



FACHHOCHSCHULE TRIER

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung
University of Applied Sciences

Projektbericht

Herstellung eines glutenfreien Bieres unter Verwendung von mikrobiellen Enzymen

Thomas Schlegel
(thoschleg@gmx.de)
Pavlina Kehayova
Satya R. Peschke
Nadine Zonker

Studiengang Lebensmitteltechnik
Sommersemester 2009
10.06.2009

Danksagung

Unser besonderer Dank gilt der Firma Novozymes Switzerland AG, 4243 Dittingen (Schweiz) und speziell Herrn Marcel Mischler für die Bereitstellung der Enzyme sowie für die schnelle Beantwortung aller Fragen diese betreffend.

Wir danken Herrn Prof. Rupert Binnig für die Möglichkeit zur uneingeschränkten Nutzung der Gerätschaften im Technikum der FH Trier, für seine Unterstützung bei der Entwicklung der Aufgabenstellung und für die Anregungen während der Projektbearbeitung.

Außerdem danken wir der Hardt-Brauerei (Saarland) für die zur Verfügung gestellten Gerätschaften für den Brauprozess.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	1
Inhaltsverzeichnis	2
Abkürzungsverzeichnis	3
1. Einleitung	4
2. Aufgabenstellung	4
3. Stand des Wissens	5
Zöliakie	5
Glutenfreie Getreidearten	6
Stärke	8
4. Eigene Untersuchungen	9
4.1 Ziel der Untersuchung	9
4.2 Material und Methoden	9
4.3 Versuche und Ergebnisse	13
5. Diskussion und Schlussfolgerung	18
6. Zusammenfassung	22
7. Summary	23
8. Literaturverzeichnis	24
Tabellenverzeichnis	25
Abbildungsverzeichnis	25
Anhang	



Abkürzungsverzeichnis

AS	Aminosäure
dest.	destilliert
g	Gramm
k. A.	keine Angabe
KH	Kohlehydrate
m. Z.	mit Zurückschütten auf den Filter
min	Minuten
ml	Milliliter
o. Z.	ohne Zurückschütten auf den Filter
o.g.	oben genannt
Temp.	Temperatur
WBV	Wasserbindevermögen
ZT	Zimmertemperatur

1. Einleitung

Jedes Jahr treffen sich Zöliakie-Kranke unter Koordination des Dachverbandes der europäischen Zöliakie-Gesellschaften (AOECS) in ganz Europa zum Tag der Zöliakie. Im Jahr 2008 lautete das offizielle Motto: „2 von 10 Zöliakiekranken sind diagnostiziert!“. Das weist auf die hohe Anzahl Betroffener hin, die noch gar nichts von der Erkrankung wissen. Viele hatten als Kinder keine oder nur wenige gesundheitliche Probleme, aber im höheren Alter treten Symptome auf (PATZER, 2009).

Dieser weltweite Anstieg von Zöliakie-Kranken in den nächsten Jahren wurde aufgrund des Bewusstseins für die Krankheit und verbesserter diagnostischer Methoden vorhergesagt. Das wird zu einer erhöhten Nachfrage durch den Verbraucher für glutenfreie Produkte, unter anderem auch von glutenfreiem Bier, führen. In amerikanischen Mikro-Brauereien ist Buchweizen eines der wichtigsten Getreide für die Herstellung von glutenfreien Bieren und wird hauptsächlich als unvermälzter Zusatz verwendet (WIJNGAARD, et al., 2005).

Obwohl es in Deutschland mittlerweile eine ganze Reihe an Lebensmittelprodukten gibt, die für Zöliakieerkrankte geeignet sind, so ist die Auswahl bei Fermentationsgetränken (Bier, Bionade®), die aus glutenfreien Getreiden hergestellt sind, eher gering oder gar nicht vorhanden. Dabei gibt es eine Reihe von Möglichkeiten solche Getränke aus verschiedenen Rohstoffen oder auch Rohstoffmischungen herzustellen.

Einige Möglichkeiten sollen in dieser Arbeit untersucht werden, wobei, wenn möglich, darauf verzichtet wird, die Getreide vorher zu vermälzen, um sich diesen Arbeitsschritt zu sparen. Stattdessen werden kommerziell angebotene, mikrobielle Enzyme genutzt, die die Stärke (aber auch andere Inhaltsstoffe) im Getreide abbauen sollen, um die Zucker anschließend mit Hefe zu Alkohol (im Falle eines Bieres) oder durch Lactofermentation zu Milchsäure (im Falle einer Fermentationslimonade) zu vergären.

Zunächst wird dabei das Hauptaugenmerk auf die Verflüssigung der Stärke und die erreichbaren Extraktgehalte aus den einzelnen Getreiden gerichtet. Um eine zügige Filtration (Abläutern) der Maische gewährleisten zu können, werden die Maischen auf ihre Filtrationsfähigkeit hin untersucht und gegebenenfalls werden zusätzliche Enzyme zur Verbesserung dieser während des Maischprozesses zugegeben.

Speziell wird die Eignung des Buchweizens zur Herstellung eines Getränkes untersucht, da Buchweizen leicht verdaulich ist und - im Gegensatz zu Getreide - reich an der essentiellen Aminosäure Lysin, die unter anderem für den Kollagen- und Knochenstoffwechsel von Bedeutung ist (GRUBER, 2009).

2. Aufgabenstellung

Herstellen eines Bieres auf der Basis verschiedener glutenfreier Getreidearten unter Verwendung von mikrobiellen Enzymen mit Schwerpunkt auf Buchweizen.

3. Stand des Wissens

Zöliakie

Glutenfreie Produkte sind notwendig, damit Menschen, die an Zöliakie leiden ihre Lebensqualität nicht einbüßen müssen. Darüber hinaus sind sie wegen ihrer Verwendungsmöglichkeiten auch für nicht erkrankte Menschen interessant.

Zöliakie ist eine Glutenunverträglichkeit, die zu einer chronischen Entzündung der Dünndarmschleimhaut führt. Die Zotten im Darm bilden sich zurück und die Darmoberfläche wird um ein vielfaches reduziert. Dadurch wird die Nährstoffaufnahme vermindert, was Krankheiten (z.B. Diabetes, chronische Kopfschmerzen, Adynamie, Arthritis, u.v.m.) und Mangelerscheinungen zur Folge haben kann (KARG, 2009).

Oftmals wird unter Gluten Getreideeiprotein verstanden, was jedoch nicht korrekt ist. Gluten ist ein Gemisch, das überwiegend aus Proteinen (ca. 90%), Lipiden und Kohlenhydraten besteht und oft auch als „Klebereiweiß“ oder „Kleber“ bezeichnet wird (SCHMID, 2009).

Es kommt in einigen bekannten und verwendeten Getreiden vor, z.B. Weizen, Roggen, Hafer, Gerste, Dinkel u.a. Des Weiteren unterscheidet man bei den verschiedenen Getreidesorten die Glutene anhand ihrer unterschiedlichen alkohollöslichen Fraktionen z.B. Gliadin (Weizen), Secalin (Roggen), Hordein (Gerste) (ERNÄHRUNGSMITTELINFORMATION, 2009).

Klebereiweiße besitzen ein sehr gutes Wasserbindevermögen und verbessern die Backeigenschaften erheblich, daher kommen sie in vielen Produkten vor und stellen ein erhebliches Problem für an Zöliakie erkrankte Menschen dar.

Zöliakie ist zum größten Teil erblich bedingt, nur bei einem kleinen Teil der Erkrankten gibt es niemand in der Familie, der daran erkrankt ist. Die Wissenschaft ist sich noch nicht im Klaren darüber, wie es zur nicht erblichen Erkrankung kommt. Momentan geht man davon aus, dass es durch einen Enzymmangel oder durch Antigen-Antikörper-Reaktion zur Zöliakie kommt.

Diverse Symptome sind bekannt, die auf Zöliakie hinweisen können. Einige haben unmittelbar mit dem Darmtrakt zu tun, andere treten außerhalb des Darms auf, wie z.B.:

- Durchfall
- Gewichtsverlust
- Kraftverlust
- Bauchschmerzen
- Übelkeit
- Blutarmut
- Osteoporose
- Vitamin- und Mineralmangel

Eine Diagnose kann über einen Bluttest mit Hilfe eines Autoantikörpertests gestellt werden, allerdings wird diese kritisch betrachtet, da sie nicht sehr sicher ist. Um eine eindeutige Diagnose zu stellen, muss eine Dünndarmbiopsie durchgeführt werden, bei der ein kleines Stück vom Dünndarm entfernt und untersucht wird

(ERNÄHRUNGSMITTEL, 2009).

