

M. Herrmann, W. Back, B. Sacher und M. Krottenthaler

Möglichkeiten zur technologischen Beeinflussung der Bieraromastoffe

Verschiedene Untersuchungen [1, 2] zeigen, dass die Gärung in zylindrokonischen Gärtanks (ZKG) zu geringeren Estergehalten in Bieren führt. Dies kann besonders bei Weißbieren, aber auch bei Märzen-, Fest-, Leicht- und alkoholfreien Bieren zu einem einseitigen Geschmacksprofil führen. Bei Gärversuchen in einem Bioreaktor zeigte sich durch Variierung der Parameter Zuckerzusammensetzung, Druck und Konvektion, dass erhöhter Druck die Esterbildung reduziert und folglich die Tankhöhe großen Einfluss auf die Esterbildung hat. Untersuchungen zum Einfluss der Zuckerzusammensetzung der Würze zeigen, dass durch eine Verringerung des Maltoseanteils der Estergehalt im Bier erhöht wird [6, 7, 8, 9]. In Kleingärversuchen (10 l) mit ober- und untergärrigen Hefen konnte je nach Zucker Verhältnis der Estergehalt beeinflusst werden. Um das Zucker Verhältnis Glucose/Maltose zu beeinflussen, wurde ein spezielles Maischverfahren entwickelt, bei dem die Maltaseaktivität begünstigt wird. Das Verfahren ist konform mit dem Reinheitsgebot, kann in jeder Brauerei durchgeführt werden und wird eingehend beschrieben. Pilotsude (60 l) mit Gersten- und Weizenmalzen haben gezeigt, dass der Estergehalt im Vergleich zu einem Hoch-Kurz-Maischverfahren bis auf den dreifachen Wert gesteigert werden kann. Ein weiterer Vorteil des neuen Maischverfahrens ist der Abbau unerwünschter β -Glucane.

BC 23 Gärung

(Deskriptoren: Maische, Sudhaus, Aromastoffe, Gärungsnebenprodukte, Weißbier)

Descriptors: mash, brewhouse, flavour compounds, fermentation by-products, wheat beer)

1 Einleitung

Es wird vermutet, dass die geringere Esterbildung sich aus einem niedrigeren Acetyl-CoA-Pool aufgrund der Hemmung des Lipidstoffwechsels durch einen höheren Kohlenstoffdioxidpartialdruck in den tieferen Schichten des ZKG ergibt [3, 4]. In neueren Untersuchungen zur genetischen Expression der esterbildenden Enzyme, den Alkohol-Acetyltransferasen, wurde festgestellt, dass ungesättigte Fettsäuren die Bildung dieser Enzyme inhibieren [5].

In High-Gravity-Würzen wird auch in ZKGs eine überproportionale Menge an Estern gebildet. Zusätzlich kann durch Variation der Gärungsparameter Temperatur, Druck u. a. der Estergehalt bis zu einem gewissen Maß beeinflusst werden [1]. Allerdings sind High-Gravity-Verfahren aufgrund von Läuterschwierigkeiten bei Weißbieren nicht empfehlenswert. Untersuchungen zum Einfluss der Zuckerzusammensetzung der Würze zeigen, dass durch die Erhöhung des Maltoseanteils – durch Zugabe von Maltosesirup – eine Verringerung der Estermenge zu erreichen ist. Durch eine Verringerung des Maltoseanteils ergibt sich eine Erhöhung des Estergehaltes [6, 7, 8, 9]. Die Bildung der Isoamylalcohol-Acetyltransferase (AATase 1) ist im Allgemeinen um so höher, je größer der „Stress“ der Hefe ist. Zu den Stressfaktoren zählen Temperatur, pH, osmotischer und oxidativer Stress sowie Glucose- und Stickstoffmangel. Die für die Expression der AATase 1 verantwortlichen Gene werden durch ungesättigte Fettsäuren reprimiert [5, 10]. Des Weiteren wird vermutet, dass ein höherer Maltoseanteil den Transport von Estern aus der Hefezelle behindert und aufgrund der langsameren Vergärung auf Maltosebasis durch Verringerung des Acetyl-CoA-Pools zu geringerer Esterbildung führt [11].

Autoren: Dipl.-Ing. M. Herrmann, Univ.-Prof. W. Back, Dr.-Ing. B. Sacher, Dr.-Ing. M. Krottenthaler; TUM Freising-Weihenstephan

2 Material und Methoden

2.1 Untersuchungen zum Einfluss des Zuckerspektrums auf die Bildung von Gärungsnebenprodukten:

Verwendete Materialien für die Modelllösungen (16 % Stw., pH 5,2):

- Brauwasser, enthärtet;
- Maltose-Monohydrat, Glucose-Monohydrat, Saccharose-Monohydrat und Fructose-Monohydrat (Fa. Döhler Euro-Citrus);
- „Yeast Nitrogen Base“ (Fa. Difco);
- Aminosäuren in einer der Bierwürze entsprechenden Zusammensetzung (Fa. Sigma-Aldrich);
- Milchsäure zur pH-Korrektur (technisch rein, Fa. Merck).

Gärung:

- Ober- und untergärrige Hefen wurden zur Adaption in diesem Medium herangezogen;
- Belüftung durch „Schwenken“ der Modelllösungen in einem Hansenkolben;
- die Versuchsreihen wurden simultan mit 2 Mio. Zellen/ml angestellt;
- die Gärtemperatur betrug 17 – 17,5 °C.

