



Masterarbeit
zur Erlangung des akademischen Grades Dipl.-Ing.

**OPTIMIERUNG DER
MÄLZBEDINGUNGEN VON HAFER,
QUINOA UND AMARANTH**

eingereicht von
Karl Severin Traugott BSc

durchgeführt am
Institut für Lebensmitteltechnologie
des Departments für Lebensmittelwissenschaften und -technologie
der Universität für Bodenkultur, Wien

Betreuer:
Assoc. Prof. Dr. Regine Schönlechner
und
Dr. Stefano D'Amico

Wien, Oktober 2015

Danksagung

Ich möchte mich bei folgenden Personen für die Unterstützung während meines Studiums bedanken: Nathalie Lust, Dorothea Sabine Meran, Georg Florens Traugott, Georg Vitalis Traugott, Marianna Traugott, Dorothea Traugott, Thomas Stocker, Isabella Stocker, Karin Stonawski, Rudolf Stonawski, Stefano D'Amico, Felix Krainhöfner, Christoph Keil, Jesus Christus, Sirikit Reuchlin, Philipp Reuchlin, Maarten Reuchlin, Charles Hunter, Paul Varga, Clara Stonawski, Rudolf Meran, Rudolf Meran, Simon Hofer, Regine Schönlechner, Senad Novalin, Clemens Peterbauer, Konrad Domig, Wolfgang Kneifel, Walter Kutscher, Jürgen König, Reinhard Eder, Klaus Dürschmid, Florian Rücker, Agnes Petersson, Walter Hein, Roland Grossgut, Alfred Mar, Elham Rezvani, Helmut Mayer, Johannes Bergmair, Marija Zunabovic, Andreas Natterer, Gerhard Schleining, Walter Scheibl, Sigrid Mayrhofer, Matthias Hackl, Gott, Herbert Braun, Martin Wendland, Thomas Prohaska, Wolfgang Ruppert, Christian Obinger, Herrmann Kunesch, Hans Karl Wytrzens, Herta Steinkellner, Friedrich Altmann, Renate Kunert, Rudolf Bliem, Peter Holubar, Christian Luschnig, Rainer Hahn, Alla Zamyatina, Stefan Hann, Otto Doblhoff-Dier, Paul Kosma, Markus Gerhold, Emerich Berghofer, Dieter Rasch, Manfred Schwanninger, Maria Fürhacker, Manfred Stadler, Gerhard Josef Stingeder, Christina Schäffer, Helga Königshofer, Dieter Haltrich, Diethard Mattanovich, Andreas Urban, Franz Konecny, Karl Moder, Stefanie Tschegg, Moritz Iwaszkiewicz, Franz Seyringer, Johannes Liebl, Markus Liebl, David Gölles, Elisabeth Lust, Josef Lust, Elisabeth Lobmeyr, Katharina Aming, Katharina Anna Dusini, Frits Enschede, Horst Müller, Ferdinand Ferch, Bogdan Jug, Andreas Lovrek, Heiliger Geist, Elias Gmeiner, Marek Krištof, Christopher Hartl, Johannes Bartl, Nina Zoebel, Stefanie Deitzer, Katharina Wallner, Johannes Frauenlob, Helene Tanzmeister, Henry Jäger, Katharina Hanz, Angelika Petrasch, Julia Schmidt, Viola Frank, Markus Hofinger, Alexandra Silberbauer, Diana Athea Stojanovic, Klara Haas, Benedict Purschke, Theresa Machholz, Petra Schallhart, Philipp Wurbs uvm.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturteil	2
2.1	Zöliakie	2
2.1.1	Glutenfreie Ernährung	4
2.1.2	Glutenfreies Bier	5
2.2	Glutenfreie Getreide	6
2.3	Pseudozerealien	8
2.4	Mälzen	10
2.4.1	Prozess am Beispiel Gerste	10
2.4.2	Mälzen von Hafer	12
2.4.3	Mälzen von Quinoa	13
2.4.4	Mälzen von Amaranth	14
2.4.5	Vergleich der Rohstoffe	16
3	Aufgabenstellung	17
4	Material & Methoden	18
4.1	Rohstoffe	18
4.2	Rohstoffanalysen	18
4.2.1	Trockensubstanzbestimmung	18
4.2.2	Ballaststoffbestimmung	19
4.2.3	Proteinbestimmung nach Kjeldahl	20
4.2.4	Fettbestimmung	21
4.2.5	Aschebestimmung	22
4.3	Mälzen	23
4.3.1	Mälzen von Hafer, Quinoa und Amaranth	25
4.4	Malzanalysen	25
4.4.1	Heißwasserextraktion	25
4.4.2	Proteinbestimmung nach Bradford, TSN	27
4.4.3	Freie Aminostickstoffbestimmung	28

4.4.4	Dichtebestimmung	29
4.4.5	Zuckerbestimmung	29
4.4.6	pH Wertmessung	30
4.5	Statistische Methoden.	30
4.5.1	Varianzanalyse	31
4.5.2	Graphische Methoden	31
5	Versuchsdurchführung	32
5.1	Codierung	32
5.2	Mälzen	34
5.3	Entkeimen	34
5.4	Heiswasserextraktion	34
5.5	Analysen des Heißwasserextraktes	35
6	Versuchsergebnisse und Diskussion.	36
6.1	Auswertung der Rohstoffanalyse	36
6.2	Analyseergebnisse des Hafermalz.	38
6.2.1	Verzuckerung	38
6.2.2	Proteaseaktivität	39
6.2.3	Zusammenfassung	39
6.3	Analyseergebnisse des Quinoamalz.	46
6.3.1	Verzuckerung	47
6.3.2	Proteaseaktivität	47
6.3.3	Zusammenfassung	48
6.4	Analyseergebnisse des Amaranthmalz	56
6.4.1	Verzuckerung	56
6.4.2	Proteaseaktivität	57
6.4.3	Zusammenfassung	57
7	Schlussfolgerungen	64
8	Zusammenfassung.	65
9	Summary	66
10	Literaturverzeichnis	67

11 Lebenslauf. 71

Abbildungsverzeichnis

2.1: Begleiterkrankungen der Zöliakie (PIETZAK, 2013) _____	3
2.2: Häufige Nährstoffdefizite vor der Diagnose und in einer glutenfreien Ernährung (SATURNI et al., 2010) _____	4
2.3: Phylogenie der Getreidearten (BELITZ et al., 2001) _____	4
2.4: Taxonomie der glutenfreien Getreide (COMINO et al., 2013) _____	5
2.5: Enzyymbildung in der keimenden Gerste (1 - Endo- β -Glucanase; 2 - α -Amylase; 3 - Protease; 4 - Phosphatase; 5 - β -Amylase; GiS - Gibberellinsäure) (NARZISS and BACK, 2012) _____	12
2.6: Effekt der Temperatur auf die Keimenergie von neun Amaranth Spezien (LOONAT et al., 2003) _____	15
4.1: Automatik Micromalting System (Fa. Phoenix, Perth, Australien) _____	24
4.2: Filtration des Heißwasserextraktes _____	26
4.3: Coomassie Brilliant Blue-G250 (CARL ROTH GmbH + Co.KG, 2013) _____	27
5.1: Designpunkte des Versuchsplanes _____	32
5.2: Mälzprogramm für die Temperatur von 22°C _____	33
5.3: Beispiel für die Codierung der Proben _____	34
6.1: Hafergrünmalz bei 18 °C, 10 Stunden Weichzeit und 72 Stunden Keimzeit _____	40
6.2: Standardisiertes Pareto-Diagramm für die Refraktometrie des Hafers _____	42
6.3: Haupteffekt-Diagramm für die Refraktometrie des Hafers _____	42
6.4: Zielgrößen-Diagramm für die Refraktometrie des Hafermalzes bei unter- schiedlichen Keimzeiten (48h grün, 72h rot, 96h blau) _____	43
6.5: Standardisiertes Pareto-Diagramm für die Dichte des Hafers _____	43
6.6: Zielgrößen-Diagramm für die Dichte des Hafermalzes bei unterschiedlichen Keimzeiten (48h grün, 72h rot, 96h blau) _____	43
6.7: Haupteffekt-Diagramm für die Dichte des Hafers _____	44
6.8: Standardisiertes Pareto-Diagramm für den TSN des Hafers _____	44
6.9: Zielgrößen-Diagramm für den TSN des Hafermalzes bei unterschiedlichen Keimzeiten (48h grün, 72h rot, 96h blau) _____	44

6.10: Haupteffekt-Diagramm für den TSN des Hafers _____	45
6.11: Boxplot des FAN [mg/ml] von Hafer bei den Keimtemperaturen 14, 18 und 22 °C und konstanten Weichzeiten von 8 h sowie einer konstanten Keimzeit von 72 h, a zeigen eine homogene Untergruppe auf Basis einer ANOVA mit Post Hoc Test an ($p < 0.05$) _____	45
6.12: Zielgrößen-Diagramm für die Refraktometrie des Quinoamalzes bei unterschiedlichen Keimzeiten (48 h grün, 72 h rot, 96 h blau) _____	50
6.13: Standardisiertes Pareto-Diagramm für die Refraktometrie von Quinoa _____	51
6.14: Haupteffekt-Diagramm für die Refraktometrie von Quinoa _____	51
6.15: Zielgrößen-Diagramm für die Dichte des Quinoamalzes bei unterschiedlichen Keimzeiten (48 h grün, 72 h rot, 96 h blau) _____	51
6.16: Standardisiertes Pareto-Diagramm für die Dichte des Quinoa _____	52
6.17: Haupteffekt-Diagramm für die Dichte von Quinoa _____	52
6.18: Zielgrößen-Diagramm für den TSN des Quinoamalzes bei unterschiedlichen Keimzeiten (48 h grün, 72 h rot, 96 h blau) _____	52
6.19: Standardisiertes Pareto-Diagramm für den TSN des Quinoa _____	53
6.20: Haupteffekt-Diagramm für den TSN von Quinoa _____	53
6.21: Boxplots des FAN [mg/ml] von Quinoa bei den Keimtemperaturen 14, 18 und 22 °C und konstanten Weichzeiten von 8 h, sowie einer konstanten Keimzeit von 72 h. a, b zeigen homogene Untergruppen auf Basis einer ANOVA mit Post Hoc Test an ($p > 0.05$) _____	53
6.22: Quinoa Grünmalz bei 18 °C Keimtemperatur, 48 Stunden Keimzeit und 6 Stunden Weichzeit _____	54
6.23: Ball aus Quinoamalz _____	54
6.24: Aufgebrochener Ball aus Quinoamalz, das feuchte Innere ist an der deutlich helleren Farbe zu erkennen _____	55
6.25: Korb mit Quinoagrünmalz, das Verwachsen der Keimlinge mit dem Gitter ist gut zu erkennen _____	55
6.26: Standardisiertes Pareto-Diagramm für die Refraktometrie des Amaranth _____	59
6.27: Haupteffekt-Diagramm für die Refraktometrie von Amaranth _____	59
6.28: Zielgrößen-Diagramm für die Refraktometrie des Amaranthmalzes bei unterschiedlichen Keimzeiten (48 h grün, 72 h rot, 96 h blau) _____	60
6.29: Standardisiertes Pareto-Diagramm für die Dichte des Amaranth _____	60

6.30: Haupteffekt-Diagramm für die Dichte des Amaranth	60
6.31: Zielgrößen-Diagramm für die Dichte des Amaranthmalzes bei unterschiedlichen Keimzeiten (48 h grün, 72 h rot, 96 h blau)	61
6.32: Standardisiertes Pareto-Diagramm für den TSN des Amaranth	61
6.33: Haupteffekt-Diagramm für den TSN von Amaranth	61
6.34: Zielgrößen-Diagramm für den TSN des Amaranthmalzes bei unterschiedlichen Keimzeiten (48 h grün, 72 h rot, 96 h blau)	62
6.35: Boxplot des FAN [mg/ml] von Amaranth bei den Keimtemperaturen 14, 18 und 22 °C und konstanten Weichzeiten von 8 h so wie einer konstanten Keimzeit von 72 h, a,b,c zeigen homogene Untergruppen auf Basis einer ANOVA mit Post Hoc Test an ($p < 0.05$)	62
6.36: Amaranth Grünmalz bei 18 °C Keimtemperatur, 48 Stunden Keimzeit und 6 Stunden Weichzeit	63
6.37: Korb mit Amaranthgrünmalz, das Verwachsen der Keimlinge mit dem Gitter ist gut zu erkennen	63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Getreidenutzung als Lebensmittel 2014 in Millionen Tonnen (FAO Stat 2014) _____	7
Tabelle 2.2: Quinoaproduktion im Jahr 2012 (FAO, 2014) _____	9
Tabelle 2.3: Inhaltsstoffe von Hafer, Quinoa und Amaranth in Massenprozent der Trockensubstanz ([1] ALVAREZ-JUBETE et al. (2010), [2] BIEL et al. (2009), [3] ARENDT and DAL BELLO (2011)) _____	9
Tabelle 2.4: Hafermaisprogramm nach KLOSE et al. (2011) _____	13
Tabelle 2.5: Enzymaktivität [U/g] von Hafer und Quinoa vor und nach dem Mälzen (MÄKINEN et al., 2013) _____	14
Tabelle 2.6: Übersicht der Malzeigenschaften von Hafer, Quinoa und Amaranth (NARZISS and BACK, 2012) _____	15
Tabelle 5.1: Untersuchte Mälzparameter _____	32
Tabelle 6.1: Ergebnisse der Rohstoffanalyse (¹ Stärke aus der Differenz errechnet, n=3) _____	37
Tabelle 6.2: Ergebnisse der Mälzung von Hafer _____	41
Tabelle 6.3: Optimum für die unterschiedlichen Parameter bei der Vermälzung von Hafer _____	41
Tabelle 6.4: Effekte auf den Hafer mittels p-Wert (0,05) _____	42
Tabelle 6.5: Ergebnisse der Mälzung von Quinoa _____	49
Tabelle 6.6: Optimum für die unterschiedlichen Parameter bei der Vermälzung von Quinoa _____	50
Tabelle 6.7: Effekte auf den Quinoa mittels p-Wert (0,05) _____	50
Tabelle 6.8: Ergebnisse der Mälzung von Amaranth _____	58
Tabelle 6.9: Optimum für die unterschiedlichen Parameter bei der Vermälzung von Amaranth _____	59
Tabelle 6.10: Effekte auf den Amaranth mittels p-Wert (0,05) _____	59

1 Einleitung

Diese Masterarbeit befasst sich mit der Herstellung von glutenfreien Malzen aus dem Getreide Hafer und den Pseudozerealien Quinoa und Amaranth. Die zur Zeit am Markt befindlichen glutenfreien Malze sind von geringer Qualität, sie sind im Vergleich zu Gerstenmalz wesentlich Enzymschwächer. Der Einsatz der Malze in der Brau- und Backindustrie ist von der Enzymaktivität abhängig. Die Enzymaktivität des Malzes ist abhängig von der Sorte des Getreides und von den Prozessbedingungen in der Mälzerei. Ziel dieser Masterarbeit ist es, durch einen systematischen Versuchsplan den Einfluss der Prozessparameter auf die Qualität des Malzes und mögliche Wechselwirkungen zu bestimmen.

Im Allgemeinen besitzen am Markt befindliche glutenfreie Lebensmittel eine geringere Qualität hinsichtlich ihrer Nährstoffzusammensetzung und weisen oft sensorische Mängel auf. Die Ernährung von Zöliakie Patienten ist sehr eingeschränkt, da die meisten angebotenen Produkte oft auf Stärke basieren. Diesem fehlen viele Vitamine und Spurenelemente im Vergleich zu glutenhaltigen Produkten. Die Problematik stellt sich bei Produkten aus Hafer, Quinoa und Amaranth nicht, sie sind ernährungsphysiologisch wertvoll und eine weitere Alternative zu den anderen glutenfreien Getreidearten wie Reis und Mais.

2 Literaturteil

2.1 Zöliakie

Bei der Zöliakie handelt es sich um eine chronische Krankheit, welche durch eine Überreaktion des Immunsystems auf Gluten verursacht wird. Die Symptome sind nicht auf den gastrointestinalen Bereich beschränkt, sondern können sich auch in anderen Organen manifestieren. (SATURNI et al., 2010) Im Allgemeinen werden drei Arten der Zöliakie unterschieden, die klassische, die späte und die extratestinale Form. Es gibt keine Heilung für Zöliakie, deshalb bleibt als Therapie nur der Verzicht auf alle glutenhaltige Lebensmittel. Der Diagnosestellung erfolgt durch eine Biopsie der Dünndarmschleimhaut, sowie durch serologische Marker (GEISSLER and POWERS, 2010).

Gluten wird von der Europäischen Union in der EU-Verordnung 41/2009 als

"Gluten bezeichnet eine Proteinfraction von Weizen, Roggen, Gerste, Hafer oder ihren Kreuzungen und Derivaten, die manche Menschen nicht vertragen und die in Wasser und 0,5 M Natriumchloridlösung nicht löslich ist;"

definiert. *Gluteline* sind die vierte unlösliche Fraktion der *Osborne*-Fraktionierung welche sich nicht in Wasser (*Albumine*), in Salzlösung (*Globuline*) oder in 70%igen wässrigem Ethanol (*Prolamine*) lösen. (BELITZ et al., 2001) Gluten ist in den Getreiden des Tribus *Triticeae* der Familie *Poaceae* enthalten, in diesem Tribus befinden sich unter anderem Weizen, Roggen und Gerste, siehe Abbildung 2.3.

Die klassische Form der Zöliakie manifestiert sich im 6. - 18. Lebensmonat in der Form von Untergewicht, Durchfall, Blähungen und übelriechendem Stuhl. Die späte Form der Zöliakie kann in jedem Alter auftreten und präsentiert sich meist gleich wie die klassische Form. Sie wird häufig sehr spät diagnostiziert, die gängigsten Falschdiagnosen sind unter anderem Reizdarmsyndrom, Morbus Crohn und Laktoseintoleranz. Die dritte Form der Zöliakie, die extratestinale Form, betrifft andere Organsysteme als den Verdauungstrakt. Die Symptome sind mannigfaltig und reichen von Kleinwüchsigkeit, Fruchtbarkeitsstörungen bei Männern und Frauen, Eisenmangel, Autoimmunhepatitis bis hin zu neurologischen und psychiatrischen Manifestationen. Neben den Symptomen der Zöliakie gibt es noch eine Reihe von Begleiterkrankungen wie in Abbildung 2.1 ersichtlich, die gehäuft zusammen auftreten (PIETZAK, 2013).

Pathophysiologisch spielen Aminosäuresequenzen mit einem hohen Anteil an Prolin und Glutamin eine entscheidende Rolle, diese werden durch die menschliche Verdauung nicht gespalten. Es konnte nachgewiesen werden, dass diese die Darmschleimhaut schädigen und die Immunzellen und T-Zellen aktivieren. Die genauen Mechanismen

sind noch nicht erforscht (SATURNI et al., 2010).

Die Zöliakie hat einen großen Einfluss auf die Ernährung. Vor der Diagnose führt die Entzündung des Darmes zu einer reduzierten Absorption von wichtigen Nährstoffen. Nach dem Umstieg auf eine glutenfreie Diät erholt sich der Darm, wodurch viele dieser Defizite behoben werden, siehe Abbildung 2.2.

Glutenunverträglichkeit oder Nicht-Zöliakie-Glutensensivität ist eine weitere Komponente der Pathogenität von Gluten. Die Symptome ähneln jenen der Zöliakie, wobei weder die Biopsie, noch die serologischen Marker einer Zöliakie vorliegen. Die Pathophysiologie der Nicht-Zöliakie-Glutensensivität ist noch nicht geklärt (MOONEY et al., 2013).

Condition	% Diagnosed with CD	Increased risk
Arthritis	1.5–7.5	3- to 10-fold
Cardiomyopathy (idiopathic dilated)	5.7	
Dental enamel defects	19–30	19-fold
Dermatitis herpetiformis	100	
Diabetes type 1	3.5–10	4- to 10-fold
Down syndrome	4–20	17- to 50-fold
Epilepsy	2	
IgA deficiency	7	31-fold
Infertility (idiopathic)	6.3	
Iron-deficiency anemia	4.2	16-fold
Osteoporosis	2.6	
Primary biliary cirrhosis	6	
Relatives, first- or second-degree	2.6–20	18-fold
Short stature (idiopathic)	4–10	23-fold
Sjögren's syndrome	2–3	
Thyroid disease (autoimmune)	4	
Turner syndrome	4–8	
Williams syndrome	9.5	

Abbildung 2.1: Begleiterkrankungen der Zöliakie (PIETZAK, 2013)

<i>At diagnosis</i>	<i>Long term GFD</i>
Calorie/Protein	Fibre
Fibre	
Iron	
Calcium	
Magnesium	
Vitamin D	
Zinc	
Folate, Niacin, Vitamin B12, Riboflavin	Folate, Niacin, Vitamin B12

Abbildung 2.2: Häufige Nährstoffdefizite vor der Diagnose und in einer glutenfreien Ernährung (SATURNI et al., 2010)

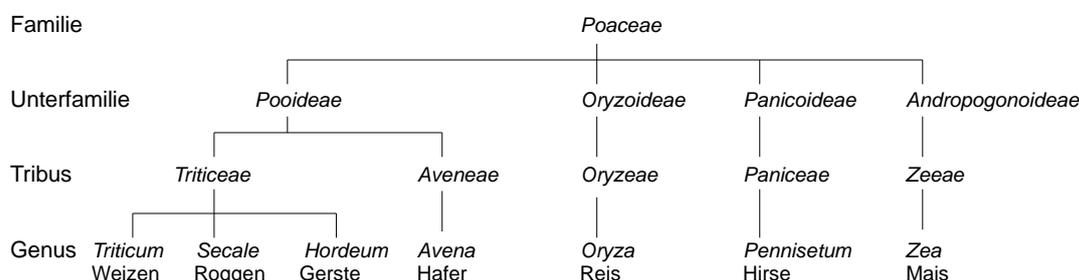


Abbildung 2.3: Phylogenie der Getreidearten (BELITZ et al., 2001)

2.1.1 Glutenfreie Ernährung

Da die glutenhaltigen Getreide für einen Großteil der Energieaufnahme verantwortlich sind, tritt durch die Umstellung auf eine glutenfreie Ernährung ein Ungleichgewicht auf. Dieses Ungleichgewicht äußert sich in einer vermehrten Energieaufnahme von Fett statt Kohlenhydraten, einem erhöhten Eiweißkonsum, sowie einer reduzierten Aufnahme von Vitamin B6, B12, Folsäure, Ballaststoffen und Mineralien. Durch diese Ernährung kommt es auch zu einem größeren Anteil an Übergewichtigen unter den Zöliakiepatienten (ALVAREZ-JUBETE et al. (2010) und SATURNI et al. (2010))

Um sich ausgewogen zu ernähren müssen Zöliakiepatienten glutenfreie Getreide konsumieren. In den Zahlen der FAO spiegelt sich allerdings die stark glutenlastige Welt ernährung wider. 50% der weltweit konsumierten Zerealien stammt aus Getreide, in Europa und den USA sogar 80% (Tabelle 2.1). Als Alternativen stehen eine Vielzahl von Zerealien und Pseudozerealien zur Verfügung, siehe Abbildung 2.4.

Die stark prozessierten glutenfreien Lebensmittel, welche häufig angeboten werden, weisen im Gegensatz zu den hochwertigen glutenfreien Zerealien und Pseudozerealien eine geringe ernährungsphysiologische Qualität auf. Im Fall von Brot basieren sie größtenteils auf Stärke und zeichnen sich durch eine schlechte Farbe, Textur, Geschmack,

unter der Nachweisgrenze bzw. dem gesetzlichen Grenzwert liegen. Die Glutenkonzentration kann auch gezielt durch längeres und intensiveres Würzekochen und durch den Zusatz von peptolytischen Enzymen signifikant reduziert werden. So wird aus glutenhaltigen Rohstoffen ein glutenfreies Produkt (VAN LANDSCHOOT, 2011).

