Heterogenitäten beim Mälzen – ein chronisches Problem für die Bierbrauerei: Erfassung der Ursachen und Erarbeitung von Strategien zu deren Vermeidung

Koordinierung: Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn

Forschungsstelle I: Technische Universität Braunschweig
Institut für Pflanzenbiologie
Arbeitsbereich Angewandte Pflanzenbiologie
Prof. Dr. Dirk Selmar

Forschungsstelle II: Technische Universität Berlin
Institut für Biotechnologie
Fachgebiet Brauwesen
Prof. Dr. Frank-Jürgen Methner

Industriegruppen: Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V., Berlin
Deutscher Mälzerbund e.V., Frankfurt am Main

Projektkoordinator: Dr. Erika Hinzmann
Wissenschaftsförderung der Deutschen Brauwirtschaft e.V., Berlin

Laufzeit: 2010 - 2012

Zuwendungssumme: € 355.400,--
(Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation:

Beim Brauen von Bier treten regelmäßig Schwierigkeiten beim Läutern der Maische und bei der Filtration der Biere auf. Zumeist beruhen diese Probleme auf einem unzureichenden Abbau der Zellwand-Glucane des Endosperms in Teilen einer Malzcharge. Als Folge dieses unvollständigen ß-Glucan-Abbaus bilden sich schleimig-gallertige Glucan-Gele, die zu einer Verblockung der heute überwiegend eingesetzten Kieselgurfilter führen, aber auch während des Läuterprozesses Schwierigkeiten machen können.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, zunächst zu untersuchen, in welchem Ausmaß und in welcher Bandbreite prozessbedingte Inhomogenitäten während des Mälzens auftreten, welche Ursachen sich dafür verantwortlich zeichnen und wie sich die resultierenden Heterogenitäten in den brautechnisch relevanten Produkteigenschaften manifestieren. Diese Informationen stellen die Basis dar für die Entwicklung neuer Strategien zur Vermeidung der beschriebenen Schwierigkeiten beim Läutern und Filtrieren der Maische. Eine wesentliche Voraussetzung für ein solches Vorgehen ist die Möglichkeit, das Voranschreiten der Keimung, bzw. der relevanten Stoffwechselprozesse quantitativ und verlässlich beschreiben zu können und diese mit physikalischen und chemischen Parametern des Mälzungsprozesses zu korrelieren. Dies erfordert die Verfügbarkeit verlässlicher und relevanter Marker. Zur Quantifizierung des Voranschreitens von Keimungsprozessen sind grundsätzlich zwei Stoffwechselsituationen von besonderem Interesse, nämlich die Transkription keimungsspezifischer Enzyme und die Aktivität der Reservestoff-mobilisierenden und -abbauenden Enzyme, wie z.B. der β-Glucanase und der α- bzw. β-Amylase.

In Bezug auf pflanzliche Stressreaktionen kommt vor allem der γ-Aminobuttersäure (GABA) als einem etablierten Anzeiger für stressbedingte Veränderungen - auch und gerade während der Keimungsprozesse von Gerste - eine besondere Bedeutung zu. Die Erfassung der Zusammenhänge

von Stoffwechselvorgängen in der keimenden Gerste einerseits und der Läuter- und Filtriereigenschaften des Malzes andererseits trägt wesentlich zum Verständnis der Inhomogenitäten im Mälzungsprozess bei. Auf der Grundlage dieser komplexen Betrachtungsweise sollten im Rahmen des Vorhabens verschiedene Möglichkeiten zur gezielten Beeinflussung der Malzqualität abgeleitet werden.

Forschungsergebnis:

Labor-Studien zur Beeinflussbarkeit der Keimung durch äußere Faktoren ergaben, dass Sauerstoff- und Kohlendioxid-Konzentrationen, wie sie auch in der in der Mälzerei-Praxis in den Weichtanks auftreten können, den Keimungs- und Stress-Stoffwechsel der Gerste stark beeinflussen. Sowohl das Fehlen von Sauerstoff als auch drastisch erhöhte Kohlendioxid-Konzentrationen (80 % CO_2 + 20 % O_2) unterbinden die Keimung von Gerste vollständig und führen zu deutlichen Stressreaktionen. Die für die Stärkemobilisierung und den Zellwandabbau verantwortlichen Enzyme - die α-Amylase bzw. die β-Glucanase - werden nicht gebildet, und die Keimlinge wachsen nicht. Als Fazit ist festzuhalten, das Unterschiede in der Gasverteilung in den Mälz-Anlagen zwangsläufig zu unterschiedlichen Stoffwechselaktivitäten und damit zu inhomogenen Malzen führen.