2.2 Maischverfahren zur Erzeugung esterreicher Biere

Materialien:

- Brauwasser, enthärtet;
- Gersten- und Weizenmalz einer Charge;
- Hopfen der Sorte Magnum, 14,1 % Alpha, bei 0 °C dunkel gelagert.

Maischverfahren:

- Hoch-Kurz: Hauptguss 1:4, Einmaischen bei 62 °C, Rast 40 min, Aufheizen auf 70 °C, Rast 20 min, Aufheizen auf 78 °C, Rast 7 min, erreichte Stw: 12,2 – 12,4 %, wurde durch destilliertes Wasser auf 12,0 % eingestellt;
- Verfahren mit „intensiver“ Eiweißrast: Hauptguss 1:4, Einmaischen bei 45 °C, Rast 40 min, Aufheizen auf 70 °C, Rast 20 min, Aufheizen auf 78 °C, Rast 7 min, erreichte Stw:

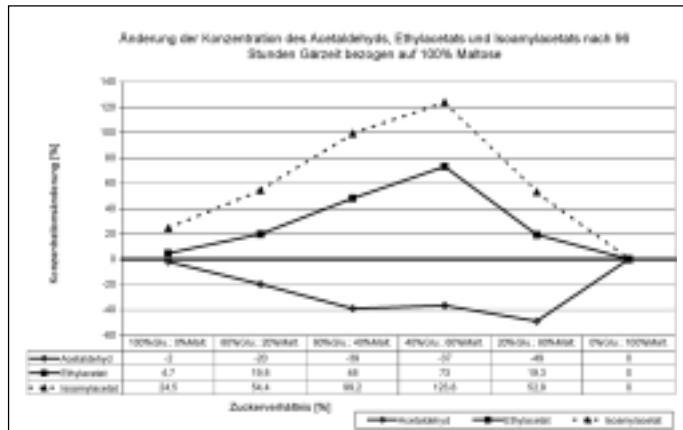


Abbildung 1 Bildung von Gärungsnebenprodukten in Abhängigkeit von der Zuckerzusammensetzung bezogen auf 100% Maltose einer untergärigen Brauhefe

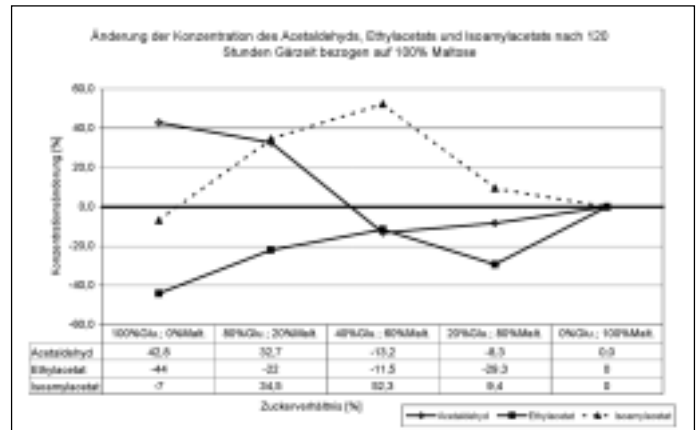


Abbildung 2 Bildung von Gärungsnebenprodukten in Abhängigkeit von der Zuckerzusammensetzung bezogen auf 100% Maltose einer obergärigen Brauhefe

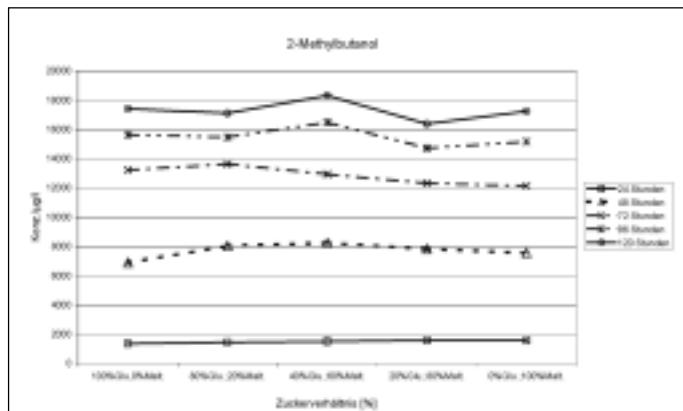


Abbildung 3 2-Methylbutanolkonzentration während der Hauptgärung (Obergärung) in Abhängigkeit von der Zuckerzusammensetzung der Würze

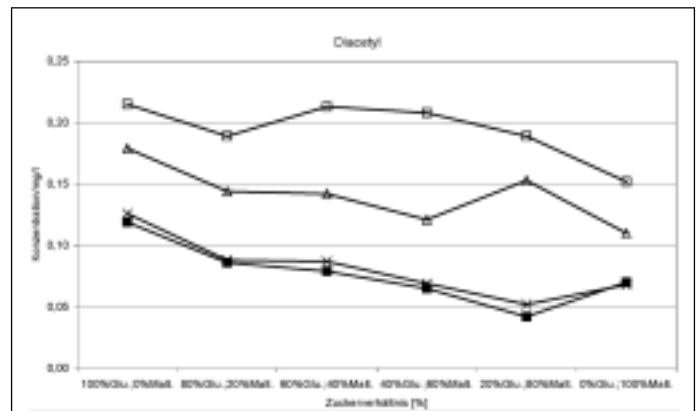


Abbildung 4 Diacetylkonzentration in Abhängigkeit von der Zuckerzusammensetzung der Würze

12,2 – 12,4%, wurde durch destilliertes Wasser auf 12,0% eingestellt;

- Maltaseverfahren: siehe „Maischverfahren zur Erzeugung esterreicher Biere“.

