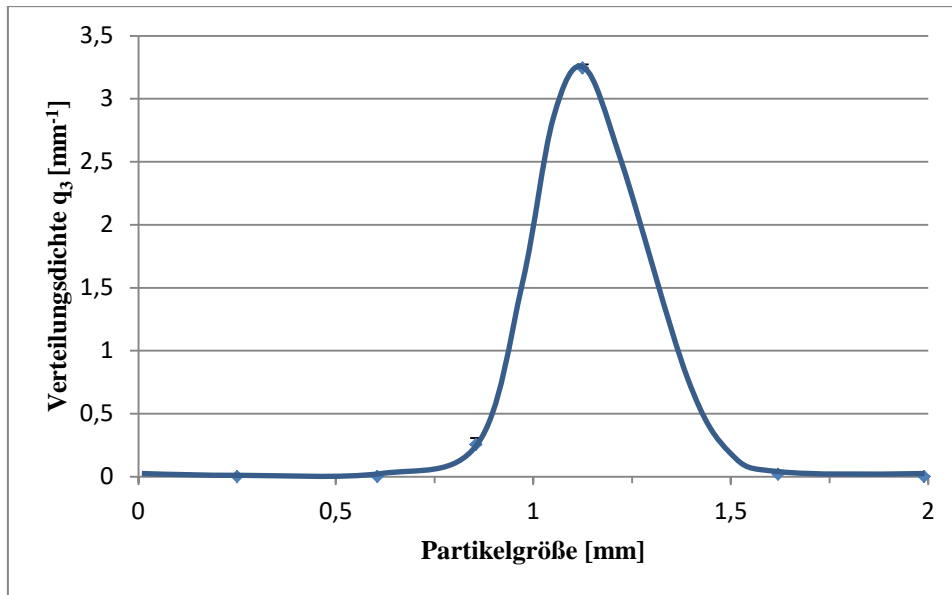


Abbildung 5.12: Verteilungsdichte von Chia-Samen (Bio, Aldi, Bolivien) nach 7-tägigem Schütteltest

5.2.5 Gefriertest

Nach einem Tag bei -18 °C konnten keine sensorischen Unterschiede oder auch farbliche Veränderungen festgestellt werden. Nach zwei bzw. drei Tagen wurde bei den genannten Temperaturen ein Geschmacksdefizit wahrgenommen. Die Proben wiesen einen leicht mehligem Geschmack auf, wobei die Textur unverändert blieb. Selbst nach sieben Tagen konnte keine Verstärkung im Hinblick auf einen negativen Geschmackseindruck beobachtet werden. Aus dieser Untersuchung ging hervor, dass sich der Geschmack von Chia-Samen (Naduria) infolge Minustemperaturen ändern kann. Auch auf dem Feld kann es zu solchen Bedingungen kommen, wodurch sich ein mehligem Geschmack entwickeln kann. Dies ist jedoch in den meisten Fällen nicht zu vermeiden.

5.3 Sensorische Bewertung anhand eines Vokabulars

Aus den Ergebnissen, die aus dieser Arbeit hervorgehen, lässt sich ein Vokabular für die sensorische Bewertung bzw. Abweichung für das DLG-Prüfschema zusammenfassen.

Da Chia-Samen einen neutralen bis leicht fischigen Geruch sowie neutralen bis nussigen Geschmack aufweisen können, sollte bei der sensorischen Bewertung auf abweichende Eigenschaften hinsichtlich Geruch und Geschmack geachtet werden. Zum Beschreiben der Sensorik dient die folgende zusammengefasste Tabelle.

Tabelle 5.5: Zusammengefasstes Vokabular für die sensorische Bewertung von Chia-Samen


	Geruch	Geschmack
Erwünschte Eigenschaften	neutral leicht fischig	neutral nussig
Abweichende Eigenschaften	strohig erdig heuig dumpf/muffig alt ranzig grasig faulig verbrannt	strohig erdig mehlig seifig ranzig dumpf faulig

Auf Basis dieses Vokabulars sowie dem DLG-Prüfschema für Ölsamen und Ölsamenzubereitungen wurde ein Vorschlag, welcher in Abbildung 5.13 angeführt ist, eines möglichen Prüfschemas für Chia-Samen erarbeitet. Dabei kennzeichnen die Begriffe in einer violetten Schrift die neu eingefügten abweichenden Attribute. Die nicht auf Chia-Samen zugeschnittenen Eigenschaften aus dem DLG-Prüfschema für Ölsamen und Ölsamenzubereitungen wurden zur Vereinfachung weggelassen.