Ein weiterer Ansatz zur Produktion von glutenfreiem Bier ist der Verzicht auf glutenhaltige Rohstoffe. Malze aus Reis, Mais, Hafer, Quinoa, Hirse, Sorgum, Amaranth, etc. bieten sich hier als potentielle Rohstoffe an. Der Einsatz von glutenfreien Rohstoffen zum Mälzen und Brauen bedarf noch viel Forschung und Optimierung (ARENDDT and DAL BELLO, 2011).

2.2 Glutenfreie Getreide

Getreide sind eines der wichtigsten Grundnahrungsmittel und wurden schon 5000 vor Christus erstmals angebaut und stammen von der Wildform *Poaceae* ab. In Abbildung 2.3 ist die Phylogenie der unterschiedlichen teils glutenhaltigen Getreidearten ersichtlich. (BELITZ et al., 2001) Die glutenhaltigen Getreide gehören allesamt dem Tribus *Triticeae* an. Auch wenn in der westlichen Welt die glutenhaltigen Getreide einen Marktanteil von 80% ausmachen, so gibt es eine Vielzahl an Alternativen glutenfreien Getreiden mit sehr unterschiedlich hoher Verbreitung. In Abbildung 2.4 sind die Wichtigsten abgebildet.

Mais (*Zea mays*) ist neben Reis eines der am meisten verbreiteten glutenfreien Getreide und stammt ursprünglich aus Zentral- und Südamerika wo er seit ca. 5000 Jahren angebaut wird. Mais wird als Nahrungsmittel hauptsächlich in Afrika und Zentral- und Südamerika verwendet, in den USA und der EU jedoch meist als Futtermittel oder Rohstoff für die Industrie (ARENDDT and DAL BELLO (2011) und NARZISS and BACK (2012)).

Reis (*Oryza sativa*) wird in zwei Spezies eingeteilt *Oryza sativa* und *Oryza glaberrima*. Ersteres ist weltweit verbreitet, stammt aus Ostasien und wird seit ca. 7000 Jahren kultiviert. Im Gegensatz dazu steht *Oryza glaberrima* welcher aus Zentralafrika stammt und seit ca. 3500 Jahren kultiviert wird. Reis ist neben Mais die zweitgrößte glutenfreie Kohlenhydratquelle (ARENDDT and DAL BELLO, 2011).

Hirse (*Sorghum sp.*) ist ein Sammelbegriff für eine Vielzahl von unterschiedlichen Gräsern welche stärkereiche Körner bilden. Die wichtigsten Vertreter der Hirse ist die Sorgumhirse (*Sorghum bicolor*), die Perlhirse (*Pennisetum glaucum*), die Fingerhirse

(*Eleusine coracana*), die Rispenhirse (*Panicum miliaceum*) und der Teff (*Eragrostis tef*). Im Allgemeinen ist die Hirse ein sehr widerstandsfähiges Getreide, welches jedoch wegen seiner niedrigen Hektarerträgen oft von anderen Getreidarten verdrängt wird.

Teff (*Eragrostis tef*) ist ein glutenfreies Getreide welches seit über 5000 Jahren im Hochland von Äthiopien und Eritrea angebaut wird. Es besteht aus sehr kleinen Körnern mit einem Tausendkorngewicht von 0,3-0,4g. Teff zeichnet sich durch seine Widerstandsfähigkeit aus und wird zwischen 1700 und 2700 m Seehöhe angebaut. Deshalb hat es nur in seinen Anbauländer einen wichtigen Stellenwert in der Ernährung (ARENDDT and DAL BELLO, 2011).

Tabelle 2.1: Getreidenutzung als Lebensmittel 2014 in Millionen Tonnen (FAO Stat 2014)

	Mais	Mais	Reis	Reis	Getreide	Getreide	Gesamt	Gesamt
	2012/13	2013/14	2012/13	2013/14	2012/13	2013/14	2012/13	2013/14
EU	4,81	4,93	2,73	2,81	56,00	56,70	68,28	69,28
USA	5,20	5,30	3,37	3,35	25,75	26,00	35,36	35,69
Welt	127,80	128,20	402,17	410,57	474,83	481,96	1.075,40	1.094,16

Hafer (*Avenin sp.*) ist ein altes Getreide, welches bereits in der Bronzezeit kultiviert wurde. Es konnte sich aufgrund seiner hohen Klima- und Standorttoleranz in nördlichen Gebieten durchsetzen, welche für Getreidearten wie Weizen und Gerste zu kalt waren. Ihre Hauptanbauggebiete befinden sich zwischen den Breitengraden 40-55° Nord und 20-40° Süd. Sein Weltgetreidemarktanteil liegt bei etwa 1%. Seine Zusammensetzung ist in Tabelle 2.3 zusammengefasst (NARZISS and BACK (2012), FRIC et al. (2011) und BELITZ et al. (2001)).

Ernährungsphysiologisch wirkt sich Hafer positiv auf das Ernährungsprofil von Zöliakiepatienten aus, insbesondere sein Gehalt an Eisen, Ballaststoffen, Folsäure und den Vitaminen B1 und B3 sind hier zu erwähnen. (SATURNI et al., 2010) Auf der anderen Seite herrscht Uneinigkeit, ob Hafer überhaupt glutenfrei ist. Schon seit Beginn der 1950er Jahre steht Hafer im Verdacht nicht glutenfrei zu sein. Begründet unter anderem durch die nahe phylogenetische Verwandtschaft zu den glutenhaltigen Getreidearten, siehe Abbildung 2.3. Aus diesem Grund gab es eine Reihe von Studien, darunter auch einige Langzeitstudien, um diese Fragestellung zu klären. Die Ergebnisse zu diesen Untersuchungen sind sehr unterschiedlich, so gab es immer wieder beschriebene Fälle von Haferunverträglichkeit im Rahmen einer Zöliakie. Die meisten Studien wiesen allerdings nicht auf eine Gefährdung der Patienten hin. Es gibt aber offensichtlich eine Untergruppe der Zöliakiepatienten welche auch Hafer nicht verträgt. (FRIC et al. (2011)) Eine weitere Studie von LONDONO et al. (2013) konnte auch keine Glutenepitope aus Gerste, Weizen oder Roggen im Hafer *Avenin* nachweisen. Das

wesentlich größere Problem des Hafers ist die Verunreinigung durch andere Getreide. GÉLINAS et al. (2008) untersuchte die Glutenfreiheit von Hafer in Kanada. Zwölf der acht untersuchten Proben waren stark kontaminiert (300-2800ppm). Das Problem des Hafers ist seine Ähnlichkeit zu seinen glutenhaltigen Verwandten. Speziell Gerste ähnelt Hafer in Form, Gewicht und Spelze sehr. Ein sicheres Abtrennen dieser Verunreinigungen ist selbst mit modernen Methoden nicht zu 100% möglich, weshalb es diese Verunreinigungen vom Feld in die fertigen Nahrungsmittel schaffen.

2.3 Pseudozerealien

Es handelt sich bei Pseudozerealien nicht um *monocotyledonus* Pflanzen, sondern um *Dicotyledonus* welche untereinander nicht näher verwandt sind. Sie werden insofern zu einer Gruppe zusammengefasst, als dass sie dem Getreide ähnliche stärkereiche Samen bilden, welche wie Getreide verwendet werden. Die Bekanntesten sind Quinoa, Amaranth und Buchweizen (BELTON and TAYLOR, 2002).

Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*) wird in Zentral- und Osteuropa so wie Asien angebaut. Sein Korn hat die Form eines Tetraeder mit einer Kantenlänge von 6-9 mm und einen Tausendkorngewicht von 10-20g. Sein Eiweiß hat eine hohe biologische Wertigkeit mit einem hohen Lysin Anteil. Die sekundären Inhaltsstoffe wie Rutin, einem Antioxidans, und Fagopyrin werden als gesundheitsfördernd beschrieben (ARENDDT and DAL BELLO (2011) WIJNGAARD et al. (2005)).

Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) stammt ursprünglich aus Zentral- und Südamerika. Das Hauptanbaugebiet liegt in Bolivien und Peru mit einem Weltmarktanteil von ca. 88% im Jahr 2003; die FAO (2014) stellt allerdings nur Daten für drei Länder zur Verfügung, siehe Tabelle 2.2. Nach der Eroberung durch die Spanier wurde der Anbau verboten und erst durch die vermehrte Nachfrage steigen die Anbauflächen wieder.

Der Samen selbst hat eine elipsoide linsenähnliche Form und ist blass gelb. Es besitzt einen Durchmesser von 1,0 bis 2,6mm mit einem Tausendkorngewicht von 1,9 bis 4,3 g. Quinoa wird in zwei Gruppen eingeteilt, in Bitteren Quinoa mit mehr als 0,11% Saponine und süßen Quinoa mit weniger als 0,11%. Saponine sind oberflächenaktive, sehr bitter schmeckende Steroide. Der größte Anteil an Saponinen sitzt in der Hülle des Korns welcher nach der Ernte entfernt wird.

Ernährungsphysiologisch zeichnet sich Quinoa durch einen hohen Anteil an Mineralien, den Vitaminen B2, C und E und einem hohen antioxidativen Potential aus. Im direkten Vergleich zu klassischen Getreiden hat Quinoa deutlich mehr Eiweiß, darunter auch mehr essentielle Aminosäuren mit einer guten Bioverfügbarkeit (BELTON and

TAYLOR (2002), ALVAREZ-JUBETE et al. (2010), JANCUROVÁ et al. (2009) und ARENDT and DAL BELLO (2011)).

Tabelle 2.2: Quinoaproduktion im Jahr 2012 (FAO, 2014)

	Bolivien	Ecuador	Peru	Gesamt
Anbaufläche [Ha]	63.000	1250	38.495	102.745
Produktion [t]	37.500	800	44210	82510
Ertrag [kg/Ha]	600	640	1.150	800

Amaranth (*Amaranthus sp.*), auch Fuchschwanz genannt, umfasst 60 bis 70 Arten und stammt aus Zentral- und Südamerika wo es schon von den Inka kultiviert wurde. Er ist eine jährige, hoch anpassungsfähige Pflanze mit einem C4 Stoffwechsel, was zu einer besonders effizienten CO₂ Nutzung führt. Für den menschlichen Verzehr können sie in zwei Gruppen unterteilt werden: in Gemüse Amaranth und Getreide Amaranth. Der Gemüse Amaranth besitzt einen milden spinatartigen Geschmack und besticht durch seinen hohen Ertrag, seinen Nährwert und seine Hitzebeständigkeit. Des weiteren wird Amaranth als Tierfutter und als Zierpflanze genutzt (ARENDDT and DAL BELLO, 2011).

Der Getreide Amaranth eignet sich zur Erzeugung von Pseudozerealien. Prinzipell gibt es drei Spezies die für diesen Einsatz geeignet sind, nämlich *Amaranthus hypochondriacus L.*, *A. cruentus L.* und *A. Caudatus L.*. Die Samen sind mit einer Durchmesser von 0,9 bis 1,7mm und einem 1000-Korngewicht von 0,6 bis 1g relativ klein. Die Farbe der Körner variiert zwischen Schwarz, Pink, Braun, Weis und Gold. (MLAKAR et al., 2010)

Ernährungsphysiologisch ähnelt Amaranth dem Quinoa sehr, so enthält Amaranth einen hohen Anteil an Mineralien, den Vitaminen B2, C und E. Amaranth ergänzt eine glutenfreie Diät und steigert ihr ernährungsphysiologisches Profil. Die Zusammensetzung von Amaranth ist in Tabelle 2.3 zusammengefasst (VALCÁRECEL-YAMANI and CAE TANO DA SILVA LANNES, 2012).

Tabelle 2.3: Inhaltsstoffe von Hafer, Quinoa und Amaranth in Massenprozent der Trockensubstanz

([1] ALVAREZ-JUBETE et al. (2010), [2] BIEL et al. (2009), [3] ARENDT and DAL BELLO (2011))

	Protein	Fett	Stärke	Ballaststoffe	Asche
Hafer ^[2]	11,5 ±1,32	4,79 ±0,61	64,5 ± 5,5 ^[3]	13,59 ±1,68	2,28±0,2
Amaranth ^[1]	16,5 ±0,3	5,7 ±0,3	61,4 ±0,8	20,6 ±1,1	2,8 ±0,0
Quinoa ^[1]	14,5 ±0,3	5,2 ±0,1	64,2 ±1,3	14,2 ±0,6	2,7 ±0,0

2.4 Mälzen

2.4.1 Prozess am Beispiel Gerste

Der Mälzprozess wird hier exemplarisch an Hand des Beispiels der Gerste erläutert. Gerste ist das am meisten zur Mälzung eingesetzte Getreide und somit auch das am besten Erforschte.

Nach der Ernte wird die Gerste in die Mälzerei geliefert, gereinigt und bis zur Überwindung der Keimruhe gelagert. Die gelagerte Gerste darf nicht mehr als 12 % Feuchtigkeit haben um übermäßige Aktivität und Atemschwund zu vermeiden. In den Silos wird die Gerste belüftet um das durch die Atmung gebildete CO₂ und die Abwärme zu entfernen.

Nach dem Überwinden der Keimruhe wird die Gerste in die Weiche überführt. In modernen Mälzereien erfolgt die Weiche in zwei Schritten bei 10-12 °C. Die erste Weiche dauert 4-6 Stunden in welcher die Gerste komplett mit Wasser bedeckt ist. Anschließend folgt eine Luftrast von 12 Stunden, danach folgt eine zweite Weiche von 4-6 Stunden. Während des gesamten Weichprozesses wird die Gerste intensiv belüftet um sie mit genügend Sauerstoff zu versorgen und um das gebildete CO₂ zu entfernen.

Nach der Weiche spitzen um die 80 % der Gerste bereits. Unter Spitzen versteht man das Durchdringen der Spelze durch die Wurzelkeime. Nun wird die Gerste die Keimanlage überführt. Hier ist der Keimkasten die am meisten verbreitete Bauform, in welcher die Gerste 0,8 bis 1,2 Meter hoch auf einem Schlitzblech liegt. Die Gerste wird durch das Blech von unten mit gekühlter (14 - 18 °C), befeuchteter Luft belüftet und zweimal täglich mit Schneckenwendern gewendet. Hierbei wird je nach Bedarf Wasser auf die Gerste aufgetragen um die erwünschte Feuchtigkeit zu erhalten. Fünf bis sechs Tage nach dem Beginn des Weichen ist das Grünmalz fertig.

Das Grünmalz wird nun in der Darre getrocknet um es zu stabilisieren und Farbe zu geben. Ziel ist es, das Grünmalz mit einem Wassergehalt von 45-50 % auf einen Wassergehalt von 1,5 bis 4 % zu trocknen. Der Endwassergehalt ist abhängig vom Malztyp. Der erste Teil der Trocknung wird als Schwelke bezeichnet. Durch ein Schlitzblech wird trockene warme Luft (50 °C) eingeblasen, diese steigt durch das Grünmalz, nimmt Feuchtigkeit auf und kühlt dabei ab. Dieser Prozess läuft so lange bis die Temperatur über dem Malz ansteigt und die Feuchtigkeit der Abluft sinkt. Dieser Punkt wird als Durchbruch bezeichnet. Jetzt wird die Temperatur schrittweise auf 80 °C erwärmt. Dieses langsame Trocknen ist erforderlich da ein zu schnelles und starkes Trocknen die gebildeten Enzyme zu stark beschädigen würde. Wenn die Zielfeuchtigkeit erreicht ist, wird das fertige Malz mit Luft gekühlt und noch vor dem Einlagern im Silo entwürzelt.

Während des Mälzens erfährt das Gerstenkorn einige Veränderungen. Ab dem Zeitpunkt des Wasserkontaktes beginnt das Korn Wasser aufzunehmen, wobei die unterschiedlichen Teile der Korner unterschiedlich schnell das Wasser aufnehmen. Das Wasser

wird am schnellsten über die Kronbasis aufgenommen, von wo es in das Schildchen gelangt. Die Wasserkonzentration ist nach dem Keimen im Schildchen am höchsten, gefolgt von der Keimlingsachse und der Spelze. Im Vergleich dazu nehmen das Aleuron und das Endosperm wesentlich weniger Wasser auf. Durch die Wasseraufnahme quillt das Gerstenkorn. Nach 24 Stunden durchbricht der Wurzelkeim die Spelze, dort wo das Korn mit der Ähre verwachsen war. Der Wurzelkeim beginnt dann zu gabeln, es bilden sich feine Wurzelchen, welche von Kapillarwurzelchen bedeckt sind. Wenn aus den Würzelchen Wurzeln werden, spricht man von Greifern. Zeitgleich bildet sich unter der Spelze der Blattkeim welcher unter der Rückenspelze entlang wächst um an der Spitze des Kornes durchzubrechen. Die Mälzung wird beendet bevor der Blattkeim durchbricht, dieser sollte sich aber im letzten Viertel des Kornes befinden. Bricht er dennoch durch, so wird von einem Husaren gesprochen.

Durch die Wasseraufnahme beginnt das Korn mit der Bildung und Aktivierung von Enzymen, sowie der Synthese von Biomasse in Form von Blatt und Wurzelkeimen. Das Korn induziert die Bildung von hydrolytischen Enzymen wie die α -Amylase, Grenzdextrinase, Endo- β -Glucanase und Endo-Xylanase in den Aleuronzellen durch Ausschüttung des Wachstumshormon Gibberellinsäure (Abbildung 2.5). Durch das Freisetzen der Enzyme wird das Endosperm kontinuierlich abgebaut. Weiters steigt durch diese Prozesse auch der Wassergehalt des Endosperms, beginnend beim Keimblatt und aufsteigend zur Kornspitze. Die gebildeten Enzyme bauen das Gerstenkorn ab und führen so zu dem Mälzschwund. Die Enzyme sind aber für das Maischen in der Brauerei unerlässlich, wodurch eine Balance zwischen dem Mälzschwund und der Enzymentwicklung gefunden werden muss (NARZISS and BACK, 2012).

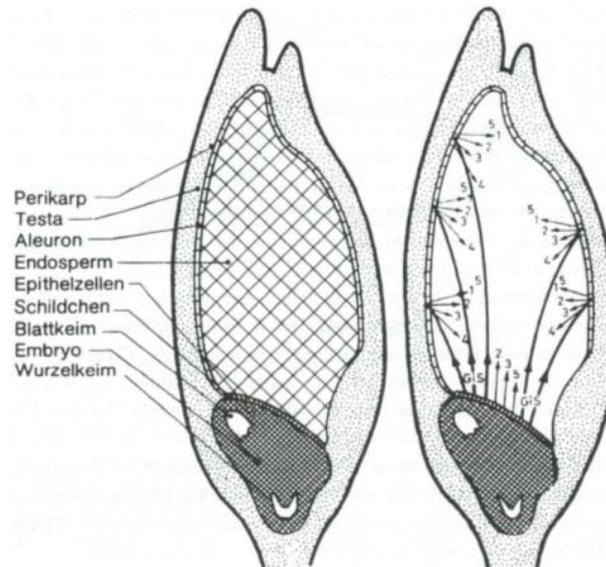


Abbildung 2.5: Enzymbildung in der keimenden Gerste (1 - Endo- β -Glucanase; 2 - α -Amylase; 3 - Protease; 4 - Phosphatase; 5 - β -Amylase; GiS - Gibberellinsäure) (NARZISS and BACK, 2012)

2.4.2 Mälzen von Hafer

Hafer wird schon seit längerem gemälzt und als Malz zur Herstellung von Bier verwendet. Reine Malzbiere haben sich allerdings nicht durchgesetzt, so wurden sie meist aus technologischen Gründen zugesetzt, ihre Spelzen erleichtern das Läutern. NARZISS and BACK (2012) beschreiben die Mälzung von Hafer anhand der Sorten Ivory und Typhon, diese haben ihre optimalen Mälzbedingungen bei 17, bzw. 16 °C und 8 Vegetationstagen. Die Löslichkeit der Inhaltsstoffe war bei der anschließenden Analyse allerdings nur moderat. Sie beschreiben das Haferbier als dünner und bitterer verglichen mit klassischen Gerstenbieren.

HÜBNER and ARENDT (2010) haben den Einfluss der Keimbedingungen auf den Proteinabbau untersucht. Die Parameter Temperatur und Keimzeit wurden mittels RSM analysiert. Das Weichen bestand aus 7 Zyklen a 3 h Weichen und 3 h Luftrast. Die Keimzeiten waren 48, 60, 96, 130 und 148 Stunden bei Temperaturen von 10, 12, 15, 18 und 20 °C. Es wurde festgestellt, dass die Temperatur nur einen geringen Einfluss auf die Proteaseaktivität von Hafer hat. Das Gegenteil ist bei der Keimzeit der Fall, sie hat einen maßgeblichen Einfluss auf die TSN und die FAN Werte. Je länger die Mälzung desto höher die TSN und FAN Werte.

HOSSEINI et al. (2010) haben den Einfluss des pH-Wertes und der Beseplung auf die Enzymaktivität von Lipase, α -Amylase und Protinase in Hafer untersucht. Ihr Mälzprogramm bestand aus vier Weichen zu je 4 Stunden, mit vierstündigen Luftrasten und fünftägigen Keimen bei 100 % Luftfeuchtigkeit und 3 mal täglichem Benetzen. Die Keimtemperatur betrug 16 °C. Das Grünmalz wurde daraufhin gefroren und analysiert.

Die beste Enzymaktivität aller drei Enzyme konnte bei geschälten Kernen und einem pH-Wert von 5 erreicht werden.

KLOSE et al. (2011) untersuchten die Herstellung von reinem Haferbier. Hierzu wurden die Maischbedingungen untersucht und das optimierte Maischprogramm wird in 2.4 tabellarisch dargestellt. Die Produktion von reinem Haferbier ist möglich, es weist im Vergleich zu Gerste einen niedrigeren Vergärungsgrad auf, sensorisch zeigt es einen besonderen Beerenflavor und eine bessere Haltbarkeit durch den höheren Gehalt an Antioxidanzien im Vergleich zu klassischem Bier auf.

MÄKINEN et al. (2013) mälzte die Hafer Sorte Lutz, das Weichen und die Keimung wurde bei 15 °C für 5 Tage durchgeführt. Die Schwelke Daare fand in drei Schritten statt, bei 35, 50 und 60 °C. Die Ergebnisse der Enzymaktivität von α -Amylase, β -Amylase, Lipase und Protease sind in Tabelle 2.5 vor und nach dem Mälzen zusammengefasst. Durch das Mälzen konnte die Aktivität der α -Amylase am stärksten gesteigert werden, von 0,29 U/g auf 47,7 U/g. MUNOZ-INSA et al. (2011) hat die Hafersorten Ivory und Typhon mittels Response Surface Methode den Einfluss der Parameter der Weichegrad (43, 45 und 47 %), Keimtemperatur (12, 15 und 18 °C) und Keimzeit (6, 7 und 8 Tage) auf die Eigenschaften des fertigen Malzes für den Einsatz in der Brauerei untersucht. Das Schwelke Daare Programm bestand aus 16 h bei 50 °C, 1 h bei 60 °C, 1 h bei 70 °C und 5 h bei 80 °C. Für die Sorte Ivory wurde eine Keimzeit von 8 d, Weichegrad von 46 % und 17 °C Keimtemperatur, für die Sorte Typhon wurde eine Keimzeit von 8 d, Weichegrad von 45 % und 16 °C Keimtemperatur als die Optima für die Malzproduktion ermittelt.

Tabelle 2.4: Hafermaischprogramm nach KLOSE et al. (2011)

Zeit [min]	0	20	40	65	75	105	110
Temperatur [C]	45	45	62	62	72	72	88

2.4.3 Mälzen von Quinoa

MÄKINEN et al. (2013) hat in seiner Untersuchung der Malzeigenschaften von Quinoa die folgenden Parameter eingesetzt: Weichen 5 h, Keimen für 24 h bei 15 °C und ein vierstufiges Darren bei 45 °C, 50 °C, 55 °C und 65 °C. Nach dem Mälzen wurden die Wurzeln mittels eines 0,25 mm Sieb abgeschieden. Die Enzymaktivität ist in Tabelle 2.5 dargestellt. Es kam bei der α -Amylase und β -Amylase zu keinem Anstieg der Enzymaktivität, die Proteaseaktivität verschlechterte sich. Der direkte Vergleich mit Hafer zeigt die Enzymschwäche von Quinoa, diese liegt bei der Amylase und Lipase bei einem Zehntel.