Gärung:

- Obergärige Hefe, Stamm 68, Anstellmenge: 2 Mio. lebende Zellen/ml;
- Definierte Belüftung über Venturidüse;
- Vergleichende Versuche wurden simultan angestellt;
- Gärtemperatur 18 °C.

2.3 Versuche zur Simulation eines ZKGs im Bioreaktor

Würze:

- Weißbierwürze einer Brauerei, verdünnt auf 10% Stw. mittels destilliertem Wasser.

Zuckeraddition:

- Maltose-Monohydrat und Glucose-Monohydrat (Fa. Döhler Euro-Citrus).

Gärung:

- Obergärige Hefe, Stamm 68, Anstellmenge 7,5 Mio lebende Zellen/ml;
- Gärtemperatur 18 °C.

2.4 Analytische Methoden

Sofern nicht gesondert erwähnt, erfolgten alle Analysen gemäß MEBAK, Band I – III [12].

- Höhere Alkohole und Ester (Isoamylacetat, Ethylacetat, Hexylacetat, 2-Methylbutanol) – mittels Headspace-GC-FID, Auswertung über Flächenmouids mit internem Standard.
- Alterungsindikatoren (Streckeraldehyde, 2-Furfural) – mittels Wasserdampfdestillation-GC-FID, Auswertung über Flächenmodus mit internem Standard.
- Vicinale Diketone: 1 – mittels Headspace-GC-ECD, Auswertung über Höhenmodus mit internem Standard.

3 Untersuchungen zum Einfluss des Zuckerspektrums auf die Bildung von Gärungsnebenprodukten

Die Vergärung von Modelllösungen mit variierender Zuckerzusammensetzung ergab bei einer Erhöhung des Glucoseanteils um 40% eine Steigerung des Isoamylacetatgehalts um 123% bzw. 52% (s. Abb. 1 u. 2). Für Modellösungen mit Fructose bzw. Saccharose und Maltose konnte mit Verringerung des Maltoseanteils ebenso eine deutliche Steigerung des Estergehaltes erreicht werden. Die Ergebnisse der Vergärungen der Modellösungen konnten durch die Vergärung einer Weißbierwürze mit Addition

verschiedener Gehalte an Glucose und Maltose bestätigt werden. Untersuchungen mit verschiedenen Hefestämmen zeigten, dass alle untersuchten Hefen ein gleichartiges Verhalten aufwiesen, auch wenn die Absolutwerte der Estermengen variierten.

Höhere Alkohole, wie 2-Methylpropan-1-ol oder 2-Methylbutan-1-ol, wurden durch die Veränderung der Zuckerzusammensetzung der Würze nur geringfügig beeinflusst (s. Abb. 3). Der Gehalt an Diacetyl und Pentandion wies bei einem 100 % Maltose Medium ein Minimum auf (s. Abb. 4). In den Versuchen mit Weißbierwürze unter Zuckerzusatz konnten keine signifikanten Unterschiede der vicinalen Diketone festgestellt werden.

4 Bedeutung der Maltaseaktivität

Die Veränderung der Zuckerzusammensetzung erscheint also als vielversprechende Möglichkeit die Bildung von Gärungsnebenprodukten zu steuern. Allerdings ist im Rahmen des Reinheitsgebots ein Zusatz von Zuckern nicht erlaubt. Desweiteren zeigen verschiedene Untersuchungen, dass durch übliche Maischverfahren (Infusion/Dekoktion) das Zuckerverhältnis nur minimal oder nur auf Kosten des Endvergärungsgrades veränderbar ist [13, 14]. Die Beeinflussung der α - und β -Amylase kann also nicht zur Erhöhung des Glucosegehalts genutzt werden. Auch durch die Rohstoffauswahl ist das Zuckerspektrum nur geringfügig veränderbar (s. Tab. 1)

Die Maltase, als natürlich im Malz vorkommendes Enzym, hat die Fähigkeit durch Spaltung von Maltoseeinheiten zu Glucoseeinheiten das Glucose/Maltoseverhältnis signifikant zu verändern. Ihre Wirkungsoptima liegen bei 35 – 45 °C und pH 6,0 – 6,3. Jenseits des Temperaturoptimums wird das Enzym rasch denaturiert [15, 16]. Die Intensivierung der Maltaseaktivität beim „Schwelken“ kann nicht zum Erfolg führen, da durch die üblichen Abdarrzeiten und Abdarrtemperaturen eine starke Farbzunahme zu erwarten ist (Vgl.: Brühmalze). In üblichen Maischverfahren kann die Maltase nicht zur Geltung kommen, da im Wirkungsbereich der Maltase nur geringe Mengen an Edukte vorliegen. Um dieses Enzym zu nutzen, müssen also zwei Bedingungen erfüllt werden: zum einen sollte Maltose, das Edukt, in ausreichender Menge vorliegen und zum anderen darf das Enzym nicht denaturiert werden.