Die im Rahmen dieses Projekts erstmals durchgeführten Einzelkorn-Analysen zur Erfassung von Heterogenitäten im Stoffwechselstatus erbrachten ein völlig unerwartetes Ergebnis: selbst unter homogenen Laborbedingungen ist die Variationsbreite der Enzymaktivitäten beträchtlich, Variationen um den Faktor 2 - 3 sind die Regel, im Fall der β-Glucanase-Aktivitäten finden sich sogar Unterschiede um den Faktor 6. Wie aufgrund dieser Ergebnisse zu erwarten war, lagen die Variationsbreiten der entsprechenden Enzymaktivitäten in Malzen aus authentischen, großtechnischen Mälzanlagen noch deutlich höher (Faktor 10 - 20). Werden die mittleren Standardabweichungen der Enzymaktivitäten (Ø CV) industriell produzierter Malze für einen Homogenitäts-Vergleich herangezogen, dann zeigt sich, dass Malz, das ohne Belüftung geweicht worden ist, mit Abstand am homogensten ist (Ø CV = 35,6 %), während die beiden anderen untersuchten - im Gegensatz dazu belüfteten - Ansätze (Druckbelüftung und CO_2-Absaugung) wesentlich weniger homogen bezüglich ihrer Enzymaktivitäten sind (Ø CV = 44,2 bzw. 61,6 %). Somit ist das zentrale Ergebnis dieses Forschungsvorhabens, dass das Belüften in der Weiche die biochemische Homogenität des Malzes vermindert. Allerdings führt das Belüften in der Weiche nicht grundsätzlich zu einer Verminderung der Homogenität, wie die niedrigere mittlere Standardabweichung des Malzes des kontinuierlich belüfteten Labor-Ansatzes zeigt (Ø CV = 19,4 %). Somit dürften die hohen Schichtdicken in den großtechnischen Mälztanks in Kombination mit dem ungleichmäßigen Einströmen von Luft in das Mälzgut die Ursache für die festgestellten Inhomogenitäten sein. Diese These wird durch eine ergänzende Studie mit einer Kleinmälzungsanlage gänzlich bestätigt: In dem unter Druck belüfteten Ansatz keimte die Gerste in den unteren Schichten schneller als in den oberen; und in dem von unten abgesaugten Ansatz in den oberen Schichten schneller in den unteren. Der ohne Belüftung geweichte Ansatz keimte am gleichmäßigsten.

Diese Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass in Hinblick auf eine gesteigerte Homogenität des Malzes entweder die Schichtdicken beim Mälzen drastisch verringert oder aber auf die übliche Praxis des Belüftens in der Weiche verzichtet werden sollte. Allerdings dürfte eine Verringerung der Schichtdicken aus Platzgründen und aus betriebswirtschaftlichen Gründen in der heutigen Mälzerei-Praxis nur schwer zu realisieren sein. Und wenn auf das Belüften in der Weiche verzichtet werden sollte, müsste eine längere Keimdauer bzw. Mälzzeit in Kauf genommen werden. Um dennoch die Keimung der Gerste beschleunigen und synchronisieren zu können, könnte dem Mälzprozess ein sogenanntes „priming“ vorangestellt werden, wie es im großtechnischen Gemüseanbau bereits seit langem erfolgreich angewandt wird.

In weiterführenden Versuchsreihen wurden Braugersten bei Temperaturen gemälzt, die nach Lehrbuchmeinung eher unüblich sind (hohe Weich- und Keimtemperaturen, sowie niedrige Schwelktemperaturen). Dabei erwiesen sich Weich- und Keimtemperaturen von 20 - 25°C als optimal für eine schnelle und homogene Ankeimung sowie für ein homogenes Wachstum und die resultierende Malzqualität. Weichtemperaturen über 30°C sollten nicht angewandt werden. Niedrigere Schwelktemperaturen (30 - 40°C) als die in der Industrie üblichen (50 - 65°C) führten zu einer länger anhaltenden Wachstumsphase und damit zu einer höheren cytolytischen Lösung und einer Reduzierung des Eiweißabbaus. Allerdings verlängerten sich auch die Darrzeiten.