Daneben kam es zur Anpassung der Gewichtungsfaktoren. Da das Aussehen/Farbe wichtiger Bestandteil der Qualitätsbeurteilung darstellen, sollte hier die Gewichtung von 4 auf 6 angehoben werden. Die Abweichungen, die sich hier ergeben, entstammen der Besatzanalyse.

Bei der Konsistenz/Kaueindruck konnten keine markanten Auffälligkeiten durch Qualitätseinbußen festgestellt werden, weshalb hier eine Abstufung auf 4 vorzunehmen wäre.

Da sich der Geruch sowie der Geschmack bei Chia-Samen als gleichgestellte Faktoren erwiesen, werden diese gleich gewichtet (x 5). Ein abwertender Geschmack und Geruch ließen sich aufgrund der aromaarmen Charakteristik der Samen selten eindeutig feststellen. Dennoch konnte das Aussehen bzw. die Oberflächenbeschaffenheit der Chia-Samen erste Hinweise auf die Qualität dieser liefern.

 Prüfschema für Chia-Samen													
5 Punkte-Skala und Bewertungsabole Punkte: Qualitätsbeschreibung 5 Sehr gut 4 Gut 3 Zufriedenstellend 2 Weniger zufriedenstellend 1 Nicht zufriedenstellend 0 Unzulänglich													
allgemeine Eigenschaften Keine Abweichung von d. Qualitätsanforderungen Geringfügige Abweichungen Leichte Abweichungen Deutliche Abweichungen Starke Abweichungen nicht bewertbar													
1. Aussehen, Farbe zu viele braune Samen matte Oberfläche 4426 Samenhautrückstände/ Feinanteil 1373 beschädigte Samen 5816 ungleichmäßig groß		Bewertung: 5490 Verunreinigungen 2177 Fremdbestandteile 4571 Schädlingsbefall (tot) 4572 Schädlingsbefall (lebend) 4600 Schimmelbefall 4710 sonstige Mängel* 9998 nicht bewertbar*										X 6 Gewichts- Faktoren	* Bemerkungen: Foto beantragt <input type="checkbox"/>
		5	4	3	2	1	0						
		5	4	3	2	1	0						
2. Konsistenz, Kaudruck 5115 trocken 6430 zu hart beim Kauen		Bewertung: 5956 weich 4710 sonstige Mängel* 9998 nicht bewertbar*										X 4	
		5	4	3	2	1	0						
3. Geruch heilig, strohig, modrig, erdig 1005 alt 3955 Nebengeruch* 4235 ranzig 2190 Fremdgeruch*		Bewertung: 1824 dumpf/muffig 4640 schimmelig 2330 faulig 4710 sonstige Mängel* 9998 nicht bewertbar*										X 5	
		5	4	3	2	1	0						
4. Geschmack strohig, erdig, mehlig 1005 alt 3960 Nebengeschmack* 4235 ranzig 4450 seifig 2195 Fremdgeschmack*		Bewertung: 1824 dumpf/muffig 4640 schimmelig 2330 faulig 4327 rauh, sandig 4710 sonstige Mängel* 9998 nicht bewertbar*										X 5	Reserveproben beantragt haben vorgelegen <input type="checkbox"/> fehlen <input type="checkbox"/>
		5	4	3	2	1	0						
		5	4	3	2	1	0						

DLG e.V. Eschborner Landstr. 122, 60489 Frankfurt a.M., Deutschland
 Stand: Juni 2017
 >>>Jede nicht genehmigte Weitergabe dieses Dokumentes verstößt gegen die Schutzrechte des Rechteinhabers. Jeer Verstoß wird straf- und zivilrechtlich verfolge<<<

Abbildung 5.13: Vorschlag für das Prüfschema für Chia-Samen auf Basis des Prüfschemas für Ölsamen und Ölsamenzubereitungen (2014)

6 Zusammenfassung

Die Chia-Pflanze produziert kleine, glänzend schwarz marmorierte Schließfrüchte, die auch als Samen bezeichnet werden. Des Weiteren ist ein geringer Anteil an weißen Samen enthalten. Gegenwärtig wird die Chia-Pflanze überwiegend in Mexiko, Bolivien, Argentinien, Ecuador und Guatemala angebaut [IXTAINA et al. 2010]. Für die Qualität der Samen ist eine gründliche Reinigung entscheidend, wobei die mechanische Sortierung in Bezug auf die Größe sowie die Dichte wesentlich ist. In ihrer Zusammensetzung weisen Chia-Samen den höchsten bisher bekannten α -Linolsäure-Gehalt, der bis zu 67,8 % betragen kann, auf [COATES und AYERZA 1996]. Die Besonderheit der Samen liegt jedoch in ihrem Wasserbindevermögen, das bis zum 27-fachen ihres eigenen Gewichtes betragen kann. Dabei bildet sich ein Gel, welches vermutlich in der äußeren Samenschicht lokalisiert ist [MUÑOZ et al. 2012]. Dieses Gel ist Bestandteil weitreichender Forschung und wird extrahiert, um als Zusatz die Viskosität, Stabilität, Textur und Konsistenz in Lebensmitteln zu beeinflussen [SEGURA-CAMPOS et al. 2014, COOREY et al. 2014].