DE MEO et al. (2011) hat den Einsatz von Quinoa zur Herstellung von glutenfreiem Bier untersucht. Es wurde unterschiedlichen Parameter aus der Literatur übernommen. Diese waren zwei Mälzungen bei 10 °C bzw. 25 °C mit und ohne 0,2 Massenprozent

Natronlauge im Weichwasser mit folgendem Mälzprogramm: 2,5 h Weichen, 1,5 h Luftrast, 2,5 h Weichen, 1,5 h Luftrast, 6 d Keimen und Darren für 5 h 40 °C, 5 h 50 °C und 10 h 60 °C. Die Wurzeln wurden durch ein Sieben entfernt. Ein weiterer Versuch wurde bei 15 °C, 3 h Weichen, 3 h Luftrast, 3 h Weichen, 5 d Keimen und Darren bei 50 °C 16 h, 60 °C 1 h und 74 °C 5 h durchgeführt. Quinoa weist selbst bei einer niedrigen Temperaturen von 10 °C eine hohe Keimfähigkeit auf. Die Autoren kamen zu dem Schluss das Quinoa grundsätzlich für das Brauen geeignet erscheint und weitere Untersuchungen nötig sind. Die Behandlung mit alkalischem Weichwasser zeigt keinen Einfluss auf die Mälzeigenschaften.

HAGER et al. (2014) untersuchte die Mobilisation der Stärkereserven von Quinoa während der Keimung. Die α -Amylaseaktivität wurde mit 30-60 U/g angegeben, im Vergleich zu Gerste (180 U/g) wesentlich enzymschwächer. Das starke Wachstum des Wurzelkeims führt zu großen Mälzverlusten, die Mälzung kann aber nicht früher abgebrochen werden, da die Malze sonst noch enzymschwächer sind.

NARZISS and BACK (2012) beschreiben ein schnelles und intensives Einsetzen der Keimung schon bei 8 °C mit einer Keimdauer von drei bis vier Tagen. Um die in der Schale enthaltenen Saponine zu entfernen wird ein Schälen so wie ein Verwerfen des Weichwassers vorgeschlagen. Quinoa hat den höchsten Endvergärungsgrad unter den Pseudogetreiden.

Tabelle 2.5: Enzymaktivität [U/g] von Hafer und Quinoa vor und nach dem Mälzen (MÄKINEN et al., 2013)

	α -Amylase	β -Amylase	Lipase	Protease
Hafer	0,29±0,07	0,5±0,05	27,7±4,8	2,13±1,0
Hafermalz	47,7±2,0	2,3±0,23	31,3±3,3	5,86±0,6
Quinoa	0,09±0,05	0,5±0,16	N/A	9,6±1,1
Quinoamalz	0,08±0,01	0,7±0,28	1,3±0,1	6,9±1,2

2.4.4 Mälzen von Amaranth

DE MEO et al. (2011) hat den Einsatz von Amaranth zur Herstellung von glutenfreiem Bier untersucht. Es wurden unterschiedliche Parameter aus der Literatur übernommen. Diese waren Mälzungen bei 10 °C bzw. 25 °C mit und ohne 0,2 Massenprozent Natronlauge im Weichwasser mit folgendem Mälzprogramm: 2,5 h Weichen, 1,5 h Luftrast, 2,5 h Weichen, 1,5 h Luftrast, 6 d Keimen und Darren für 5 h 40 °C, 5 h 50 °C und 10 h 60 °C. Die Wurzeln wurden wieder durch Sieben entfernt. Bei einer weiteren Mälzung bei 10 °C kam es zu einem so geringem Wachstum, so dass diese Malze nicht weiter untersucht wurden. Ein weiterer Versuch aus der Literatur wurde bei 8 °C, 5 h Weichen, 8 h Luftrast, 8 h Weichen, 7 d Keimen und Darren bei 50 °C 16 h, 60 °C 1 h und 74 °C 5 h durchgeführt, aufgrund des schlechten Wachstums wurde

die Keimung um 3 d bei 15 °C verlängert. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass Amaranth grundsätzlich für das Brauen geeignet erscheint und weitere Untersuchungen nötig sind. Die Behandlung mit alkalischem Weichwasser hatte einen positiven Einfluss auf die Mälzeigenschaften bei 25 °C.

LOONAT et al. (2003) hat den Einfluss der Temperatur auf die Keimfähigkeit bei 12, 17, 22 und 28 °C auf *A. hypochondriacus*, *A. cruentus cv. Amar* und *A. cruentus cv. Anna* untersucht. Bei *A. hypochondriacus* konnte eine Keimenergie von 65-70 % bei 12 und 17 °C und bei 22 und 28 °C von 85 % festgestellt werden, *A. cruentus cv. Anna* hatte bei 12 und 17 °C eine Keimenergie von unter 20 %, bei 22 °C 68 % und bei 28 °C 81 %. *A. cruentus cv. Amar* hatte eine Keimenergie von unter 20 % bei 12, 17 und 22 °C, bei 28 °C 85 %. LOONAT et al. (2003) hat die Keimenergie von neun Amaranthspezies untersucht, die Ergebnisse sind in Abbildung 2.6 zusammengefasst. Es wurden die Temperaturen 5, 10, 15, 20, 25, 30 und 35 °C bei konstanter und alternierender Temperatur untersucht. Abgesehen von *Amaranthus rudis* hatten alle untersuchten *Amaranthus spp.* ihre höchste Keimenergie über 20 °C.

Species ^{a,b}	5 C		10 C		15 C		20 C		25 C		30 C		35 C		LSD _(0.05) ^d
	C ^c	A ^c	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	
	% germination														
AMAAL	0	1	1	0	14	12	39	50	51	67	63	72	59	49	10
AMABL	0	1	1	3	5	18	9	39	6	37	8	21	8	2	10
AMACH	0	5	3	18	26	54	40	47	41	68	49	86	67	66	12
AMAPA	0	8	4	20	36	49	50	57	56	66	61	83	71	73	12
AMAPO	0	19	14	33	46	54	50	65	74	74	84	86	76	50	12
AMASP	0	0	2	0	3	4	3	57	8	77	26	79	67	46	14
AMARE	0	3	1	2	10	11	18	36	23	65	37	73	53	50	10
AMATA	0	0	0	0	4	1	2	5	5	27	31	75	33	70	15
AMATU	0	2	1	2	4	6	3	17	9	57	31	75	41	67	11
LSD _(0.05) ^e	7		7		7		8		8		8		8		—

^a Letter codes for weed names are WSSA-approved codes from the *Composite List of Weeds*, Revised 1989. Available only on computer disk from WSSA, 810 East 10th Street, Lawrence, KS 66044-8897.

^b Scientific names for plants and their respective codes: tumble pigweed, *Amaranthus albus* L. AMAAL; prostrate pigweed, *Amaranthus blitoides* S. Wats. AMABL; smooth pigweed, *Amaranthus hybridus* L. AMACH; Palmer amaranth, *Amaranthus palmeri* S. Wats. AMAPA; Powell amaranth, *Amaranthus powelli* S. Wats. AMAPO; spiny amaranth, *Amaranthus spinosus* L. AMASP; redroot pigweed, *Amaranthus retroflexus* L. AMARE; common waterhemp, *Amaranthus rudis* Sauer AMATA; tall waterhemp, *Amaranthus tuberculatus* Sauer AMATU.

^c Abbreviations: A, alternating temperature regimen; C, constant temperature regimen.

^d Denotes values required for significance at P = 0.05 among temperatures of individual *Amaranthus* spp.

^e Denotes values required for significance at P = 0.05 among *Amaranthus* spp. at individual temperatures.

Abbildung 2.6: Effekt der Temperatur auf die Keimenergie von neun Amaranth Spezies (LOONAT et al., 2003)

Tabelle 2.6: Übersicht der Malzeigenschaften von Hafer, Quinoa und Amaranth (NARZISS and BACK, 2012)

	Hafer	Amaranth	Quinoa	Gerste
Extrakt [%]	64,4	79,7	83,2	82,0
FAN [mg/100g MTrs]	145	187	206	140
Viscosität [mPa*s]	1,511	1,969	1,520	1,453
Amylase Aktivität [ASBC]	24	1	2	55
Endvergärungsgrad [%]	77,3	22,4	63,4	82,1

2.4.5 Vergleich der Rohstoffe

Die drei verwendeten Rohstoffe zeigen bezüglich ihrer Inhaltstoffe (Tabelle 2.3) und Mälzeigenschaften deutliche Unterschiede und viele Gemeinsamkeiten auf. Bei den Inhaltstoffen zeigen alle drei ähnliche Fett (5,3%)-, Stärke (62 %)- und Asche (2,6 %)- Konzentrationen auf. Die Ballaststoffe von Quinoa und Hafer liegen wieder im selben Bereich von ca. 14 %, während Amaranth mit 20 % deutlich darüber liegt. Der Unterschied in den Ballaststoffen kann in der Größe der Körner gefunden werden, Amaranth hat ein 1000 Korngewicht von 0,8 g während Hafer ein 1000 Korngewicht von 28 g (NARZISS and BACK, 2012) hat und so der Spelzenanteil mit den meisten Ballaststoffen niedriger ist, ist bei Quinoa ein 1000 Korngewicht von 3,1 g wobei es sich um geschälte Ware handelt.

Der hohe Extrakt von Amaranth und Quinoa, welcher im Bereich der Gerste bei 80 % liegt, um fast 15 % über dem weitaus enzymstärkeren Hafer ist durch die unterschiedliche Struktur der Stärke und des Eiweißes zu erklären. Die Stärke in Hafer und Gerste ist in Stärkekörnern mit einer Größe von 7-10 μm in Aggregaten bis zu 30-60 μm gespeichert. Die Stärke in Quinoa ist in Granulaten mit einer Größe von 1-2,5 μm zusammengelagert zu ovalen Strukturen mit einer Größe von 6,4-32 μm , bei Amaranth haben die Stärkekörner eine Größe von 0,8-1,0 μm . Dieser Unterschied führt dazu, dass ein Großteil des Kornes der Pseudozerealien in Lösung gehen kann ohne durch amyolytische Enzyme abgebaut zu werden. Der Hafer mit einer Amylaseaktivität von 24 ASBC im Vergleich zu Gerste mit 55 ASBC kann die verfügbare Stärke schlechter abbauen, was zu einem niedrigeren Extrakt führt, des weiteren hat Hafer einen höheren unlöslichen Ballaststoffanteil als Gerste, welcher sich zusätzlich negativ auswirkt (NARZISS and BACK, 2012).

Das Eiweiß wird in Pseudozerealien anders gespeichert als in den Getreiden Hafer und Gerste. In Hafer und in Gerste wird das Eiweiß unlöslich in Form von Globulinen und Glutelinen nach der Osborn Fraktion gespeichert. In den Pseudogetreiden Amaranth und Quinoa wird das Eiweiß als lösliches Albumin und Globuline gespeichert. Durch diesen Unterschied in der Physiologie der Pflanzen kommt es zu unterschiedlichem Extraktionsverhalten. Da aber Amaranth und Quinoa im Vergleich zu Hafer oder Gerste wesentlich enzymschwächer sind, kommt es zu einem niedrigeren Endvergärungsgrad, da große gelöste Proteine und nicht abgebaute Stärke nicht von der Hefe verstoffwechselt werden können (NARZISS and BACK, 2012).

3 Aufgabenstellung

In dieser Masterarbeit wird die Optimierung der Mälzbedingungen von glutenfreien Malzen untersucht. Die Pseudozerealien Quinoa und Amaranth haben im Vergleich zu klassischen Mälzgetreiden wie Gerste schlechte Eigenschaften zum Bierbrauen (NARZISS and BACK, 2012). Hafermalz kommt schon seit dem Mittelalter zum Einsatz in der Brauerei, es stellt aber nur ein Nischenprodukt dar. Hafer unterliegt hinsichtlich seiner Braueigenschaften denen der Gerste. Die besten Braueigenschaften weist heute in allen Aspekten die Gerste auf, der moderne Brauprozess ist optimal auf die Eigenschaften der Gerste abgestimmt. Auch die Gerste ist durch intensive Züchtung an die Anforderungen der Brauerei und Mälzerei angepasst worden.

Ziel ist es mittels eines vollfaktoriellen 3^3 Versuchsplanes den Einfluss der Keimzeit, Weichzeit und Keimtemperatur auf die Qualität des Malzes zu untersuchen. Die Qualität des Malzes wird mittels Refraktometrie, Dichtebestimmung, TSN und FAN aus dem Heißwasserextrakt des Malzes bestimmt. Die Dichte und Refraktometrie geben Aufschluss über die Amylase Aktivität, TSN und FAN über die Proteaseaktivität des Malzes.

4 Material & Methoden

4.1 Rohstoffe

Der bespelzte Hafer der Sorte Elipso, ungebeiztes Saatgut, wurde von der Saatzucht Edelhof, A-3910 Zwettel bezogen. Der abgeriebene Bio Quinoa Korn mit dem Abfülldatum vom 24.02.11 und der Amaranth, Abfülldatum 12.03.12, wurde von der Caj. Strobel Naturmühle, A-4030 Linz bezogen.

4.2 Rohstoffanalysen

4.2.1 Trockensubstanzbestimmung

Die Trockensubstanz wird durch Verdampfen des freien Wassers ermittelt. Die Aluminiumschalen werden vor der Verwendung im Trockenschrank bei 105 °C getrocknet, im Exsikkator auf Raumtemperatur abgekühlt und mit 2 g gemahlener Probe befüllt. Die Schalen werden dann über Nacht im Trockenschrank bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und danach erneut im Exsikkator auf Raumtemperatur ausgekühlt und abgewogen. (HUMER, 2010)

Material & Chemikalien

- Analysenwaage Sartorius analytic A200S (Sartorius AG, Göttingen, Deutschland)
- Trockenschrank Memmert
- Mühle Retsch Cyclone Mill
- Exsikkator
- Aluminiumschalen

Berechnung

$$\text{Wassergehalt}[\%] = \frac{\text{Auswaage}[g] - \text{Leergewicht}[g]}{\text{Einwaage}[g]} * 100$$

4.2.2 Ballaststoffbestimmung

Ballaststoffe sind vom menschlichen Verdauungstrakt nicht abbaubare und resorbierbare Stoffe. Sie sind überwiegend pflanzlichen Ursprungs. Zu den Ballaststoffen zählen Chitin, Keratin, Cellulose, Pentosane, Pektin, etc. (KURZHALS et al., 2003) Die Ballaststoffe werden nach ihren Eigenschaften in zwei Gruppen eingeteilt, wasserlösliche und unlösliche.

Bei der Analyse wird der menschliche Verdauungstrakt mithilfe von Enzymen nachgestellt und so alle verdaulichen Substanzen in eine wasserlösliche Form überführt. Zurück bleiben unlösliche Ballaststoffe, Salze und nicht abgebaute Proteine. Die Salze und Proteine werden bestimmt und vom Rückstand abgezogen, die verbleibende Masse stellt die unlöslichen Ballaststoffe dar. Die wasserlöslichen Ballaststoffe werden durch Zugabe von Alkohol ausgefällt, filtriert und gleich wie die unlöslichen Ballaststoffe bestimmt.

Die Bestimmung erfolgt mittels enzymatischen Abbaues der Probe, hierzu wird ein Gramm der gemahlten Probe in 0,05M MES TRIS Puffer bei pH 8,2 suspendiert und 30 Minuten bei 98-100 °C durch thermostabile α -Amylase abgebaut, danach bei 60 °C für 30 Minuten durch eine Protease abgebaut. Anschließend wird der pH Wert mittels 0,56M Salzsäure auf einen pH Wert von 4,1 bis 4,8 gebracht und mittels Amyloglucosidase bei 60 °C für 30 Minuten verdaut. Die Lösung wird dann durch getrocknetes Celite filtriert.

Im Filter verbleiben die unlöslichen Ballaststoffe, welche bei 120 °C getrocknet und ausgewogen werden und anschließend der Proteingehalt mittels Kjeldahl und die Asche bestimmt.

Im Filtrat befinden sich die wasserlöslichen Ballaststoffe, welche mit der vierfachen Menge 95 % Alkohol versetzt werden und über Nacht kristallisieren die wasserlöslichen Ballaststoffe aus. Sie werden ebenfalls durch getrocknetes Celite filtriert, bei 120 °C über Nacht getrocknet, ausgewogen und der Proteingehalt mittels Kjeldahl und die Asche bestimmt (MEGAZYME, 2014).

Die Proteinbestimmung nach Kjeldahl erfolgte gemäß Kapitel 4.2.3 und die Aschebestimmung erfolgte gemäß Kapitel 4.2.5

Material & Chemikalien

- Enzymkit total dietary fiber kit, Megazyme
- Celite Type 545
- Alkohol 95 Vol%
- Salzsäure 0,56 M

- MES TRIS Puffer 0.05 M pH 8,2
- Destilliertes Wasser
- Wasserbad GFL 1092
- Vakuumpumpe vaccubrand CVC 2
- Analysenwaage Sartorius analytic A200S (Sartorius AG, Göttingen, Deutschland)
- Trockenschrank Memmert
- pH Meter (Knick Portamess, Berlin Deutschland)
- Mühle Retsch Cyclone Mill
- Kolbenhubpipetten Eppendorf Reserch 200
- Glaswaren

Berechnung

Die wasserlöslichen und unlöslichen Ballaststoffe werden auf gleiche Art und Weise berechnet.

$$Ballaststoffe[\%] = \frac{Rueckstand[g] - Asche[g] - Protein[g]}{Probe(Trockensubstanz[g])} * 100$$

4.2.3 Proteinbestimmung nach Kjeldahl

Die Proteinbestimmung nach Kjeldahl beruht auf der Ermittlung des gesamten Stickstoffgehaltes in der Probe und Umrechnung in den Proteingehalt mittels eines Faktors. Der organisch gebundene Stickstoff wird unter Zusatz von konzentrierter Schwefelsäure und Katalysatoren zu Ammoniumsulfat reduziert. Aus dieser Lösung wird durch Zusatz von Natronlauge im Überschuss und Wasserdampfdestillation das Ammoniak freigesetzt und in eine Borsäurelösung übergeführt. Das gebildete Borat wird mit einer Salzsäuremaßlösung titriert und der Stickstoff errechnet (ZÄHLNER, 2005a).

Material

- Glasperlen
- Kjeldahltabletten
- Salzsäure 0,1 M, Maßlösung

- 20 ml 98 % Schwefelsäure
- Borsäure 2%
- Natronlauge 34 %
- Indikator nach Sher
- Destillationsapparatur Büchi KjelFlex K 360 (Flawil, Schweiz)
- Aufschlussanlage Büchi Digest System K 437 & Scrubber Büchi B 414 (Flawil, Schweiz)
- Titrationsautomat Metrohm 775 Dosimeter (Wien, Österreich)
- Analysenwaage Sartorius analytic A200S (Sartorius AG, Göttingen, Deutschland)
- Glaswaren

Berechnung

$$\text{Proteingehalt}[\%] = \frac{\text{VerbrauchHCl}[l] * \text{KonzentrationHCl}[\text{mol}/l] * N[\text{g}/\text{mol}] * \text{Faktor}}{\text{Einwaage}[g]}$$

N = Molekulargewicht von Stickstoff = 14,008 [g/mol]

Faktor = Umrechnungsfaktor = 6

4.2.4 Fettbestimmung

Das gesamt Fett wird als die Summe der hydrophoben, nicht wasserlöslichen Verbindungen definiert. Die Bestimmung erfolgt nach Soxhlet gemäß der Standardarbeitsanweisung SOP 1-09 der Universität für Bodenkultur, Institut für Lebensmitteltechnologie.

10 g gemahlene Probe wird in eine Extraktionshülse eingewogen und mit Watte verschlossen. Die Hülse wird in die Soxhlet Extraktionsanlage gegeben und mit 150 ml Petrolether befüllt. Die Extraktionszeit beträgt vier Stunden. Nach der Extraktion befindet sich das freie Fett im Rundkolben und der Petrolether wird abdestilliert und im Trockenschrank für eine Stunde bei 105 °C getrocknet. Die ausgekühlten Kolben werden gewogen und der Fettanteil errechnet (FRANK, 2014).

Material

- Analysenwaage Sartorius analytic A200S (Sartorius AG, Göttingen, Deutschland)
- Trockenschrank (Memmert GmbH, Schwabbach, Deutschland)

- Mühle Retsch Cyclone Mill (Haan, Deutschland)
- Exsikkator
- Soxhlet Extraktionsanlage
- Petrolether
- Watte
- Extraktionshülse
- Glaswaren

Berechnung

$$Fettgehalt[\%] = \frac{Auswaage[mg]}{Einwaage[mg] * Trockensubstanz[\%]} * 100$$

4.2.5 Aschebestimmung

Die Asche ist der nach dem Verglühen verbleibende Rückstand an anorganischen Substanzen. (KURZHALS et al., 2003)

Die Porzellantiegel werden bei 700 °C für eine Stunde verglüht, auf Raumtemperatur im Exsikkator abgekühlt und mit 2 g gemahlener Probe befüllt, in den Schnellverascher gegeben und verascht bis keine Rauchentwicklung mehr stattfindet. Die vorveraschte Probe wird nun in den Muffelofen überführt und bei 500 ± 10 °C bis zur Gewichtskonstanz ausgeglüht (bis die Asche weiß ist, mindestens 3 Stunden). Die veraschte Probe wird in den Exsikkator überführt und auf Raumtemperatur ausgekühlt und gewogen. (ZÄHLNER, 2005b)

Material

- Analysenwaage Sartorius analytic A200S (Sartorius AG, Göttingen, Deutschland)
- Trockenschrank (Memmert GmbH, Schwabbach, Deutschland)
- Mühle Retsch Cyclone Mill (Haan, Deutschland)
- Exsikkator
- Porzellantiegel
- Tiegelzange

Berechnung

$$Asche[\%] = \frac{Auswaage[g] - Porzellantiegeleer[g]}{Einwaage[g]} * 100$$

$$Asche_{inderTrockensubstanz}[\%] = Asche[\%] * \frac{100}{Trockensubstanz[\%]}$$

4.3 Mälzen

Die Mälzung erfolgt in einer Mikromalting Anlage der Firma Phoenix (Perth, Australien, Seriennummer 9136). Die Anlage verfügt über eine digitale Steuerung, läuft vollautomatisch und fasst 30 große oder 60 kleine Mälzkörbe (Abbildung 4.1). Bei den unterschiedlichen Prozessschritten können unterschiedliche Parameter eingestellt werden, andere sind durch die Natur des Prozessschrittes vorgegeben.

- **Reinigung:** nur die Dauer der Reinigung kann vorgegeben werden. Während der Reinigung wird der Keimkasten mehrmals geflutet und entleert während der Rollwender im Dauerbetrieb ist. Das verwendete Wasser wird am Ende verworfen. Ziel ist es anhaftenden Staub und Verunreinigungen zu entfernen.
- **Weichen:** die Parameter Zeit, Temperatur, Rollwender und das Verwerfen des Weichwassers können eingestellt werden, während der Weiche ist der Keimkasten geflutet.
- **Luftrast:** die Parameter Zeit, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Umluft und Rollwender können reguliert werden. Nach jeder Weiche kann eine Luftrast programmiert werden. Durch Auslassen einzelner Schritte können auch Temperaturprogramme gefahren werden. Es können bis zu sechs solcher Zyklen programmiert werden.
- **Darre und Schwelke:** die Parameter Zeit, Umluft, Frischluft, Start- und Endtemperatur sind steuerbar. Es können bis zu sechs Darr- und Schwelckschritte hintereinander programmiert werden.

Die Regulierung der meisten Parameter erfolgt nicht anhand fixer Größen, sondern durch Regelung von Stellschaltern zwischen 0 und 100 %. Die Steuerung der einzelnen Parameter ist anschließender Liste zu entnehmen:

- Der **Rollwender** kann direkt manuell über einen Drehschalter in seiner Geschwindigkeit geregelt werden, während die Prozentangabe in der Steuerung den Prozentsatz der Zeit angibt in welcher er im Einsatz ist.
- Der **Wasserstand** im Keimraum und im Vorlagebehälter wird über jeweils vier Sensoren in den Tanks ermittelt.