Die ermittelten optimalen Weich-Keimtemperaturen sowie die niedrigen Schwelktemperaturen (Start bei 36°C, vorsichtige Erhöhung auf 60°C) wurden in einer Mälzung kombiniert angewandt. Dies führte - wie erwartet - zu einer schnelleren und homogeneren Ankeimung und einer verstärkten cytolytischen und gebremsten proteolytischen Lösung der Malze im Vergleich mit den Malzen, die entweder in einer Kleinmälzung unter Verwendung moderner Parameter oder nach MEBAK hergestellt wurden. Trotz eines geringen Extraktverlustes und leicht erhöhter Mälzungsschwände konnte mittels dieser "Optimälzung" eine höhere Malzqualität bei einer um 25 - 27 % kürzeren Mälzungsdauer erzielt werden. Die höheren Verluste sollten aus wirtschaftlicher Sicht durch die Zeitersparnis und die daraus resultierenden Energieeinsparungen zu vernachlässigen sein. In Hinblick auf durchgeführte Läutertests kann die "Optimälzung" jedoch nur für eine von zwei untersuchten Gersten empfohlen werden.

Basierend auf diesen Schlussfolgerungen erscheint es vielversprechend, in weiteren Forschungsarbeiten das große bislang weitgehend noch ungenutzte Potential alternativer Ansätze beim Mälzen zu erforschen und in die Praxis umzusetzen. Besonderes Augenmerk sollte dabei auf dem Priming liegen.

Wirtschaftliche Bedeutung:

Die Verbesserung des in der Vergangenheit wenig veränderten Mälzungsverfahrens durch die aus dem Forschungsvorhaben resultierenden Erkenntnisse bringt besonders kleineren Mälzereien Einsparungen bei der Herstellung von Qualitätsmalz durch die Verbesserung der Verarbeitbarkeit. Außerdem sollte eine grundsätzliche Aufwertung der Produktqualität von Malz möglich werden, so dass langfristig bessere Marktpreise und somit höhere Erträge für kleine Mälzereien möglich werden. Diese werden zusätzlich auch durch reduzierte Reklamationen und der damit verbundenen Verringerung der wirtschaftlichen Verluste für die Malzindustrie erzielt. Die Brauindustrie wird durch die Verbesserung der Verarbeitbarkeit der Malze und beschleunigte Filtrationen im Sudhaus und in der Bierfiltration sowie vor allem durch eine signifikante Einsparung an Filtermaterialien profitieren. Aus ökologischer und ökonomischer Sicht ergeben sich daher für beide Branchen Vorteile.

Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2013.
2. Kleinwächter M., Meyer A.-K. und Selmar D.: Malting revisited: Germination of barley *(Hordeum vulgare L.)* is inhibited by both oxygen deficiency and high carbon dioxide concentration. Food Chem. 132 (1), 476-481 (2012).

Der Schlussbericht ist für die interessierte Öffentlichkeit bei den Forschungsstellen abzurufen.

Weiteres Informationsmaterial:

Technische Universität Braunschweig
Institut für Pflanzenbiologie
Arbeitsbereich Angewandte Pflanzenbiologie
Mendelssohnstraße 4, 38106 Braunschweig
Tel.: +49 531 391-5881
Fax: +49 531 391-8180
E-Mail: d.selmar@tu-bs.de

Technische Universität Berlin
Institut für Biotechnologie
Fachgebiet Brauwesen
Seestraße 13, 13353 Berlin
Tel.: +49 30 45080-290
Fax: +49 30 45080-196
E-Mail: methner@vlb-berlin.org

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn
Tel.: +49 228 3079699-0
Fax: +49 228 3079699-9
E-Mail: fei@fei-bonn.de

... ein Projekt der ***Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)***

gefördert durch/via:

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

ALLIANZ INDUSTRIE FORSCHUNG

FEI FORSCHUNGSKREIS DER ERNÄHRUNGSINDUSTRIE E.V.

Das o.g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.