Die Krankheit ist nach dem heutigen Stand des Wissens nicht heilbar. Die betroffene Person muss mit der Krankheit leben, kann aber durch gezielte Ernährung die Lebensqualität erhalten (ZÖLIAKIEGESELLSCHAFT, 2009).

Es werden immer mehr glutenfreie Produkte auf den Markt gebracht, welche mit einer durchgestrichenen Ähre gekennzeichnet sind. Hält man sich streng an eine solche Diät, dann erholt sich die Dünndarmschleimhaut, die Nahrungsaufnahme normalisiert sich und die Symptome verschwinden. Somit verbessert sich das allgemeine Wohlbefinden (WEGNER, 2009).

Glutenfreie Getreidearten

Amaranth

Botanisch gesehen zählt Amaranth zu den Pseudocerealien, d.h. er verfügt hinsichtlich seiner Zusammensetzung über getreideähnliche Eigenschaften. Der Protein- und Fettgehalt, sowie die Mineralstoffgehalte sind sehr hoch. Das Fettsäurespektrum weist hohe Anteile an ungesättigten Fettsäuren auf (STOLZENBURG, 2003).

Buchweizen

Buchweizen stammt ursprünglich aus der Mongolei und zählt zu den Pseudocerealien. Er ist kein Getreide, sondern gehört zu den Knöterichgewächsen, seine Verwandten sind z. B. Rhabarber und Sauerampfer.

Buchweizen ist im Vergleich zu anderen Getreidearten von geringer wirtschaftlicher Bedeutung (TERNES, 1994). Der Anbau von Buchweizen geht in gemäßigttem Klima leicht von der Hand, da er bezüglich des Bodens recht anspruchslos ist. So wachsen die Pflanzen auch in eher unfruchtbaren Heide- und Moorgebieten. Lediglich kalkhaltiger Boden ist für Buchweizen nicht geeignet. Hauptanbaugebiete des Buchweizens sind China, Russland und die Ukraine. Aber auch in einigen Gebieten Deutschlands wird die Pflanze heute wieder angebaut, darunter die Lüneburger Heide und die Eifel.

Buchweizen war – wie viele Urgetreide auch – für lange Zeit in Vergessenheit geraten. Dabei ist der Verzehr der Körner auf vielfältige Weise gesundheitsfördernd:

- Buchweizen enthält dreimal so viel Lysin und Tryptophan, also lebenswichtige Eiweißbausteine, wie Getreide.
- Aus Buchweizenblättern und -blüten lässt sich aromatischer Tee herstellen, der gut schmeckt und die Venen kräftigt.
- Buchweizen ist gut für die Nerven und wirkt entgiftend.
- Dem Flavonoid Rutin, das im Buchweizen enthalten ist, wird nachgesagt, dass es die Blutgefäße stärkt. Es soll deshalb Schlaganfällen und Herzinfarkten vorbeugen.

Ungeschälter Buchweizen enthält in der Schale einen Farbstoff namens Fagopyrin. Dieser Farbstoff kann dazu führen, dass die Haut empfindlicher gegen Sonnenlicht wird. Man sollte also den Buchweizen vor dem Verzehr schälen (NOLTE, 2009).



Abb. 1: Echter Buchweizen (*Fagopyrum esculentum*) (THOME, 2009)

Hirse

Hirse ist ein Sammelbegriff für mehrere Getreidesorten, die zur Gattung der Spelzgetreide zählen. Sie ist fett- und eiweißreich und hat daher einen hohen ernährungsphysiologischen Wert (EHMS, 2009).

Mais

Mais stammt aus Amerika (Mexiko). Das Korn enthält mit etwa 5 % relativ viel Fett, KH, Mineralstoffe und Eiweiß (DITTER, 2004).

Quinoa

Quinoa ist eine einjährige, südamerikanische Körnerfrucht, die besonderes viel hochwertiges Eiweiß und essentielle AS sowie überdurchschnittlich viel Calcium, Phosphor und Eisen enthält (EHMS, 2009).

Reis

Reis wächst in tropischen und subtropischen Klimazonen (Asien, Italien, USA). Im Anbau unterscheidet man Sumpf- oder Wasserreis sowie Trocken- oder Bergreis (EISENBRAND G., 2006).

Reis hat einen höheren Stärkeanteil (bis 79%), jedoch enthält er weniger Eiweiß (ca. 7%) als andere Getreidearten (SCHLIEPER, 2005).

Tapioka

Tapioka stammt ursprünglich aus Südamerika, wird aber heute außer in Süd- und Mittelamerika auch in Asien und Afrika angebaut. Die getrockneten Wurzelknollen dieser Pflanze werden einer Nassvermahlung unterzogen. Anschließend erfolgt eine oberflächliche Verkleisterung durch Anfeuchten und dann das Pressen durch Siebe. Die so entstandenen Stärke-Kügelchen werden als Tapioka-Sago bezeichnet, sind geschmacksneutral und eignen sich daher ideal als Dickungsmittel (THOTE, 2009).

Tab. 1: Nährwerttabelle der glutenfreien Getreidearten

Getreide	Energie [kJ]	Eiweiß [g]	Fett [g]	Kohlehydrate [g]	Ballaststoffe [g]	Wasser [ml]
Amaranth	1525	15,0	9,0	57,0	4,0	17,0
Buchweizen	1425	9,0	2,0	71,0	4,0	12,0
Hirse	1520	10,0	4,0	70,0	3,0	11,0
Mais	1390	9,0	4,0	65,0	9,0	11,0
Quinoa	1437	13,8	5,0	58,5	6,6	12,7
Reis	1460	7,0	1,0	78,0	1,0	11,0
Tapioka	1462	0,6	0,2	84,9	1,8	k. A.

Stärke

Stärke ist der häufigste Reservestoff der Pflanzen, der je nach Getreide aus unterschiedlichen Anteilen Amylose und Amylopektin besteht (BALTES, 2007). Beispiele verschiedener Stärkekörner sind in Abb. 2 ersichtlich.

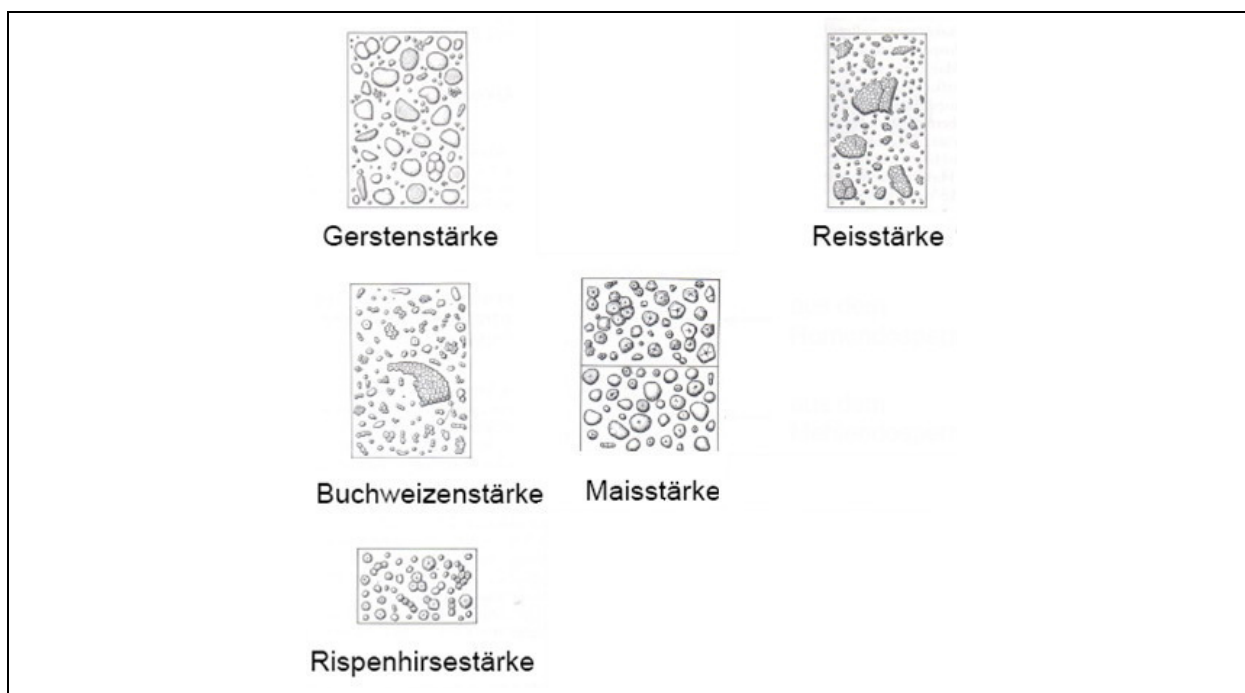


Abb. 2: Stärkekörner (RADDATZ, 2009)

Die Stärkekörner des Buchweizens sind wesentlich kleiner (4–6 µm), als die der Gerste (6–12 µm). Amylytische Enzyme finden also beim Buchweizen eine weitaus größere Wirkoberfläche (WIJNGAARD, et al., 2005).