- Die **Weiche und Luftrasttemperatur** wird über die Temperatur des Wassers im Vorlagetank gesteuert, dieses kann gekühlt oder beheizt werden.
- Die **Relative Feuchte** wird über das Versprühen von Wasser in der einströmenden Luft eingestellt, die Angabe in Prozent steuert den Wasserdurchsatz der Düsen.
- Die Menge an **Umluft** wird durch die abgegebene Leistung des Ventilators geregelt.
- Die **Schwelk- und Darrtemperatur** wird durch Beheizung der Luft mittels eines elektrischen Wärmetauschers in der Anluft beheizt und durch einen Thermometer unter den Körben gemessen. Es kann ein Temperaturgradient über die eingegebene Zeit eingestellt werden. Zum Beispiel beträgt die Ausgangstemperatur 50 °C und wird langsam über eine Stunde auf 65 °C erhöht.
- Die **Frischluftzufuhr** kann beim Darren und Schwelken mit der Abluft verschnitten werden. Dies erfolgt über das Stellen einer Klappe welche zwischen 0 % (geschlossen), nur feuchte Umluft, zu 100 % (geöffnet), nur trockene Frischluft im geschlossenen Umluftsystem geregelt wird.

Material

- Waage
- Automatik Micromalting System (Fa. Phoenix, Perth, Australien, Seriennummer 9136)
- Mälzkörbe

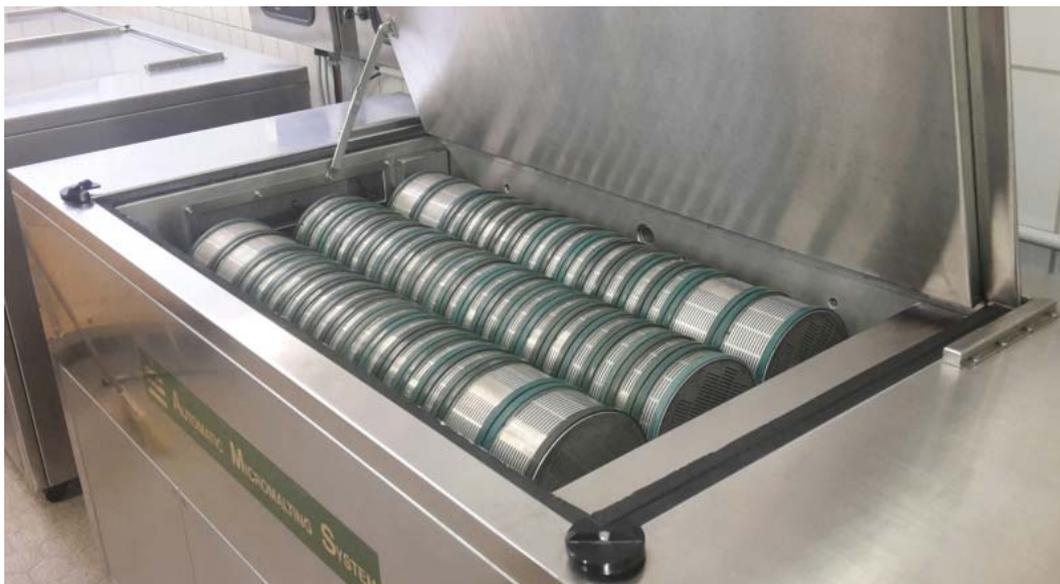


Abbildung 4.1: Automatik Micromalting System (Fa. Phoenix, Perth, Australien)

4.3.1 Mälzen von Hafer, Quinoa und Amaranth

Die Probenkörbe werden zum Erreichen der unterschiedlichen Weichzeiten gestaffelt in die Mälzanlage eingebracht. Zuerst die Körbe für die 10 h Weichzeiten, auf die 2 Stündigen Weiche folgt eine einstündige Luftrast in welcher die 8 h Weichzeit Körbe eingebracht werden. Dieser Vorgang wird für die 6 h Weichzeit wiederholt. Die unterschiedlichen Keimzeiten werden durch Entnehmen der Körbe nach 48 h bzw. 72 h und zwischen Lagerung bei 4°C realisiert. Die entnommenen Körbe werden kurz vor der Schwelke Darre wieder in die Anlage eingebracht. Der zu jedem Zeitpunkt nicht benötigte Platz in der Anlage wird mit leeren Mälzkörben gefüllt. Für jede unterschiedliche Keim- und Weichzeit werden jeweils zwei Körbe, mit 200 g Probe, für eine Doppelbestimmung eingebracht.

Für den Quinoa und den Amaranth müssen die Mälzkörbe adaptiert werden, für den Hafer bedarf keiner Adaptionen der Phynix Mälzanlage, die Körner ähneln jenen der Gerste in Größe und Form. Die Mälzkörbe werden mit einem 500 µm PP Netz (Firma Bückmann GmbH & Co. KG, Mönchengladbach, Deutschland) ausgekleidet, als Kleber dient Silikon.

4.4 Malzanalysen

4.4.1 Heißwasserextraktion

Die Heißwasserextraktion ist eine Analysemethode 4.6 der European Brewing Convention, mit dem Ziel, die Verzuckerungsrate, die Filtrationseigenschaften, die Farbe, die Viskosität, den pH Wert, den freien gelösten Stickstoff (TSN) und die freien Aminosäuren (FAN) zu bestimmen.

Das zu analysierende Malz wird entwurzelt und zu einem feinen Gries vermahlen, $50 \pm 0,05$ g werden in Becher gefüllt und mit 360 ± 10 ml 68 °C warmes Wasser vermischt und 60 Minuten im Wasserbad mit dem Rührwerk bei $65 \pm 0,5$ °C gehalten. Danach werden die Proben aus dem Wasserbad genommen und in 25 Minuten auf Raumtemperatur abgekühlt. Die Maische wird dann mit Wasser auf $450 \pm 0,2$ g aufgefüllt und über Faltenfilter abfiltriert. Das Filtrat wird anschließend weitergehend analysiert. (EBC, 1997)

Die Warmwasserextraktion des EBC wurde in zwei Punkten abgeändert. Die Extraktionszeit wurde von 60 Minuten auf 90 Minuten verlängert. Ziel dieser Modifikation war es, durch das längere Einwirken der Malz eigenen Enzyme eine bessere Differenzierung der enzymatischen Aktivität zu erlangen. Im Anbetracht der niedrigen Enzymaktivität in der Literatur (NARZISS and BACK (2012); MÄKINEN et al. (2013)) ist

dies der Versuch, kleine Differenzen besser zu ermitteln. Die Filtrationsdauer wurde nicht begrenzt, sie wurde erst nach einer Filtration von mindestens 40 ml klarer Maische abgebrochen.

Das Hafermalz wurde in der Labormühle mit einer Spaltbreite von 0,5 mm vermahlen. Bei der Filtration der Maische wurde eine Filtrationszeit von ca. 2 Stunden benötigt um eine adäquate Menge zu filtrieren (Abbildung 4.2). Die Malze von Quinoa und Amaranth wurden beide in der Labormühle bei einer Spaltbreite von 0,2 mm vermahlen. Der niedrigen Filtrationsrate wurde durch eine sehr lange filtration von mindestens 6 h entgegen gewirkt, meist über Nacht, hierzu wurden die Trichter zusätzlich noch mit Alufolie abgedeckt um die Verdampfung zu reduzieren.

Des Heißwasserextrakt ist eine Alternative zum Kongressmaisverfahren. Beim Kongressmaisverfahren werden für das optimale Wirken der Enzyme ein Temperaturprogramm gefahren. Der Heißwasserextrakt ist allerdings aufgrund der wesentlich kürzeren Analysendauer und der großen Probenzahl eingesetzt worden.



Abbildung 4.2: Filtration des Heißwasserextraktes

Material

- Labor-Scheibenmühle DLFU (Bühler AG, Uzwil, Schweiz)
- Wasserbad mit Rührwerk
- Thermometer
- Stoppuhr
- Faltenfilter
- Trichter

- Waage
- Wasserbad
- Messbecher
- Glaswaren

4.4.2 Proteinbestimmung nach Bradford, TSN

Die Proteinbestimmung nach Bradford basiert auf der Bindung von Coomassie Brilliant Blue G250 an Proteine und einem damit verbundenen Wechsel von kationischen in den anionischen Zustand, siehe Abbildung 4.3. Dieser Wechsel kann photometrisch bei einer Wellenlänge von 595 nm gemessen werden. Diese Methode bestimmt die Konzentration von hochmolekularem Eiweiß mit einem Molekulargewicht von mehr als ca. 5000 Da (NARZISS and BACK, 2012).

Technisch werden die Proben bei 11000 rpm für 10 Minuten abzentrifugiert. 50 µl des klaren Überstands wird dann in eine Mikrotiterplatte pipettiert, mit 200 µl Rotiquantlösung versetzt und nach 5 Minuten Reaktionszeit photometrisch bestimmt, alle Messungen erfolgen in Doppeltbestimmung, wobei vor der Messung eine Kalibrationsgerade mittels Albumin Fraktion V erstellt wird (CARL ROTH GmbH + Co.KG, 2013).



Abbildung 4.3: Coomassie Brilliant Blue-G250 (CARL ROTH GmbH + Co.KG, 2013)

Material

- Zentrifuge 5810 R (Eppendorf AG, Hamburg Deutschland)
- Photometer Tecan infinite M200 Pro (Tecan Group Ltd., Männedorf, Schweiz)
- Kolbenhubpipetten
- Rotiquantlösung (Carl Roth GmbH + CoKG, Karlsruhe, Deutschland)
- Destilliertes Wasser
- Mikrotiterplatten
- Epruvette

Berechnung

Aus der Messung der Verdünnungsreihe wird eine Kalibrationsgerade ermittelt, mit welcher unter Berücksichtigung möglicher Verdünnungen die Konzentration errechnet wird.

4.4.3 Freie Aminostickstoffbestimmung

Der freie Aminostickstoff (FAN) werden durch Ninhydrin oxidiert unter Abspaltung von Carbondioxid und Ammoniak. Das reduzierte Ninhydrin reagiert zusammen mit dem Ammoniak und nativen Ninhydrin unter Beteiligung der Fructose als reduzierende Verbindung zu einem blauen Farbstoff, dessen Absorptionsmaximum bei 575 nm liegt. Die Reaktion ist nicht spezifisch, sondern kann unter anderem auch mit Gamma-Aminobuttersäure stattfinden. Bei der Wellenlänge von 575 nm wird auch Prolin mitbestimmt. Zur Kalibrierung wird als Standard eine Glycinlösung verwendet. (PFENNINGER (1993)SPEDDING et al. (2012))

Material

- wasserfreie Natriumhydrogenphosphate
- Kaliumdihydrogenphosphat
- Ninhydrin
- Fructose
- RO-Wasser
- Glycine
- Kaliumjodid
- Ethanol 96 %
- Photometer Tecan infinite M200 Pro (Tecan Group Ltd., Männedorf, Schweiz)
- Kolbenhubpipetten
- Wasserbad
- Mikrotiterplatten
- Epruvette
- Analysenwaage Sartorius analytic A200S (Sartorius AG, Göttingen, Deutschland)
- Glaswaren

Durchführung

Für die Bestimmung werden drei Lösungen benötigt, die Ninhydrin Färbelösung, der Glycin Standard Stock und die Verdünnungslösung. Die Ninhydrin Färbelösung wird in einem Messkolben durch lösen von 4 g wasserfreiem Na_2HPO_4 , 6 g KH_2PO_4 , 0,5 g Ninhydrin und 0,3 g Fructose in 100ml RO Wasser hergestellt. Die Lösung ist licht geschützt bei 4 °C maximal zwei Wochen haltbar. Der Glycin Standard Stock wird in einem 500 ml Messkolben durch lösen von 107,2 mg Glycin in 500 ml RO Wasser hergestellt, Lagerung bei 0-4 °C. Die Verdünnungslösung besteht aus 2 g KIO_3 der initial in 600 ml RO Wasser gelöst wird um anschließend langsam mit 400 ml 96 % Ethanol versetzt zu werden.

Für die Kalibrierung wird aus dem Glycin Standard Stock eine Verdünnungsreihe hergestellt und gleich der Probe analysiert. Die Probe wird durch zentrifugieren bei 1000 rpm für 15 min geklärt und der klare Überstand anschließend analysiert, sollte die Konzentration zu hoch sein kann es hier zu einer Verdünnung mit RO Wasser kommen. Zum färben werden 150 μl Probe oder Standard mit 900 μl RO-Wasser und 450 μl Färbelösung in eine 3 ml Erpouvette pipetiert und gemischt. Die Mischung wird 16 min in kochendem Wasser inkubiert und anschließend 20 min in einem 20 °C abgekühlt. 90 μl der Probe werden mit 150 μl Verdünnungslösung in eine Mikrotiterplatte pipetiert und die Extraktion bei 575 nm gemessen.

4.4.4 Dichtebestimmung

Die Dichte wird mit einem digitalen Biegeschwingmessgerät ermittelt. Das Messprinzip beruht auf der Veränderung der Schwingung eines gebogenen Rohres wenn sich dessen Masse verändert. Der Biegeschwinger ist mit einem Thermometer ausgestattet weshalb die Proben auch gleich Temperatur-korrigiert abgelesen werden können.

Material

– Biegeschwinger DMA 3000 (Anton Paar GmbH, Graz, Österreich)

4.4.5 Zuckerbestimmung

Der Zuckergehalt wird mittels Refraktometer der Firma Atago, Model PAL-03 bestimmt (ATAGO Co., 2015). Der Brechungsindex einer Flüssigkeit ist abhängig von der Konzentration der gelösten Stoffe, der Temperatur und der Wellenlänge des verwendeten Lichtes. Gemessen wird der Winkel ab welchem eine Totalreflexion auftritt. Von den drei Variablen wird die Wellenlänge konstant gehalten, die Temperatur korrigiert, sodass die Unterschiede in der Konzentration gemessen werden können. Das Ergebnis

wird in °Brix angegeben wobei ein Grad Brix 1 g Saccharose in 100 ml Wasser darstellt. (KURZHALS et al., 2003)

Die Messung erfolgt durch Benetzen des Sensors mit ca. 0,5 ml Probe. Die Messung wird gestartet und das Ergebnis innerhalb von 5 s angezeigt. Das Ergebnis wird automatisch Temperatur-korrigiert angezeigt.

Material & Chemikalien

- Refraktrometer PAL-3 (Atago Co.,Ltd., Tokio, Japan)

4.4.6 pH Wertmessung

Der pH-Wert wird als negativer decadischer Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration definiert. Die Messung erfolgt mittels einer Glaselektrode welche das elektrische Potential an der Glasmembran misst. Dieses korreliert weitgehend mit der H^+ Ionen Konzentration und somit mit dem pH Wert.

Bei der Messung wird die Elektrode in die zu messende Lösung getaucht, gewartet bis der Messwert konstant ist, und abgelesen.

Material & Chemikalien

- pH Meter (Knick Portamess, Berlin Deutschland)
- Glaswaren

4.5 Statistische Methoden

Ziel der statistischen Methoden ist es, aus der sehr großen Menge generierter Daten die in einem Versuch gewonnen werden, signifikante Trends zu erkennen. Hierzu werden sowohl graphische Methoden als auch Kennzahlen zur Ermittlung herangezogen.

Die statistische Auswertung erfolgt unter der Verwendung folgender EDV Programme:

- LibreOffice Calc (The Document Foundation, Berlin, Deutschland)
- SPSS Statistics (IBM, Armonk, USA)
- Statgraphic Centurion VX (Statpoint Technologies, Inc., Warrenton, USA)

4.5.1 Varianzanalyse

Die Varianzanalyse, häufig als ANOVA (analysis of variance) ist die Analyse der Varianz der Ergebnisse im Vergleich zur Varianz der Mittelwerte. Anhand dieser können signifikante Unterschiede zwischen Gruppen ermittelt werden. Im Anschluss an die Varianzanalyse folgen Post-Hoc-Tests. Die Post-Hoc-Tests suchen nach signifikanten Unterschieden zwischen multiplen Mittelwerten. Die Post Hoc-Test nach Ducan wurde eingesetzt (STATGRAPHICS, 2010).

4.5.2 Graphische Methoden

Durch graphische Darstellungen lassen sich komplexe Daten leichter vermitteln.

Zielgrößen Diagramm

Der Einfluss von zwei Faktoren auf eine Zielvariable wird in einem dreidimensionalen Diagramm dargestellt. Durch das Übereinanderlagern mehrerer Kurven kann noch ein dritter Parameter dargestellt werden.

Haupteffekt-Diagramm

Dieses zweidimensionale Diagramm zeigt den Einfluss eines Faktors auf den Ertrag einer Zielvariablen über den untersuchten Bereich des Faktors. Es lassen sich neben linearen Effekten auch feststellen ob signifikante quadratische Effekte aus dem ANOVA ein Minimum oder Maximum beschreiben.

Standardisiertes Pareto-Diagramm

Die Effekte aus der ANOVA werden ihrer Größe nach sortiert, der größte Effekt zuerst. Das 95% Signifikanzniveau wird eingezeichnet um die Effekte mit einem signifikanten Einfluss von jenen mit einem ohne signifikanten Einfluss zu trennen.

5 Versuchsdurchführung

Der Einfluss der Prozessfaktoren Keimtemperatur, Weichzeit und Keimzeit auf die Qualität des Malzes von bespelztem Hafer, Quinoa und Amaranth wird mittels eines vollfaktoriellen 3^3 Versuchsplanes (Abbildung 5.1) untersucht. In Tabelle 5.1 sind die untersuchten Parameter dargestellt. Das Mälzprogramm ist in Abbildung 5.2 dargestellt.

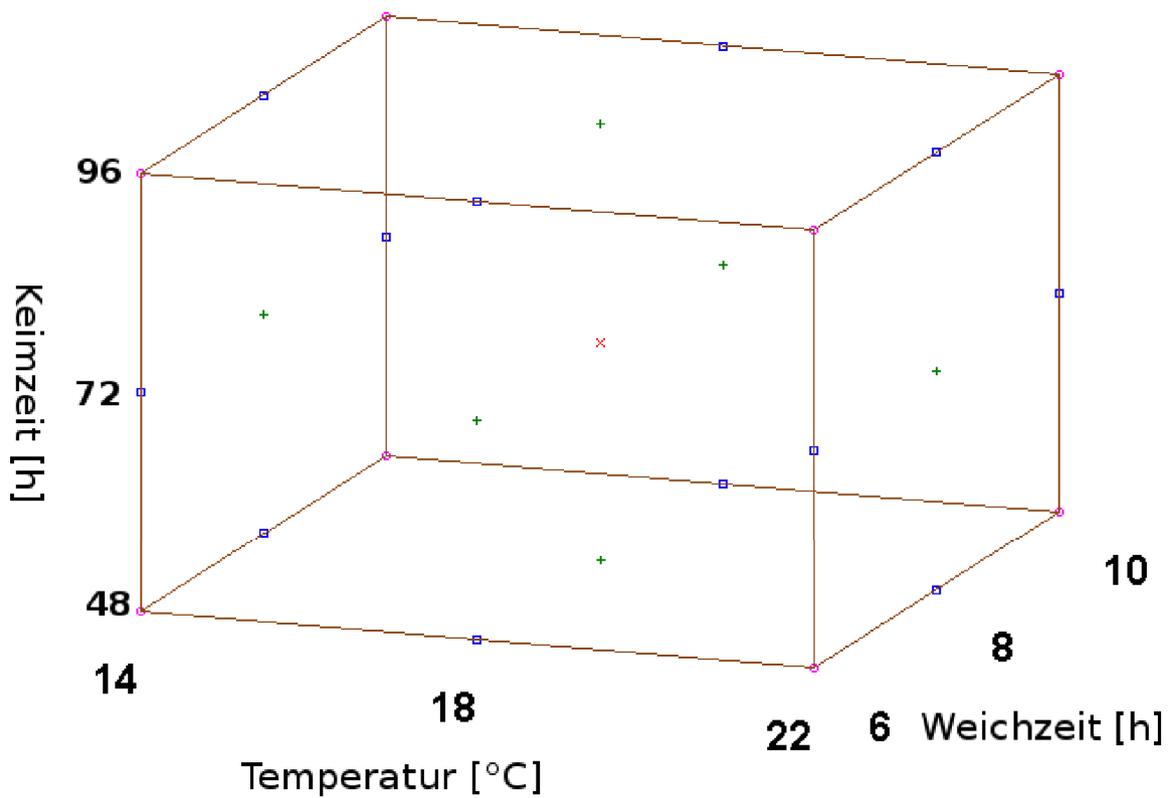


Abbildung 5.1: Designpunkte des Versuchsplanes

Tabelle 5.1: Untersuchte Mälzparameter

Temperatur	°C	22	18	14
Keimzeit	h	96	72	48
Weichzeit	h	10	8	6

5.1 Codierung

Um jede Probe eindeutig zu identifizieren wurde folgende Probencodierung genutzt:

1 Der Buchstabe steht für das Getreide (H – Hafer, Q – Quinoa, A – Amaranth)

	Cycle hour	cycle minutes	% roller on	S.P. Temp. [°C]	% R.H.	% Airflow	Start temp [°C]	End temp [°C]	Damper % open START	Damper % open END	Proben aufgabe	Zeit [h]
Wash	0	0	0									0
Rince	0	0	0								Weiche 10h	0
Steep 1	2	0	50	22								2
Airrest 1	1	0	50	22	98	15					Weiche 8h	3
Steep 2	2	0	50	22								5
Airrest 2	2	0	50	22	98	15					Weiche 6h	7
Steep 3	3	0	50	22								10
Airrest 3	15	0	50	22	98	15						25
Steep 4	3	0	50	22								28
Airrest 4	48	0	50	22	98	15						76
Steep 5	0	0	0	0							Entnahme 48h	76
Airrest 5	24	0	50	22	98	15						100
Steep 6	0	0	0	0							Entnahme 72h	100
Airrest 6	24	0	50	22	98	15						124
Kiln 1	18	0	100			100	50	50	100	100	Entnahme 96h	142
Kiln 2	1	0	100			100	50	55	100	100		143
Kiln 3	1	0	100			100	55	60	100	100		144
Kiln 4	8	0	100			100	60	60	100	100		152
Kiln 5	1	0	100			100	60	50	100	100		153
Kiln 6	6	0	100			100	50	50	100	100		159

Gesamt 159 h

Abbildung 5.2: Mälzprogramm für die Temperatur von 22°C

2 die erste zweistellige Zahl steht für die Keimtemperatur (22, 18 und 14°C)

3 die zweite zweistellige Zahl steht für die Weichzeit (10, 8 und 6h)

4 die dritte zweistellige Zahl steht für die Keimzeit (96, 72 und 48h)

5 die Zahl 1 steht für die Erste Mälzung und die Zahl 2 für die Wiederholung

6 die Zahlen 1 und 2 stehen für die beiden Warmwasserextraktionen des Malzes

Ein Beispiel für diese Codierung noch vor der Warmwasserextraktion ist in Abbildung 5.3 abgebildet.

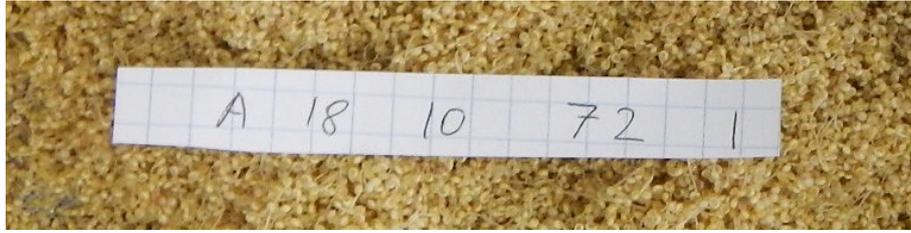


Abbildung 5.3: Beispiel für die Codierung von **Amaranth**, der bei **18 °C** für **10 h** geweicht und für **72 h** gekeimt wurde aus der **1.** Mälzung

5.2 Mälzen

In Summe gab es sechs komplette Mälzungen, bei jeder Temperaturstufe zwei. Durch das hohe Alter der Anlagen kam es wiederholt zu Fehlfunktionen der Anlage, unter anderem durch Gebrechen der elektrisch gesteuerten Ventile, des elektrischen Wärmetauschers für die Schwelke und Darre und des Kettenantriebes des Rollwenders, dies führte zu wiederholten Abbrüchen der Mälzungen. Das fertige Malz wurde in Plastikbeuteln im Kühlraum bei 4 °C gelagert.