Für die Qualitätsbeurteilung von Chia-Samen wurde zunächst der Wassergehalt bestimmt, der einen Durchschnittswert von $7,605 \pm 0,112$ % lieferte. Für eine schlechte Charge Chia-Samen wurde ein Wert weit über 8 % bestimmt. Diese Samen waren bereits aufgequollen, was sich durch eine raue und matte Oberfläche bemerkbar machte. Daher sollten Chia-Samen von guter Qualität einen Wassergehalt unter 8 % aufweisen.

Das Tausendkorngewicht der schwarzen Chia-Samen war mit 1,336 g um etwa 0,03 g größer als das der weißen Chia-Samen (1,308 g). In Zusammenhang mit dem TKG steht der Wassergehalt: Mit Erhöhung des Wassergehaltes steigt auch infolge das TKG an, und die Schüttdichte nimmt zu [SULEIMAN et al. 2015]. Für schwarze Samen wurde eine Schüttdichte von $0,6935 \text{ g/cm}^3$ und für weiße Chia-Samen von $0,6977 \text{ g/cm}^3$ bestimmt. Weiterhin ergab die Bestimmung der Korngrößenverteilung, dass der Rückstand mit einer Partikelgröße kleiner $1.000 \mu\text{m}$ sehr gering ausfiel und der überwiegende Teil der Samen größer $1.000 \mu\text{m}$ und kleiner $1.250 \mu\text{m}$ war. Somit kann auf eine gut gereinigte Probe geschlossen werden.

Durch Prüfung der Samen auf ihre Keimenergie hin, konnte herausgefunden werden, dass Bio-Chia-Samen bereits nach 24 Stunden keimen. Während konventionell angebaute Chia-Samen erst später ihre Wurzelkeime entwickeln. Mit dieser Methode kann man einen ersten Hinweis auf den Anbau der Samen erhalten. Schlussfolgernd wäre es plausibel, wenn Chia-Samen mit geringer Keimenergie dementsprechend behandelt wurden oder ungünstige Erntebedingungen erfuhren, sodass sie nicht mehr als rohe Chia-Samen gelten.

Die Reinheit der Chia-Samen ist sehr wichtig, weshalb die Besatzanalyse eine bedeutende Rolle in der Qualitätssicherung einnimmt. Besonders geachtet werden sollte dabei auf Unkrautsamen, braune Samen sowie matte Samen, die erheblichen Einfluss auf die Qualität nehmen.

Als weiterer Einflussfaktor kann die UV-Strahlung angesehen werden. Aus dem selbst entwickelten UV-Test ist abzuleiten, dass sowohl die schwarzen als auch die weißen Chia-Samen durch eine 48-stündige Bestrahlung eine Veränderung in der Farbe zur Folge hatten. Die Samen wurden etwas dunkler und insbesondere die weißen Samen vergilbten.

Des Weiteren wurden durch einen Quelltest mit zusätzlicher pH-Wert-Einstellung sensorische Unterschiede zwischen den Qualitäten der Chia-Samen festgestellt. Durch Quellen der Samen in alkalischer Lösung (pH 8,5 sowie pH 10) können schlechte von guten Samen differenziert werden.

Die schlechte Charge wies einen strohigen, modrigen sowie fischigen Geruch auf, während die guten Proben keine sensorischen Abweichungen zeigten.

Durch eine Begasung der Samen mit Kohlenstoffdioxid, konnte keine Auffälligkeit im Hinblick auf die Keimenergie verzeichnet werden. Auch mittels Schütteltest wurden keine Qualitätseinbußen, hier am Abrieb gemessen, festgestellt. Während der Gefriertest zeigte, dass die Lagerung der Chia-Samen bei Minustemperaturen einen negativen Geschmackseindruck zur Folge hat.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Untersuchungen wurde ein beschreibendes Vokabular zusammengefasst, welches in das DLG-Prüfschema für Chia-Samen eingeflossen ist.

