

M. Jani, G. Annemüller und R. Schildbach

Untersuchungen zur Optimierung eines Maischprogrammes für die Extraktgewinnung aus Hirsemalzen

Es wurde bereits früher festgestellt (13), daß eine vollständige Verzuckerung der Kongreßmaische von Hirsemalzen nicht möglich war. Die Ursache dafür ist in der höheren Verkleisterungstemperatur der Hirsemalzstärke zu suchen, die über 70 °C und damit deutlich über dem Temperaturoptimum der α -Amylaseaktivität des Hirsemalzes bei 50 °C liegt. Es wurden auch während des Maischens bei 50 – 60 °C die höchsten α -Amylaseaktivitäten festgestellt. Bei Temperaturen über 70 °C wird die α -Amylase schnell inaktiviert. Ein Einmaischen bei 35 °C ergab erwartungsgemäß einen höheren freien α -Aminostickstoff in der Würze, aber überraschend auch einen deutlich höheren α -Glucangehalt als bei einer Einmaischtemperatur von 50 °C. Unter Beachtung der Besonderheiten der Hirsemalzstärke und der Hirse- α -Amylase wurde ein spezielles Einmaisch-Dekoktionsverfahren vorgeschlagen, das sich für die Herstellung von „naturtrüben“, mit Bananen aromatisierten Hirsegetränken gut eignete.

BC 19 Sonstige Rohstoffe

(Descriptor: Hirse, Rohstoffe, Getreide, Hirsemalz, Braueigenschaften, Maischverfahren).

Descriptors: millet, raw materials, cereals, millet malt, brewing qualities, mashing system).

1 Einleitung

Ziel der Untersuchungen war die Erarbeitung der technologischen Grundlagen für eine wissenschaftlich begründete Verfahrensentwicklung zur Herstellung eines traditionellen afrikanischen Getränks (am Beispiel Mbegebier aus Tansania) unter Verwendung von Hirsemalz, das zwar unfiltriert und trübe ist, aber eine vierwöchige biologische Haltbarkeit besitzen soll.

In vorhergehenden Veröffentlichungen wurde bereits kurz über die Probleme der derzeitigen traditionellen Mbegebierherstellung (12) und über den Einfluß der Keimdauer auf die Hirsemalzqualität (13) berichtet. Die unterschiedlichen Hirsearten und die daraus hergestellten Malze weisen folgende aus der Literatur bekannten Unterschiede auf:

Aisien (1) berichtet, daß die Modifikation des Endosperms von Sorghumgetreidekörnern während der Mälzung auf die gesteigerten Aktivitäten von α -Amylase, Endo- β -Glucanase, Grenzdestrinase und Endoproteasen zurückzuführen ist. Er bezeichnet die α -Amylase als das Hauptenzym beim Stärkeabbau in Sorghum, da

die Endo- β -Glucanase nach seinen Untersuchungen sehr niedrige Werte während des Sämlingswachstums gezeigt hat, könnte dies in Zusammenhang mit dem begrenzten Zellwandabbau der stärkeführenden Zellen des Sorghumendosperms gebracht werden.

Auch in diesem Zusammenhang schreibt *Dufour* u. Mitarb. (2), der begrenzte Abbau der Zellwände des Mehlkörpers kann auf den höheren Gehalt an Protein und/oder niedriger Aktivität der cytolytischen Enzyme, insbesondere Endo- β -1,3-1,4-Glucanase zurückzuführen sein.

Nach (3) sind im Vergleich zu Gerste die Zellwände des Sorghumendosperms schwieriger von cytolytischen Enzymen abbaubar. Trotzdem laufen wie bei Gersten die gleichen physiologischen und chemischen Veränderungen während des Keimens ab. Größere Mengen an Eiweißen, die im Zusammenhang mit den Zellwänden des Endosperms isoliert wurden, werden durch das Keimen um 19 bis 46% bezogen auf den originalen Proteingehalt der Zellwände, reduziert. Die unlösliche Fraktion der Zellwände des Sorghumendosperms beträgt 23% und die von Gersten ist 6 – 7%.

Im Vergleich zu Gerste enthalten die Zellwände des Sorghumendosperms etwa 4% Pentosane, 28% β -D-Glucane und etwa 62% Klebereiweiß. Im Gegensatz dazu enthalten Zellwände des Gerstenendosperms etwa 25% Pentosane, 70% β -D-Glucane und etwa 5% Proteine. Im Gesamtkorn beträgt der β -D-Glucangehalt 3 – 4% bei Gersten und nur etwa 0,1% bei Sorghum (4).

Nach (2) beginnt die Verkleisterung von Sorghumstärke bei 75 °C und ist vollständig erreicht bei 93 – 97 °C. Weiterhin ist die Viskosität der verkleisterten Stärke vieler Sorghumkulturen im Vergleich zu Gerste höher und verursacht dadurch technische Schwierigkeiten, wie längere Läuterzeiten, niedrigere Extraktausbeuten und durch die nicht jodnormalen Würzen schlechtere Bierfiltrationen.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Maischprogrammes zur Extraktgewinnung aus Hirsemalzen für die Herstellung des traditionellen Mbegebieres.