5.3 Entkeimen

Bei Hafer konnte die Entkeimung durch händisches Reiben auf einem Sieb mit einer Maschenweite von 1,5 mm durchgeführt werden, die abgetrennten Wurzelkeime fielen durch das Sieb, während das Hafermalz zurückgehalten wurde. Bei Quinoa und Amaranth war dies nicht möglich, da sich die Wurzelkeime nur begrenzt durch Reibung abtrennen ließen. Um dennoch eine gute Trennung zu erreichen, wurden die Quinoakörner in der Labor-Scheibenmühle DLFU (Bühler AG, Uzwil, Schweiz) mit einer Spaltbreite von 1,4 mm und der Amaranth mit einer Spaltbreite von 1,1 mm vermahlen, bei diesem Schritt kam es kaum zu einer Verletzung der Malzkörner aber zu einer sehr guten Entfernung der Wurzelkeime. Nach der Mahlung wurden die Malze gesiebt um die Wurzelkeime von den Malzkörnern abzutrennen, dafür wurde bei Quinoa ein Sieb mit einer Maschenweite von 0,75 mm und bei Amaranth von 0,5 mm verwendet.

5.4 Heiswasserextraktion

Bei der Mälzung von Hafer traten keine Probleme auf. Bei Quinoa und Amaranth kam es bei höheren Temperaturen, besonders bei 22°C immer wieder zu Schimmelbildung und zu Quinoamalzbällen. Da diese Teile verworfen wurden kam es teilweise zu keiner Doppelbestimmungen. Es liegen jedoch pro Malz jeweils mindestens vier Messwerte vor.

5.5 Analysen des Heißwasserextraktes

Die gewonnene Maische wurde direkt nach der Filtration einer ersten Analyse unterzogen, hierzu zählten die Dichte mittels Biegeschwinger, der Zuckergehalt mittels Refraktometer und der pH Wert. Für die Bestimmung des FAN und TSN wurden 15 ml Probe bei -30 °C eingefroren. Die Analysen erfolgten wie in Kapitel 4 Material und Methoden beschrieben.

6 Versuchsergebnisse und Diskussion

6.1 Auswertung der Rohstoffanalyse

Die Ergebnisse der Rohstoffcharakterisierung sind in der Tabelle 6.1 und die Literaturwerte sind in Tabelle 2.3 (Kapitel 2) zusammengefasst.

Die Ergebnisse des bespelzten Hafers weichen teilweise von den Literaturwerten ab. Die Trockensubstanz liegt mit 0,32 % leicht unter dem von BIEL et al. (2009) angegebenen Wert. Die Asche liegt im Bereich der Literaturwerte. Die Stärke liegt um 1,62 % unterhalb der Literaturwerte von ARENDT and DAL BELLO (2011). Die Ballaststoffe zeigen die größte Abweichung von den Literaturwerten mit 8.11 % (BIEL et al., 2009) und 10.38 % (ARENDT and DAL BELLO, 2011) oberhalb der angegebenen Werte. Abweichungen wie zum Beispiel jene der Stärke sind leicht durch erzeugungsbedingte Schwankungen zu erklären. Je nach Region, Jahr, Sorte und Art der Düngung gibt es Schwankungen im unteren einstelligen Prozent Bereich. Die große Abweichung der Ballaststoffe von über 8 % kann nicht nur durch die Produktionsschwankungen erklärt werden. Hier ist anzuführen, dass in den Quelle nicht ersichtlich ist, ob es sich um geschälten bespelzten Hafer, bespelzten Hafer oder nackten Hafer handelt. Ein Schälen hätte eine deutliche Reduktion der Ballaststoffe zufolge da diese hauptsächlich in den Spelzen sowie dem Aleuron zu finden sind.

Die Rohstoffanalyse des abgeriebenen Quinoa zeigt keine Abweichung des Fettgehaltes und eine geringe Abweichung von unter 1 % des Eiweiß- und des Aschegehaltes. Der Ballaststoffanteil liegt 8.98 % unter der von ALVAREZ-JUBETE et al. (2010) und 5.38 % unter der von LAMOTHE et al. (2015) angegebenen Werten. Der Stärkeanteil liegt 9.12 % über dem von ALVAREZ-JUBETE et al. (2010). Der hohe Stärkeanteil kann neben natürlichen Schwankungen durch die Berechnung erklärt werden. Die Stärke wurde nicht direkt bestimmt sondern als Differenz der restlichen Inhaltsstoffe errechnet, die niedrigen Ballaststoffe zusammen mit den anderen Abweichungen der Asche, des Fett und des Eiweiß führen zu einer erheblichen Verschiebung des Stärkeanteils. Auch das abreiben der Quinoaschale führt zu einer Reduktion der Ballaststoffe. In der Literatur ist es nicht ersichtlich ob es sich um abgeriebenen Quinoa handelt oder nicht. Der Grund für das Schälen des Quinoa liegt in den bitteren, antinutritiven Inhaltsstoffen der Schale, den Saponinen.

Amarnath weist keine großen Abweichungen von den Literaturwerten auf. Eiweiß liegt im Bereich von VALCÁRECEL-YAMANI and CAE TANO DA SILVA LANNES (2012) aber unterhalb von ALVAREZ-JUBETE et al. (2010), Fett liegt bei 0.65 % und Asche 0.33 % unter dem von ALVAREZ-JUBETE et al. (2010) und VALCÁRECEL-YAMANI and CAE TANO DA SILVA LANNES (2012) angegebenen Werten. Bei den Literaturwerten wird eine große Schwankung bei den Ballaststoffen angezeigt.

VALCÁRECEL-YAMANI and CAE TANO DA SILVA LANNES (2012) geben einen Bereich von 12 bis 20.6 % an im welchen auch die Werte von LAMOTHE et al. (2015) und ALVAREZ-JUBETE et al. (2010) liegen. Das ermittelte Messergebnis liegt etwas über dem von LAMOTHE et al. (2015) angegebenen Ballaststoffen. Die Stärke liegt um 1.06 % unter dem von VALCÁRECEL-YAMANI and CAE TANO DA SILVA LANNES (2012).

Vergleicht man die drei untersuchten Rohstoffe direkt miteinander, so ist festzustellen dass sie im Bereich Fett, Asche und Eiweiß im gleichen Bereich liegen. Große Differenzen sind nur im Bereich der Ballaststoffe und der Stärke zu erkennen. Hafer hat durch seine großen und dicken Spelzen einen deutlich höheren Ballaststoffanteil.

Tabelle 6.1: Ergebnisse der Rohstoffanalyse (¹Stärke aus der Differenz errechnet, n=3)

	Hafer (bespelzt)	Quinoa	Amaranth
Trockensubstanz [%]	87,69±0,03	84,97±0,04	87,21±0,07
Asche [%TS]	1,93±0,08	1,76±0,16	1,89±0,08
Eiweiß [%TS] (F=6.00)	12,63±0,41	13,22±0,21	14,60±0,57
Fett [%TS]	5,16±0,08	5,33±0,14	4,97±0,05
Ballaststoffe löslich [%TS]	20,28±0,00	2,25±0,06	11,11±1,11
Ballaststoffe unlöslich [%TS]	3,52±0,42	2,26±0,05	1,51±0,05
Stärke ¹ [%TS]	56,48±0,99	75,18±0,56	65,92±1,86

6.2 Analyseergebnisse des Hafermalz

Durch die gleiche makroskopische Beschaffenheit von bespelzten Hafer und Gerstenkörnern ist die Mälzanlage auch geeignet diese zu vermälzen. Das Keimgut keimte gleichmäßig. Es kam zu mehreren Totalausfällen bei den Mälzungen, da der Kettenantrieb für das Wenden des Grünmalzes bzw. Rollen der Körbe mehrfach riss und die Welle brach. Nach der Reparatur des Kettenspanners kam es zu keinen weiteren Verzögerungen. Bei aufgetretenen Fehlern der Anlage wurde die Mälzung abgebrochen und mit neuem Probenmaterial neu gestartet.

In Abbildung 6.1 ist ein Hafermalz am Beginn des Greiferstadiums zu sehen, teilweise sind auch freiliegende Blattkeime zu erkennen. Nach der Heißwasserextraktion kam es zu einer deutlichen Verzögerung in der Filtration der Maische im Vergleich zu Gerstenmalz. Dieser Unterschied ist vermutlich auf das höhere Molekulargewicht des *beta*-Glucan im Hafer zurückzuführen und führt zu einer höheren Viskosität. Diese nimmt bei langen Keimzeiten des Malzes ab. (KAUKOVIRTA-NORJA et al., 2004).

6.2.1 Verzuckerung

Die Aktivität der stärkeabbauenden Enzyme kann indirekt in den beiden Parametern Dichte und °Grad Brix gemessen werden. Stärke stellt in Hafer einen Massenanteil von $56,48 \pm 0,99$ % (Tabelle 6.1) den größten Massenanteil des Kornes dar. Durch eine Zunahme der Enzymaktivität wird die Stärke stärker abgebaut und geht als Mono-, Di-, und Dextrine in Lösung. Diese Veränderung wird mittels der Dichtebestimmung und Refraktometrie ermittelt. Eine Veränderung in der Dichte oder der Refraktometrie kann somit auf einen Anstieg der Enzymaktivität zurück geführt werden.

Die Refraktometrie zeigt im standardisierten Pareto-Diagramm (Abb. 6.2) und der p-Werttabelle 6.4 vier signifikante Zusammenhänge. Die Keimzeit hat einen signifikanten positiven linearen Einfluss, die Weichzeit und die Keimtemperatur haben beide einen signifikanten negativen linearen Einfluss. Im Haupteffekt-Diagramm 6.3 sind die signifikanten linearen Einflüsse klar zu erkennen. Die Keimzeit und die Keimtemperatur haben eine negative signifikante Wechselwirkung. Im Respons Surface Diagramm 6.4 ist die Wechselwirkung in Form eines Sattels zu erkennen, simultan steigende Keimtemperatur und Weichzeit führen nicht zu einem Abfallen des °Brix. Der Einfluss der Weichzeit ändert sich von positiv bei niedrigen Keimtemperaturen zu negativ bei hohen Keimtemperaturen. Diese Beobachtung entspricht auch der für die höchste Refraktometrie optimierten Bedingungen in Tabelle 6.3, hier wird eine lange Weich- und Keimzeit bei niedriger Keimtemperatur als Optimum angegeben.

Die Dichte weist im standardisierten Pareto-Diagramm 6.5, der p-Werttabelle 6.4, dem Zielgrößen-Diagramm 6.6, dem Haupteffekt-Diagramm 6.7 und der Optimum

Tabelle 6.3 die gleichen Eigenschaften auf.

6.2.2 Proteaseaktivität

Die Aktivität der Protease wird indirekt anhand des gesamten löslichen Stickstoff (TSN) und des freien Aminostickstoff (FAN) bestimmt. Nach der Bestimmung des TSN wurden die Ergebnisse ausgewertet, da nur die Temperatur einen signifikanten Einfluss auf den TSN hatte, wurde beschlossen nur den Einfluss der Temperatur auf den FAN da zu stellen. Hierzu wurde die Weichzeit auf 8 Stunden und die Keimzeit auf 72 Stunden festgelegt. Die Menge an gelösten Proteinen / Stickstoff ist verglichen zu den gelösten Zuckern eine Zehnerpotenz geringer. Dadurch wird der Einfluss der Eiweißlöslichkeit auf die Dichte und Refraktometrie als nicht signifikant erachtet.

Der TSN wird im standardisierten Pareto-Diagramm 6.8, dem Haupteffekt-Diagramm und der p-Werttabelle 6.4 nur signifikant linear positiv durch die Keimtemperatur beeinflusst. Im Zielgrößen-Diagramm 6.9 sind die nicht signifikanten Einflüsse aus dem Haupteffekt-Diagramm 6.10 nicht wiederzufinden. Der TSN steigt mit der Keimtemperatur konstant an, während die Weichzeit und die Keimzeit keinen signifikanten Einfluss auf den TSN haben.

Die FAN Werte sind im Boxplot Diagramm 6.11 dargestellt. Es wurden keine Signifikanten Unterschiede der FAN Werte festgestellt.

6.2.3 Zusammenfassung

Bei der Mälzung von Hafer muss ein Kompromiss zur Herstellung des optimalen Malzes gefunden werden. Die Verzuckerung ist bei niedrigen Temperaturen, langen Weich- und Keimzeiten am höchsten, während die Proteaseaktivität von hohen Keimtemperaturen und kurzen Keim- und Weichzeiten profitiert. Die Optima liegen aber durchwegs auf den Minima oder Maxima der variierten Parameter, so ist nur bei der Refraktometrie das Optimum direkt an der maximalen Keimzeit gelegen. Dies zeigt das eine weitere Optimierung durch Parameter außerhalb des untersuchten Bereiches möglich ist, eine Verlängerung der Keimzeit verspricht unter anderem eine solche Verbesserung. Die deckungsgleichen Ergebnisse der Refraktometrie und der Dichtebestimmung spricht für eine hohe Signifikanz der Ergebnisse.

Denn die Ergebnisse decken sich mit den Angaben von NARZISS and BACK (2012) hinsichtlich der Keimtemperatur bei 17 bis 18 °C und einer langen Keimzeit von 8 Tagen. Die von NARZISS and BACK (2012) in Tabelle 2.6 angegebenen Werte konnten jedoch nicht erreicht werden. Der Extrakt lag bei 56 % (Dichte) bzw. 61 % (Refraktometrie), der TSN bei 135 mg/100 g Malz und der FAN bei 45 mg/100 g Malz an ihren Maximalwerten. Die Literaturwerte geben einen Extraktionsgrad von 81%

und einen FAN von 145 mg/100 g Malz an. Diese Unterschiede können unter anderem durch die Heißwasserextraktion erklärt werden. Im Gegensatz zu NARZISS and BACK (2012) und KLOSE et al. (2011) kam es zu keinem klassischen Maischverfahren mit unterschiedlichen Temperaturreihen, sodass nicht das volle Potential der vorhandenen Enzyme ausgeschöpft werden konnte. Das Maischprogramm von KLOSE et al. (2011) in Tabelle 2.4 ist neben dem Temperaturprogramm auch um 20 Minuten länger.

KORDIALIK-BOGACKA et al. (2014) mälzten bei 14 °C, 7 h Weichzeit und 120 h Keimzeit und maischten mit einem mehrstufigen Temperaturprogramm. Das eingesetzte Mälzprogramm entspricht bei der Keimtemperatur und Keimzeit dem Optima hinsichtlich der Verzuckerung, die Weichzeit ist jedoch kürzer, in welchem Ausmaß das Grünmalz befeuchtet wurde und die Zielfeuchte wurde nicht beschrieben. Im direkten Vergleich zu Gerste wurde eine um 39 % schlechterer FAN und einen um 43 % besseren TSN Wert gefunden. Die Extraktion von Hafer lag um 12 % unter dem von Gerste. Die Ergebnisse decken sich mit jenen, die in dieser Untersuchung gefunden wurden. Der Extrakt und der FAN Wert ist niedriger als jener der Gerste. Der beschriebene Unterschied eines Faktors 10 zwischen dem höheren TSN und niedrigeren FAN konnte nicht wiedergefunden werden.

Das Mälzen von Hafer kann im allgemeinen als einfach beschrieben werden. Die für die Gerste im Einsatz befindlichen Anlagen können ohne Adaptionen auch für das Mälzen von Hafer eingesetzt werden. Die Ergebnisse bedürfen weiterer Untersuchungen, der Kälte resistente Hafer könnte bei Temperaturen auch unterhalb von 14 °C bessere Verzuckerungsraten liefern, der Einfluss einer längeren Keimzeit (120, 144, 168 h) auf die Verzuckerung sollte weiter untersucht werden.



Abbildung 6.1: Hafergrünmalz bei 18 °C, 10 Stunden Weichzeit und 72 Stunden Keimzeit

Tabelle 6.2: Ergebnisse der Mälzung von Hafer

Temperatur	Weichzeit	Keimzeit	TSN	Dichte	Brix
22	10	96	0,128± 0,025	1,021± 0,003	6,1± 0,7
22	10	72	0,132± 0,034	1,021± 0,003	6,0± 0,7
22	10	48	0,148± 0,044	1,020± 0,003	6,0± 0,7
22	8	96	0,126± 0,027	1,023± 0,001	6,6± 0,3
22	8	72	0,116± 0,038	1,022± 0,001	6,4± 0,4
22	8	48	0,137± 0,032	1,021± 0,001	6,2± 0,2
22	6	96	0,118± 0,027	1,023± 0,002	6,7± 0,2
22	6	72	0,133± 0,042	1,023± 0,001	6,7± 0,2
22	6	48	0,230± 0,116	1,023± 0,000	6,6± 0,1
18	10	96	0,074± 0,051	1,023± 0,001	6,6± 0,1
18	10	72	0,066± 0,029	1,022± 0,000	6,5± 0,1
18	10	48	0,077± 0,054	1,022± 0,001	6,2± 0,2
18	8	96	0,061± 0,051	1,023± 0,001	6,5± 0,4
18	8	72	0,083± 0,032	1,023± 0,000	6,5± 0,2
18	8	48	0,078± 0,048	1,021± 0,001	6,0± 0,3
18	6	96	0,062± 0,030	1,022± 0,000	6,3± 0,1
18	6	72	0,111± 0,034	1,022± 0,001	6,6± 0,2
18	6	48	0,063± 0,039	1,023± 0,001	6,6± 0,2
14	10	96	0,062± 0,029	1,023± 0,001	6,6± 0,2
14	10	72	0,050± 0,015	1,023± 0,000	6,7± 0,1
14	10	48	0,065± 0,022	1,022± 0,001	6,4± 0,2
14	8	96	0,036± 0,018	1,023± 0,000	6,7± 0,1
14	8	72	0,094± 0,049	1,023± 0,001	6,5± 0,2
14	8	48	0,061± 0,041	1,022± 0,001	6,2± 0,1
14	6	96	0,065± 0,029	1,023± 0,000	6,6± 0,2
14	6	72	0,065± 0,014	1,023± 0,000	6,7± 0,3
14	6	48	0,091± 0,035	1,022± 0,000	6,3± 0,1

Tabelle 6.3: Optimum für die unterschiedlichen Parameter bei der Vermälzung von Hafer

	Minimum	Maximum	Dichte	Brix	TSN
Temperatur [°C]	14	22	14	14	22
Weichzeit [h]	6	10	10	10	6
Keimzeit [h]	48	96	96	95,6	48
Optimalwert			1,023 g/ml	6,8 °	0,15 g/l

Tabelle 6.4: Effekte auf den Hafer mittels p-Wert (0,05)

	Brix [°]	Dichte [g/ml]	TSN [g/l]
A:Temperatur	0,02	0,03	0,00
B:Weichzeit	0,01	0,01	0,22
C:Keimzeit	0,00	0,00	0,05
AA	0,78	0,69	0,44
AB	0,00	0,00	0,96
AC	0,28	0,40	0,42
BB	0,61	0,71	0,23
BC	0,57	0,28	0,12
CC	0,10	0,24	0,99
R^2 [%]	30,24	28,45	24,92

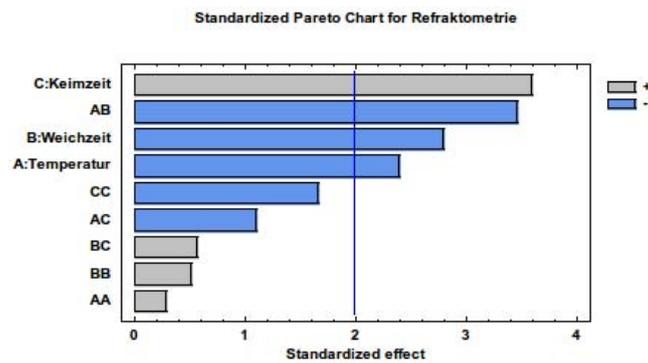


Abbildung 6.2: Standardisiertes Pareto-Diagramm für die Refraktometrie des Hafers

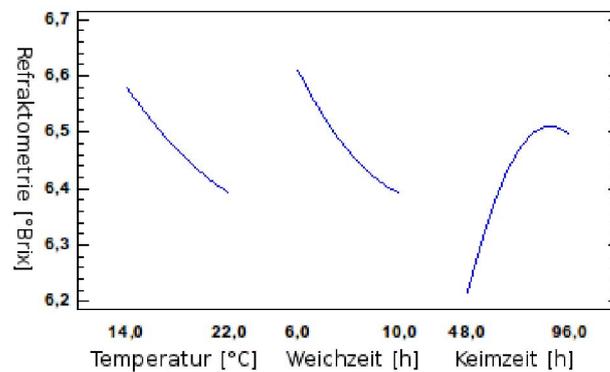


Abbildung 6.3: Haupteffekt-Diagramm für die Refraktometrie des Hafers

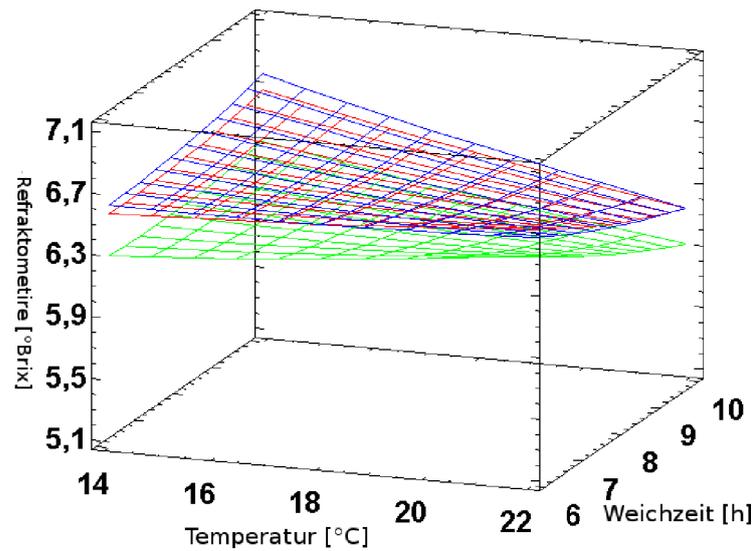


Abbildung 6.4: Zielgrößen-Diagramm für die Refraktometrie des Hafermalzes bei unterschiedlichen Keimzeiten (48h grün, 72h rot, 96h blau)

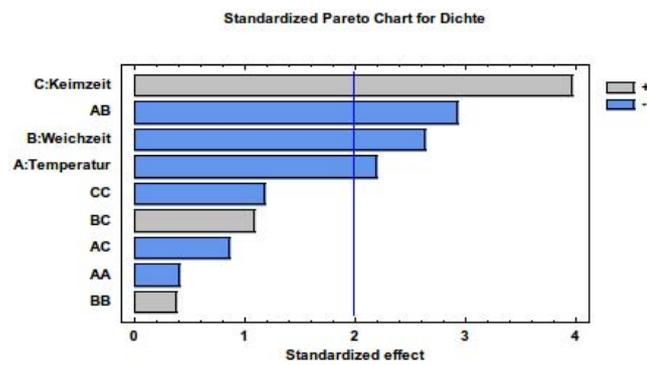


Abbildung 6.5: Standardisiertes Pareto-Diagramm für die Dichte des Hafers

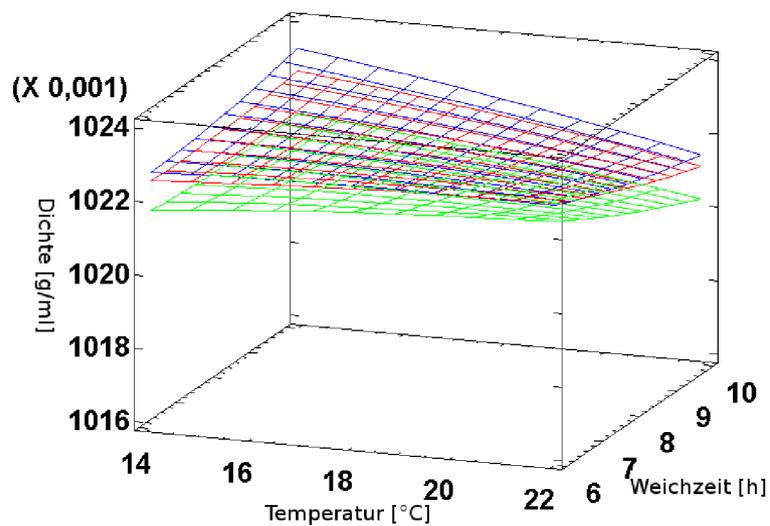


Abbildung 6.6: Zielgrößen-Diagramm für die Dichte des Hafermalzes bei unterschiedlichen Keimzeiten (48h grün, 72h rot, 96h blau)