7 Literaturverzeichnis

- 2013/50/EU, 2013: *Durchführungsbeschluss der Kommission vom 22. Januar 2013 über die Genehmigung einer Erweiterung der Verwendungszwecke von Chiasamen (Salvia hispanica) als neuartige Lebensmittelzutat gemäß der Verordnung (EG) Nr. 258/97 des Europäischen Parlaments und Rates*. URL: <http://www.bfr.bund.de/cm/343/durchfuhrungsbeschluss-der-kommission-erweiterung-der-verwendungszwecke-von-chiasamen-salvia-hispanica.pdf>, letzter Zugriff am 09.11.2016.
- ARGENCHIA, 2014. Tucumán.
- AUGE, M., 2015: *Chiasamen in der Ernährungsberatung*. – Ernährung im Fokus, S. 36-37.
- AYERZA, R., 2010: *Effects of seed color and growing locations on fatty acid content and composition of two Chia (Salvia hispanica L.) genotypes*. – Journal of the American Oil Chemists' Society 87, S. 1161-1165.
- AYERZA, R., 2013: *Seed composition of two chia (Salvia hispanica L.) genotypes which differ in seed color*. – Emirates Journal of Food and Agriculture 25, Nr. 7, S. 495-500.
- AYERZA, R. und COATES, W., 2005: *Ground chia seed and chia oil effects on plasma lipids and fatty acids in the rat*. – Nutrition Research 25, S. 995-1003.
- AYERZA, R. und COATES, W., 2009: *Influence of environment on growing period and yield, protein, oil and α -Linolenic content of three chia (Salvia hispanica L.) selections*. – Industrial Crops and Products 30, S. 321-324.
- BAGINSKY, C., ARENAS, J., ESCOBAR, H., GARRIDO, M., VALERO, N., TELLO, D., PIZARRO, L., VALENZUELA, A., MORALES, L., SILVA, H., 2016: *Growth and yield of chia (Salvia hispanica L.) in the Mediterranean and desert Climates of Chile*. – Chilean Journal of Agricultural Research 76, Nr. 3, S. 255-264.
- BELITZ, H.-D. und GROSCH, W., 1982: *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. Springer, Berlin.
- COATES, W. und AYERZA, R., 1996: *Production potential of chia in northwestern Argentina*. – Industrial Crops and Products 5, S. 229-233.
- COOREY, R., TJOE, A. und JAYASENA, V., 2014: *Gelling properties of Chia Seed and Flour*. – Journal of Food Science 79, Nr. 5, S. 850-866.
- DIN ISO 5725: 1981-11, 1981: *Präzision von Prüfverfahren - Bestimmung von Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit durch Ringversuche*.
- DING, Y., LIN, H.-W., LIN, Y.-L., YANG, D.-J., YU, Y.-S., WANG, S.-Y., CHEN, Y.-C., 2017: *Nutritional composition in the chia seed and its processing properties on restructured ham-like products*. – Journal of Food and Drug Analysis, S. 1-11.
- DLG e. V., 2009: *Prüferleitlinien und Prüfschemata 2010*, 2. Ausgabe. DLG e. V., Frankfurt am Main.
- FLIEDNER, I. und WILHELMI, F., 1995: *Grundlagen und Prüfverfahren der Lebensmittelsensorik*, 2. Ausgabe, Behr's, Hamburg.