5 Maischverfahren zur Erzeugung esterreicher Biere

Es wurde ein neuartiges Maischverfahren mit „Maltaserast“ entwickelt (s. Abb. 5). Dieses Verfahren erlaubt eine definierte Einstellung des Glucose-/Maltoseverhältnisses und somit die Steuerung der Estergehalte. Der erste Schritt des Verfahrens ist die Verzuckerung einer Teilmaische durch Rasten bei 62 °C und 70 °C, um Edukte für die Maltase bereitzustellen. Diese Teilmaische wird auf das Temperaturoptimum der Maltase bei 45 °C „abgebrüht“; das „Abbrühen“ kann durch eine kühle Teilmaische oder ein zweites Einmaischen mit kaltem Brauwasser erfolgen. Der Großteil der Malzschüttung wird der erste Teilmaische zugeführt, während der Zweck der zweiten Teilmaische bzw. des zweiten Einmaischens das Zuführen des Enzyms „Maltase“ ist. Die Zeitdauer der Maltaserast bestimmt das für die Esterbildung ausschlaggebende Glucose/Maltoseverhältnis. Abschließend wird eine weitere 70 °C-Rast gehalten.

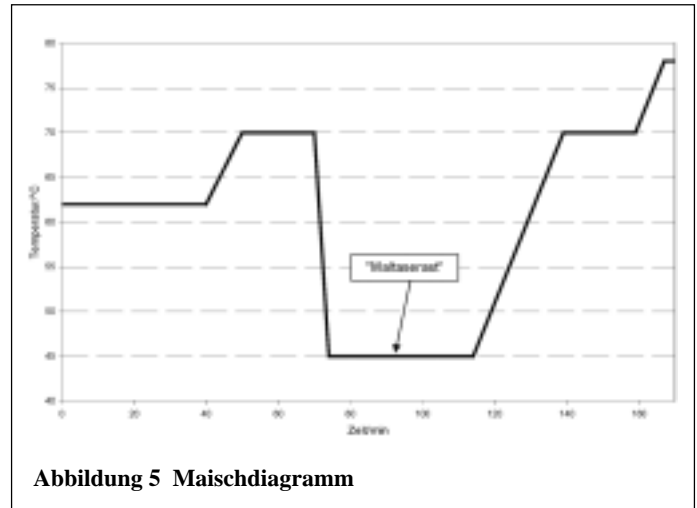


Abbildung 5 Maischdiagramm

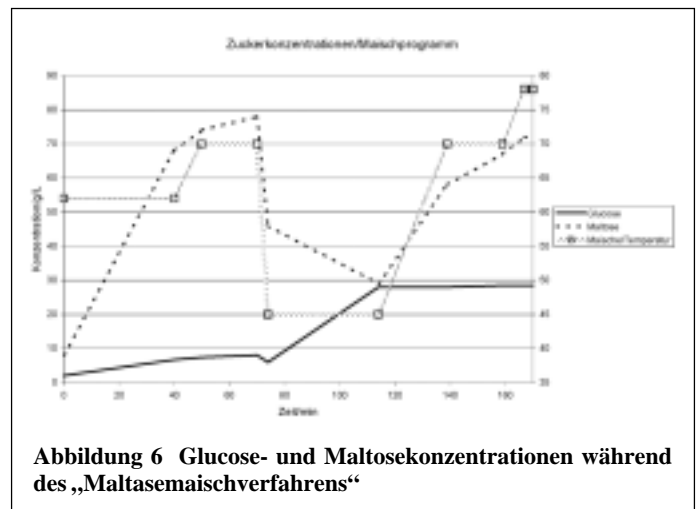


Abbildung 6 Glucose- und Maltosekonzentrationen während des „Maltasemaischverfahrens“

Für die Versuche im Kleinsudmaßstab wurden folgende Schüttungen und Gussmengen angewandt:

- Erste Teilmaische: Schüttungsverhältnis 1 : 3; Schüttung: 0,9 kg, Guss: 2,7 l;
- Zweite Teilmaische: Schüttungsverhältnis 1 : 5,5; Schüttung: 0,6 kg, Guss: 3,3 l, Temperatur der Teilmaische 11 °C,
- Gesamtmaische: Schüttungsverhältnis 1 : 4; Schüttung: 1,5 kg, Guss: 6 l.

Durch dieses Maischverfahren kann bei 40-minütiger „Maltaserast“ der Glucosegehalt von durchschnittlich 8 g/l auf 29 g/l erhöht werden (s. Abb. 6). Bezogen auf einen Stammwürzegehalt von 12 % bedeutet dies eine Steigerung von 6,6 % auf 24,6 %. Bezieht man diese Steigerung nur auf das Glucose/Maltoseverhältnis

Tabelle 1 Zuckerkonzentrationen in Kaltauszügen und EBC-Maischen verschiedener handelsüblicher Malze

	Weizenmalz		Pilsner Malz		Wiener Malz		Münchner Malz	
	KA	EM	KA	EM	KA	EM	KA	EM
Glucose g/l	3,8	8,3	1,6	6,5	2,9	5,1	2,6	5,4
Maltose g/l	4,5	56,5	7,1	48,7	4,0	44,8	3,8	42,4

Abk.: KA: Kaltauszug (3 % G/V) EM: EBC-Maische (9 % G/V)