Autoren: Dr.-Ing. Mussa Jani und Prof. Dr. sc. techn. Gerolf Annemüller, TU-Berlin, Fachbereich Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie, Fachgebiet Grundlagen der Gärungs- und Getränke-technologie, Invalidenstr. 42, D-10115 Berlin, Prof. Dr. Reinhold Schildbach i.R., Forschungsinstitut für Rohstoffe der VLB, Seestr. 13, D-13353 Berlin

2 Material und Methoden

2.1 Material

Es wurden, wie in (13) beschrieben, die direkt in Tansania angebauten Hirsearten Finger Millet und Serena Sorghum sowie das in Deutschland erstandene Milocorn-Sorghum in der kleintechnischen Mälzungsanlage des Forschungsinstitutes für Rohstoffe der VLB vermälzt und für die Brauversuche eingesetzt.

2.2 Methoden

Da aufgrund der Kleinkörnigkeit die Voruntersuchungen mit Grobschrot schlechte Ergebnisse gezeigt haben (13), wurden alle Malze als Feinschrot mit der Labormühle vom Typ DLFU-Scheiben-Mühle der Fa. Bühler-Miag mit einer Mahlscheibe von 0,20 mm gemahlen. Ein Unterschied bestand darin, daß Millet mit Keimlingen gemahlen wurde und bei Sorghum waren diese vorher entfernt worden.

Bestimmung der α -Amylaseaktivität und der optimalen Temperatur der α -Amylaseaktivität

Zur Ermittlung der optimalen Temperatur der α -Amylaseaktivität wurden 25,0 g Feinschrot des Hirsemalzes mit 100,0 g Wasser bei 45 °C für 30 min gemischt. Danach wurde die Maische filtriert und das Filtrat verdünnt ($F = 1000$). Die Inkubationszeit für die Analysen der α -Amylaseaktivitäten wurde gemäß der Phadebas-Methode eingehalten (9) (Band I (1984) S. 221, Abs. 4.1.4.7.3). Aber die Inkubationstemperatur wurde geändert und wahlweise Temperaturen zwischen 35 bis 65 °C eingesetzt. Die Inkubationszeit betrug wie bei der Phadebas-Methode 15 min.

Bestimmung der Temperaturstabilität der α -Amylaseaktivität

Zur Ermittlung der Temperaturstabilität wurde die Probelösung wie bei der Ermittlung der optimalen Temperatur vorbereitet. Die α -Amylasebestimmung wurde dann nach der Phadebas-Methode durchgeführt. Dabei wurde die Inkubationstemperatur von 40 bis 80 °C und die Inkubationsdauer von 5 bis 60 min variiert.

Ermittlung der Veränderung der α -Amylasekonzentration in Abhängigkeit von der Maischtemperatur

Für diese Untersuchung wurden 100 g Feinschrot von Sorghummalz mit 400 g Wasser bei 20 °C unter langsamer Rührung für 30 min gemischt. Danach wurde die Maische mit 1 K/min Intensität auf die Temperaturen 50 °C, 60 °C, 70 °C, 75 °C, 80 °C, 85 °C, 90 °C, 95 °C erhitzt. 10 ml Probenmaterial wurden 5 min nach dem Erreichen der gezielten Temperatur genommen und als Filtrat zur Analyse der α -Amylaseaktivität nach der Phadebas-Methode (9) bei 45 °C Inkubationstemperatur und 15 min Inkubationszeit verwendet.

Extraktgewinnung

Die Maischefiltration erfolgte mittels eines Laborfiltersystems, welches aus einer Porzellanfilternutsche, Saug-Druck-Pumpe und einer Saugflasche bestand. Um relativ klare Würze zu erhalten, wurde ein für großtechnische Zwecke bei der Maischefiltration verwendetes Polypropylen-Gewebe verwendet und als Filtermittel über dem Siebboden der Porzellanfilternutsche befestigt.

Die Würzequalität wurde durch die Messung der folgenden Parameter beurteilt:

Extraktbestimmung

Vor der Dichtebestimmung wurden die Proben bei 4000 rpm für 10 min zentrifugiert. Der Überstand wurde für die Dichtemessung mit Paar Density meter DMA 58 verwendet.

Dynamische Viskosität

Die Bestimmung in der Würze wurde nach dem Kugelfall-Viskosimeter nach Höppler durchgeführt (9) (Band I, 1984, S. 201).

Trübungsgrad der Würze

wurde mit dem Tannometer bei 20 °C ermittelt.

Freier α -Aminostickstoff (FAN)

Die Bestimmung des freien α -Aminostickstoffes erfolgte durch die kolorimetrische Bestimmung nach der EBC-Methode (9) (Band II, 1987, S. 45).

Bestimmung einfacher Kohlenhydrate mittels HPLC

Die Erfassung des Gehaltes und der Zusammensetzung der vergärbaren Zucker in der Würze ist sehr wichtig, weil dadurch das Gärverhalten und die Qualität der Endprodukte abgeschätzt werden können. Für diese Untersuchung wurde die HPLC-Methode verwendet (10).

Bestimmung der α -Glucangehalte

Die Ermittlung der höhermolekularen Stärkeabbauprodukte, die beim Abbau mit α - und β -Amylase als lineare α -1,4-Produkte und als verzweigte α -1,4- α -1,6-Produkte entstehen, erfolgte nach der spektralphotometrischen Methode (11).

Jodnormalität (Verzuckerungszeit)

wurde nach (9) (Band I, 1984, S. 192, Abs. 4.1.4.2.4) ermittelt.