- GOSSET, W. S., 1908: *The probable error of a mean.* – Biometrika 6, S. 1-25.
- HÄBLER, U., 2012: Lab: *Farben vergleichen und Farbabstand.* Stand: August 2016, URL: <http://wisotop.de/farbabstand-farben-vergleichen.php>, letzter Zugriff am 14.05.2017.
- HEDGE, I., 1978: *Labiatae.* – In: HEYWOOD, V. (Hrsg.): *Flowering Plants of the World*, Oxford University Press, Oxford.
- HEFTER, G. (Hrsg.), 1908: *Technologie der Fette und Öle. Gewinnung der Fette und Öle.* Springer, Berlin.
- IRI, 2017: *Absatz von Chia Samen im Lebensmitteleinzelhandel in Deutschland in den Jahren 2015 und 2016 (in 1000 Kilogramm).* URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/657223/mfrage/absatz-von-chia-samen-im-Lebensmitteleinzelhandel-in-deutschland/>, letzter Zugriff am 13.03.2017.
- IRI, 2017: *Umsatz mit Chia Samen im Lebensmitteleinzelhandel inkl. Drogeriemärkten in Deutschland in den Jahren 2015 und 2016 (in 1000 Euro).* URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/657234/umfrage/umsatz-mit-chia-samen-im-Lebensmitteleinzelhandel-in-deutschland/>, letzter Zugriff am 13.03.2017.
- IXTAINA, V., NOLASCO, S. und TOMÁS, M. C., 2010: *Characterization of chia (Salvia hispanica L.) white and dark seeds and oils.* – In: TOMÁS, M. C. (Hrsg.): *Advances in Fats and Oil Research.* Transworld Research Network, Kerala, Indien.
- IXTAINA, V., NOLASCO, S. und TOMÁS, M. C., 2008: *Physical properties of chia (Salvia hispanica L.) seeds.* – *Industrial Crops and Products*, S. 1-8.
- JACOB, F. (Hrsg.), 2016: *Brautechnische Analysenmethoden. Rohstoffe. Rohfrucht Gerste Malz Hopfenprodukte.* Methodensammlung der Brautechnischen Analysenkommission (MEBAK). MEBAK, Freising-Weihenstephan.
- KAČMÁROVÁ, K., LAVOVÁ, B., SOCHA, P. und URMINSKÁ, D., 2016: *Characterization of protein fractions and antioxidant activity of chia seeds (Salvia Hispanica L.).* – *Potravinárstvo® Scientific Journal for Food Industry* 10, Nr. 1, S. 78-82.
- KONICA MINOLTA SENSING INC., 2003: *Vorstellung der wichtigsten Farbsysteme. L*a*b*-Farbsystem.* Stand 2013, URL: <http://www2.konicaMinolta.eu/eu/Measuring/pcc/de/part1/07.html>, letzter Zugriff am 23.03.2017.
- LOBO, R., ALCOCER, M., FUENTES, F., RODRIGUEZ, W., MORANDINI, M., DEVANI, M., 2011: *Desarrollo del cultivo de chía en Tucumán*, Republica Argentina. – *EEAOC-Avance Agroindustrial* 32, S. 27-30.
- MAVI, K., 2010. *The relationship between seed coat color and seed quality in watermelon Crimson sweet.* – *Horticultural Science* 37, S. 62-69.
- MIEDANER, H. (Hrsg.), 2002: *Brautechnische Analysenmethoden. Band II.* Methodensammlung der Mitteleuropäischen Analysenkommission (MEBAK), 4. Auflage, MEBAK, Freising.
- MUÑOZ, L., COBOS, A., DIAZ, O. und AGUILERA, J., 2012: *Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration.* – *Journal of Food Engineering* 108, S. 216-224.

- OROZCO, G., DURÁN, N., GONZÁLEZ, P., ZARAZÚA, P., RAMÍREZ, G., MENA, S., 2014: *Proyecciones de cambio Climático y potencial productivo para Salvia hispanica L. en las zonas agrícolas de México.* – Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 10, S. 1831-1842.
- SANDOVAL-OLIVEROS, M. und PAREDES-LÓPEZ, O., 2013: *Isolation and Characterization of Proteins from Chia Seeds (Salvia hispanica L.).* – Journal of Agricultural and Food Chemistry 61, S. 193-201.
- SEGURA-CAMPOS, M. R., CIAU-SOLÍS, N., ROSADO-RUBIO, G., CHEL-GUERRRO, L., BETANCUR-AANCONA, D., 2014: *Chemical and Functional Properties of Chia Seed (Salvia hispanica L.) Gum.* – International Journal of Food Science, S. 1-5.
- SEIBEL, W., 2005: *Warenkunde Getreide: Inhaltsstoffe, Analytik, Reinigung, Trocknung, Lagerung, Vermarktung, Verarbeitung, Agrimedia, Bergen/Dumme.*
- SORONDO, A., 2014: *Chia (Salvia hispanica L.) variety Sahi Alba 914.* Unites States Application Publication, Patentnr. US 2014/0325694-A1.
- SULEIMAN, R., XIE, K. und ROSENTRATER, K., 2015: *Physical and thermal properties of chia, kañiwa, triticale and farro as a function of moisture content.* – In: ASABE Annual International Meeting, New Orleans, Louisiana, S. 1-38.
- THE CHIA COMPANY, 2011: *Application for the authorization of Chia Seed from Salvia hispanica L. for consumption as a food and as an ingredient in additional food groups.* URL: https://acnfp.food.gov.uk/sites/default/files/mnt/drupal_data/sources/files/multimedia/pdfs/applidosschiacompany.pdf, letzter Zugriff am 26.05.2017.
- THOMAS, J., BOOTE, K., ALLEN, L., GALLO-MEAGHER, M., DAVIS, J., 2003: *Elevated temperature and carbon dioxide effects on soybean seed composition and transcript abundance.* – Crop Science 43, S. 1548-1557.
- TUNDE-AKINTUNDE, T. und AKINTUNDE, B., 2004: *Some physical properties of Sesame seed.* – Biosystems Engineering 88, S. 127-129.