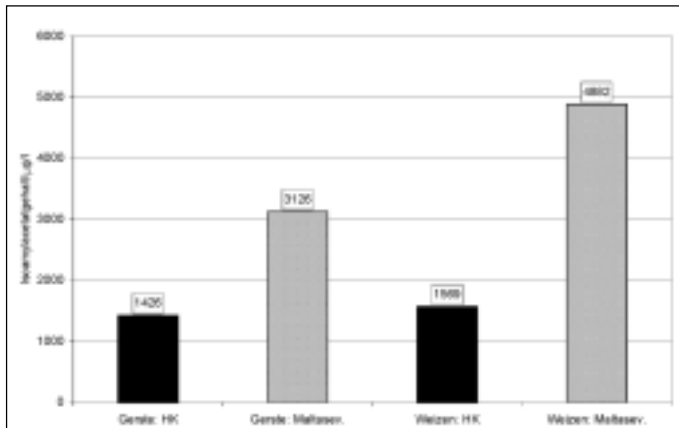


Abbildung 7 Vergleich von Bieren nach einem Hoch-Kurz-Maischverfahren und dem Maltaseverfahren. Es wurden jeweils 100 % Gersten- bzw. Weizenmalz verwendet

Tabelle 2 Ergebnisse der Versuche „Maltasemaischverfahren gegen Hochkurzmaisverfahren“

Malz	Substanz					
	Isoamylacetat [µg/l]		Zucker [g/l]			
Versuche im Kleinsudmaßstab (10 l)						
V1	HK	Malt.	Glu. [HK]	Glu. [Malt.]	Mal. [HK]	Mal. [Malt.]
Weizen	1089,6	2915,9	8,2	17,4	78,7	71,2
Gerste	1267,7	1740,5	7,2	12,6	80,4	74,8
V2	HK	Malt.	Glu. [HK]	Glu. [Malt.]	Mal. [HK]	Mal. [Malt.]
Weizen	1569,0	4882,0	13,4	28,6	86,4	72,1
Gerste	1426,0	3126,0	11,3	22,1	84,3	74,5
V3	HK	Malt.	Glu. [HK]	Glu. [Malt.]	Mal. [HK]	Mal. [Malt.]
70/30	955,0	2774,0	7,4	16,6	80,2	70,8
Versuche im Pilotsudmaßstab (60 l)						
V4	HK	Malt.	Glu. [HK]*	Glu. [Malt.]*	Mal. [HK]*	Mal. [Malt.]*
70/30	2756	7863	10,4	23,2	131,2	126,1

Abkürzungen:

- V1 – V4: Bezeichnung der Versuchsreihe
- HK: Hochkurzmaisverfahren
- Malt.: Maltasemaischverfahren
- Weizen: Schüttung: 100 % Weizenmalz
- Gerste: Schüttung: 100 % Gerstenmalz
- 70/30: Schüttung: 70 % Weizenmalz, 30 % Gerstenmalz
- Glu.: Glucosekonzentration
- Mal.: Maltosekonzentration

Anmerkung:

Sind Ergebnisse unter einer Versuchsnummer zusammengefaßt, so wurden diese parallel angestellt und vergoren und sind somit direkt vergleichbar.

Tabelle 3 Relative Steigerung der Isoamylacetatkonzentration bzw. der Glucosekonzentration

Versuch/Steigerung	Steigerung d. IAA in %	Steigerung d. Glu. in %
V1 (Weizen, HK)	167,6	112,3
V1 (Gerste, HK)	37,3	74,9
V2 (Weizen, HK)	211,2	113,4
V2 (Gerste, HK)	119,2	95,6
V3 (70/30, HK)	190,5	123,9
V4 (70/30, HK)	185,3	123,3

Abkürzungen: siehe Tab. 2.

kommt dies dem optimalen Verhältnis der Modelllösungen von 40 % Glucose zu 60 % Maltose bereits sehr nahe (~ 31 %/ 69 %).

Im Vergleich mit Hoch-Kurz-Maischverfahren (HK) ergibt sich für dieses Programm eine bis zu dreifache Menge an Estern, insbesondere an Isoamylacetat (s. Abb. 7). Versuche mit Maischverfahren mit intensiver Eiweißrast – einer 40-minütigen 45 °C-Rast vor der Verzuckerung – belegen, dass die verstärkte Esterbildung nicht nur auf die stärkere Proteolyse zurückzuführen ist. Der Messwert für Isoamylacetat betrug bei dem Verfahren mit intensiver Eiweißrast 4200 µg/l am Ende der Hauptgärung; für den parallel dazu ausgeführten Versuch nach „neuem“ Verfahren ergab sich ein Wert von 8500 µg/l am Ende der Hauptgärung.

Ein weiterer Vorteil des neuen Maischverfahrens ist der Abbau unerwünschter β-Glucane. Im Vergleich mit den Hoch-Kurz-Maischverfahren konnte der β-Glucangehalt um 23 % reduziert werden. Als nachteilig können sich bei diesem Verfahren eine zu weitgehende Proteolyse und eine zu große Freisetzung an Ferulasäure – und somit einer starken Zunahme des phenolischen Charakters des Weißbieres – erweisen. Beide Nachteile können jedoch durch Auswahl der Rohstoffe behoben werden. Beispielsweise wirkt die Erhöhung des Weizenmalzanteils dem Ferulasäuregehalt entgegen [17].