Mit Iod bildet Stärkelösung in der Kälte eine Einschlußverbindung (s. Abb. 6). In der Stärke sind die Iodmoleküle kettenförmig in den Hohlraum der Amylose-Schraubenlinie eingelagert. So kann die Verzuckerung der Maische kontrolliert werden (Uni-KA, 2009).

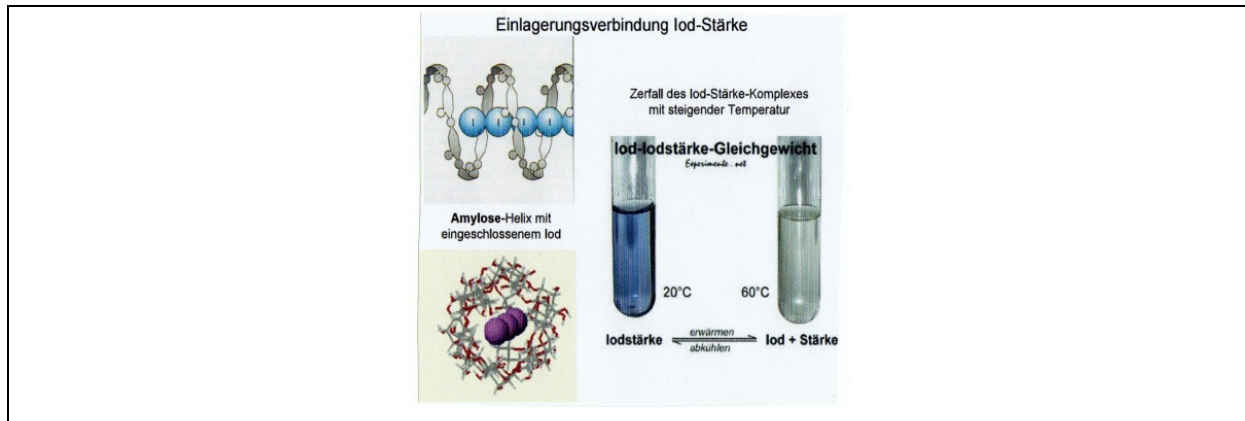


Abb. 3: Iod-Stärke-Reaktion (RADDATZ, 2009)

4. Eigene Untersuchungen

4.1 Ziel der Untersuchung

Untersucht werden die einzelnen glutenfreien Getreidearten auf ihr Verhalten bei der Verflüssigung der Stärke mit Hilfe von mikrobiellen Enzymen, d. h. zum einen die Verkleisterungs- und Verflüssigungszeit und zum anderen die Extraktausbeute. Außerdem wird die Filtrationszeit bestimmt, um dadurch Rückschlüsse auf die Eignung dieser Rohstoffe zur Herstellung eines Bieres ziehen zu können. Im nächsten Schritt werden die Filtrate sensorisch beurteilt, bei positivem Ergebnis vergoren und erneut sensorisch beurteilt.

4.2 Material und Methoden

Material

Getreide:

- Müller's Mühle , Popcorn Mais
- Curtiso Langkorn Standard Reis
- Neuform Bio Buchweizen, zur Vermälzung: Buchweizen aus kontrolliert biologischem Anbau; Herkunft: China; Rapunzel Naturkost, 87764 Legau
- Neuform Tapioka
- Seeberger Buchweizengrütze
- Neuform Bio Amarant
- Gut und Gerne Quinoa
- Seeberger Speisehirse

Geräte:

- Magnetrührer IKAMAG RCT, Rührfische
- Schrotmühle : Messerschmidt electronic
- Temperaturmessfühler TESTO 110
- Refraktometer ATAGO
- pH-Meter Knick Portamess Typ 913 pH Nr. 1418696
- Kombigarer Convector
- Wirbelschichttrockner
- Kochkessel 60 l
- Läuterbottich (umgebautes 30 l Keg-Fass mit Lochboden)
- Laborkühler Fa. Julabo FP50

Sonstiges:

- Kaliumiodid
- Dest. Wasser
- Eisbad
- Faltenfilter Sartorius, Folded Filters (Qual.), Grade: 3 hW 65 g/m Dia: 270 mm Qty: 100
- Seccos und Lochseccos
- Hefe „Viniferm“, *Saccharomyces Cervevisiae*, Erbslöh Geisenheim
- Hefe „Saflager W 34/70“, *Saccharomyces Cervevisiae*, FERMENTIS, 137, rue Gabriel Péri - 59700 Marcq en Baroeul (Frankreich)
- Hopfen: Fuggles (4,2% α -Säuregehalt), BREWFERM, 3581 Beverlo (Belgien)
- Kunststoff-Gärfass 30 l, Speidel Tank- und Behälterbau GmbH, Tübinger-Str. 14; D-72131 Ofterdingen
- 30 l Keg-Fass
- Baumwollwindeln als Filtertücher

Tab. 2: verwendete Enzyme

Ceremix Plus MG	Novozymes	Print-ID: 23-05-2008	WD2F1260	
Termamyl BrewQ	Novozymes	Print-ID: 19-12-2008	AYN05005	
Cerezyme Sorghum	Novozymes	Print-ID: 19-12-2008	WD2F2227	
Ultraflo	Novozymes		Batch 3002	
Sihacip Membrane	E. Begerow GmbH &Co.	HSCT: 35079090	Art.- Nr. 95203010	Prod.- Nr. 7017
Panzym YieldMASH	E. Begerow GmbH &Co.	HSCT: 35079090	Art.- Nr. 95226000	Prod.- Nr.302423
Protease	Sigma[9019-017]	No. TDFAB-2	Lot 103/18570	P-3910
β-Amylase	Merck	Art.-Nr. 1318	9026445	
Cellulase	Erbslöh, Geisenheim	VP 0083/2		

Produkteigenschaften der Enzyme:

- **Cerezyme Sorghum**
Enzyme: β -Glucanase, Xylanase, Pentosanase, Protease, Amylase und Peptidase
- **Ceremix**
Enzyme: Xylanase (endo-1,4-), Alpha-amylase, Protease (neutral) und Beta-glucanase (endo-1,3(4)-)
Mikroorganismus: *Bacillus licheniformis*, *Humicola insolens* und *Bacillus amyloliquefaciens*
- **Termamyl**
Enzyme: Alpha-amylase
Mikroorganismus: *Bacillus licheniformis*
- **Ultraflo**
Enzyme: Xylanase (endo-1, 4-), Beta-glucanase (endo-1,3(4)-)
(NOVOZYMES, 2009)

Sihacip Membrane und Panzym YieldMASH sind Hemicellulasen.

Methoden

1. Kongressmaisverfahren

Das wichtigste Merkmal des Getreides ist sein Verhalten im Maischprozess. Dazu wird im Labor das in Abbildung 1 dargestellte, standardisierte Kongressmaisverfahren eingesetzt (KUNZE, 2007).