Ermittlung der Vergärbarkeit der Hirsewürze mit Bierhefe und Milchsäurebakterien (MSB)

Diese Untersuchungen wurden hauptsächlich mit dem Ziel durchgeführt, das Wachstum der Milchsäurebakterien (MSB) als Reinzuchtulturen in der Hirsewürze durch die Ermittlung der pH-Werte, der gebildeten Milchsäuremenge, der Biomasse und der Lebendkeimzahl (LKZ) zu beobachten (10). Es wurde auch eine Endvergärungsprobe mit untergäriger Pilsner Bierhefe nach (9) Band II durchgeführt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Einmaischttemperatur und die Qualität der Würze

Die Einmaischttemperatur spielt eine wichtige Rolle im Zusammenhang mit der Qualität der Würze. Die Ergebnisse in der Tabelle 1 zeigen, daß beim Einmaischen bei 35 °C (nach einem Einmisch-Dekoktionsverfahren) höhere FAN-Gehalte in den Würzen und eine bessere Extraktion der Maischeinhaltsstoffe erzielt wurde als bei 50 °C. Es wurden im allgemeinen mehr hochmolekulare, mit Jod detektierbare α -Glucane beim Einmaischen bei 35 °C festgestellt als bei 50 °C. Das tiefere Einmaischen ermöglicht die Freisetzung von mehr Stärkekörnern, weil vor dem Stärkeabbau Eiweiße, Hemicellulose und Lipide abgebaut werden müssen, da die Stärkekörner von einer Protein-, Hemicellulose und Lipid-Matrix umgeben sind. Die erforderlichen Enzymsysteme für den Abbau dieser die Stärke umgebenden Matrix wirken bekanntlich optimal in diesem niedrigen Temperaturbereich.

Tabelle 1 Unterschiedliche Sorghumwürzequalität durch unterschiedliche Einmaischtemperaturen		
	Einmaischen bei 35 °C St.=10,0%	Einmaischen bei 50 °C St.=10,0%
FAN (mg/l)	142,1	116,1
Dyn. Visk. (mPas)	1,65	1,73
pH-Wert	5,45	5,52
α-Glucan (565 nm)	399,8	218,1
α-Glucan (452 nm)	461,7	269,0
Jodnormalität	schwach rosa	schwach rosa
Trübungsgehalt (EBC)	54,1	97,2

Weil Hirsemalz weniger β-Amylase als Gerstenmalz enthält (10, 13), werden nicht alle freigesetzten Stärkemoleküle zu Maltose und niedermolekularen Dextrinen abgebaut, sondern es entstehen auch feststellbare Mengen an höheren α-Glucanen.

Eine weitere Ursache ist die deutlich spätere Verkleisterung der Hirsemalzstärke, die nach der Inaktivierung der β-Amylase und zum Teil auch α-Amylase erst vollkommen erfolgt. Dies ist deutlich in Abb. 7 erkennbar. Diese Untersuchungen (Bestimmung der Verkleisterungstemperatur) wurden mit dem Meßsystem Rheoswing RSD 1-1 (Fa. Centec GmbH, Deutschland) durchgeführt (10). Nach dem Einmaischen bei 45 °C nahm die Prozeßviskosität kontinuierlich bis zum Erreichen von etwa 67 °C ab. Dies ist auf die Aktivitäten der cytolytischen Enzyme sowie der Proteasen und Amylasen zurückzuführen, die in diesem niedrigen Temperaturbereich während des Maischens aktiv sind. In dem höheren Temperaturbereich von > 68 °C wurde eine deutliche Zunahme der Prozeßviskosität festgestellt, die durch die Verkleisterung der Hirsestärke verursacht wird. Die Amylasen werden in diesem höheren Temperaturbereich schnell inaktiviert, demzufolge können die freigesetzten Stärkekörner nicht mehr vollkommen hydrolysiert werden. Man erkennt aus dem Viskositätsverlauf, daß die Verkleisterungstemperatur des Finger milletmalzes im Bereich von 68 bis 73 °C liegt. Die Stärke der Sorghummalze verkleistert im gleichen Temperaturbereich.

Dies bestätigen auch die in Tabelle 1 ausgewiesenen Unterschiede in der Zusammensetzung der α-Glucane. Es wurden bei D₄₅₂ vorwiegend verzweigte α-Glucane (rötlicher Farbkomplex) und bei D₅₆₅ vorwiegend lineare α-Glucane (bläulicher Farbkomplex)

erfaßt. Tiefere Einmaischtemperaturen ergeben hier überraschend höhere α-Glucankonzentrationen.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Hirsewürze viele hochmolekulare verzweigte und lineare Stärkeabbauprodukte enthält, weit mehr als eine normale Gerstenmalzwürze. Bei Gerstenmalzen werden die Richtwerte $D_{565} < 40$ und $D_{452} < 100$ für Würze und Bier (14) im Interesse einer guten Filtrierbarkeit, angestrebt. Dies bedeutet, daß die in diesen Untersuchungen erfaßten Werte extrem hoch sind und auf zu erwartende Schwierigkeiten beim Läutern von Hirsemaische und Filtrieren von Hirsebieer hinweisen.

3.2 Einflüsse der Maischtemperatur auf die α-Amylaseaktivität

Die Sorghummaische enthält bei 50 – 60 °C die höchste α-Amylasekonzentration. Bei Temperaturen über 75 °C ist die α-Amylase-Aktivität weitestgehend zerstört, wie Abb. 1 zeigt.

Abb. 3 und Abb. 4 zeigen die Untersuchungen zur Temperaturstabilität der α-Amylaseaktivitäten in Finger millet- und Sorghummalz.