8 Anhang

Tabelle 8.1: Nährwerte der Chia-Samen (Naduria) pro 100g

Nährwerte	pro 100 g
Energie	455 kcal/1873 kJ
Fett	32,9 g
- davon gesättigte Fettsäuren	4,0 g
- davon mehrfach ungesättigte Fettsäuren	26,2 g
Kohlenhydrate	2,1 g
- davon Zucker	0,5 g
Ballaststoffe	36,1 g
Eiweiß	20,9 g
Salz	0,01 g

Tabelle 8.2: Ermittlung des Wassergehaltes von fein vermahlenden und ganzen Chia-Samen (Naduria) mittels Trockenschrankmethode bei 105 °C und 130 °C

X	Wassergehalt [%] Fein vermahlen 105 °C	Wassergehalt [%] Fein vermahlen 130 °C	Wassergehalt [%] Ganze Samen 130 °C
1	7,68	7,59	8,32
2	7,65	7,25	8,28
3	7,55	7,15	8,29
4	7,54	6,80	8,42
\bar{x}	7,605	7,1975	8,3275
S	0,0704	0,3251	0,0639
$s_{\bar{x}}$	0,1121	0,5173	0,1018

Tabelle 8.3: Wassergehaltsbestimmung von fein vermahlenden und ganzen Chia-Samen mittels Schnelltrochowaage bei 105 °C mit automatischer Abschaltung und bei 100 °C für 12 min

X	Wassergehalt [%] Fein vermahlen 105 °C aut.	Wassergehalt [%] Ganze Samen 105 °C aut.	Wassergehalt [%] Aldi (Paraguay), ganz 105 °C aut.	Wassergehalt [%] Fein vermahlen 100 °C 12 min	Wassergehalt [%] Ganze Samen 100 °C 12 min
1	7,86	6,65	8,67	7,86	6,53
2	7,92	7,08	8,18	7,84	6,55
3	7,60	7,06	7,51	7,85	6,57
4	7,63	-	-	-	-
\bar{x}	7,7525	6,93	8,12	7,85	6,55
S	0,1611	0,2427	0,5823	0,01	0,02
$s_{\bar{x}}$	0,2564	0,6029	1,4466	0,0248	0,0497

Tabelle 8.4: Bestimmung des Tausendkorngewichtes von schwarzen (Naduria) und weißen Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien)

x	TGK [g] schwarzer Samen (Naduria)	TGK [g] weißer Samen (Bio, Bio Primo)
1	1,3206	1,3130
2	1,3297	1,2973
3	1,3567	1,3131
\bar{x}	1,3357	1,3078
s	0,0188	0,0091
$s_{\bar{x}}$	0,0466	0,0226

Tabelle 8.5: Ermittlung des Volumens für das Hektolitergewicht mittels 100 ml-Meßkolben bei einer Einwaage von 50 g Chia-Samen (Naduria)

x	Volumen [ml]
1	69
2	70
3	71
\bar{x}	70
s	1
$s_{\bar{x}}$	2,4841

Tabelle 8.6: Ermittlung der Schüttdichte schwarzer (Naduria) sowie weißer Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien) mittels 100 ml-Messkolbens bei Befüllung von 90 ml und anschließender Auswaage

x	Gewicht [g] schwarzer Samen	Gewicht [g] weißer Samen
1	63,7862	62,1578
2	62,3391	62,2957
3	62,1691	63,0236
4	61,3528	63,7017
\bar{x}	62,4118	62,7947
s	1,0124	0,7141
$s_{\bar{x}}$	1,6109	1,1362
Mittlere Schüttdichte [g/cm³]	0,6935	0,6977
$s_{\bar{x}}$	0,0179	0,0126

Tabelle 8.7: Keimenergien verschiedener Chia-Samen unterschiedlicher Herkunft und Anbaus bei drei Versuchen (n = 3)

Probe	x	Keimenergie [%]
Schwarze Chia-Samen (Naduria)	1.	86
	2.	91
	3.	81
	\bar{x}	86
	s	5
	s_x	12,42
Weißer Chia-Samen (Bio, Bio Primo)	1.	96
	2.	98
	3.	99
	\bar{x}	97,67
	s	1,53
	s_x	3,79

Probe	x	Keimenergie [%]
Schwarze Bio-Chia-Samen (Aldi, Bolivien)	1.	100
	2.	99
	3.	100
	\bar{x}	99,67
	s	0,58
	s_x	1,43
Schwarze Bio-Chia-Samen (Bio Primo, Uganda)	1.	97
	2.	97
	3.	98
	\bar{x}	97,33
	s	0,58
	s_x	1,43
Schwarze Bio-Chia-Samen (Aldi, Paraguay)	1.	3
	2.	1
	3.	1
	\bar{x}	1,67
	s	1,15
	s_x	2,87
Schwarze Bio-Chia-Samen (Bolivien, schlechte Charge)	1.	97
	2.	92
	3.	93
	\bar{x}	94
	s	2,65
	s_x	6,57
Schwarze Bio-Chia-Samen (Naduria)	1.	96
	2.	99
	3.	97
	\bar{x}	97,33
	s	1,53
	s_x	3,79