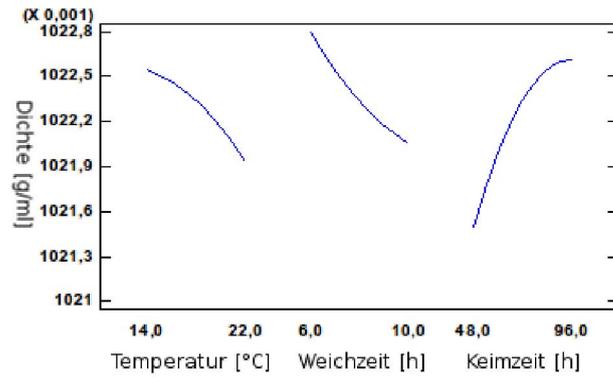


Abbildung 6.7: Haupteffekt-Diagramm für die Dichte des Hafers

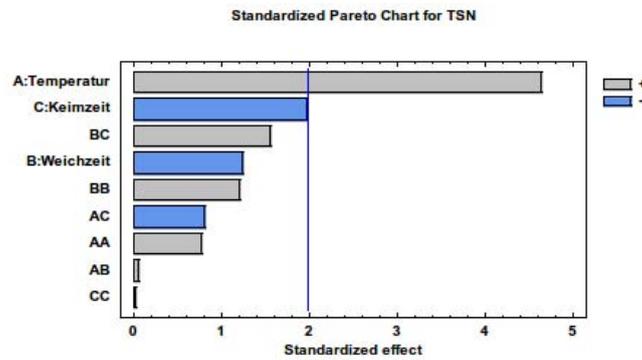


Abbildung 6.8: Standardisiertes Pareto-Diagramm für den TSN des Hafers

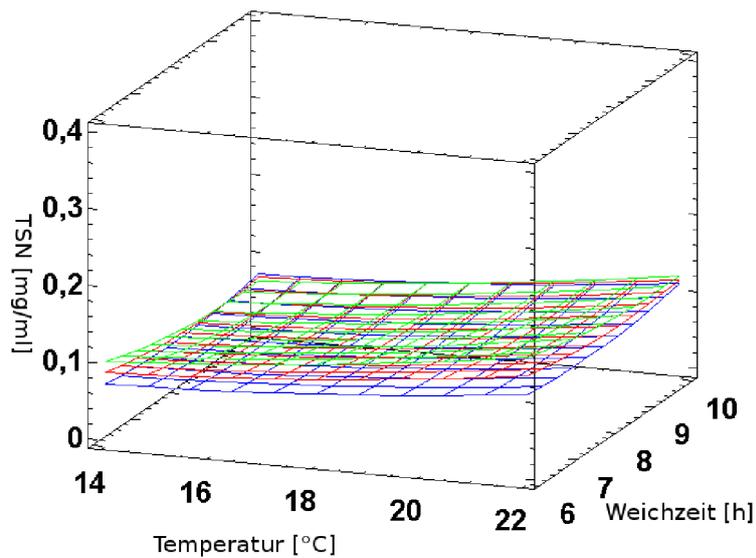


Abbildung 6.9: Zielgrößen-Diagramm für den TSN des Hafermalzes bei unterschiedlichen Keimzeiten (48h grün, 72h rot, 96h blau)

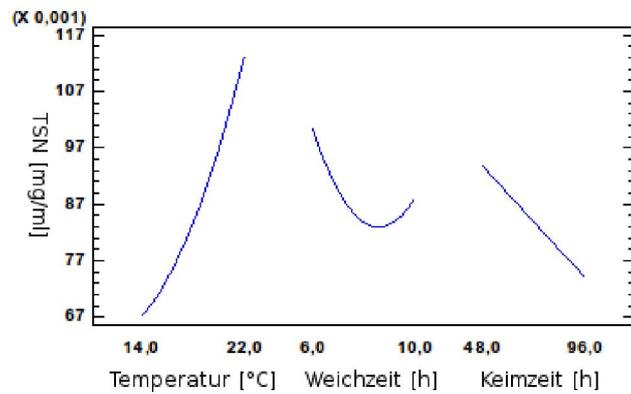


Abbildung 6.10: Haupteffekt-Diagramm für den TSN des Hafers

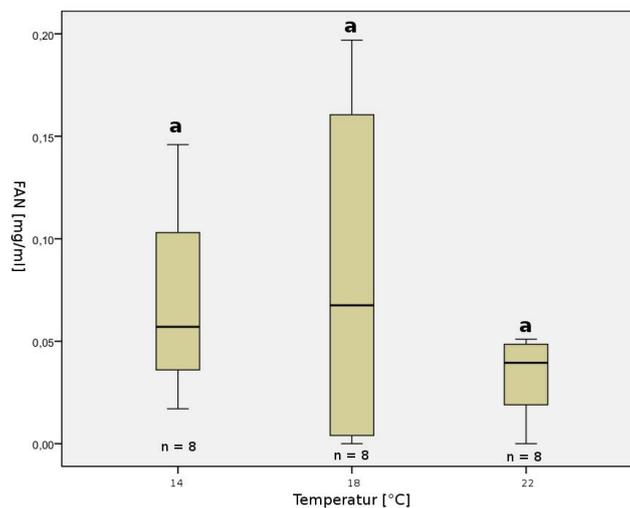


Abbildung 6.11: Boxplot des FAN [mg/ml] von Hafer bei den Keimtemperaturen 14, 18 und 22 °C und konstanten Weichzeiten von 8 h sowie einer konstanten Keimzeit von 72 h, a zeigen eine homogene Untergruppe auf Basis einer ANOVA mit Post Hoc Test an ($p < 0.05$)

6.3 Analyseergebnisse des Quinoamalz

Die Quinoa begann gleichmäßig zu keimen und bildete rasch einen langen geraden Keimling, siehe Abbildung 6.22. Dies unterscheidet den Quinoa als Pseudogetreide schon grundsätzlich von Getreide, der Keimling liegt um das Endosperm gewickelt vor, bei Getreide liegt er in der Spitze des Korns, welches an der Ähre angewachsen war (Abbildung 2.5). Der einfache gerade Wurzelkeim in Kombination mit den kleinen Körnern führte zu zwei Problemen beim Mälzen von Quinoa. Die Schlitze der Körbe waren zu groß, sodass extra Gitternetze eingebaut werden mussten. Die Wurzelkeime durchwuchsen aber diese Gitter und bildeten am Außenring des Korbes eine fest gewachsene Schicht, siehe Abbildung 6.25. Diese Schicht konnte in der Schwelke und Darre teilweise nicht abgetrocknet werden, sodass feuchtes Malz zurückblieb. Dieses wurde verworfen und nur das trockene Malz für weitere Analysen genutzt. Das Grünmalz kann sich auf Grund des einfachen Wurzelkeimes sehr nah aneinander lagern, was bei den drei Wurzeltriebe der Getreide nicht der Fall ist. Diese wird als Grund für das nächste Phänomen gesehen: den Darmmalzbällen, die sich während der Schwelke und Darre bilden. Durch die feste Außenschicht der Darmmalzbälle bleiben sie im Inneren feucht und müssen verworfen werden, siehe Abbildung 6.23 und 6.24. Die Darmmalzbälle traten nicht bei jeder Mälzung auf. Des weiteren trat bei 22 °C Keimtemperatur immer wieder Schimmelbildung beim Grünmalz auf.

Die Filtration der Maische dauerte deutlich länger als die der Hafermalzmaische oder gar der Gerstenmalzmaische. Quinoa und auch Amaranth sind beide Pseudogetreide und zählen zur Subklasse der *Dicotyledoneae*, Ordnung der *Caryophyllales*, Familie der *Amaranthaceae* und nicht wie die klassischen Getreide zur Subklasse der *Monocotyledoneae*, Ordnung der *Poales*, Familie der *Poaceae* wie in der Abbildung 2.4 ersichtlich. Dieser große phylogenetische Unterschied zwischen Getreide und Pseudogetreide schlägt sich im Aufbau der Samenkörner und der Inhaltsstoffe nieder. Die löslichen Ballaststoffe, welche zu einem Großteil für die Viskosität in der Maische verantwortlich sind, bestehen bei Quinoa hauptsächlich aus Homogalactouranen und Arabinanen (LAMOTHE et al., 2015). Diese erhöhen die Viskosität der Maische und führen so zu den schlechten Filtrationseigenschaften der Maische. Um dem entgegenzuwirken, können unterschiedliche Quinoasorten bezüglich ihrer Ballaststoffe gescreent werden oder durch Züchtungen für den Einsatz in der Brauerei optimiert werden. Als schnelle Alternative gäbe es noch den Einsatz von Hemicellulasen um die Homogalactouranen und Arabinanen abzubauen. Die Filtrationszeiten lagen bei über 4 Stunden, um eine adäquate Probenmenge zu erhalten.

Es muss aber besonders angemerkt werden, dass der verwendete Quinoa bereits geschält worden war, sodass die Konzentration an Ballaststoffen weiter reduziert war. Ungeschälter Quinoa könnte sich bezüglich der Filtrationseigenschaften noch schlechter

verhalten als abgeriebener Quinoa, das größte Risiko bei dem Abreiben des Quinoa besteht darin, dass der Keimling beschädigt wird und so die Keimenergie sinkt. Die gängigen Abreibeverfahren sind allerdings so schonend das es zu keiner Beschädigung des Keimling kommt.

6.3.1 Verzuckerung

Die Refraktometrie und die Dichtebestimmung zeigt Statistisch die gleichen signifikanten Einflüsse. Die Keimzeit und die Keimtemperatur hat einen signifikant negativen linearen Einfluss. Die Keimtemperatur und die Weichzeit hat ebenfalls einen signifikanten quadratischen Einfluss auf das Ergebnis. In den Haupteffekt-Diagrammen ist ersichtlich, dass die Keimtemperatur den stärksten Einfluss im direkten Vergleich zu Weichzeit und Keimzeit auf die Verzuckerung ausübt. Der quadratische Einfluss der Weichzeit zeigt in den Haupteffekt-Diagrammen und in den Zielgrößen-Diagrammen ein Minimum bei 8 Stunden Weichen und einem Anstieg im Vergleich zu 6 und 10 Stunden. Auch bei der Keimtemperatur ist das Abfallen bei steigender Temperatur anfangs schneller und wird langsamer, was mit einer quadratischen Funktion beschrieben werden kann. Das Optimum für die Verzuckerung liegt bei 14 °C, 10 Stunden Weichzeit und 48 Stunden Keimzeit. Die Verzuckerung ist bei 22 °C, 8 h Weichzeit und 96 h Keimzeit mit 3,2 °Brix bzw. 1,009 g/ml am geringsten. Die Keimtemperatur hat auf die Verzuckerung den stärksten Einfluss, Keimzeit und Keimtemperatur haben einen deutlich geringeren aber gleich starken Einfluss.

6.3.2 Proteaseaktivität

Im standardisierten Pareto-Diagramm und der zugehörigen p-Werttabelle 6.7 wird ein linearer positiver Einfluss und ein quadratischer Einfluss der Keimtemperatur ausgewiesen. Im Haupteffekt-Diagramm ist für die Keimtemperatur ein Minimum zwischen 14 und 18 °C angegeben. Der TSN liegt aber im Allgemeinen sehr niedrig und steigt nur sehr wenig an. Das Optimum liegt bei 0,102 mg/ml mit einem Minimum bei 0,049 mg/ml. Die Optimierung nach TSN ergibt Parameter mit einer hohen Temperatur (22 °C), langer Keimzeit (95,9 h) und langer Weichzeit (9,2 h). Der Trend zum Anstieg der Protease Aktivität wird durch die FAN Bestimmung bestätigt. Im Boxplot 6.21 ist ein signifikanter Anstieg zwischen 14 und 18 °C gegeben. 18 und 22 °C unterscheiden sich nicht signifikant.

6.3.3 Zusammenfassung

Quinoa zeichnet sich durch sein intensives und schnelles Wachstum bei niedrigen Temperaturen aus, in der Literatur wurde diese von NARZISS and BACK (2012) und DE MEO et al. (2011) bei 8 und 10 °C beschrieben. Diese Ergebnisse konnten in dieser Untersuchung bestätigt werden. Die Enzymaktivität nimmt sogar mit steigender Temperatur konstant ab. Des Weiteren ist es bei hohen Temperaturen sowie langen Keimzeiten immer wieder zu Schimmelbildung und schlechter Trocknung gekommen.

FAN Werte von Quinoa liegen im selben Bereich von 0,2 mg/ml wie bei einer Keimtemperatur von 10 °C (DE MEO et al., 2011). Eine Verdoppelung des FAN wurde bei einem Temperaturanstieg von 10 auf 18 °C beobachtet. Der TSN verhält sich ähnlich dem FAN, die gefundenen Werte liegen bei 14 °C um den Faktor 10 unter jenen von DE MEO et al. (2011). Dieser Unterschied kann durch die Methode des Heißwasserextraktes begründet werden, da es keine für die Protease optimierte Rast gibt. Der Extrakt liegt bei 69 % (Dichte) bzw. 72 % (Refraktometrie) unter den 83 % die von NARZISS and BACK (2012) angegeben werden, begründbar durch den Unterschied zwischen dem Maischverfahren und dem Heißwasserextrakt.

Das von DEZLAK et al. (2014) gemälzte und eingemaischte Quinoamalz erreicht einen Extraktionsgrad von 37,7 % der Trockenmasse, das Kontrollmalz aus Gerste erreicht eine Extraktion von 80,9 % der Trockenmasse. Der FAN lag bei 0,219 % der Trockenmasse, doppelt so hoch wie die Gerste mit 0,104 %. Die Ergebnisse von DEZLAK et al. (2014) zeigen welche Schwankungsbreite bei der Analyse von Quinoamalz herrscht. Obwohl das Malz mit einem regulärem mehrstufigen Maischprogramm extrahiert wurde, weist es verglichen mit den Ergebnissen dieser Studie und NARZISS and BACK (2012) eine deutlich niedrigere Extraktion auf. Bei 14 °C Keimtemperatur wurde eine FAN von 0,144 % der Trockenmasse gefunden unter jenem von DEZLAK et al. (2014), bei 18 °C und 22 °C liegt er höher. Einer der wesentlichsten Gründe für die höheren FAN-Werte liegt in der unterschiedlichen Speicherform der Proteine. Die Proteine in Quinoa liegen großteils in einer wasserlöslichen Form vor. Die Proteine der Gerste hingegen liegen größtenteils in einer wasserunlöslichen Form vor, sodass die Proteine von Quinoa ohne enzymatische Aktivität in Lösung gehen und dort für den weiteren enzymatischen Abbau besser zur Verfügung stehen.

HAGER et al. (2014) zeigt das die Keimenergie bei den Keimtemperaturen von 10, 15 und 22 °C nicht signifikant beeinflusst wird. Die Stärkemobilisation durch die Amylase setzt 24 Stunden nach der Aktivierung des Quinoa ein, das Wachstum wird als sehr intensiv beschrieben. Die höchste Verzuckerung bei niedrigen Temperaturen und kurzer Keimzeit kann durch diese Beobachtungen erklärt werden. Das intensive Wachstum führt zu einer Umwandlung der Stärke in Zellmasse und zu Atmungsverlusten, dies ist bei niedrigen Temperaturen und einer kurzen Keimzeit am geringsten. Ob noch kürzere Keimzeiten zu einer Verbesserung der Löslichkeit führen, müssten

weiterführend untersucht werden.

Das Mälzen von Quinoa bedarf einiger Adaptionen der gängigen Prozesse: die kleine Form der Körner, das sehr kompakte Grünmalz und die niedrigen Keimtemperaturen stellen eine Herausforderung dar. Die zu ergreifenden Maßnahmen wären eine geringere Schütthöhe des Grünmalzes, ein schonender häufiger Wendevorgang, Schlitzbleche mit sehr schmalen Schlitzen und eine energieeffiziente Luftführung für die niedrigen Keimtemperaturen. Hier liegen wichtige Ansätze für das großtechnische Vermälzen von Quinoa.

Tabelle 6.5: Ergebnisse der Mälzung von Quinoa

Temperatur	Weichzeit	Keimzeit	TSN	Dichte	Brix
22	10	96	0,089 ± 0,045	1,009 ± 0,003	3,2 ± 0,6
22	10	72	0,095 ± 0,048	1,009 ± 0,003	3,4 ± 0,5
22	10	48	0,083 ± 0,049	1,009 ± 0,003	3,2 ± 0,8
22	8	96	0,121 ± 0,086	1,011 ± 0,006	4,0 ± 1,4
22	8	72	0,135 ± 0,094	1,010 ± 0,003	3,5 ± 0,7
22	8	48	0,096 ± 0,045	1,011 ± 0,003	3,5 ± 0,5
22	6	96	0,059 ± 0,013	1,012 ± 0,006	3,9 ± 1,2
22	6	72	0,072 ± 0,024	1,013 ± 0,007	4,3 ± 1,7
22	6	48	0,059 ± 0,031	1,013 ± 0,006	4,3 ± 1,5
18	10	96	0,062 ± 0,009	1,009 ± 0,001	3,2 ± 0,3
18	10	72	0,058 ± 0,013	1,017 ± 0,001	5,4 ± 0,1
18	10	48	0,049 ± 0,035	1,021 ± 0,002	6,2 ± 0,3
18	8	96	0,088 ± 0,033	1,008 ± 0,001	3,2 ± 0,1
18	8	72	0,061 ± 0,015	1,010 ± 0,002	3,7 ± 0,3
18	8	48	0,059 ± 0,013	1,014 ± 0,005	4,6 ± 1,1
18	6	96	0,053 ± 0,014	1,014 ± 0,006	4,5 ± 1,3
18	6	72	0,052 ± 0,012	1,009 ± 0,002	3,3 ± 0,6
18	6	48	0,048 ± 0,008	1,019 ± 0,004	5,7 ± 1,0
14	10	96	0,085 ± 0,012	1,025 ± 0,000	7,2 ± 0,1
14	10	72	0,051 ± 0,020	1,026 ± 0,001	7,3 ± 0,2
14	10	48	0,060 ± 0,021	1,027 ± 0,001	7,5 ± 0,2
14	8	96	0,049 ± 0,016	1,024 ± 0,000	7,1 ± 0,1
14	8	72	0,062 ± 0,026	1,027 ± 0,001	7,3 ± 0,4
14	8	48	0,071 ± 0,008	1,024 ± 0,001	6,8 ± 0,2
14	6	96	0,079 ± 0,019	1,026 ± 0,001	7,4 ± 0,1
14	6	72	0,071 ± 0,021	1,027 ± 0,001	7,5 ± 0,2
14	6	48	0,075 ± 0,010	1,026 ± 0,001	7,4 ± 0,2

Tabelle 6.6: Optimum für die unterschiedlichen Parameter bei der Vermälzung von Quinoa

	Minimum	Maximum	Dichte	Brix	TSN
Temperatur [°C]	14	22	14	14	22
Weichzeit [h]	6	10	10	10	9,2
Keimzeit [h]	48	96	48	48	95,9
Optimalwert			1,029 g/ml	8,0 °	0,102 g/l

Tabelle 6.7: Effekte auf den Quinoa mittels p-Wert (0,05)

	Brix [°]	Dichte [g/ml]	TSN [g/l]
A:Temperatur	0,00	0,00	0,03
B:Weichzeit	0,55	0,49	0,20
C:Keimzeit	0,01	0,00	0,32
AA	0,00	0,00	0,04
AB	0,18	0,20	0,19
AC	0,91	0,95	0,93
BB	0,04	0,05	0,08
BC	0,30	0,26	0,52
CC	0,62	0,58	0,76
R^2 [%]	75,91	76,76	16,33

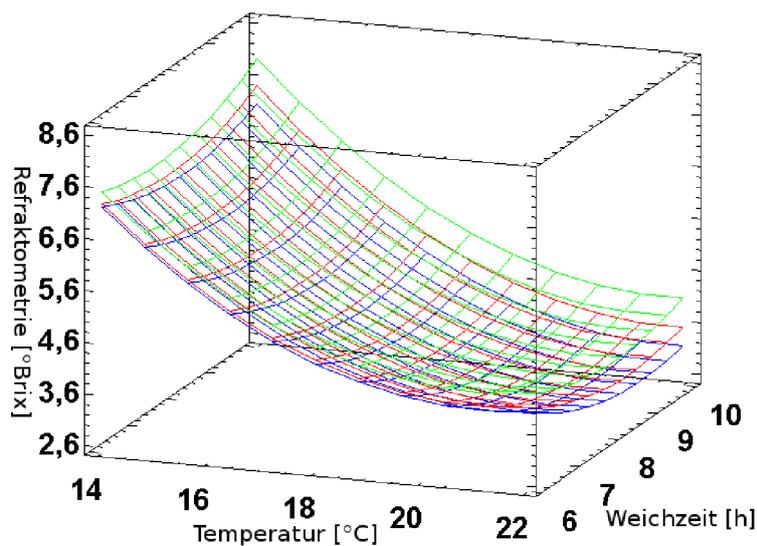


Abbildung 6.12: Zielgrößen-Diagramm für die Refraktometrie des Quinoamalzes bei unterschiedlichen Keimzeiten (48 h grün, 72 h rot, 96 h blau)

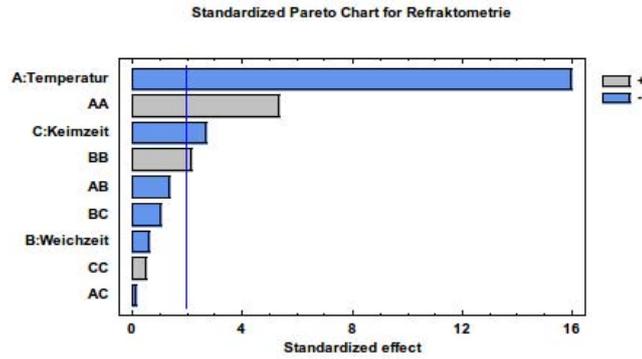


Abbildung 6.13: Standardisiertes Pareto-Diagramm für die Refraktometrie von Quinoa

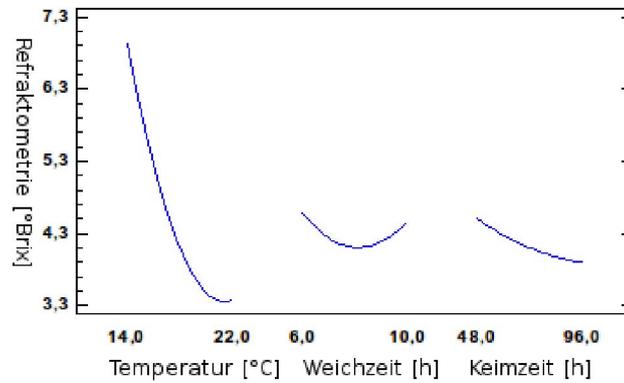


Abbildung 6.14: Haupteffekt-Diagramm für die Refraktometrie von Quinoa

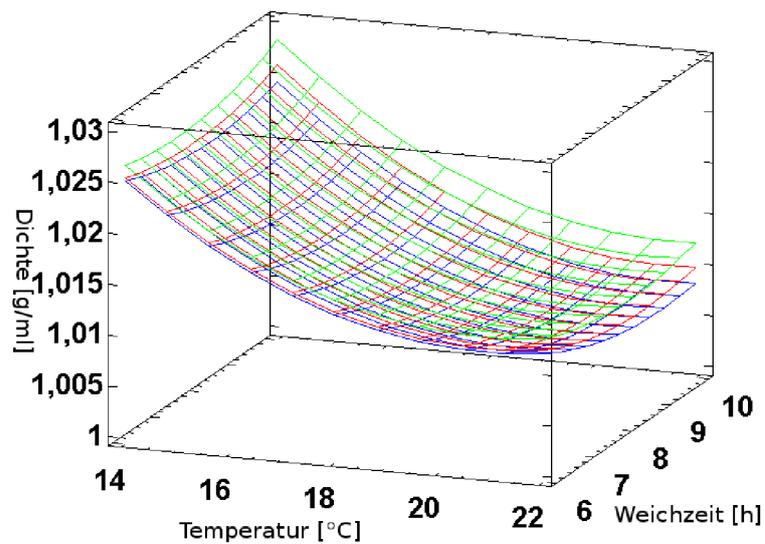


Abbildung 6.15: Zielgrößen-Diagramm für die Dichte des Quinoamalzes bei unterschiedlichen Keimzeiten (48 h grün, 72 h rot, 96 h blau)