Überraschenderweise wurde trotz eines höheren Glucosegehaltes keine Verstärkung der Maillardreaktion im Kleinsudmaßstab (KM/10 l) festgestellt. Im Pilotsudmaßstab (PM/60 l) wurden leicht erhöhte Werte der Streckeraldehyde erfasst (s. Abb. 8). Im Vergleich mit einem Maischverfahren mit intensiver Eiweißrast wiesen die Analysen der Würzearomastoffe (versch. Maillardprodukte, Streckeraldehyde), der Würzefarbe und des pHs keine Unterschiede zu den Würzen nach neuem Verfahren auf. Das Zuckerverhältnis bleibt während der Kochung weitestgehend konstant.

Der Scale-up des Verfahrens auf Pilotmaßstab (60 l) bestätigt die Ergebnisse aus den Kleinsudversuchen.

6 Wiederholbarkeit des Verfahrens

Versuche, bei denen das Maltasemaischverfahren mit einem Hochkurzmaisverfahren verglichen wurde, belegen, daß das Maltasemaischverfahren stets höhere Isoamylacetatkonzentrationen als das Vergleichsverfahren erbringt (siehe Tab. 2).

Aus diesen Daten wurde die relative Steigerung der Isoamylacetatkonzentration bzw. der Glucosekonzentration durch das Maltasemaischverfahren bezogen auf das Vergleichsverfahren berechnet (siehe Tab. 3).

Abb. 9 zeigt, daß ein direkter Zusammenhang zwischen der Zunahme der Glucosekonzentration und der Steigerung der Isoamylacetatkonzentration besteht. Dies ist auch bei den Vergärungen von Modelllösungen zu sehen, solange das Optimum der Isoamylacetatbildung nicht überschritten wird. Auch bei den Versuchen, bei denen das Maltasemaischverfahren mit einem Maischverfahren mit intensiver Eiweißrast verglichen wurde, erzielte das Maltasemaischverfahren stets höhere Estergehalte.

7 Versuche zur Simulation eines ZKGs im Bioreaktor

In einem 30 l Bioreaktor wurde durch Rühren (30 U/min) und einen Kohlendioxidüberdruck von 0,8 bar versucht, die Konvektion und den hohen Kohlendioxidpartialdruck in einem ZKG zu simulieren. Es wurden Würzen mit 10 % Stammwürze verwendet, die wiederum mit Maltose und Glucose versetzt wurden. Am 2.

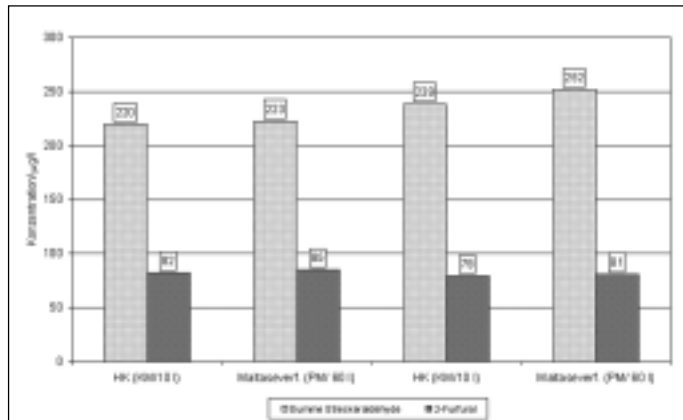


Abbildung 8 Konzentrationen der Streckeraldehyde und des 2-Furfurals im Vergleich zwischen Hoch-Kurz- und Maltase-Maischverfahren

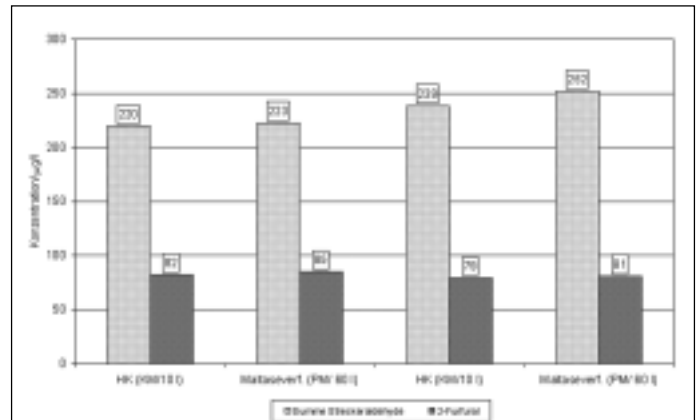


Abbildung 9 Steigerung der Isomylacetatkonzentration in % bezogen auf die Steigerung der Glucosekonzentration in % (Maltaseverfahren bez. auf Hochkurzmaisverfahren, n = 6)

Gärtag, extrapoliert auf $E_s = 4\%$, betrug der Isoamylacetatgehalt bei einem Zusatz von 40 g Maltose pro Liter ~790 µg/l, bei einem Zusatz von 30 g Glucose pro Liter und 10 g Maltose pro Liter ~1350 µg/l (s. Abb. 10). Bei einem Zusatz von 40 g/l Glucose wurde ein Isoamylacetatgehalt von 820 µg/l gemessen. Parallel dazu erfolgten Versuche in klassischen Gärgefäßen: Es zeigt sich, daß durch die Erhöhung des Glucoseanteils im Bioreaktor ein etwa gleich hoher Estergehalt wie bei Würzen ohne erhöhte Glucosewerte in klassischen Gärgefäßen erreicht werden kann.