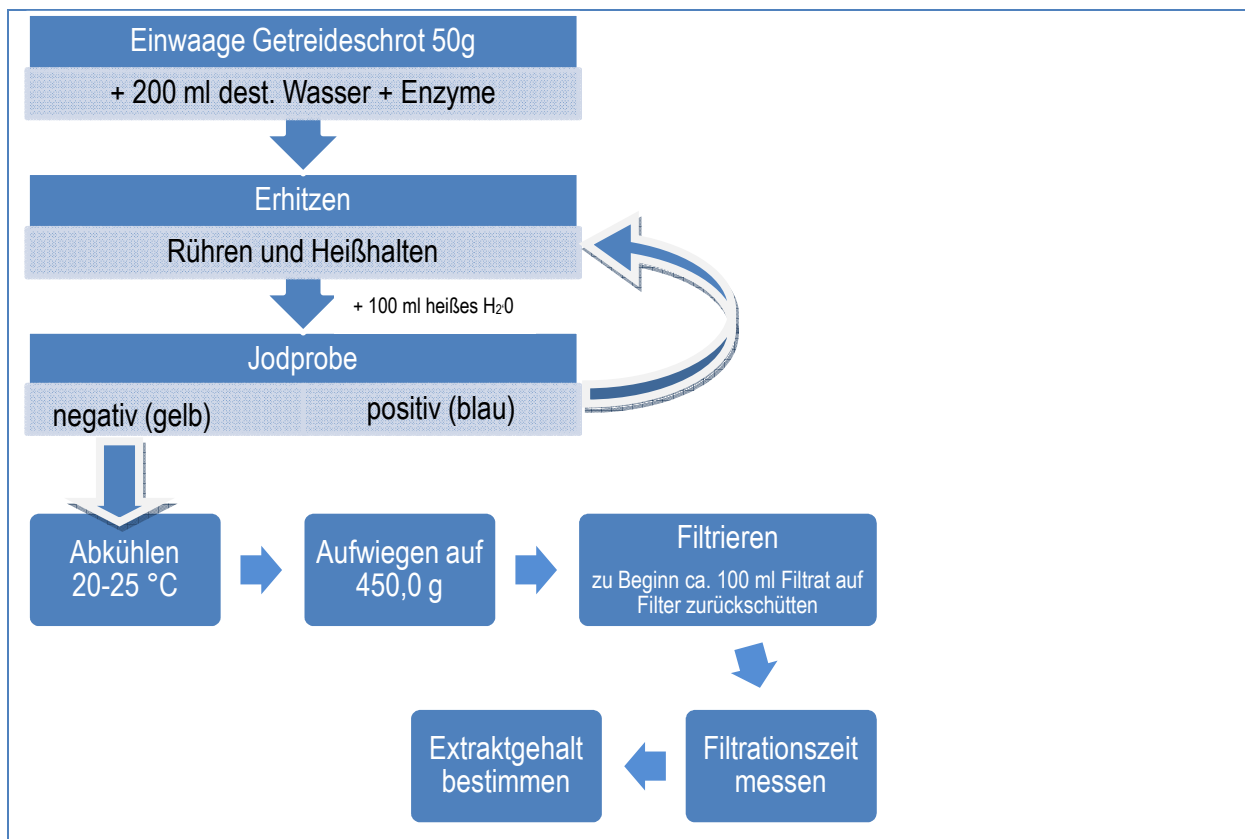


Abb. 4: Ablauf Kongressmaisverfahren

Maischversuche wurden mit den o.g. Getreidearten und durch Kombination der zur Verfügung stehenden Enzyme durchgeführt. Dabei wurde das Kongressmaisverfahren je nach Getreide auf Grund deren unterschiedlicher Verkleisterungstemperaturen modifiziert (s. Tab 3).

Mit der Schrotmühle sind Mahlstufen zwischen 1 (sehr fein) und 6 (sehr grob) möglich. Dadurch kann in Abhängigkeit der Korngröße die Feinheit der Schrotung eingestellt werden.

2. Vermälzung des Buchweizens

Der Buchweizen wurde wie Braugerste vermälzt, d.h. zuerst eingeweicht bis > 40 % Feuchtegehalt, gekeimt und anschließend gedarrt (Wirbelschichttrockner, Kombigarer).

3. Herstellung des Buchweizenbieres:

Es werden 4,244 kg Buchweizenmalz auf Stufe 6 (sehr grob) geschrotet. Der Anteil an hellem Buchweizenmalz beträgt 3,192 kg (76,4%), der Anteil an Röstbuchweizenmalz beträgt 1,052 kg (25,6%).

Aus dem „Guide to brewing“ der Fa. Novozymes (siehe Anhang) wird die Dosage der einzelnen Enzyme berechnet. Ausgegangen wird hierbei immer vom Oberwert. Als Berechnungsgrundlage dient die Schüttung, nicht der Extraktgehalt des Buchweizens.

Beispielrechnung:

Ceremix Plus MG → 1000 ppm (für Rohfrucht)

$$\frac{1000 \text{ mg}}{\text{kg}} \cdot 4,244 \text{ kg Schüttung} = 4,2 \text{ g Ceremix}$$

Cerezyme Sorghum → 3500 ppm → **14,6 g**

Ultraflo XL → 250 ppm → **1,0 ml**

Termamyl BrewQ → 250 ppm → **1,0 ml**

Analog zur α -Amylase (Termamyl) wird **1,0 g** β -Amylase eingesetzt.

Das weitere Vorgehen ist aus dem Brauprotokoll zu entnehmen (siehe Anhang).

Zur Vergärung wird die untergärige Hefe Saflager W 34/70 der Firma Fermentis verwendet. Diese Trockenhefen werden auf getreidefreien Substraten hergestellt und sind daher als glutenfrei zertifiziert (FERMENTIS, 2009).

4.3 Versuche und Ergebnisse

Tab. 3: Maischversuche

Getreide	Mahlstufe	Enzyme	pH-Wert	Verkleisterungs- Temp [°C]	Maische- Temp. [°C]	Maisch- Dauer [min]	Filtrations- Zeit [min]	Filtrat- Menge [ml]	pH _{30 min}	Extrakt- Gehalt [%]	Aussehen Filtrat
Amaranth	1	Termamyl	5,80	72°C	90	10	98	-	-	5,6	Gelblich- weiß, trüb
	2	Termamyl Ultraflo	5,87		50; 90	30; 10	>38 (Abbruch)	-	6,44	1	-
	1	Termamyl Protease	5,82		45; 90	30; 15	>30	Nach 80 ml Abbruch	-	-	-
Buchweizen (Neuform)	2	Termamyl	5,69		90	10	111	390	-	8,6	Gelb, klar
	2	Termamyl Protease	6,28		50; 90	45; 10	Nach 20 Abbruch	-	-	-	-
	2	Termamyl Panzym	6,30		50; 90	45; 10	Nach 20 Abbruch	-	-	-	-
	2	Termamyl Sihazip	6,26		50; 90	45; 10	Nach 20 Abbruch	-	-	-	-
	4	Termamyl Ultraflo Ceremix	5,93	67	50;90;10 0	30;10	m. Z. 60	280	6,46	9,0	Gelb, leicht trüb

	4	Termamyl Ultraflo Ceremix	5,88		50; 90	30; 10	o.Z. 60	290	6,43	8,2	Gelb, leicht trüb
	1,5	Termamyl Ultraflo Ceremix	6,22		50; 90	30; 10	o. Z. 60	210	6,49	9,4	Gelb, leicht trüb
Seeberger Buchweizen- Grütze	Unge- schrotet	Termamyl + Ultraflo	6,30		50; 90	30; 10	Nach 30 Abbruch	-	6,58	9,0	-
	4,5	Termamyl + Ultraflo	6,58		50; 90	30; 10	50 Nicht zurückgesc hüttet	330	6,59	8,4	Opal, leicht trüb
Hirse	1	Termamyl	6,93	80-92	90; 98	20; 10	89	360	-	8,1	Gelblich- weiß, trüb
	1	Termamyl + Ultraflo	6,40	80-92	50; 90	30; 30	Abbruch, da nicht verzuckert	-	-	-	-
		Termamyl Ultraflo Ceremix	6,16	80-92	50/80; 92/95	30;30 Abbruch	-	-	-	-	-
Mais	3	Termamyl	-	70-105	70	20	-	-	-	4,6	klar

		Termamyl Ultraflo Ceremix	5,74	70-105	50; 90	30; 30	o.Z. nach 60 Abbruch	210	6,01	5,9	Gelblich- weiß, trüb
Quinoa	2	Termamyl	5,69	57-64	90; 70	10; 10	85	320	-	7,20	Dunkelgelb – grün, klar
	2	Termamyl + Protease	-		45-50; 90	30; 10	>60	-	6,19	8,00	klar
		Termamyl Ultraflo Ceremix	5,91	63	57-64; 90	30;10	o.Z. 60+10+5	330	6,10	6,9	Leicht trüb, grünlich- gelb
Reis	3	Termamyl	-	70-90	45; 70	30; 80	-	-	-	5,2	-
	3	Termamyl	-	70-90	90	10	-	-	-	9,2	-
		Termamyl Ultraflo Ceremix	6,8	70-90	50; 90	30;10	60 o.Z	190	6,18	9,4	Weiß, trüb
Tapioka	2	Termamyl	4,63		90	10	66	420	-	10,5	Klar, farblos

Die durch Komma getrennten Temperaturen in der Spalte „Maischtemperatur“ und die dazugehörigen Zeiten in der Spalte „Maischdauer“ kennzeichnen die einzelnen Temperaturreihen.