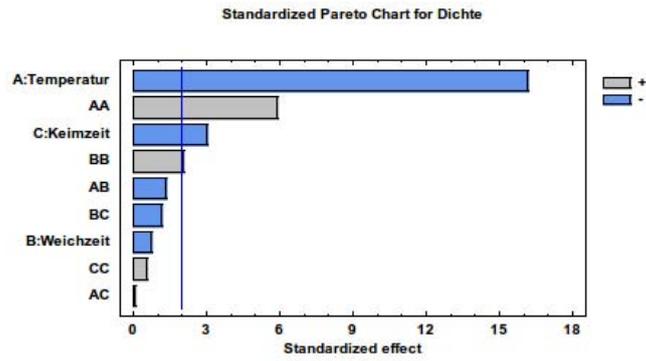


Abbildung 6.16: Standardisiertes Pareto-Diagramm für die Dichte des Quinoa

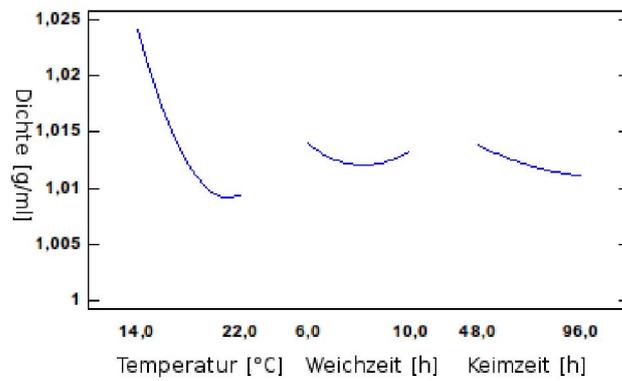


Abbildung 6.17: Haupteffekt-Diagramm für die Dichte von Quinoa

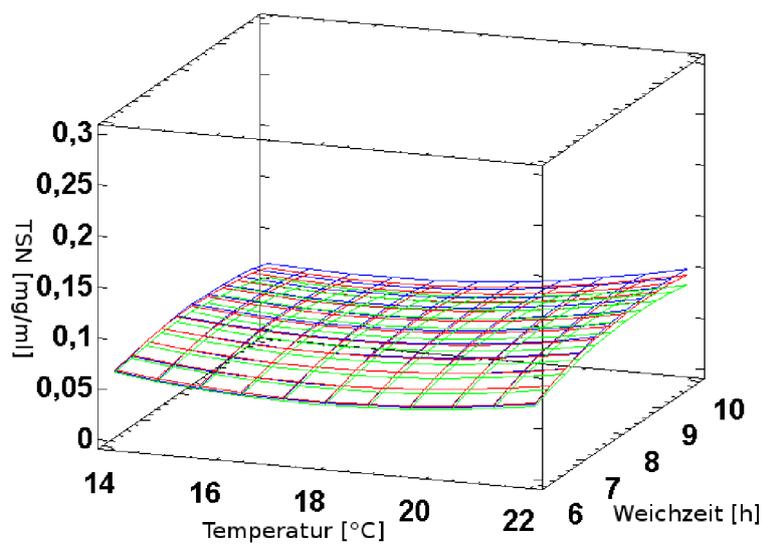


Abbildung 6.18: Zielgrößen-Diagramm für den TSN des Quinoaamalzes bei unterschiedlichen Keimzeiten (48 h grün, 72 h rot, 96 h blau)

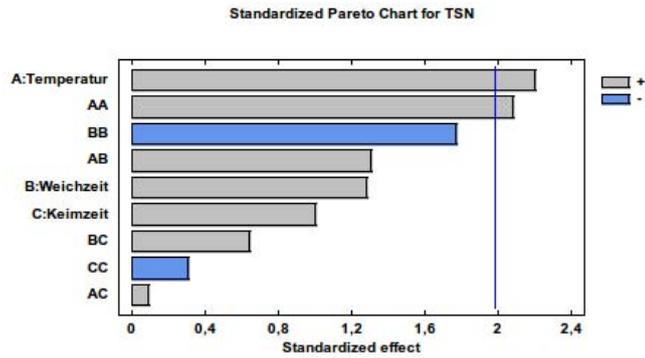


Abbildung 6.19: Standardisiertes Pareto-Diagramm für den TSN des Quinoa

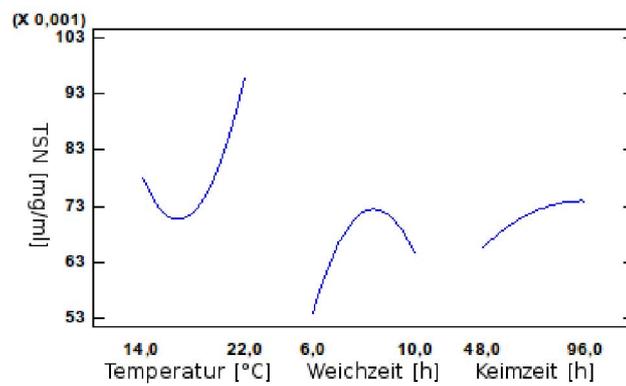


Abbildung 6.20: Haupteffekt-Diagramm für den TSN von Quinoa

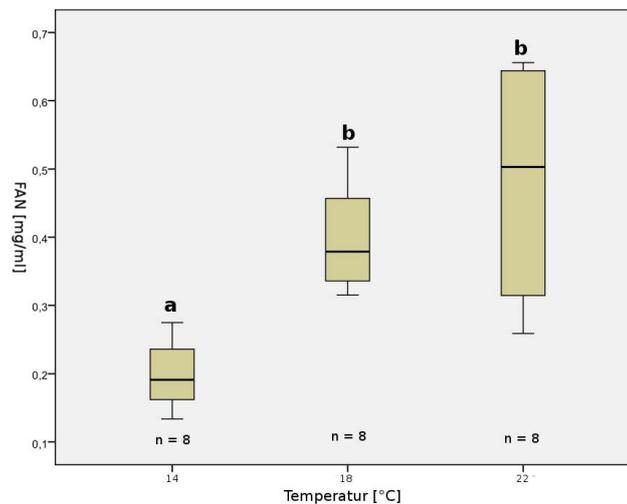


Abbildung 6.21: Boxplots des FAN [mg/ml] von Quinoa bei den Keimtemperaturen 14, 18 und 22 °C und konstanten Weichzeiten von 8 h, sowie einer konstanten Keimzeit von 72 h. a, b zeigen homogene Untergruppen auf Basis einer ANOVA mit Post Hoc Test an ($p > 0.05$)



Abbildung 6.22: Quinoa Grünmalz bei 18 °C Keimtemperatur, 48 Stunden Keimzeit und 6 Stunden Weichzeit



Abbildung 6.23: Ball aus Quinoamalz



Abbildung 6.24: Aufgebrochener Ball aus Quinoamalz, das feuchte Innere ist an der deutlich helleren Farbe zu erkennen



Abbildung 6.25: Korb mit Quinoagrünmalz, das Verwachsen der Keimlinge mit dem Gitter ist gut zu erkennen

6.4 Analyseergebnisse des Amaranthmalz

Amaranth zeigt ähnliche Probleme wie Quinoa, die kleine Korngröße führte dazu das auch hier Gitternetze in die Malzkörbe eingebaut werden mussten. Die sichtbare Keimung war stark von der Keimtemperatur abhängig, bei 22°C kam es zu schnellem, starken und gleichmäßigen Keimen, bei 18 °C keimte der Großteil, die Keimung war aber bei weitem nicht so intensiv wie bei 22 °C. Bei 14 °C konnte mit freiem Auge keine Keimung festgestellt werden.

Das Verwachsen des Amaranth mit dem Gittereinsatz war bei 14 °C nicht gegeben, bei 18 °C leicht und bei 22 °C, stark mit den meisten Verlusten durch ungenügend getrocknetes Malz (Abb. 6.37). Bei 22 °C kam es auch immer wieder zu Schimmelbildung auf dem Grünmalz.

Bei der Filtration der Maische präsentierte sich Amaranth mit den schlechtesten Filtrationseigenschaften, Filtrationszeiten von über 6 Stunden wurden benötigt um eine adäquate Probenmenge zu erhalten. Da Amaranth wie Quinoa phylogenetisch nicht mit den Getreiden verwandt ist, präsentiert sich hier ein ganz anderer Kern und Zellaufbau. Im Amaranth ist -im Gegensatz zu Gerste- der Hauptanteil der löslichen Ballaststoffe nicht beta-Glucan sondern Xyloglucane mit Di- oder Trisaccharideseitenketten. Dies kann zusammen mit der geringen Amylaseaktivität für die hohe Viskosität von Amaranth verantwortlich gemacht werden.

6.4.1 Verzuckerung

Die Verzuckerung wird nur signifikant von der Keimtemperatur beeinflusst, es gibt sowohl ein signifikanten linearen wie quadratischen Einfluss. Die beiden anderen untersuchten Parameter weisen beide keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die Verzuckerung auf. Die Keimzeit liegt mit einem quadratischem Verhältnis nahe an der Signifikanzgrenze, in dem Diagramm 6.27 ist für die Verzuckerung ein Maximum bei 72h ersichtlich. Der selbe Einfluss wird auch bei der Dichtebestimmung ermittelt allerdings mit einer geringeren Signifikanzniveau. Die Verzuckerung steigt mit der Keimtemperatur stark an. Bei 14 °C bewegte sich die Refraktometrie im Bereich von 2,0 bis 1,7°Brix und die Dichte im Bereich von 1,006 bis 1,004 g/ml und steigt bei 22 °C auf 2,3 bis 3,6 °Brix und 1,010 bis 1,006 g/ml an.

In der Optimum Response Tabelle 6.9 wird für die Dichte und die Refraktometrie dieselben Keimtemperaturen angegeben, die optimale Keimzeiten liegt bei beiden um die 68 Stunden. Die Weichzeit schwankt zwischen den beiden Extremen, haben aber keinen signifikanten Einfluss.

6.4.2 Proteaseaktivität

Die p-Werttabelle 6.10 und das standardisierte Pareto-Diagramm 6.32 zeigen beide einen signifikanten quadratischen und einen linear positiven Einfluss der Keimtemperatur auf den TSN. Die Weichzeit und die Keimzeit haben keinen signifikanten Einfluss auf die Proteaseaktivität des Amaranthmalzes. Der Optimum Response liegt bei 22 °C, 6 h Weichzeit und 48 h Keimzeit.

Im Boxplot 6.35 ist ein signifikanter negativer Einfluss der Keimtemperatur bei einer Keimzeit von 72 Stunden und einer Weichzeit von 8 Stunden ersichtlich. Je höher die Keimtemperatur, desto niedriger ist der FAN. Der FAN fällt von 0,52 mg/ml bei 14 °C, 0,32 mg/ml bei 18 °C auf 0,11 mg/ml bei 22 °C Keimtemperatur ab.

6.4.3 Zusammenfassung

Amaranth zeigt ein ganz anderes Verhalten beim Mälzen als Quinoa und Hafer. Die Verzuckerung und Proteaseaktivität wird nur durch die Keimtemperatur beeinflusst. Die Weiche und die Keimdauer haben keinen signifikanten Einfluss. Der Extrakt von Amaranthmalz liegt bei 22 % (Dichte) bzw. 27 % (Refraktometrie) deutlich niedriger als die von NARZISS and BACK (2012) angegebener 79 %. Im Vergleich zu den Malzen von Quinoa und Hafer hat Amaranth mit einem Maximum von 3 °Brix bei der Refraktometrie weniger als die Hälfte erreicht. Diese großen Unterschiede zur Literatur können durch die Methodik der Heißwasserextraktion alleine nicht erklärt werden.

Die Proteaseaktivität wird gleich wie die Verzuckerung positiv durch eine steigende Keimtemperatur beeinflusst. Bei 14 °C kam es zu keinem Wachstum des Amaranth, der FAN-Wert hatte hier sein Maximum und nahm mit zunehmender Keimtemperatur und damit verbunden intensiven Wachstum stark ab. Während der TSN deutlich durch die Temperaturerhöhung ansteigt, fällt der FAN um ein Viertel ab. Durch die Keimung werden die freien Aminosäuren und kurzen Oligopeptide vom Amranth für ein schnelles Wachstum genutzt. Die FAN Werte bei 22 °C mit 187 mg/100g Malz entsprechen jenen der Literatur. Der TSN steigt durch den beginnenden Abbau der teilweise unlöslichen Speicherproteine Der TSN ist bei 22 °C deutlich höher als jener von Hafer und Quinoa.

Der bei der Mälzung mit 22 °C aufgetretene Schimmel wurde von DE MEO et al. (2011) durch Einsatz von verdünnter Natronlauge in der Weiche entgegengewirkt. Diese Problematik mit den für die Amaranthmälzung nötigen hohen Temperaturen für die Keimung ist für die großtechnische Umsetzung entscheidend. Neben der Temperatur präsentiert sich Amaranth auch noch mit den gleichen Problemen wie Quinoa bedingt die durch die kleinen Korngrößen.

Um den möglichen Einfluss der Weichezeit, Keimzeit und den genaueren Einfluss der Temperaturen besser verstehen zu können, bedarf es weiterer Untersuchungen bei höheren Temperaturen. Für die Mälzung von Amaranth wäre es zielführend, Sorten zu

suchen, welche schon bei weit niedrigeren Temperaturen keimen. LOONAT et al. (2003) haben gezeigt, dass Kornamaranth der Gattung *Amaranthus hypochondriacus* schon bei 12 °C eine 70 % Keimenergie aufweist, während die Gattung *Amaranthus cruentus* erst ab 22 °C eine Keimenergie von über 50 % erreicht. Sodass *A. hypochondriacus* bezüglich der Temperatur die besseren Mälzeigenschaften aufzuweist.

Tabelle 6.8: Ergebnisse der Mälzung von Amaranth

Temperatur	Weichzeit	Keimzeit	TSN	Dichte	Brix
22	10	96	0,212 ± 0,017	1,006 ± 0,000	2,3 ± 0,0
22	10	72	0,245 ± 0,079	1,010 ± 0,003	3,6 ± 0,3
22	10	48	0,212 ± 0,019	1,007 ± 0,002	2,6 ± 0,5
22	8	96	0,215 ± 0,022	1,008 ± 0,003	2,6 ± 0,6
22	8	72	0,235 ± 0,027	1,007 ± 0,004	2,7 ± 0,8
22	8	48	0,197 ± 0,036	1,008 ± 0,003	2,9 ± 0,8
22	6	96	0,246 ± 0,075	1,007 ± 0,002	2,4 ± 0,3
22	6	72	0,221 ± 0,089	1,009 ± 0,001	3,2 ± 0,3
22	6	48	0,329 ± 0,065	1,008 ± 0,001	2,9 ± 0,2
18	10	96	0,181 ± 0,009	1,006 ± 0,000	2,2 ± 0,0
18	10	72	0,173 ± 0,024	1,006 ± 0,001	2,2 ± 0,3
18	10	48	0,169 ± 0,034	1,006 ± 0,000	2,2 ± 0,0
18	8	96	0,180 ± 0,015	1,005 ± 0,001	2,1 ± 0,0
18	8	72	0,141 ± 0,024	1,005 ± 0,000	2,1 ± 0,1
18	8	48	0,134 ± 0,026	1,005 ± 0,001	2,0 ± 0,1
18	6	96	0,157 ± 0,022	1,007 ± 0,002	2,6 ± 0,5
18	6	72	0,164 ± 0,038	1,006 ± 0,001	2,2 ± 0,0
18	6	48	0,175 ± 0,025	1,005 ± 0,000	1,9 ± 0,1
14	10	96	0,124 ± 0,026	1,005 ± 0,001	1,8 ± 0,2
14	10	72	0,179 ± 0,057	1,006 ± 0,002	2,0 ± 0,5
14	10	48	0,165 ± 0,050	1,004 ± 0,003	1,8 ± 0,4
14	8	96	0,151 ± 0,040	1,004 ± 0,002	1,7 ± 0,3
14	8	72	0,177 ± 0,042	1,005 ± 0,001	1,9 ± 0,4
14	8	48	0,160 ± 0,027	1,005 ± 0,002	2,0 ± 0,4
14	6	96	0,148 ± 0,015	1,005 ± 0,002	1,9 ± 0,4
14	6	72	0,136 ± 0,020	1,004 ± 0,001	1,7 ± 0,1
14	6	48	0,156 ± 0,015	1,005 ± 0,002	1,8 ± 0,5

Tabelle 6.9: Optimum für die unterschiedlichen Parameter bei der Vermälzung von Amaranth

	Minimum	Maximum	Dichte	Brix	TSN
Temperatur [°C]	14	22	22,0	22,0	22
Weichzeit [h]	6	10	6	10	6
Keimzeit [h]	48	96	69,8	65,6	48
Optimalwert			1,008 g/ml	3,0°	0,27 g/l

Tabelle 6.10: Effekte auf den Amaranth mittels p-Wert (0,05)

	Brix [°]	Dichte [g/ml]	TSN [g/l]
A:Temperatur	0,00	0,00	0,00
B:Weichzeit	0,54	0,64	0,49
C:Keimzeit	0,80	0,84	0,34
AA	0,07	0,10	0,00
AB	0,98	0,65	0,07
AC	0,49	0,57	0,93
BB	0,53	0,74	0,20
BC	0,59	0,95	0,33
CC	0,06	0,22	0,96
R^2 [%]	51.22	39.41	43.75

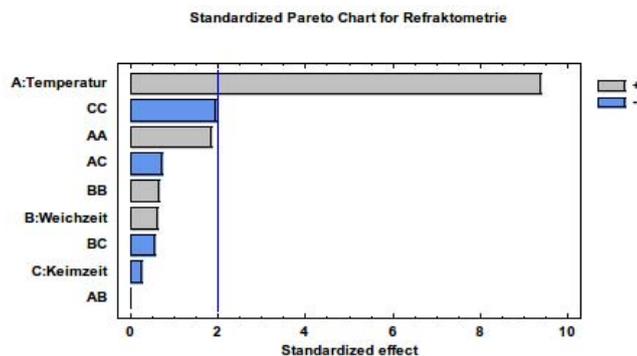


Abbildung 6.26: Standardisiertes Pareto-Diagramm für die Refraktometrie des Amaranth

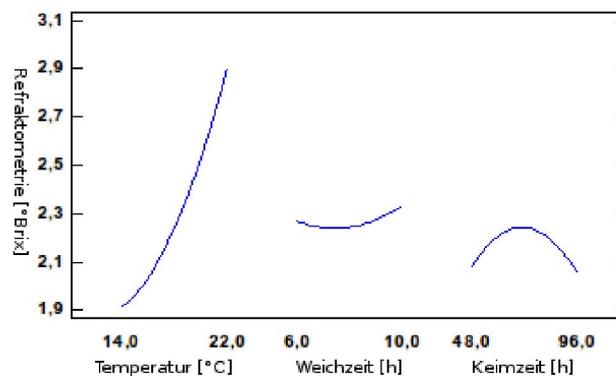


Abbildung 6.27: Haupteffekt-Diagramm für die Refraktometrie von Amaranth

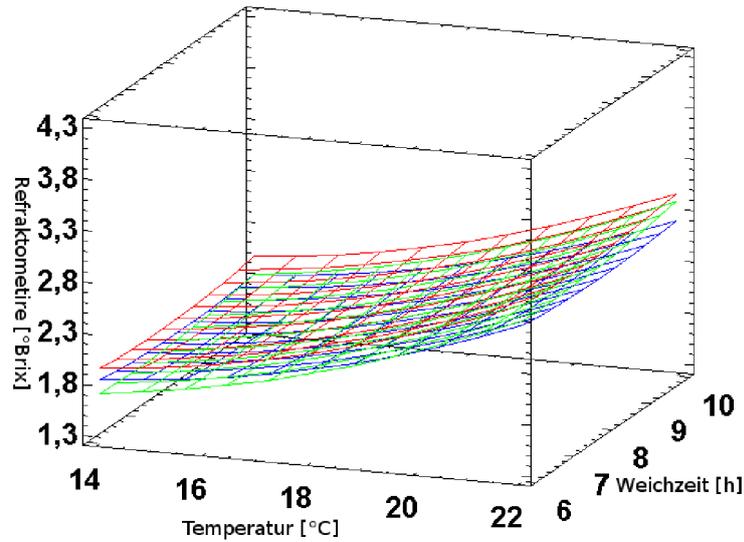


Abbildung 6.28: Zielgrößen-Diagramm für die Refraktometrie des Amaranthmalzes bei unterschiedlichen Keimzeiten (48 h grün, 72 h rot, 96 h blau)

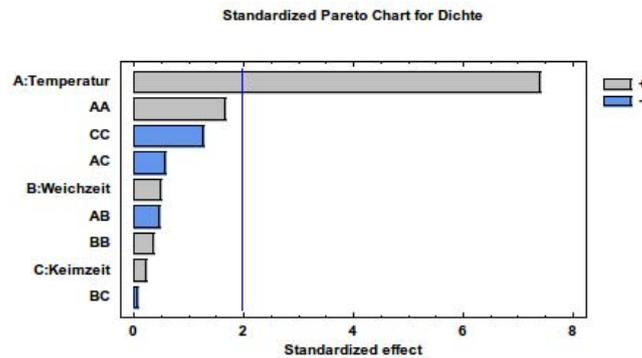


Abbildung 6.29: Standardisiertes Pareto-Diagramm für die Dichte des Amaranth

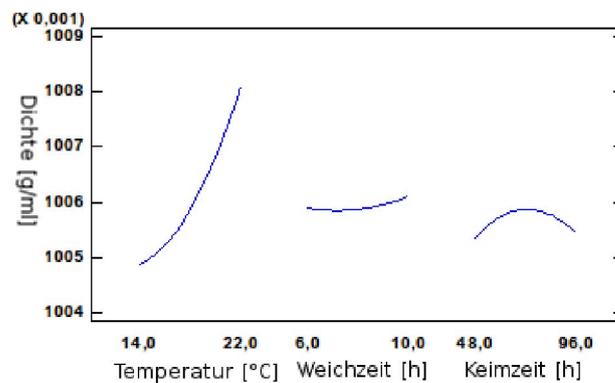


Abbildung 6.30: Haupteffekt-Diagramm für die Dichte des Amaranth

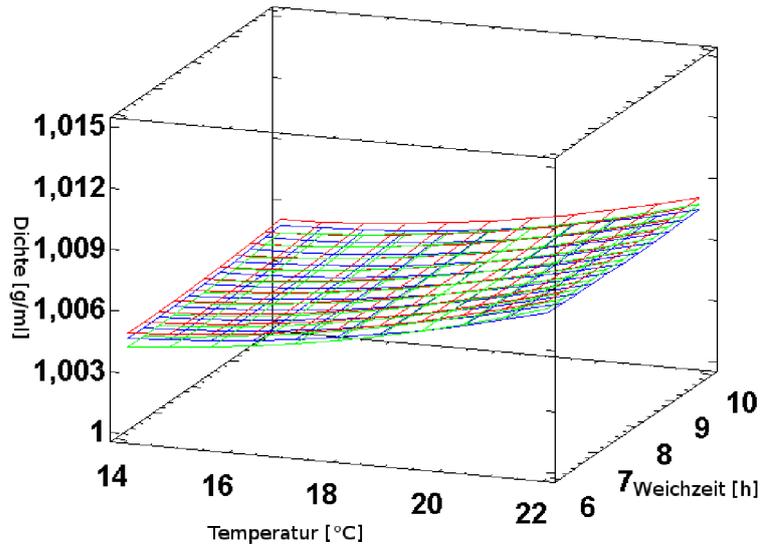


Abbildung 6.31: Zielgrößen-Diagramm für die Dichte des Amaranthmalzes bei unterschiedlichen Keimzeiten (48 h grün, 72 h rot, 96 h blau)