Die α-Amylaseaktivität der Finger millethirse zeigt zwischen 40 – 70 °C eine hohe Temperaturstabilität. Bei dieser Temperatur waren nach einer Stunde Inkubationszeit etwa 80 – 100% der ursprünglichen Aktivitäten noch vorhanden. Bei 75 °C waren nach einer Stunde noch 25% der Aktivität vorhanden. Nur bei 80 °C waren die α-Amylaseaktivitäten schnell zerstört.

Dagegen zeigen die α-Amylaseaktivitäten der Serena Sorghumhirse eine große Temperaturstabilität nur zwischen 40 – 65 °C (siehe Abb. 4). In diesem Temperaturbereich waren nach einer Stunde Inkubationszeit noch etwa 80 – 100% der ursprünglichen Aktivitäten vorhanden. Im Gegensatz zu Finger millet waren dagegen bei 70 °C nach 30 min etwa 50% und nach einer Stunde nur noch 15% der Aktivitäten vorhanden. Bei 75 °C und 80 °C waren nur in den ersten 5 min Aktivitäten zu messen, darüber hinaus wurden sie schnell inaktiviert.

Die optimale Temperatur der Gerstenmalz-α-Amylase liegt in der Maische bei 72 °C. Dagegen wurde als optimale Temperatur der α-Amylase des Hirsemalzes ca. 50 °C ermittelt (siehe Abbildung 2). Das Ergebnis von Finger millethirse steht in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Singh und Mitarbeiter (6) und Nout (15), aber im Widerspruch mit denen von Shambe und Mitarbeiter (5), die 35 – 45 °C als optimalen Temperaturbereich für Milletmalz und 50 – 75 °C für Sorghummalz angeben.

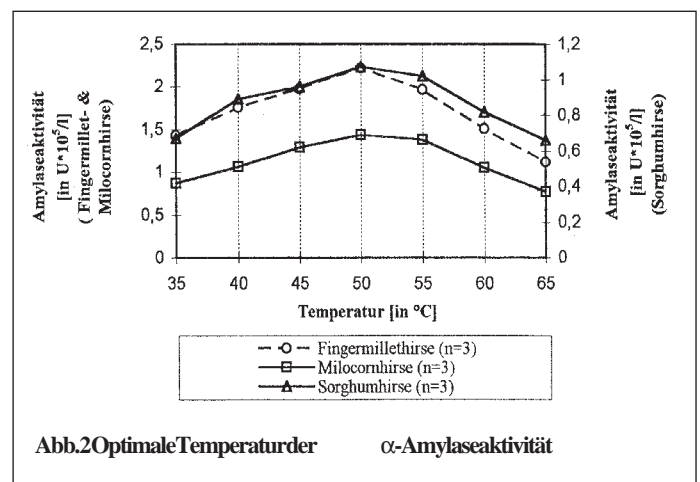
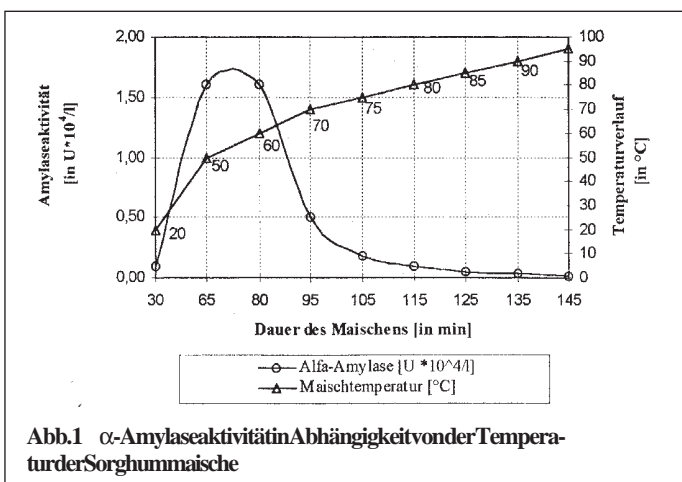