Weitere Versuche im Bioreaktor ergaben, dass der Faktor „Druck“ das ausschlaggebende Element in der Unterdrückung der Esterbildung ist. Hierzu wurden Würzen, wie zuvor, mit Maltose und Glucose versetzt und zum einen nur unter ständigem Rühren (Konvektion) ohne Druckbeaufschlagung oder mit Druckbeaufschlagung ohne Rühren vergoren. Die Isoamylacetatgehalte des Versuches mit Druckbeaufschlagung ohne Rühren lagen um den Faktor 2 niedriger als die Versuche mit Rühren und ohne Druckbeaufschlagung. Die Versuche mit simulierter Konvektion (Rühren, ohne Druckbeaufschlagung) zeichneten sich durch eine sehr hohe Zellvermehrung aus (110 Mio Zellen/ml in Schwebel) und erreichten höhere Esterwerte, als Vergleichsgärungen im klassischen Gärgefäßen.

In den bisherigen Versuchen im Kleinsud- und Pilotmaßstab konnte bei den durch das neue Maischverfahren erreichbaren Zuckerkonzentrationen kein Nachteil hinsichtlich aerober Alkoholgärung (Crabtree-Effekt), Katabolit-Repression und Katabolit-Inaktivierung festgestellt werden. In den Bioreaktorversuchen wurde bei einer Zugabe von 40 g Glucose pro Liter die Gärung deutlich verlangsamt, es wurden erhöhte Mengen mittel- und kurzkettiger Fettsäuren gemessen.

8 Ausblick

Derzeit werden Experimente im industriellen Maßstab vorbereitet. Es gilt die Ergebnisse dieser Versuche abzuwarten, um die Praxiseignung dieses Verfahrens zur Erzeugung esterreicher Biere zu bestätigen.

Folgende Einsatzmöglichkeiten des Verfahrens sind denkbar:

- Gezielte Steuerung des Estergehaltes;
- Produktdiversifizierung großtechnisch hergestellter Weißbiere und

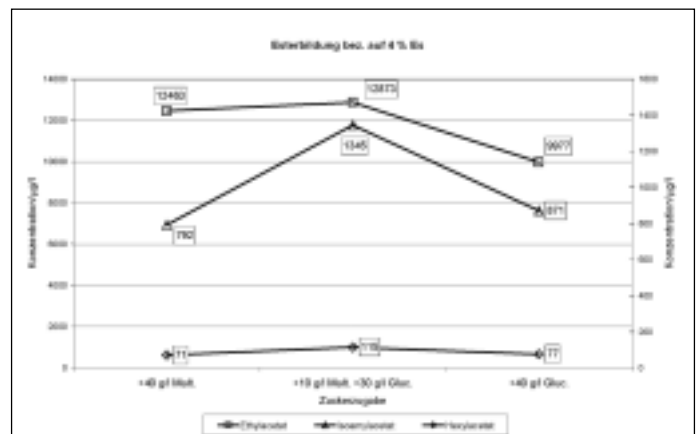


Abbildung 10 Konzentrationen verschiedener Gärungsnebenprodukte bei $E_s = 4\%$

Bemerkung: bei einem Zusatz von 40 g Maltose ergeben sich in etwa folgende Konzentrationen in der Würze: Maltose: 100 g/l, Glucose 6 g/l.

Bei Zusatz von 30 g/L Glucose und 10 g/L Maltose ergeben sich in etwa folgende Konzentrationen in der Würze: Maltose: 70 g/l, Glucose 36 g/l.

- Erzeugung aromatischerer Märzen- und Festbiere, sowie alkoholfreier Biere (Entalkoholisierungsverfahren reduzieren den Estergehalt prozentual).

Danksagung

Mein Dank gilt der wissenschaftlichen Station für Brauerei, München e. V., die dieses Forschungsprojekt förderte, meinen Kollegen und insbesondere meinen Diplomanden, Herrn Dipl.-Ing. (FH) Willmer A. Torres Ruiz und Herrn Dipl.-Ing. (Univ.) Ralf Sittig.

9 Summary / Resumé

Herrmann, M., Back, W., Sacher, B., and Krottenthaler, M.: Options to technologically influence flavour compounds in beer — Monatsschrift für Brauwissenschaft 56, No. 5/6, 99 – 103/106, 2003

BC 23 Fermentation

Different studies show, that fermentation in cylindro-conical fermentation tanks (ZKG) leads to low ester levels in beer. This can result in a one-sided flavour profile particularly in wheat beers, but also in Märzen and Festbier, in alcohol reduced beers and light beers. Fermentation experiments conducted in a bio reactor with varied parameters like sugar composition, pressure and convection showed that increased pressure reduces ester formation and thus, the tank heights has a great impact on ester formation. Studies in terms of sugar composition in wort suggest, that due to a maltose reduction ester levels increase in beer (6, 7, 8, 9). In fermentation experiments on a small scale (10 L) with bottom and top fermenting yeasts the ester level could be influenced by variation of the sugar ratio. In order to influence the sugar ratio Glucose/Maltose a special mashing procedure was developed which supports the maltase activity. This procedure is conform to the purity law, can be conducted in every brewery and is described in detail. Experiments on a pilot plant scale (60 L) with different barley and wheat malts have shown that the amount of ester in comparison to the "Hoch-Kurz-Maischverfahren" (high temperature, short time mashing process) can be increased 3-fold. An additional benefit of the new mashing procedure is the disintegration of β -glucane.