Tab. 4: Buchweizenmalzherstellung (vermälzt wurden 6 kg)

Arbeitsschritt	Tag	Temperatur [°C]	Feuchtegehalt [%]	Bemerkungen
Weichen	1	16,7	-	Weichwasser
	2	17,8	52,3	„schleimig“ (sehr viskos)
Keimen	2	10,0	-	In Gärschrank; keine Keimung erfolgt, daher bei ZT
	3	10,0	-	
Wässern	3	21,7	-	Teilweise Wurzelkeime vorhanden
Keimen	4	28,7	-	Wurzelkeime doppelte Kornlänge → wässern und in Kühlraum bei 10°C
Darren	5	50; 80	62,92	-

Tab 5: Maischversuche Buchweizenmalz

Mit Enzyme (Termamyl, Ceremix, Ultraflo)	Ohne Enzyme	Mit Enzyme (Termamyl, Ceremix, Ultraflow, Cerezyme Sorghum)	Mit Enzyme (Termamyl, Ceremix, Ultraflow, Cellulase)
Malz (4 (grob) geschrotet)	Malz (4 (grob) geschrotet)	Malz (4 (grob) geschrotet)	Malz (4 (grob) geschrotet)
pH 5,54	pH 5,62	pH 5,44	pH 5,37
30 min 45-55°C	30 min 45-55°C	20 min bei 35 – 43°C	20 min bei 35 – 43°C
65-70°C	Nach 5 min (bei Erreichen 70°C) voll verkleistert → kein freies Wasser mehr Wasser zugeben 200 ml (ca. 70°C)	Aufheizen auf 45-50°C und 30 min heißhalten	Aufheizen auf 45-50°C und 30 min heißhalten
20 min gehalten → Iodprobe positiv	Jodprobe positiv	Aufheizen auf 65-70°C und 30 min heißhalten	Aufheizen auf 65-70°C und 30 min heißhalten
Beobachtung: relativ flüssig	Beobachtung: nicht Fäden ziehend	Aufheizen auf 90 – 95°C und 15 min heißhalten	Aufheizen auf auf 90-95°C und 25 min heißhalten
→ 90-100°C 8 min dann Iodprobe negativ	→ auf 70-75°C weitere 20 min heißhalten	Dann Iodprobe negativ	Dann Iodprobe negativ
+ 100 ml kochendes Wasser	Nach 15 min keine Verzuckerung → heizen auf 90°C	+ 100 ml Wasser (90°C) → Iodprobe negativ	+ 100 ml Wasser (85,6°C) → Iodprobe negativ
Abkühlen	→ keine Verflüssigung	Abkühlen	Abkühlen
Auf 450 g auffüllen	→ Abbruch	Auf 450 g auffüllen	Auf 450 g auffüllen
Extraktgehalt: 10%		Extraktgehalt: k. A.	Extraktgehalt: k. A.
pH 5,74		pH 5,67	pH 5,53
Filtration: Nach 40 min 160 ml → Abbruch		Filtration: Nach 60 min 340 ml	Filtration: Nach 60 min 300 ml

Die Ergebnisse des Brauvorgangs sind im Brauprotokoll (siehe Anhang) dargestellt.

5. Diskussion und Schlussfolgerung

Auswertung Tabelle 3:

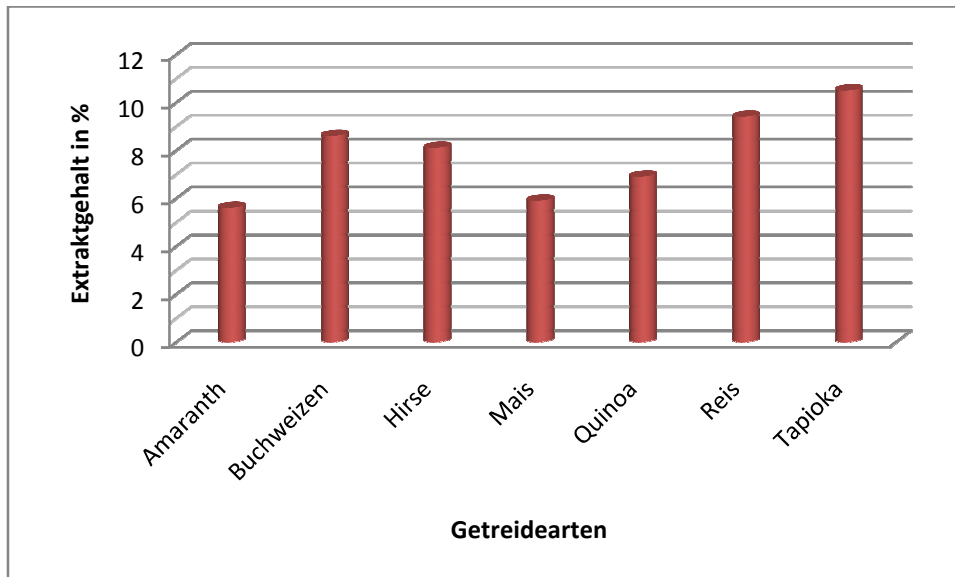


Abb. 5: Extraktgehalt der einzelnen Getreidefiltrate

Beim Kongressmaischverfahren im Brauereilabor werden Extraktgehalte zwischen 7 und 9% erreicht.

Die geringen Werte von Amaranth, Mais und Quinoa sind auf ihre niedrigeren KH-Gehalte zurückzuführen (s. Tab.1). Des Weiteren sollte beachtet werden, dass Amaranth ein sehr kleines Korn und daher mit der zur Verfügung stehenden Schrotmühle schlecht zu zerkleinern ist. Es ist zu erwarten, dass sich bei feinerer Schrotung der Aufschluss der KH verbessert und der Extraktgehalt höher ausfallen wird.

Der Popcornmais erbrachte lediglich 5,9% Extrakt. Möglicherweise erhält man bei Verwendung einer anderen Maissorte höhere Gehalte.

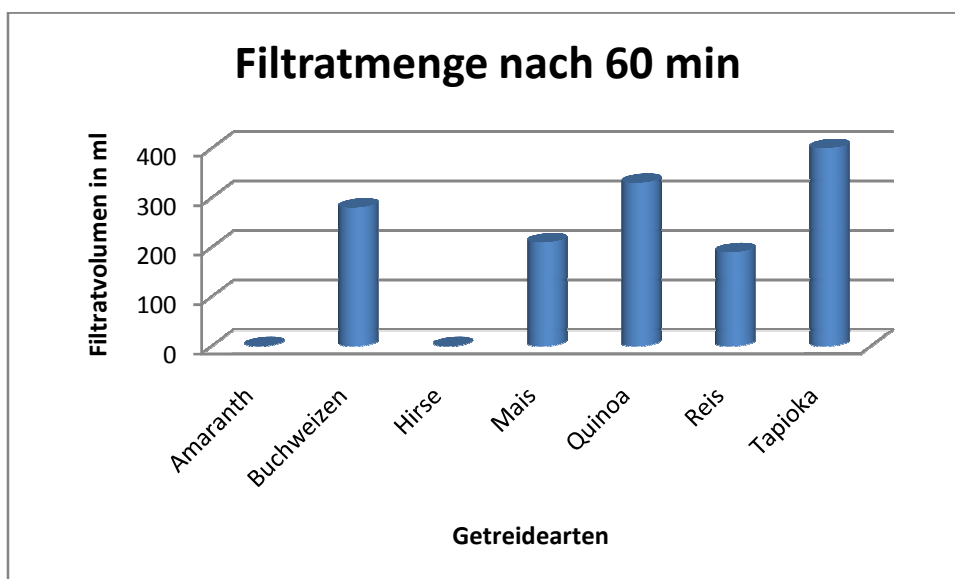


Abb. 6: Filtratvolumina der einzelnen Getreide nach 60 min Filtrationszeit

Bei Amaranth und Hirse erfolgt keine Angabe, da der Filter nach 60 min nicht trocken ist und die Filtration daher abgebrochen wird. Obwohl Tapioka gute Filtrationseigenschaften und einen hohen Extraktgehalt aufweist, wird eine weitere Verwendung aufgrund schlechter sensorischer Eigenschaften ausgeschlossen. Aus dem gleichen Grund scheidet Quinoa aus.

Mais und Reis erbringen geringe Filtratvolumina. Diese Getreide werden beim Bierbrauen im Ausland (bis 30 % der Schüttung) in Kombination mit Braumalz verwendet und sollen hier nicht weiter untersucht werden.

Buchweizen ergibt mit ca. 9% zwar einen zufriedenstellenden Extraktgehalt, ist aber auf Grund des hohen Hydrokolloidanteils sehr schlecht zu filtrieren (s. Abb. 5 und 6). Es ist zu beobachten, dass er beim Maischen stark „schleimt“ (hohe Viskosität) und daher auch die Poren des Faltenfilters schnell verschließt. Dennoch wird im Folgenden gemäß Aufgabenstellung die Herstellung eines Bieres mit Buchweizen näher untersucht.