Abb.1 α-Amylaseaktivität in Abhängigkeit von der Temperatur der Sorghummaische

Abb.2 Optimale Temperatur der α-Amylaseaktivität

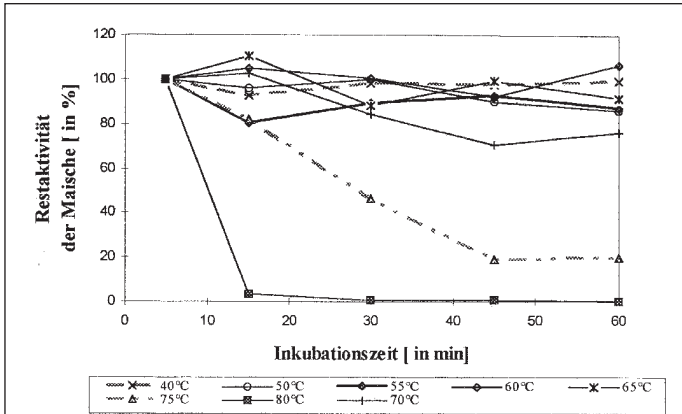


Abb.3 Temperaturstabilität der α -Amylase der Finger-milletterbse

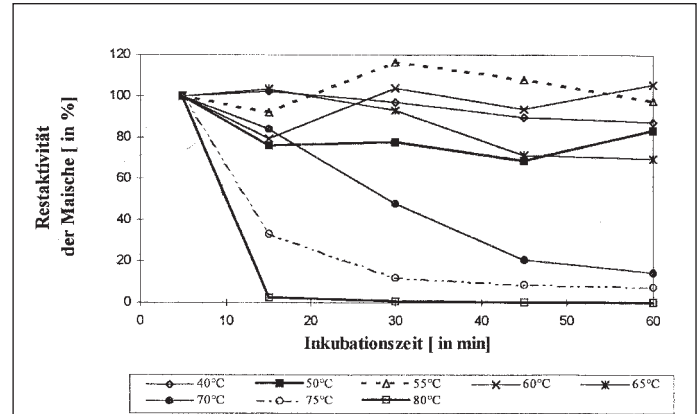


Abb.4 Temperaturstabilität der α -Amylase der Serena Sorghumhirse

Betrachtet man weiterhin, daß die Stärke im Hirsemalz im Gegensatz zum Gerstenmalz (Gerstenmalz 58...61 °C) erst ab Temperaturen von über 70 °C verkleistert (siehe (10) und Abb. 7), so erklären sich daraus auch die hohen α -Glucanwerte in Tabelle 1 und das nachfolgend vorgeschlagene und mit Erfolg angewendete Maischverfahren.

3.3 Begründung des Maischverfahrens

Bedingt durch die Besonderheiten des Enzymprofils und der Stärkeigenschaften der Sorghummalze wurde ein intensiveres Maischverfahren als das von *Ogundiwin* und Mitarbeiter (7) und von *Agu* und Mitarbeiter (8) überprüft und mit Erfolg angewendet.

Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse, daß die Stärke im Hirsemalz erst bei Temperaturen über 70 °C verkleistert, wurde ein Einmisch-Dekoktionsverfahren vorgeschlagen (siehe Abb. 5). Das vorgeschlagene Maischprogramm berücksichtigt in besonderem Maße die Bildung von freiem α -Aminostickstoff (35 – 45 °C) und der Gärzucker (50 – 60 °C). Da dieses Getränk nicht mit Hopfen sondern mit Bananen aromatisiert wird, entfällt das bei der Bierherstellung erforderliche Würzekochen. Da aber weiterhin für eine optimierte Technologie der Einsatz von Starterkulturen erforderlich ist, war eine Keimfreimachung zwingend notwendig (siehe auch Problemanalyse in (12)). Deshalb wurde die Hirsemalze nach der Verzuckerung auf 100 °C erhitzt, um sie weitgehend keimfrei zu machen. Weiterhin ließ sich die heiße Hirsemalze wegen der niedrigeren Viskosität (1,65 – 1,73 mPas) leichter filtrieren als eine kältere. Das Erhitzen auf 100 °C führte natürlich zur Inaktivierung der Enzyme und damit auch der für die Nachverzuckerung erforderlichen Amylasen sowie zur Nachverkleisterung mit einem bleibenden, relativ hohen Stärkekleisterrest im Getränk. Dieses darf jedoch nicht als Nachteil angesehen werden, weil die traditionellen Hirsebiere auch als flüssiges Brot mit einer Ernährungsfunktion angesehen werden.

Um den Amylasen während der Gärzuckerbildungsrast bei 50 °C ausreichende Mengen an verkleisteter Stärke zur Verfügung zu stellen, wurde mehr Kochmaische als Enzymmaische abgezogen. Da die Aufmischtemperatur von 50 °C nicht mit der abgezogenen Menge an Kochmaische zu erreichen war, wurde diese nach der Kochung durch einen Kaltwasserzusatz auf 70 °C vor dem Aufmischen abgekühlt.

Wegen des Fehlens von Spelzen und der je nach der Art und Menge, der durch enzymatische Abbauvorgänge, thermischen

und mechanischen Belastungen während des Maischens entstehenden löslichen Produkte, wie Eiweißabbauprodukte, Pentosane, höher- und niedermolekulare Stärkeabbauprodukte bzw. α -Glucane, Eiweiß-Polyphenol-Komplexe und anderer unlöslichen Stoffe, ist eine Maische aus reinem Sorghum- und Milletmalzschrot immer eine schwer filtrierbare Trübe. Es hat sich daher als sinnvoll erwiesen, für die Würzegewinnung bei Hirsemalzen ein Maischfiltrationsverfahren mit einer geringen Läuterschichtdicke zu verwenden (Empfehlungen siehe (10)).

3.4 Auswertung der Vergärungsproben und der Fermentation mit MSB-Reinzuchtkulturen

Um ein Bild über die Vergärung von Hirsewürze zu gewinnen, wurde eine Endvergärungsprobe mit Pilsner Bierhefe bei 20 – 25 °C durchgeführt und das Fermentationsverhalten einiger, bezogen auf die Nährstoffe des Fermentationsmediums, anspruchsvoller MSB-Stämme untersucht.

Es wurde bei der Untersuchung der Endvergärungsprobe ein pH-Abfall in den ersten 42 h beobachtet. Nach 48 h Gärzeit gab es einen pH-Anstieg, welcher im Zusammenhang mit der Autolyse der Hefezelle steht. Der scheinbare Endvergärungsgrad bei Finger-milletterbse lag nach 136 h Gärzeit bei 91,0% und das von Sorghumbier über 93,4% nach 185 h Gärzeit (Tabelle 2 und Abbildung 6). Bei beiden Malztypen lag der Vergärungsgrad nach 48 h bereits deutlich über 80%.