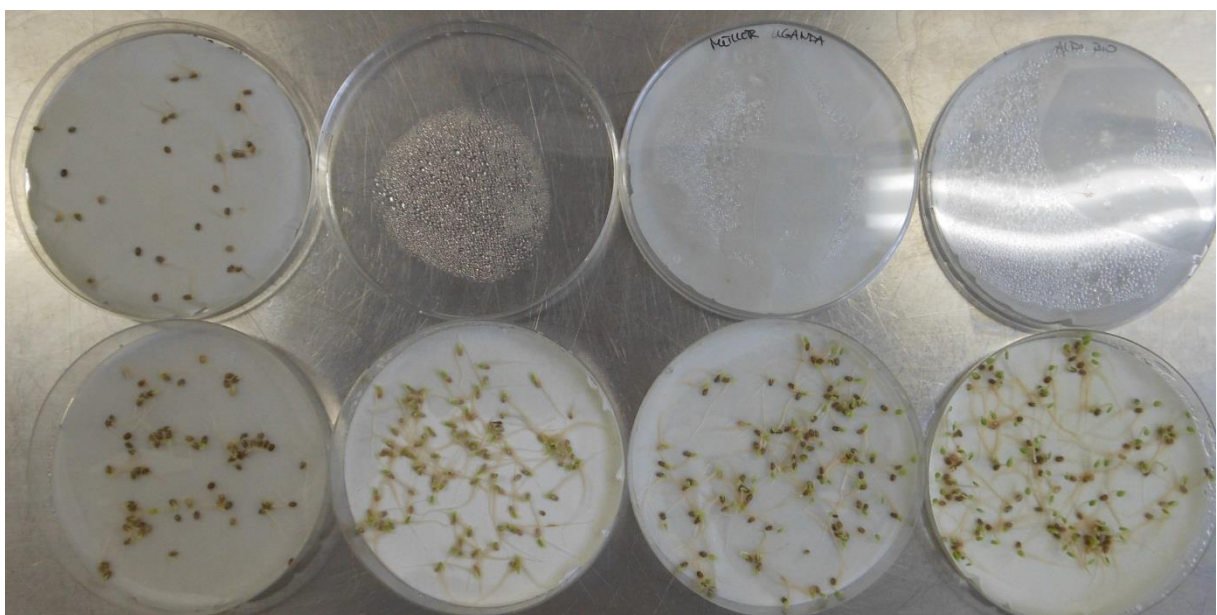


Abbildung 8.1: Keime nach 3 Tagen, von links nach rechts: Naduria, weiße Bio-Chia-Samen (Bio Primo, Bolivien), Bio-Chia-Samen (Bio Primo, Uganda) und Bio-Chia-Samen (Aldi, Bolivien)