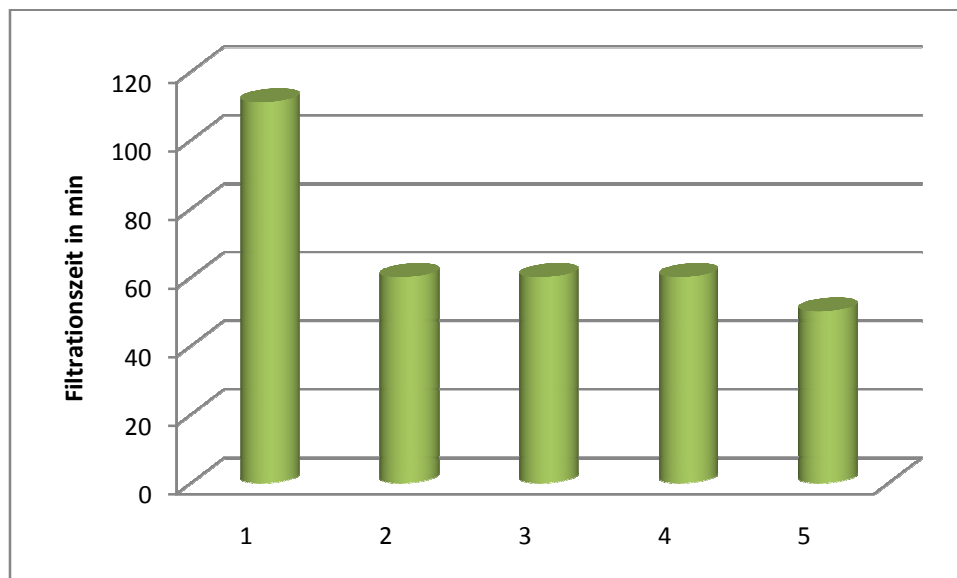


Abb. 7: Filtrationszeiten der Buchweizenversuche

- 1 = Buchweizen mit Termamyl
- 2 = Buchweizen mit Termamyl + Ultraflo + Ceremix (mit Zurückschütten; Mahlung grob)
- 3 = Buchweizen mit Termamyl + Ultraflo + Ceremix (ohne Zurückschütten; Mahlung grob)
- 4 = Buchweizen mit Termamyl + Ultraflo + Ceremix (ohne Zurückschütten; Mahlung fein)
- 5 = Buchweizengrütze mit Termamyl und Ultraflo (ohne Zurückschütten; Mahlung grob)

Abbildung 7 zeigt, dass eine grobe Schrotung einer feinen vorzuziehen ist (vergleiche Säulen 3, 4 und 5). Das „mit/ohne Zurückschütten“ macht keinen wesentlichen Unterschied aus (Säule 2 und 3).

Eine feinere Mahlung ergibt höhere Extraktgehalte (s. Abb. 8), aber wie bereits erwähnt auch längere Filtrationszeiten. Um evtl. bessere Filtrationszeiten zu erhalten, wird ein Teil des Buchweizens vermälzt und ein Kongressmaisverfahren damit durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tab. 5 ersichtlich.



Abb. 8: Extraktgehalte der Buchweizenversuche
Bezeichnung der Säulen 1 bis 5 s. Abb. 6

Bei $> 67^{\circ}\text{C}$ (Verkleisterungstemperatur Buchweizenstärke) ist die nicht-enzymierte Maische nach kurzer Zeit so hochviskos, dass der Rührfisch nicht mehr drehen kann. Daraus ist zu schließen, dass während der Vermälzung nicht ausreichend amylytische Enzyme gebildet werden, die zur Verflüssigung der Buchweizenstärke nötig sind. Nach Zugabe von 200 ml Wasser kann keine weitere Verbesserung festgestellt werden. Die Jodprobe bleibt positiv. Daher wird der Versuch an dieser Stelle abgebrochen (s. Tab. 5).

Es zeigt sich außerdem, dass vermälzter Buchweizen mit Enzymen nicht besser filtriert als die enzymierte Rohfruchtmaische. Eine Vermälzung ist also lediglich sinnvoll, um die Viskosität der Würze und damit des Endprodukts zu erniedrigen.

Wie Gerstenstärke ist auch Buchweizenstärke in den Zellen des Endosperms enthalten, die von relativ dünnen Zellwänden umgeben sind. Im Gegensatz zu Gerste haben diese Zellwände keine (viskositätserhöhenden) β -Glucane, aber trotzdem ist die Viskosität der Kongreßwürze signifikant höher. Es müssen also andere Polysaccharide enthalten sein. In der Arbeit von ASANO et al. wird deutlich, dass das Buchweizenkorn aus Xylose, Mannose, Galaktose und Gluconsäuren besteht. Obwohl man mit einem Anteil von 2,9% weniger lösliche Ballaststoffe findet, sind sie für die hohe Viskosität verantwortlich und daher für den Brauprozess sehr bedeutend (WIJNGAARD, et al., 2005).

Laut anderen Quellen sieht die Zusammensetzung der Buchweizenballaststoffe wie folgt aus:

Poly-Pentosen	426 mg/100g
Poly-Hexosen	1905 mg/100g
Poly-Uronsäure	592 mg/100g
Cellulose	481 mg/100g
Lignin	296 mg/100g
wasserlösliche Ballaststoffe	1591 mg/100g
wasserunlösliche Ballaststoffe	2109 mg/100g

(ARLAMOWSKI, 2009).

Nach Ansicht der Autoren sollte daher ein hoher Weichgrad (> 40 %) erreicht werden, um die Viskosität der Würze herabzusetzen. Zudem sollten zusätzlich mikrobielle Enzyme verwendet werden, da die originären Enzyme nicht ausreichen, um die Maische zu verzuckern.

Bei der Herstellung des Buchweizensudes traten lediglich bei der Verzuckerung der Stärke Probleme auf. Deshalb wurden 5 ml (1178 ppm) Termamyl nachdosiert. Nach einer zusätzlichen Rastzeit von 68 min ist die Maische vollständig verzuckert.

Das nachfolgende Abläutern lief planmäßig. Im Gegensatz zu den Kongressmaischen mit Buchweizen kam es zu keinen Schwierigkeiten. Die Gründe dafür sind zum einen die sehr grobe Schrotung und zum anderen die größere Filterfläche des Läuterbodens. Trotz dieser Schrotung wurde eine sehr gute Extraktausbeute erzielt. Die Vorderwürze lief mit 16,9% ab, die Stammwürze vor der Kochung betrug 10,5%. Auf Grund des niedrigen Gehaltes an vergärbaren Zuckern (Bestimmung nach Rebelein) werden 750g Saccharose zugegeben um einen Alkoholgehalt von etwa 4,5 - 5 % zu erreichen.

Zum Zeitpunkt des Verfassens dieser Arbeit kann das Endprodukt noch nicht verkostet werden, da es sich noch in der Nachgärung befindet. Die Verkostung des Jungbieres war sehr positiv, die Autoren erwarten ein zufriedenstellendes Ergebnis. Es kann allenfalls bemängelt werden, dass der Restextrakt noch zu hoch ist, da viele nicht vergärbare Zucker vorhanden sind. Der Alkoholgehalt, der durch die Vergärung der Saccharose entsteht, sollte sich jedoch balancierend auf den Geschmack auswirken.

6. Zusammenfassung

Bei der Herstellung eines Bieres mit verschiedenen glutenfreien Getreidearten stößt man auf zahlreiche Schwierigkeiten. Meist sind dies Filtrationsprobleme, eher weniger Probleme treten bei der Verzuckerung der Stärke auf. Letztendlich kann die Sensorik als Entscheidungskriterium für die Verwendung eines Getreides herangezogen werden.

Die ausschließliche Verwendung von Enzymen zur Verzuckerung der Stärke und zum Abbau der Hydrokolloide, wie ursprünglich von den Autoren vorgesehen, lässt sich speziell beim Buchweizen nicht zufriedenstellend realisieren. Beabsichtigt man dieses Getreide zu 100% zur Bierherstellung einzusetzen, so ist der Mälzvorgang unverzichtbar. Als Zusatz kann er unvermälzt genutzt werden, wie es in der Praxis bereits angewandt wird.

Allerdings ist Buchweizen nicht einfach zu vermälzen. Beim Weichprozess gibt er offensichtlich einen Großteil der Hydrokolloide ins Wasser ab, sodass dieses hochviskos wird. Auch die weiteren Arbeitsschritte sind erschwert. Beim Keimen ist das Korn immer noch sehr „schleimig“ und schlecht zu wenden. Beim Darren im Combigrarer verhindert das hohe WBV und die hohe Schüttdichte der Körner ein schnelles Trocknen. Deshalb ist eine Trocknung im Wirbelschichttrockner zu bevorzugen.

Die Kombination des Mälzvorganges mit der Verwendung mikrobieller Enzyme stellt sich für die Herstellung eines Buchweizenbieres als ideal dar. Da bereits das Jungbier sensorisch als sehr gut zu beurteilen ist, ist eine großindustrielle Produktion bei Optimierung des Mälzvorganges durchaus in Betracht zu ziehen.