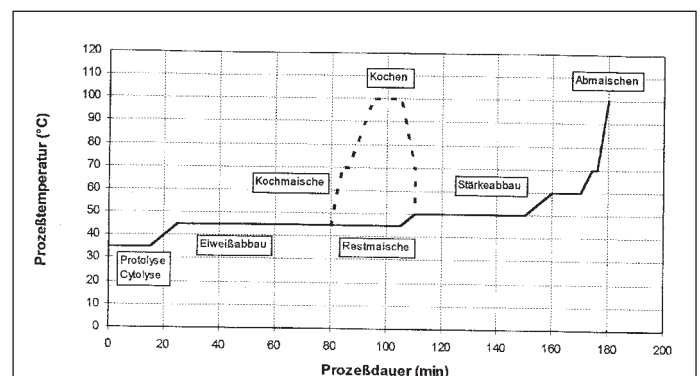


Abb.5 Maischprogramm für Hirsemalz

Zeit (h)	Fingermilletwürze			Sorghumwürze		
	Extrakt (g/100g)	Vs=100(St.-Es)/St. (in%)	pH-Wert	Extrakt (g/100g)	Vs=100(St.-Es)/St. (in%)	pH-Wert
0,0	12,2	0,0	5,5	12,1	0,0	5,1
16,0	5,4	55,7	4,8	6,1	49,6	4,5
42,0	1,8	85,2	4,6	2,5	79,3	4,3
48,0	1,6	86,9	4,6	2,2	81,8	4,3
69,0	1,4	88,5	4,8	1,8	85,1	4,5
136,0	0,9	92,6	4,9	0,9	92,6	4,6
161,0	1,1	91,0	4,9	0,8	93,4	4,6
185,0	1,1	91,0	4,9	0,8	93,4	4,6

St. = Stammwürzegehalt, Es = scheinbarer Restextrakt, Vs = scheinbarer Vergärungsgrad

Die tatsächlichen Gehalte an Zucker in der Würze wurden mit Hilfe der HPLC-Methode ermittelt. Bei Sorghum wurden Maltose, Glucose und Maltotriose als die wichtigsten vergärbaren Kohlenhydrate für das Brauen festgestellt.

Es wurde bei der verwendeten Analysenmethode keine Fructose gefunden. Bei anderen Autoren mit einer anderen Analysenmethode ist Fructose in der Hirsewürze festgestellt worden und der Wert für Maltose lag etwas höher.

3.5 Vorhandene Zucker in Sorghumwürze durch die HPLC-Methode

In der Anstellwürze mit einem Extraktgehalt von 11,7% mas wurden etwa folgende Kohlenhydrate gefunden:

Maltotriose	12,6%		
Maltose	34,6%		
Glucose	24,4%		
		Xylose	0,1%
		Arabinose	0,1%
Mannose	1,4%		
$V_w \approx 73,0\%$			

Nach der verwendeten Methode beträgt der Gesamtgehalt der vergärbaren Zucker von 11,7% iger mas Anstellwürze von Sorghumhirse rd. 73,0 g/100 g Würze. Der wirkliche Vergärungsgrad (V_w) müßte daher 73,0% betragen. Der scheinbare Endvergärungsgrad müßte bei dieser Würze ($V_{send} = U_w/0,81$) deshalb bei $V_{send} = 90,1\%$ liegen. Er entspricht in etwa den o.g. im Technikumsversuch ermittelten scheinbaren Endvergärungsgraden.

Diese Werte zeigen, daß trotz nicht erreichter Jodnormalität und geringerer β -Amylaseaktivität als beim Gerstenmalz mit dem gewählten Maischverfahren ein hoher Vergärungsgrad und damit auch ein relativ geringerer Gehalt an verkleisterter, nicht jodnormaler Stärke erreicht wird.

Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der Vergärung der Hirsewürze mit MSB-Reinzucht kulturen. Theoretisch sollte 1 mol Zucker 2 mol Milchsäure ergeben. Aus den dargestellten Ergebnissen ist zu entnehmen, daß die kurzstäbigen *L. plantarum* Stämme 10003, 10029 und 4711 diesen Überlegungen nahezu entsprechen. Ausgehend von der Biomasse und Lebendkeimzahl (LKZ) kann man klarstellen, daß alle verwendeten Stämme der *L. plantarum* sehr gut im verwendeten Fermentationsmedium wachsen. Der kokkenförmige *Enterococcus* Stamm 10046 wächst sehr schlecht im