Herrmann, M., Back, W., Sacher, B., et Krottenthaler, M.: Possibilités d'influencer par des moyens technologiques les arômes de bière — Monatsschrift für Brauwissenschaft 56, No. 5/6, 99 – 103/106, 2003

BC 23 Fermentation

Différentes études ont montré que la fermentation dans des tanks cylindro-coniques conduit à des bières ayant une teneur moins élevées en esters (1, 2). Ceci peut conduire à des profils de saveurs déséquilibrés, en particulier pour des bières blanches. Au cours d'essais de fermentation dans un bio-réacteur on a varié les paramètres des glucides, la pression et les courants de convection. La formation des esters a été réduite par une augmentation de la pression dans le récipient. Ainsi la hauteur du tank a une grande influence. Les examens concernant l'influence de la composition des glucides dans le moût ont montré qu'une diminution de la quantité de maltose augmente la teneur en esters dans la bière (6, 7, 8, 9). Dans des essais de fermentation à l'échelle réduite (10 l) avec des levures de fermentation haute et basse, on a ajusté le rapport glucose / maltose en utilisant une solution modèle définie à la place du moût. Suivant le rapport des glucides on a pu influencer la teneur en esters. Toutes les levures testées avaient un comportement voisin, même si la concentration absolue en produits secondaires de fermentation avaient un niveau différent.

Afin de pouvoir influencer le rapport des glucides glucose / maltose on a développé une méthode de brassage spéciale. A ce sujet, on a avantage l'activité de la maltase, une enzyme qui est présente naturellement dans le malt. Le procédé est conforme à la loi de pureté et peut être utilisé dans chaque brasserie; il est décrit en détail. Des essais en pilote (60 l) avec des malts d'orge et de blé ont montré, en comparaison avec une méthode de brassage haut et court (Hoch-Kurz-Maischverfahren), que la teneur en esters pouvait être triplée. Un autre avantage du nouveau procédé de brassage est la dégradation des β -glucanes indésirables.

10 Literatur

1. Back, W., Diener, C. und Sacher, B.: Hefeweizenbier – Geschmacksvarianten und Technologie, Brauwelt **138** (28/29) 1279 – 1284, 1998.
2. Narziß, L.: Hefeweißbier. Rohstoffe und Technologie, Brauwelt **123** (6) 198 – 199, 1983.

3. Shanta Kumara, H. M. C. et al.: Regulation mechanism of ester formation by dissolved carbon dioxide during beer fermentation, MBAA Technical Quarterly **32** (3) 159 – 162, 1995.
4. Renger, R. S., van Hateren, S. H. und Luyben, K. Ch. A. M.: The formation of esters and higher alcohols during brewery fermentation; The effect of carbon dioxide pressure, J.Inst. Brew. **98**, 509 – 523, 1992.
5. Mason, A. B. und Dufour, J.-P.: Alcohol acetyltransferases and the significance of ester synthesis, Yeast **16**, 1287 – 1298, 2000.
6. Anderson, R. G.; Kirsop, B. H.: The control of volatile ester syntheses during the fermentation of high specific gravity, J.Inst.Brew. **80**, 48 – 55, 1974.
7. Palmer, A. K.; Rennie, H.: Ester control on high gravity brewing, J.Inst.Brew. **80**, 447 – 454, 1974.
8. D'Amore, T.; Celotto, G.; Stewart, G. G.: Advances in fermentation of high gravity wort. In: Proceedings of the 23rd Congress of the European Brewing Convention, Lissabon, 1991, 322 – 329.
9. Shindo, S. et al.: Primary fermentation with immobilized yeast cells in brewing: Control of flavor production, Recent Research Devel. Fermentation and Bioengineering **2**, 21 – 39, 1999.
10. Dufour, J.-P., Weaver, A. und Mason, B.: Towards our understanding of the physiological role of ester synthesis. In: E.B.C.-Symposium Yeast Physiology, Nutfield, 1999, 83 – 91.
11. Stewart, Graham, Lyness, Amanda und Younis, Omar: The control of ester synthesis during wort fermentation, Technical Quarterly **36** (1) 61 – 64, 1999.
12. Versch.: Brautechnische Analysenmethoden Band I – III, Hrg. H. Pfenninger, Selbstverlag der MEBAK, Weihenstephan, Band I, 1997, Band II, 2002, Band III, 1996.
13. Weinfurter, F., Wullinger, F. und Piendl, A.: Malzqualität – Würzezusammensetzung – Gärverlauf, Brauwelt **105** (81) 1516 – 1529, 1965.
14. Schur, F.: Einfluss der Maischbedingungen auf die Amylyolyse bei der Bierwürzegewinnung unter besonderer Berücksichtigung der Analytik von Maltooligosacchariden. Diplomarbeit, TU München-Weihenstephan, 1972.
15. Ruttloff, H.: Industrielle Enzyme, 2. Aufl., Hamburg, Behr's, 1994.
16. Narziß, L.: Abriß der Bierbrauerei, 6. Aufl., Stuttgart, Enke, 1995.
17. Nitzsche, W. F.: Untersuchungen zur Bildung phenolischer Komponenten bei der Herstellung von bayerischem Weizenbier. Dissertation. TU-München-Weihenstephan, 1992.