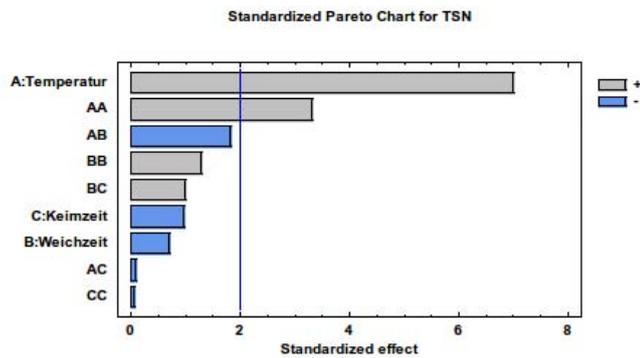


Abbildung 6.32: Standardisiertes Pareto-Diagramm für den TSN des Amaranth

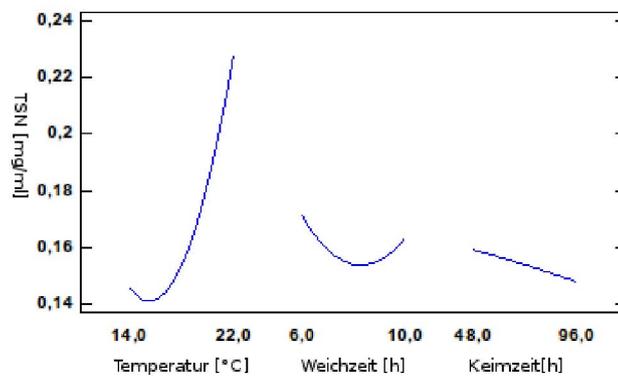


Abbildung 6.33: Haupteffekt-Diagramm für den TSN von Amaranth

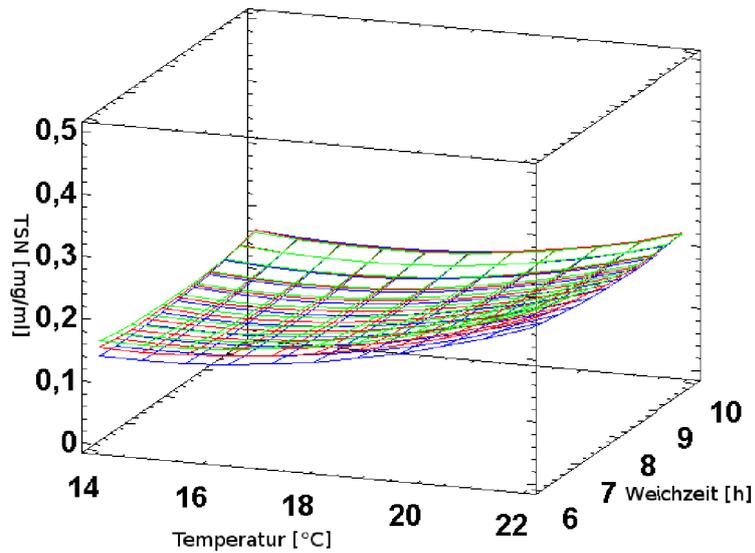


Abbildung 6.34: Zielgrößen-Diagramm für den TSN des Amaranthmalzes bei unterschiedlichen Keimzeiten (48 h grün, 72 h rot, 96 h blau)

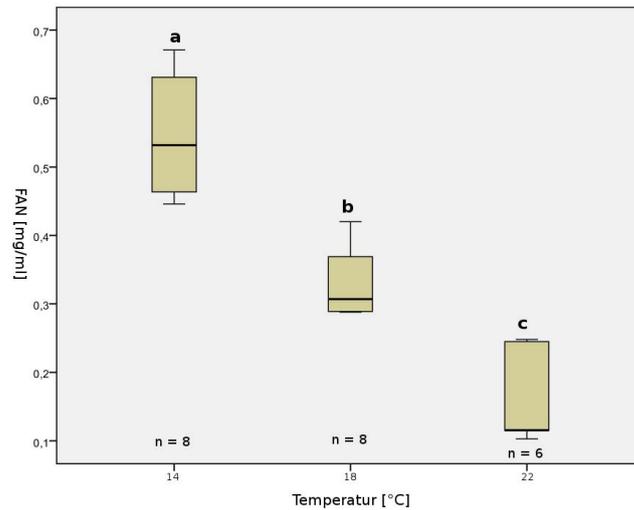


Abbildung 6.35: Boxplot des FAN [mg/ml] von Amaranth bei den Keimtemperaturen 14, 18 und 22 °C und konstanten Weichzeiten von 8 h so wie einer konstanten Keimzeit von 72 h, a,b,c zeigen homogene Untergruppen auf Basis einer ANOVA mit Post Hoc Test an ($p < 0.05$)



Abbildung 6.36: Amaranth Grünmalz bei 18 °C Keimtemperatur, 48 Stunden Keimzeit und 6 Stunden Weichzeit

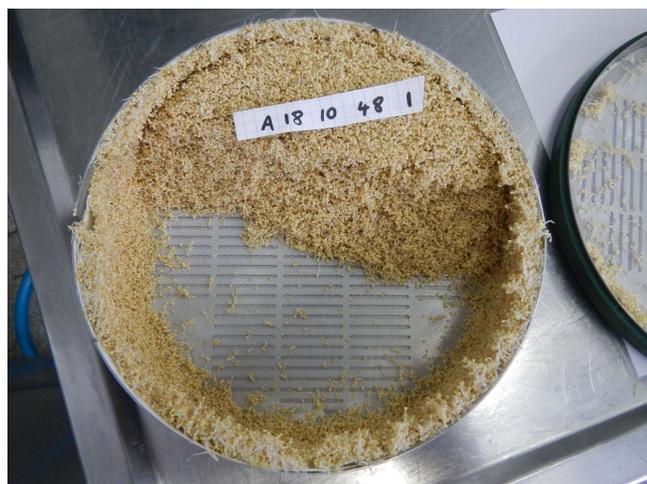


Abbildung 6.37: Korb mit Amaranthgrünmalz, das Verwachsen der Keimlinge mit dem Gitter ist gut zu erkennen

7 Schlussfolgerungen

Hafer eignet sich gut zum Mälzen, da durch die gleiche physische Beschaffenheit wie Gerste lässt er sich gut in für die Gerste entwickelten Anlagen vermälzen. Die Ergebnisse haben gezeigt das der Hafer kühle Mälzbedingungen und eine lange Keimzeit für die optimale Ausbildung seiner Amylasen benötigt. Die Proteaseaktivität wird von steigenden Keimtemperaturen positiv beeinflusst. Bei der Mälzung gab es keine Probleme und die Ergebnisse der Malzanalyse sind zufriedenstellend, daher ist Hafer für den Einsatz in der Mälzerei zu empfehlen.

Quinoa ist anspruchsvoll zum Mälzen, durch die kleine Korngröße und den anderen Aufbau des Keimling, verglichen zu Gerste oder Hafer entstehen einige Probleme. Die Anlage muss adaptiert werden um die kleinen Körner zurück zu halten, diese wurden allerdings von dem Keimling durchwachsen was zu Problemen bei der Trocknung führte. Das Grünmalz liegt auch wesentlich kompakter als jenes der Gerste. Das Wachstum von Quinoa ist sehr viel schneller und intensiver als jenes der Gerste. Dies führt dazu das kurze Keimzeiten für die Optimierung der Amylaseaktivität positiv sind. Des Weiteren zeigt Quinoa ein gleichmäßiges intensives Wachstum bei niedrigen Temperaturen. Bei höheren Temperaturen sinkt die Verzuckerung stark ab und das Grünmalz kann schimmeln. Die Proteaseaktivität wird durch steigende Keimtemperaturen gesteigert, liegt aber bei niedrigen Temperaturen über dem der Gerste. Quinoa eignet sich durchaus zum Mälzen, das untersuchte Quinoamalz zeigte zufriedenstellende Messergebnisse. Für die großtechnische Umsetzung müssen andere Wege beschritten werden als bei der Gerste um eine gleichmäßige Belüftung und Trocknung zu gewährleisten.

Amaranth benötigte auch eine Adaption der Anlage um die Körner zurück zuhalten. Die Keimtemperatur hat einen signifikanten Einfluss auf die Verzuckerung und die Proteaseaktivität, beide steigen mit steigender Temperatur. Die Keimzeit und Weichzeit hat keinen signifikanten Einfluss auf die Qualität des Malzes. Der Amaranth zeigte erst bei 22°C ein zufriedenstellendes Wachstum darunter kam es zu keinem oder nur sehr eingeschränktem Wachstum. Beim Mälzen gab es zwei Probleme, der Keimling des Amaranth wuchs durch die Netze und verhinderte so eine effiziente Trocknung und Frischluftzufuhr. Weiters bildete sich bei den hohen Temperaturen Schimmel auf dem Grünmalz. Das untersuchte Amaranthmalz zeigte einen sehr niedrige Verzuckerungsraten verglichen mit den anderen Malzen. Amaranth kann nicht zum Mälzen empfohlen werden. Sollte es dennoch versucht werden so ist eine Amaranthsorte zu wählen die bereits bei 18 °C keimt, eine Behandlung des Weichwassers zur Unterbindung des Schimmels und eine andere Form der technischen Umsetzung mit einer besseren Belüftung des kompakt liegenden Grünmalzes.

8 Zusammenfassung

Der Einfluss der Mälzungsparameter Weichzeit, Keimzeit und Keimtemperatur auf Hafer, Quinoa und Amaranth wurde untersucht. Die Untersuchung wurde mittels eines Vollfaktoriellen 3^3 Versuchsplan durchgeführt. Die gewählten Parameter waren 14, 18 und 22 °C Keimtemperatur, 6, 8 und 10 Stunden Weichen und Keimzeiten von 48, 72 und 96 Stunden. Die Schwelke - Darre wurde nicht variiert. Aus dem modifizierten EBC 4.6 Heißwasserextraktions Methode der Malze wurde die Dichte [g/ml] und die Refraktometrie [°Brix] als Indikatoren für die Verzuckerung und der TSN und der FAN als Indikatoren für die Proteaseaktivität bestimmt.

Der bespelzte Hafer zeigt bei niedrigen Temperaturen und langen Keimzeiten die beste Verzuckerung, die Proteaseaktivität wird nur positiv durch steigende Keimtemperaturen beeinflusst. Die lange Weichzeit hat nur auf die Verzuckerung von Hafer einen signifikanten Einfluss, nicht aber auf die wesentlich kleineren Pseudozerealien. Die Verzuckerung von Quinoa profitiert von niedrigen Temperaturen und auf Grund seiner sehr schnellen und intensiven Keimung auch von kurzen Keimzeiten, die Proteaseaktivität steigt mit höheren Keimtemperaturen. Amaranth zeigt bei der Verzuckerung ein ganz anderes Verhalten als Quinoa und Hafer, nur eine steigende Keimtemperatur hat einen positiven Einfluss auf die Verzuckerung und auch auf die Proteaseaktivität. Die Weichzeit und die Keimzeit hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Verzuckerung oder die Proteaseaktivität. Amaranth zeigte bei 14°C kein sichtbares Wachstum.

Die Extraktion lag bei der besten optimalen Verzuckerungsbedingungen bei Hafer bei 61 %, bei Quinoa bei 72 % und bei Amaranth bei 27 %. Für den Einsatz in der Brauerei eignen sich Hafer und Quinoa während Amaranth ohne den Einsatz von externen Enzymen nur sehr wenig Potential zeigt.

9 Summary

This experiment investigated the influence of the germination temperature, the steeping time and germination time on the malt quality of husked oat, quinoa and amaranth. The investigation was done according to a full factorial 3³ experimental design. The chosen parameters for the germination temperature were 14, 18 and 22 °C, 6, 8 and 10 h steeping time and 48, 72 and 96 h of germination. Killning was not varied. The malt was analysed by mashing it with a modified EBC 4.6 hot water extraction and determining the density [g/ml] the refractometry [°brix], the total soluble nitrogen [TSN, g/l] and the free amino nitrogen [FAN, g/l]. The density and refractometry were used as indicator for the saccharification and the TSN and FAN as indicator for the protease activity.

Husked oat had the highest saccharification rate at low temperatures and long germination and steeping times. The protease activity was only positively influenced by rising germination temperatures. Steeping had an influence on the malting of oat not on the pseudocereals. The saccharification of quinoa was positively influenced by low germination temperatures and due to the intensive and fast germination also by a short germination time. The protease activity was dependent on high germination temperatures. Amaranth showed improvements of its malt quality only with rising temperatures. Both the saccharification and the protease activity improved with the rising germination temperature. There was no visible growth of amaranth at 14 °C.

At for saccharification most favorable conditions the extraction of oat was at 62 %, quinoa at 72 % and amaranth at 27 %. Oat and quinoa potentially qualify for the use in the brewery while amaranth shows little potential without the use of external enzymes.

10 Literaturverzeichnis

- ALVAREZ-JUBETE, I., ARENDT, and GALLAGHER, E. (2010). Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends in food science & technology*, 21(2):106–113.
- ARENDT, E. and DAL BELLO, F. (2011). *Gluten-free cereal products and beverages*. Academic Press.
- ATAGO Co., L. (2015). Pocket refractrometers, pocket pal series.
- BELITZ, H.-D., GROSCH, W., and SCHIEBLERE, P. (2001). *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. Springer DE.
- BELTON, P. and TAYLOR, J. (2002). *Pseudocereals and Less Common Cereals: Grain Properties and Utilization Potential*. Springer.
- BIEL, W., BODKO, K., and MACIOROWSKI, R. (2009). Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain. *Journal of Cereal Science*, 49(3):413 – 418.
- CARL ROTH GmbH + Co.KG (2013). Gebrauchsanweisung roti-quant, proteinbestimmung nach bradford,.
- COMINO, I., MORENO, M., REAL, A., RODRIGUEZ-HERRERA, A., BARRO, F., and SOUSA, C. (2013). The gluten-free diet: Testing alternative cereals tolerated by celiac patients. *Nutrients*, 5(10):4250–4268.
- DE MEO, B., FREEMAN, G., MARCONI, O., BOOER, C., PERRETTI, G., and FANTOZZI, P. (2011). Behaviour of malted cereals and pseudo-cereals for gluten-free beer production. *Journal of the Institute of Brewing*, 117(4):541–546.
- DEZLAK, M., ZARNKOW, M., BECKER, T., and KOSIR, I. J. (2014). Processing of bottom-fermented gluten-free beer-like beverages based on buckwheat and quinoa malt with chemical and sensory characterization. *Journal of the Institute of Brewing*, 120(4):360–370.
- EBC (1997). Ebc 4.6 hot water extract of malt: Constant temperature mash. Analytica-EBC.
- FAO (2014). Faostat.
- FRANK, V. (2014). Sop 1-09 fettbestimmung nach soxhlet. Technical report, Universität für Bodenkultur, Institut für Lebensmitteltechnologie.

- FRIC, P., GABROVSKA, D., and NEVORAL, J. (2011). Celiac disease, gluten-free diet, and oats. *Nutrition reviews*, 69(2):107–115.
- GEISLER, C. and POWERS, H. (2010). *Human nutrition*. Elsevier Health Sciences.
- GÉLINAS, P., MCKINNON, C. M., MENA, M. C., and ENRIQUE, M. (2008). Gluten contamination of cereal foods in canada. *International journal of food science & technology*, 43(7):1245–1252.
- HAGER, A.-S., MÄKINEN, O. E., and ARENDT, E. (2014). Amyolytic activities and starch reserve mobilization during the germination of quinoa. *European Food Research and Technology*, 239:621–627.
- HOSSEINI, E., KADIVAR, M., and M., S. (2010). Optimization of enzymatic activities in malting of oat. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 43:563–568.
- HÜBNER, F. and ARENDT, E. (2010). Studies on the influence of germination conditions on protein breakdown in buckwheat and oats. *Journal of the Institute of Brewing*, 116(1):3–13.
- HUMER, S. (2010). Sop 1 - 27a bestimmung der trockensubstanz in "trockenen" proben. Technical report, Universität für Bodenkultur, Institut für Lebensmitteltechnologie.
- JANCUROVÁ, M., MINAROVICOVÁ, L., and DANDAR, A. (2009). Quinoa-a review. *Czech Journal of Food Sciences*, 27(2):71–79.
- KAUKOVIRTA-NORJA, A., WILHELMSON, A., and POUTANEN, K. (2004). Germination: A means to improve the functionality of oat. *Agricultural and Food Science*, 13(1-2):100–112. cited By 0.
- KLOSE, C., MAUCH, A., WUNDERLICH, S., THIELE, F., ZARNKOW, M., JACOB, F., and ARENDT, E. (2011). Brewing with 100% oat malt. *Journal of the Institute of Brewing*, 117(3):411–421.
- KORDIALIK-BOGACKA, E., BOGDAN, P., and DIOWKSZ, A. (2014). Malted and unmalted oats in brewing. *Journal of the Institute of Brewing*, 120(4):390–398.
- KURZHALS, H.-A., FIGURA, L., KLEINSCHMIDT, T., KLUGE, C., LINKE, L., and MÜLLER, U. (2003). *Lexikon Lebensmitteltechnik*. Behr's Verlag GmbH & Co. KG.
- LAMOTHE, L. M., SRICHUWONG, S., REUHS, B. L., and HAMAKER, B. R. (2015). Quinoa (*chenopodium quinoa* w.) and amaranth (*amaranthus caudatus* l.) provide

- dietary fibres high in pectic substances and xyloglucans. *Food Chemistry*, 167(0):490 – 496.
- LONDONO, D., VAN'T WESTENDE, W., GORYUNOVA, S., SALENTIJN, E., VAN DEN BROECK, H., VAN DER MEER, I., RGF, V., GILISSEN, L., and SMULDERS, M. (2013). Avenin diversity analysis of the genus *avena* (oat). relevance for people with celiac disease. *Journal of Cereal Science*, 58(1):170–177.
- LOONAT, T. A., HEEVER, E. V. D., and HAMMES, P. (2003). Effect of temperature on the germination of grain amaranth. *South African Journal of Plant and Soil*, 20(3):152–153.
- MÄKINEN, O. E., ZANNINI, E., and ARENDT, E. (2013). Germination of oat and quinoa and evaluation of the malts as gluten free baking ingredients. *Plant foods for human nutrition*, 68(1):90–95.
- MEGAZYME (2014). Total dietary fibre assay procedure.
- MLAKAR, S. G., TURINEK, M., JAKOB, M., BAVEC, M., and BAVEC, F. (2010). Grain amaranth as an alternative and perspective crop in temperate climate. *Revija za geografijo–J. Geogr.*, 5:135–145.
- MOONEY, P., AZIZ, I., and SANDERS, D. (2013). Non-celiac gluten sensitivity: clinical relevance and recommendations for future research. *Neurogastroenterology & Motility*, 25(11):864–871.
- MUNOZ-INSA, A., Gastl, M., Zarnkow, M., and BECKER, T. (2011). Optimization of the malting process of oat *Avena sativa L.* as a raw material for fermented beverages. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9:510–523.
- NARZISS, L. and BACK, W. (2012). *Die Bierbrauerei: Band 1: Die Technologie der Malzbereitung, Band 2: Die Brauerei Die Technologie der Würzebereitung*, volume 8. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- PFENNINGER, H., editor (1993). *Brautechnische Analysemethoden*. MEBAK.
- PHIMOLSIRIPOL, Y., MUKPRASIRT, A., and SCHOENLECHNER, R. (2012). Quality improvement of rice-based gluten-free bread using different dietary fibre fractions of rice bran. *Journal of Cereal Science*, 56(2):389–395.
- PIETZAK, M. (2013). Chapter 41 - nutritional considerations in the management of celiac disease. In Coulston, A. M., Boushey, C. J., and Ferruzzi, M. G., editors, *Nutrition in the Prevention and Treatment of Disease (Third Edition)*, pages 773 – 786. Academic Press, third edition edition.

- SANZ-PENELLA, J., WRONKOWSKA, M., SORAL-SMIETANA, M., and HAROS, M. (2013). Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. *LWT-Food Science and Technology*, 50(2):679–685.
- SATURNI, L., FERRETTI, G., and BACCETTI, T. (2010). The gluten-free diet: Safety and nutritional quality. *Nutrients*, 2(1):16–34.
- SPEEDING, G., HARRISON, N. R., GANSKE, F., and DELL, E. (2012). A new way to test the free amino nitrogen content in alcoholic beverages with the spectrostar-nano. *BMG Labtech*.
- STATGRAPHICS (2010). Statgraphics ® centurion xvi benutzerhandbuch.
- VALCÁRECEL-YAMANI, B. and CAE TANO DA SILVA LANNES, S. (2012). Application of quinoa (*chenopodium quinoa* willd.) and amaranth (*amaranthus* spp.) and thier influence in the nutritional value of cereal baesed foods. *Food and Public Health*, 2:265–275.
- VAN LANDSCHOOT, A. (2011). Gluten-free barley malt beers. *Cerevisia*, 36(3):93–97.
- WIJNGAARD, H., ULMER, H., NEUMANN, M., and ARENDT, E. (2005). The effect of steeping time on the final malt quality of buckwheat. *JOURNAL OF THE INSTITUTE OF BREWING*.
- ZAHLNER, V. (2005a). Sop 1-06 arbeitsanweisung kjeldahl-aufschluss. Technical report, Universität für Bodenkultur, Institut für Lebensmitteltechnologie.
- ZAHLNER, V. (2005b). Sop 1-07 bestimmung des aschegehaltes. Technical report, Universität für Bodenkultur, Institut für Lebensmitteltechnologie.

CURRICULUM VITAE

KARL SEVERIN TRAUGOTT

Adresse: Gentzgasse 51/8
1180 Wien
Tel.: +436649205181
Mail: severintraugott@gmx.at

Geburtsdaten: Salzburg, 23.3.1986
Nationalität: Österreich



Ausbildung

Masterlehrgang Lebensmittelwissenschaften und -technologie Universität für Bodenkultur, Wien	2013 – 2015
Bachelorstudium Lebensmittel- und Biotechnologie	2005 – 2013
Grundwehrdienst	2006
Downside School, England	2001 – 2005
A-Level (äquivalent österr. Matura)	2005
Hauptschule Nonntal, Salzburg	1996 – 2001

Berufserfahrung

Tutor: Lebensmitteltechnologische Übungen an der BOKU Wien	02/2014 – 06/2015
Praktikant, STAMAG Stadlauer Malzfabrik GmbH, Wien	07 – 08/2014
Notfallsanitäter NKV, MHDA	2008 – laufend
Internat. Einsätze MHDA (Singapore, Mexiko, Libanon,...)	2008 – laufend
Erste-Hilfe Ausbilder	2007 – laufend
Klärwart, Pet2Pet GmbH Müllendorf, Bgld	12/2009 – 06/2010
Lagerreferent für Wien und NÖ, MHDA	10/2007 – 03/2011
Tutor, Verfahrenstechnisches Praktikum	10/2008 – 06/2010
Praktikant, Brau Union AG, Kaltenhausen	07 – 08/2007
Statist, Salzburger Festspiele	07 – 08/2004
Logistik, R&S Gourmet Express Salzburg	07 – 08/2002

Sprachkenntnisse

Deutsch: Muttersprache
Englisch: fließend in Wort und Schrift (englische Matura)
Italienisch: Grundkenntnisse

Sonstige Ausbildungen und Kenntnisse

Führerschein B, EzuB
Microsoft Office (Word, Excel, Powerpoint)
Hygieneschulung für Küchen der Gemeinschaftsverpflegung
Segel- und Motorbootschein für Küstengewässer FB2
Notfallsanitäter NKV, Lehrsanitäter, Betrieblicher Ersthelfer und Erste-Hilfe-Ausbildner

Hobbys und Interessen

Kochen, Reisen, Hochsee-Segeln, Rettungsdienst, Kranken- und Behindertenbetreuung MHDA