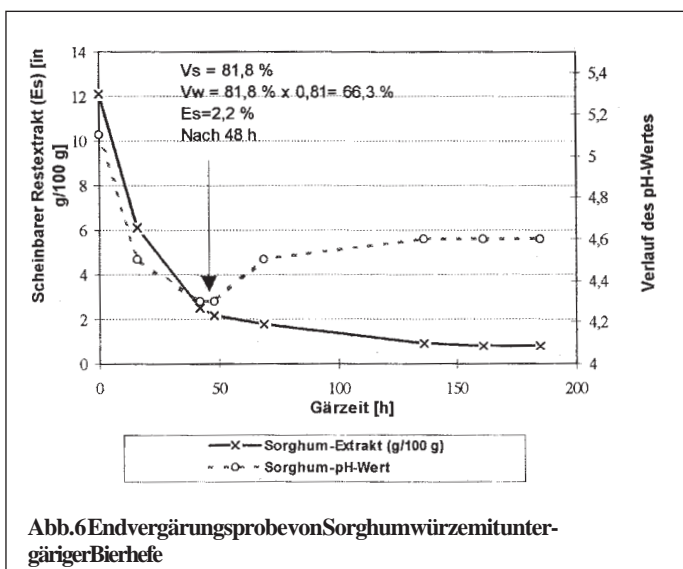


Abb. 6 Endvergärungsprobe von Sorghumwürze mit untergäriger Bierhefe

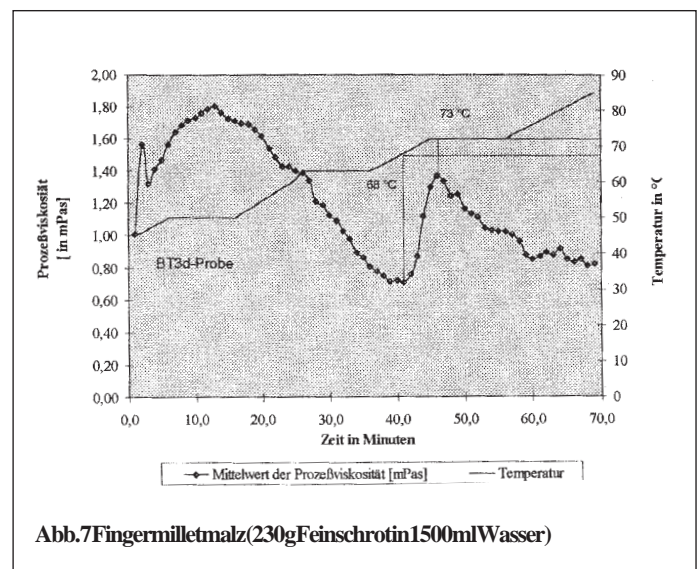


Abb. 7 Fingermilletmalz (230g Feinschrot in 1500ml Wasser)

Tabelle 3 Fermentation mit MSB-Reinzuchtkulturen bei 30 °C für 3 Tage

Anfangszellkonzentration (10⁷ Zellzahl/ml Probe (Lösung))

MSB-Stämme	pH-Wert Wert	Lebendkeimzahl (KbE)	Biomasse (g/l)	Netto Biomasse (g/l)	¹ Milchsäuregehalt (g/l)	Netto Milchsäuregehalt (g/l)	Restzuckergehalt (g/l)	Umgesetzte Zucker (g/l)
BP	5,17	–	0,46	0,0	0,6	0,0	124,7	0,0
10003	3,17	1,9 x 10 ⁹	1,72	1,3	8,2	7,6	114,3	10,4
10180	3,25	3,2 x 10 ⁸	1,41	1,0	6,4	5,8	112,8	11,9
10197	3,27	1,2 x 10 ⁹	1,63	1,2	6,4	5,8	113,8	10,9
10029	3,26	2,7 x 10 ⁸	1,40	0,9	6,3	5,7	116,8	7,9
4711	3,23	7,1 x 10 ⁹	1,85	1,4	5,8	5,2	116,2	8,5
10046	3,89	6,6 x 10 ⁷	1,80	0,3	2,9	2,3	118,7	6,0

BP = Blindprobe, KbE = koloniebildende Einheit, ¹= Nach FeCl₃-Methode, Netto Gehalt = vorhandener Gehalt minus Blindprobe

verwendeten Medium. Zu den gesamten Ergebnissen läßt sich sagen, daß die Würze aus Hirsemalz offensichtlich ausreichend Nährstoffe für das Wachstum der normalerweise anspruchsvollen Milchsäurebakterien enthält.

Shayo (16) fand in seiner Untersuchung, daß neben Hefe die *L. plantarum* Bakterien vorwiegend für die Qualität des originalen Mbegebiers verantwortlich sind. Theoretisch wäre es für diese Arbeit möglich, die MSB-Stäbchen, insbesondere die *L. plantarum*, mit Hefe zu kombinieren. Da die Vorversuche mit Berliner Weißbierhefe gute Ergebnisse gezeigt haben, war es billiger, diese vorhandene, eingeführte Mischkultur in den weiterführenden Versuchen zur Produktion des neuen, milchsäuren, alkoholischen Getränks einzusetzen.

4 Schlußfolgerung

Die Ergebnisse der Endvergärungsproben und die Vergärung mit MSB-Stämmen zeigen, daß die Hirsewürzen, die nach dem vorgeschlagenen Maischeverfahren hergestellt wurden, ausreichend vergärbare Zucker enthalten. Dieser Verfahrensvorschlag kann für eine kleinbetriebliche Herstellungsweise von mit Bananen aromatisierten, naturtrüben Hirsegetränken zur Sicherung der dörflichen und städtischen Versorgung in afrikanischen Ländern bei gleichzeitiger Verbesserung der ernährungsphysiologischen und hygienischen Anforderungen angewendet werden (detailliertere Ergebnisse siehe auch (10)).