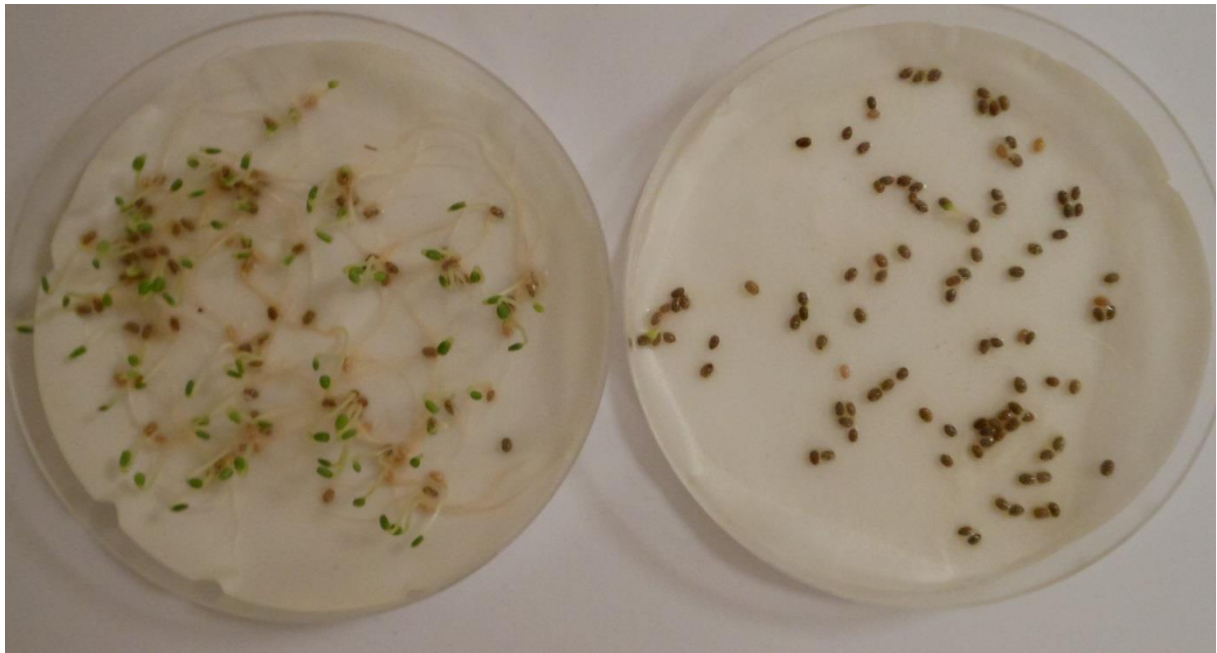


Abbildung 8.2: Keime nach 3 Tagen, links: Bio-Chia-Samen (Naduria, Bolivien) und rechts: Bio-Chia-Samen (Aldi, Paraguay)

Tabelle 8.8: CIELAB-Farbwerte (Mittelwerte) von verschiedenen Chia-Samen nach den Parametern L^* , a^* und b^*

Probe (Chia-Samen)	L^*	a^*	b^*
Weißer Chia-Samen (Bio, Bolivien)	62,86	6,63	2,62
Bio Primo (Bio, Uganda)	48,86	3,53	1,14
Aldi (Bio, Paraguay)	48,55	4,55	1,67
Aldi (Bio, Bolivien)	50,85	4,28	1,48
Verunreinigte Chia-Samen (Bio, Bolivien)	50,5	4,03	1,4
Naduria (Bio, Bolivien)	48,96	3,6	1,36
Naduria (konventionell)	50,42	4,29	1,41

Tabelle 8.9: Durchschnittliche Farbwerte für weiße Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien) ohne Bestrahlung sowie nach 24 und 48 h Bestrahlung

Parameter	Ohne Bestrahlung	Nach 24 h	Nach 48 h
L^*	62,86	62,13	61,78
a^*	2,62	2,37	2,26
b^*	6,63	6,94	7,32
ΔE	-	0,83	1,33

Tabelle 8.10: Durchschnittliche Farbwerte für Chia-Samen (Bio, Aldi, Bolivien) ohne Bestrahlung sowie nach 24 und 48 h Bestrahlung

Parameter	Ohne Bestrahlung	Nach 24 h	Nach 48 h
L^*	50,85	50,81	50,47
a^*	1,48	1,47	1,45
b^*	4,28	4,35	4,37
ΔE	-	0,08	0,39

Tabelle 8.11: Keimenergie von Chia-Samen (Bio, Aldi, Bolivien) ohne sowie nach 7 Tage Begasung mit Kohlenstoffdioxid

Probe	x	Keimenergie [%]
Schwarze Bio Chia-Samen (Aldi, Bolivien) nach 7-tägiger CO₂-Begasung	1.	99
	2.	100
	3.	100
	\bar{x}	99,67
	s	0,58
	$s_{\bar{x}}$	1,43
Schwarze Bio Chia-Samen (Aldi, Bolivien)	1.	100
	2.	99
	3.	100
	\bar{x}	99,67
	s	0,58
	$s_{\bar{x}}$	1,43



Abbildung 8.3: Versuchsaufbau des UV-Tests



Abbildung 8.4: Chia-Samen (Naduria) vor der Bestrahlung mit UV-Licht mit Kartonage abgeklebt, um einen Unterschied zu sehen



Abbildung 8.5: Chia-Samen (Naduria) nach der Bestrahlung mit UV-Licht kein Unterschied sichtbar



Abbildung 8.6: Chia-Samen (Bio, Naduria, Bolivien)



Abbildung 8.7: Chia-Samen (Bio, Aldi, Bolivien)



Abbildung 8.8: Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Uganda)



Abbildung 8.9: Verunreinigte Chia-Samen (Bio, Bolivien)



Abbildung 8.10: Weiße Chia-Samen (Bio, Bio Primo, Bolivien)

Eidesstattliche Erklärung

Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Alle Quellen, die dem World Wide Web entnommen oder in einer digitalen Form verwendet wurden, sind der Arbeit beigelegt. Der Durchführung einer elektronischen Plagiatsprüfung stimme ich hiermit zu. Die eingereichte elektronische Fassung der Arbeit entspricht exakt der eingereichten schriftlichen Fassung. Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht. Ich bin mir bewusst, dass eine unwahre Erklärung rechtliche Folgen haben kann.

Datum / Katharina Nikolas