7. Summary

Several difficulties are encountered in beer manufacturing that uses gluten-free cereals. Most are filtration problems, though there are some problems with the saccharification of starch. Ultimately, sensory valuation can be used as a decision criterion for the use of a grain.

The exclusive use of enzymes for starch saccharification and reduction of hydrocolloids, as originally intended by the authors, cannot be satisfactorily realized, especially with buckwheat. If this cereal is used 100% for beer-making, then the malting process will be indispensable. As an adjunct it may be used the unmalted grain as in practice it has already been applied.

However, buckwheat is not easy to malt. During the steeping process, it seems to lose a large part of hydrocolloids into the water, making it highly viscous. The other process steps are difficult as well. During germination, the grain is still very "slimy" and hard to turn over. When kilning in the oven, the high water-binding capacity and high bulk density of the grains impede a fast drying. Therefore, drying in the fluidized bed dryer is preferable.

The combination of malting with the use of microbial enzymes is ideal to produce a buckwheat beer. Since already the green beer has a very good taste, major industrial production can certainly be considered after optimizing the malting process.

8. Literaturverzeichnis

ARLAMOWSKI, M. et. al. 2009.

http://www.daskochrezept.de/bundeslebensmittelschlüssel/naehrwerte/buchweizen_C320001_7.html. [Online] 18. 05 2009. [Zitat vom: 18. 05 2009.]

http://www.daskochrezept.de/bundeslebensmittelschlüssel/naehrwerte/buchweizen_C320001_7.html.

BALTES, W. 2007. *Lebensmittelchemie, 6. vollständig überarbeitete Ausgabe.* Berlin : Springer-Lehrbuch, 2007.

DITTER, M. 2004. *Gut eingekauft - Ein Wegweiser durch die Welt der Lebensmittel.* Köln : Rewe-Verlag GmbH, 2004.

EHMS. 2009. Ehms-treff.de. [Online] 04. 06 2009. [Zitat vom: 04. 06 2009.] <http://www.ehms-treff.de/carmen/ernaehrung/getreide.html>.

EISENBRAND G., SCHREIER P. 2006. *RÖMPP Lexikon Lebensmittelchemie, 2. Auflage.* Stuttgart : Georg Thieme Verlage KG, 2006.

ERNÄHRUNGSINFORMATION, Intitut für. 2009. Ernährung.de. [Online] 22. 05 2009. [Zitat vom: 22. 05 2009.] <http://www.ernaehrung.de/tipps/zoeliakie/zoli10.php>.

FERMENTIS. 2009. Fermentis. [Online] Fermentis business unit du Groupe Lesaffre, 26. 05 2009. [Zitat vom: 26. 05 2009.] http://www.fermentis.com/FO/60-Beer/60-13_faqHB.asp.

GRUBER, B. et. al. 2009. <http://www.schrotundkorn.de/2000/sk0004e3.htm>. [Online] 18. 05 2009. [Zitat vom: 18. 05 2009.] <http://www.schrotundkorn.de/2000/sk0004e3.htm>.

KARG, V. 2009. Gsundheit.de. [Online] 22. 05 2009. [Zitat vom: 2009. 05 2009.] <http://www.gesundheit.de/krankheiten/magen-darm/zoeliakie-sprue/index.html>.

KUNZE, W. 2007. *Technologie Brauer und Mälzer, 9. Auflage.* Berlin : VLB Berlin, 2007.

MARBACH, E. 2009. <http://www.heilkraeuter.de/lexikon/buchweizen.htm>. [Online] 18. 05 2009. [Zitat vom: 18. 05 2009.] <http://www.heilkraeuter.de/lexikon/buchweizen.htm>.

NOLTE, D. 2009. www.initiative-urgetreide.de/sonstige-urgetreide/buchweizen.html. [Online] 18. 05 2009. [Zitat vom: 18. 05 2009.] www.initiative-urgetreide.de/sonstige-urgetreide/buchweizen.html.

NOVOZYMES. 2009. Novozymes. [Online] 18. 05 2009. [Zitat vom: 18. 05 2009.] www.novozymes.com.

PATZER, K.-H. 2009. http://www.aerztlichepraxis.de/artikel_gz_ernaehrung_zoeliakie_121794891909.htm. [Online] 18. 05 2009. [Zitat vom: 18. 05 2009.]

http://www.aerztlichepraxis.de/artikel_gz_ernaehrung_zoeliakie_121794891909.htm.

RADDATZ, H. 2009. *Vorlesung Lebensmittel-Analytik.* Trier : s.n., 2009.

SCHLIEPER, C. 2005. *Grundfragen der Ernährung; 18. Auflage.* Hamburg : Dr. Felix Bücher - Handwerk und Technik, 2005.

SCHMID, T. 2009. Welt.de. [Online] 22. 05 2009. [Zitat vom: 22. 05 2009.] http://www.welt.de/lifestyle/article1665016/Bitte_was_ist_eigentlich_Gluten.html.

STOLZENBURG, K. 2003. "Familie, Haushalt und Ernährung". *Landinfo.* 2003, 6.7.

TERNES, W. 1994. *Naturwissenschaftliche Grundlagen der Lebensmittelzubereitung, 2. Auflage.* Hamburg : Behr's Verlag, 1994.

- THOME, O. 2009.** Wikipedia. [Online] 27. 05 2009. [Zitat vom: 27. 05 2009.]
<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Buchweizen.jpg&filetimestamp=20050724114949>.
- THOTE, U. 2009.** Neuform International. [Online] 31. 05 2009. [Zitat vom: 31. 05 2009.] www.neuform-interantional.de.
- Uni-KA. 2009.** Uni KA. [Online] 31. 05 2009. [Zitat vom: 31. 05 2009.] www.uni-ka.thejens.de/html/chemieklasse12/staerke/staerke/htm.
- WEGNER, J. 2009.** Focus.de. [Online] 22. 05 2009. [Zitat vom: 22. 05 2009.]
http://www.focus.de/gesundheit/ernaehrung/nahrungsunvertraeglichkeit/tid-11530/zoeliakie-therapie-lebenslang-glutenfreie-ernaehrung_aid_325936.html.
- WIJNGAARD, H.H., et al. 2005.** The Effect of Steeping Time on the Final Malt Quality of Buckwheat. *JOURNAL OF THE INSTITUTE OF BREWING*. 2005, Bde. <http://www.scientificsocieties.org/JIB/papers/2005/G-2005-1012-303.pdf>, 111(3), 275–281, 2005.
- ZÖLIAKIEGESELLSCHAFT, Deutsche. 2009.** DZG-online.de. [Online] 22. 05 2009. [Zitat vom: 22. 05 2009.]
<http://www.dzg-online.de/glutenfreie-ernaehrung.7.0.html>.

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Nährwerttabelle der glutenfreien Getreidearten	8
Tab. 2: verwendete Enzyme	10
Tab. 3: Maischversuche	13
Tab. 4: Buchweizenmalzherstellung (vermälzt wurden 6 kg)	16
Tab 5: Maischversuche Buchweizenmalz	17

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Echter Buchweizen (<i>Fagopyrum esculentum</i>) (THOME, 2009)	7
Abb. 2: Stärkekörner (RADDATZ, 2009)	8
Abb. 3: Iod-Stärke-Reaktion (RADDATZ, 2009)	9
Abb. 4: Ablauf Kongressmaisverfahren	11
Abb. 5: Extraktgehalt der einzelnen Getreidefiltrate	18
Abb. 6: Filtratvolumina der einzelnen Getreide nach 60 min Filtrationszeit	18
Abb. 7: Filtrationszeiten der Buchweizenversuche	19
Abb. 8: Extraktgehalte der Buchweizenversuche	20

Information Sheet



Guide to brewing enzymes

Quality products and service you can count on – everywhere you brew beer.

Novozymes brewing enzymes are your key to cost savings, increased throughput and consistent quality.

Listed in this information sheet are the applications our enzymes are used for, what their benefits are and recommended dosages.