5 Summary

Jani, M., Annemüller, G., and Schildbach, R.: Studies for optimization of a mash program for obtaining extracts from sorghum malt — Monatsschrift für Brauwissenschaft 52, No. 9/10, 157 – 163, 1999

BC19 Other raw materials

It was already determined earlier (13), that complete saccharification of congress mash from sorghum malt was not possible. The reason for this is the high gelatinisation temperature of sorghum malt which is over 70 °C and clearly above the optimum temperature of the amylase activity of sorghum malt at 50 °C. The greatest α-amylase activities have also been determined during the mashing at 50 – 60 °C. At temperatures above

70 °C the α-amylase is quickly inactivated. Mash mixing at 35 °C resulted in higher free α-amino nitrogen in the wort as was expected but surprisingly also a clearly higher α-glucane content than is given at a mash mixing temperature of 50 °C. With due consideration to the special features of sorghum malt starch and the sorghum α-amylase a special mash mixing decoction method is proposed which is most suited for the production of natural turbid sorghum drinks aromatised with banana.

Jani, M., Annemüller, G., and Schildbach, R.: Examen pour l'optimisation d'un diagramme de brassage pour le gain d'extrait à partir de malts de millet — Monatsschrift für Brauwissenschaft 52, No 9/10, 157 – 163, 1999

BC19 Autrès matière premières

On a observé antérieurement (13) qu'une saccharification totale d'un brassin conventionnel à partir de malts de millet était impossible. La cause à rechercher était une température plus élevée de la gélatinisation d'amidon de millet qui se situe à plus de 70 °C, c'est-à-dire sensiblement supérieure à la température optimale de l'activité alpha-amylasique du malt de millet de 50 °C. Pendant le brassage entre 50 – 60 °C on a observé les activités alpha-amylasiques les plus élevées. Par des températures au dessus de 70 °C, l'alpha-amylase était rapidement inactivée. Un empâtage à 35 °C donnait, comme espéré, une teneur plus élevée en azote aminé libre dans le moût. Une teneur plus élevée en bêta-glucane était obtenu avec surprise par un empâtage à 50 °C. En observant les particularités de l'amidon de millet et de l'alpha amylase du millet on a proposé une méthode de brassage spécifique de décoction qui est souhaitable à la production de boissons de millet «naturellement troubles» aromatisées avec des bananes.

6 Literatur

1. Aisien, A.O.: Enzymic modification of Sorghum Endosperm during seedling growth and malting, J. Sci. Fd. Agric. 33, 754 – 759, 1982.
2. Dufour J.P., Melotte L., and Srebnik S.: Sorghum Malts for the Production of a lager beer, J. Am Soc. Brew. Chem. 50, Nr. 3, 110 – 119, 1992.
3. Glennie, C.W.: Endosperm cell wall modification in sorghum grain during germination, Cereal Chem. 61, No. 4, pp. 285 – 289, 1984.
4. Palmer, G.H.: Sorghum – Food, Beverage and Brewing Potentials, Process Biochemistry, 27, 145 – 153, 1992.

5. Shambe, T., Voncir, N., and Gambo, E.: Enzyme and Acid Hydrolysis of malted Millet (*Pennisetum typhoidees*) and Sorghum (*Sorghum bicolor*), *J. Inst. Brew.* 95, p. 13 – 16, 1989.
6. Singh, T., Harinder, K., and Bains, G.S.: Malting of Finger Millet: Factors Influencing α -Amylase Activity and wort Characteristics, *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 46, Nr. 1, 1 – 5, 1988.
7. Ogunduwini, J.O., and Tehinse, J.F.: Fermentation test on malted sorghum wort, *Brewing & Distilling International* 11, No. 8, p. 42 – 43, 1981.
8. Agu, R.C., and Palmer, G.H.: Enzymic breakdown of endosperm proteins of sorghum at different malting temperatures, *J. Inst. Brew.* 102, pp. 415 – 18, 1996.
9. Drawert, F. (Hrsg.): Brautechnische Analysenmethode – MEBAK – (Methodensammlung der Mitteleuropäischen Brautechnischen Analysenkommission), Selbstverlag der MEBAK, Freising – Weihenstephan: Band III, S. 411, 1982.
10. Jani, M.: Untersuchungen zur Verbesserung der Verfahrensführung und der Produktqualität traditioneller afrikanischer, alkoholarmer Getränke am Beispiel von Mbegebier in Tansania, Fachbereich 15: Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie, Technische Universität Berlin, Diss. 1998.
11. Nielebock, C., und Basarová, G.: Analysenmethoden für die Brau- und Malzindustrie, VEB, Fachbuchverlag Leipzig, 1989.
12. Jani, M., und Annemüller, G.: Technologie und Ist-Zustandsanalyse des Mbegebiers, ein alkoholisches Getränk aus Bananen und Hirsemalz aus dem Gebiet des Kilimanjaro in Tansania, *Brauwelt* 139, Nr. 13/14, 572 – 578, 1999.
13. Jani, M., Annemüller, G., und Schildbach, R.: Untersuchungen über den Einfluß der Hirsemalzqualitäten auf die Extraktgewinnung, *Brauwelt* 139, Nr. 23, 1062 – 1065, 1999.
14. Annemüller, G., und Schnick, T.: Ein Vorschlag für einen Filtrierbarkeits- und Stabilitäts-Check im unfiltrierten Lagerbier, *Brauwelt* 138, Nr. 45, 2128 – 2135, 1998.
15. Nout, M.J.R.: Process Development and Preservation of Busaa, a Kenyan traditional opaque Maize beer, *Chem. mikrobiol. Technol. Lebensm.*, 6, pp. 175 – 182, 1980.
16. Shayo, N.: Studies on the preservation of Mbege an Indigenous fermented Beverage in Tanzania, Dep. of Food Science & Technology, University of Reading, Diss. 1993.

(Manuskripteingang: 7. Juni 1999)