Your guide to brewing enzymes:

Performance optimisation	Substrate	Recommended Products	Dosage substrate	Place/time of addition	
Cost effective cereal cooking	Adjuncts: Corn grits, corn starch, rice, wheat starch	Termamyl® BrewQ	250 ppm on adjunct	Added to Cereal Cooker at mash in prior to liquefaction	
		Termamyl® SC	300-350 ppm		
	As a rescue treatment for starch positive and set mash		Termamyl® BrewQ/SC	1)500 ppm 2)500 ppm	1)To lauter tun/mash filter 2)Beginning of wort boiling
			Termamyl® BrewQ/SC	250 ppm	Add Termamyl to mash to reduce viscosity. Cool to 65°C, add Fungamyl
			Fungamyl® BrewQ	30 ppm	
			Note: For Termamyl 120L and Termamyl Classic use, double the Termamyl BrewQ dose		
Cost effective adjunct and malt solutions	Undermodified malt	Ceremix® Plus MG	200 ppm on malt	Mash-in	
	Barley	Ceremix® Plus MG	100 ppm on malt 700-1000 ppm on barley		
		Ceremix® 6X MG	100 ppm on malt 500 ppm on Barley		
	FAN control	Neutrase® 0.8L	500-2500 ppm on grist		
	Sorghum	Cerezyme® Sorghum	2500-3500 ppm on sorghum	Cereal cooker at mash-in prior to liquefaction	
		Fungamyl® BrewQ	1000-1500 ppm on grist	Add to malt mash or during saccharification rest after liquefaction	
	Malt extracts	Ceremix® 6X MG	500 ppm	Mash-in	
		Ultraflo L	200 ppm		
Optimal throughput and more extract	Well-modified max 250 ppm beta-glucan	Viscoflow® MG	100-150 ppm on malt	Mash-in	
	Under-modified 250 - 500 ppm beta-glucan		150 - 200 ppm on malt		
	Well-modified max 250 ppm beta-glucan	Ultraflo® L	150-200 ppm on malt		
	Under-modified 250 - 500 ppm beta-glucan	Ultraflo® XL	175-250 ppm on malt		
	Eliminate haze and beta glucans downstream	Finizym® 250L	5-10 ppm on cold wort/beer	Start of fermentation	
Faster fermentation and maturation	Fermenting wort	Maturex® 2000L	10-15 ppm on cold wort/beer	Start of fermentation	

Improved attenuation control	Get more fermentable sugars from any starch source	Attenuzyme® Promozyme® BrewQ	200-400 ppm+ 200-400 ppm	Mashing in
		Fungamyl® BrewQ	5 -50 ppm on cold wort	Start of fermentation
		Attenuzyme® Promozyme® BrewQ	500-1500 ppm + 1000-2000 ppm on grist	Mash-in or in hot wort (63°C)
			3000-10000 + 2000-5000 ppm	
			10,000-15,000 + 5000-7000 ppm	
Note: for AMG BrewQ use, increase Attenuzyme dose recommendation 35%-50%.				

BRAUPROTOKOLL

Brauverfahren: Infusions-Verfahren
Brautag: 27. Mai 2009
Biertyp / Farbe: Buchweizen / dunkel
Braucher: Kehayova, Peschke, Schlegel, Zonker
Hefeart: Untergärig
Biermenge geplant: 20 Liter

1) Vorbereitung:

Buchweizenmalz hell 3,192 kg
Buchweizenröstmalz 1.052 kg

Summe: 4,244 kg

Enzyme

1. Ceremix 4,2 g
2. C.Sorghum 14,6 g
3. Ultraflo 1,0 ml
4. Termamyl 6,0 ml (gesamt)
5. β -Amylase 1,0 g

2) Maischen:

<u>Rezept:</u>	<u>Vorgang:</u>	<u>Protokoll:</u>
Einmaischen bei 23,5°C in 17 Liter Wasser	Wasser aufheizen 35°C Malz hinzugeben + Enzyme 1-3	Temperatur erreicht um: 8 ⁴⁵ Uhr pH _{Maische} 5,67 pH _{Wasser} 7,98
Rast 1: bei 35°C, Dauer 15 min	Temperatur halten	Rastdauer von 8 ⁵⁵ bis 9 ¹⁰ Uhr
Rast 2: bei 45-50 °C, Dauer 15 min	Aufheizen von 35 °C auf 50°C Temperatur halten	Dauer von 9 ¹⁰ bis 9 ¹⁵ Uhr Rastdauer von 9 ¹⁵ bis 9 ³⁰ Uhr
Rast 3: bei 70°C, Dauer 105 min + Enzyme 4 (1 ml) und 5	Aufheizen von 50 °C auf 70°C Temperatur halten Jodprobe 45' positiv Dosage Enzym 4 (5 ml) 90' positiv (leicht gelb)	Dauer von 9 ³⁰ bis 9 ⁴⁰ Uhr Rastdauer von 9 ⁴⁰ bis 11 ²⁵ Uhr Jodprobe: o.k
Rast 4 Bei 80°C, Dauer 15 min	Aufheizen von 70°C auf 80°C Temperatur halten Jodprobe 15' fast ok	Dauer von 11 ²⁵ bis 11 ³⁰ Uhr Rastdauer von 11 ³⁰ bis 11 ⁴⁵ Uhr
Rast 5 Bei 90°C, Dauer 8 min	Aufheizen von 80°C auf 90°C Temperatur halten Jodprobe 8' ok	Dauer von 11 ⁴⁵ bis 11 ⁵⁰ Uhr Rastdauer von 11 ⁵⁰ bis 11 ⁵⁸ Uhr

3) Läutern:

<u>Rezept:</u>	<u>Vorgang:</u>	<u>Protokoll:</u>
Aufmaischen bei 78°C	Aufmaischen Maischerast (10 min)	Fertig um 12 ¹⁵ Uhr Rastdauer von 12 ⁰⁰ bis 12 ¹⁵ Uhr
Abmaischen	Vorderwürze klar	Fertig um 11 ⁴⁵ Uhr Vorderwürze 16,9 %

Nachgüsse	Nachguss 1: 4,8 Liter bei 76 °C Nachguss 2: 4,7 Liter bei 85 °C Nachguss 3: 3,25 Liter bei 65 °C Nachguss 4: 3,0 Liter bei 59 °C Nachguss 5: 3,0 Liter bei 58 °C	12 ³⁰ Uhr Stammwürze 15,5 % 13 ⁰⁰ Uhr Stammwürze 6,9 % 13 ¹⁰ Uhr Stammwürze 5,2 % 13 ²⁰ Uhr Stammwürze 3,9 % 13 ³⁰ Uhr Stammwürze 2,0 %
Pfanne Voll bei Stammwürze 10,5%	SAB= 79,2 % $\frac{\text{Würzmenge (L)} \cdot \text{Extraktgehalt\%} \cdot 0,96 \cdot \text{Dichte } \left(\frac{\text{g}}{\text{ml}}\right)}{\text{Schüttung (kg)}}$	Pfanne voll um 13 ³⁰ Uhr Stw. 10,5 % pH-Wert 5,25

4) Hopfenkochen:

<u>Rezept:</u>	<u>Vorgang:</u>	<u>Protokoll:</u>
Kochdauer 60 min	Aufheizen von 76 °C auf ca. 100 °C	Dauer von 13 ³⁰ bis 13 ⁴⁰ Uhr
Hopfen Fuggles 27,5g mit 4,2 % α	Hopfungabe 1: 27,5g nach 0 min Kochzeit	13 ⁴⁰ Uhr
Ende Kochen		Fertig um 14 ⁴⁰ Uhr

5) Würze kühlen:

<u>Rezept:</u>	<u>Vorgang:</u>	<u>Protokoll:</u>
Würze kühlen	Abkühlung von 95 °C auf 11,5 °C	Fertig um 16 ⁴⁰ Uhr
Stammwürze	Stammwürze messen	Stammwürze 18,2 %

6) Gärung:

<u>Rezept:</u>	<u>Vorgang:</u>	<u>Protokoll:</u>
Anstelltemperatur bei 11,5 °C	Temperatur Messen Spindeln	Tatsächliche Temperatur 11,5 °C Stammwürze 18,2 %
efe anstellen ca. 250 ml Hefe	Am 27.05.09 um 16 ⁴⁵ Uhr	Hefeart: untergärig (Saflager W 34/70)
Schnellvergärung	Spindeln	Spindelung: 6,5 %
Gärung 1. Check	Am 04.06.09 um 13 ⁰⁰ Uhr	Spindelung: 10,5 %, Temperatur: 6,8 °C
Gärung 2. Check	Am 08.06.09 um 11 ³⁰ Uhr	Spindelung: 8,0 %, Temperatur: 10,5 °C

7) Abfüllen:

<u>Rezept:</u>	<u>Vorgang:</u>	<u>Protokoll:</u>
Abfüllen	am 08.06.09 um 11 ³⁰ Uhr	Spindelung: 8,0 %, Temperatur: 10,5 °C 17Liter
Flaschen	In Summe: 17 Liter	

Buchweizenbier

Brauverfahren: Infusions-Verfahren
Brautag: 27. Mai 2009
Biertyp / Farbe: Buchweizen / dunkel
Hefeart: Untergärig

Schüttung:

Buchweizenmalz hell	3,192 kg
Buchweizenröstmalz	<u>1.052 kg</u>
	4,244 kg

Alkoholgehalt:

4,45 Gew.- %
5,80 Vol.-%

Extraktgehalt:

Stammwürze	17,56 %
Restextrakt	7,52%
Vergärungsgrad	57,88%

pH 4,6