

A. Mikyška, J. Prokeš, D. Hašková, P. Havlová und M. Poledníková

Einfluss von Sorte und Anbauggebiet auf den Gehalt an Pentosanen und β -Glucanen in Gerste, Malz und Würze

Der Einfluss von Sorte und Anbauggebiet auf den Gehalt von Pentosanen und β -Glucanen in Gerste, Malz und Würze wurde an einem Satz von 32 Proben von acht Sorten Sommer-Braugerste untersucht, die in der Tschechischen Republik in vier Anbaustationen angebaut werden (Mittelböhmen, Mittelmähren, Westböhmen, Nordböhmen). Es wurde ein Einfluss sowohl der Lokalität, als auch der Sorte auf den Gehalt lösbarer Pentosane in der Würze festgestellt, wobei der Einfluss der Lokalität stärker als jener der Sorte war. Der niedrigste Gehalt wurde für die Lokalität III (Westböhmen) und die Sorte Olbram festgestellt, der höchste für die Lokalität II (Mittelmähren) und die Sorte Scarlett. Ein nachweislicher Einfluss der Lokalität auf den Gehalt an Pentosanen wurde auch beim Malz festgestellt, ebenso wie ein Einfluss von Lokalität und Sorte auf die Löslichkeit der Pentosane und den Anteil lösbarer Pentosane am Gesamtgehalt von Pentosanen im Malz. Eine Abhängigkeit zwischen dem Gehalt an Pentosanen in Gerste, Malz und Würze wurde nicht festgestellt. Zur Beurteilung der Brauqualität des Malzes aus Sicht des Pentosangehaltes ist es notwendig, diesen in der Würze festzustellen. Der Gehalt an β -Glucanen im Malz und auch in der Würze war abhängig sowohl von der Lokalität als auch von der Sorte. Die niedrigsten Werte wurden bei der Lokalität II (Mittelmähren) und der Sorte Kompakt festgestellt, der höchste Gehalt bei der Lokalität III (Westböhmen) und der Sorte Scarlett. Eine Korrelation des β -Glucangehaltes wurde zwischen Gerste und Malz, Gerste und Würze und auch Malz und Würze festgestellt. Die stärkste Korrelation fand sich zwischen Malz und Würze. Der Pentosangehalt korrelierte negativ mit der Friabilität und positiv mit der Schrottdifferenz. Es wurde ein starker Einfluss der zytolytischen und proteolytischen Auflösung des Malzes auf den Gehalt an β -Glucanen in Malz und Würze festgestellt. Der Gehalt an β -Glucanen korrelierte positiv mit der Viskosität der Würze und der Schrottdifferenz, negativ mit der Kolbachzahl und der Friabilität. Festgestellt wurde auch ein Trend zu einer umgekehrten Proportionalität zwischen dem β -Glucan- und Pentosangehalt, abhängig vom Anbauggebiet.

BC 20 Allgemeines (Malz- und Bierbereitung)

(Deskriptoren: Gerste, Malz, Polysaccharide, Pentosane, β -Glucane.

Descriptors: Barley, malt, polysaccharides, pentosans, β -glucans).

1 Einleitung

Es ist nicht abzustreiten, dass die Polysaccharide der Gerste die Hauptursache für das langsame Fließen der Würze und die langsamere Filtration des Bieres sind. Das Ausmaß dieses Einflusses ist sowohl vom Gehalt, als auch von der Molekülgröße der Polysaccharide abhängig (1, 2, 3). Die größte Bedeutung wird hier den β -Glucanen beigemessen, woraus die ihnen gewidmete Aufmerksamkeit resultiert. Pentosane (Arabinoxylane) sind im Wasser leichter lösbar als β -Glucane und können hochviskose Lösungen bilden, insbesondere bei Anwesenheit von β -Glucanen (4). Pentosane binden im Malz ebenso wie β -Glucane eine beträchtli-

che Menge an Wasser, wobei viskose Lösungen oder Gels gebildet werden. Dies kann zu einem Wasserdefizit in Einmischgut und Maische, einer ungenügenden Wasseraufnahme durch die Stärkekörner und daraus resultierend zu einer schlechteren Spaltung der Stärke während des Maischprozesses führen (4, 5). Unlösliche Pentosane in Treber binden ebenfalls eine große Menge an Wasser, verschlechtern die Permeabilität des Filterkuchens und verlangsamen die Abläuterung (4). Pentosane steigern ebenso wie β -Glucane die Viskosität von Würzen, gehopften Würzen und Bieren (1, 6, 7, 8, 9) und beeinflussen negativ den Filterprozess des Bieres (2, 10, 11, 12).

Pentosane bilden zusammen mit den β -Glucanen den Hauptanteil der Nicht-Stärke-Polysaccharide der Gerste. Zusammen mit β -Glucanen, Proteinen und Polyphenolen bilden sie den Hauptanteil der Zellwände im Gerstenkorn. Nicht-Stärke-Polysaccharide, Pentosane und β -Glucane in der Gerste sind in den Zellwänden an Proteine und Polyphenole gebunden (9, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20) und werden, teilweise an diese Stoffe gebunden, durch die Einwirkung von Enzymen in die Würze freigesetzt. Pentosane bilden im Allgemeinen β -1,4-Xylanopyranketten, an die durch β -1,2- und β -1,3-Bindungen α -L-Arabinofuran-Reste gebunden sind (4, 21). Die meisten Arabinosen sind monomere Arabinosen, es können auch oligomere Seitenketten mit Xylose-, Galaktose- oder Glukoseresten (13, 22) an den Enden auftreten. Pentosane sind ca. 25% der Polysaccharid-Bausteine der Zellwände des Endosperms, d.h. ca. 20% der Gesamtmasse dieser Zellwände (14, 21, 23, 24). Die Konzentration der Pentosane in den äußeren Schutzhüllen ist höher als im Endosperm (13, 21, 25), in der

Aleuronschicht bestreiten Pentosane 67% der Masse der Zellwände (13). Der Gehalt an β -Glucanen ist demgegenüber im Endosperm und im ganzen Korn ungefähr gleich (21).

Die Polysaccharide der Gerste werden während des Mälzens durch eine ganze Reihe von Enzymen, die während der Keimung aktiviert oder neu gebildet werden, aus den Zellwänden freigesetzt und teilweise gespaltet. Die Bedingungen und die Wirkung von Amylasen und β -Glucanasen sind ausführlich untersucht worden, viel weniger ist jedoch über jene Enzyme bekannt, die die Arabinoxylane spalten. Es ist wahrscheinlich, dass jene hydrolytischen Enzyme, welche die Pentosane spalten, während der Keimung viel später gebildet werden als die β -Glucanasen, die Umwandlung von Pentosanen während der Keimung ist im Unterschied zu β -Glucanen gering (26, 27, 28, 29, 30). Für die Bildung von löslichen β -Glucanen ist der Keimungsprozess entscheidend, für die Bildung löslicher Pentosane wahrscheinlich mehr der Darr- und Maischprozess.

Der Gehalt an Pentosanen in der Gerste wird zwischen ungefähr 4 und 10% der Trockenmasse angegeben. In Japan wurden Werte im Bereich von 5,6 bis 7,8% der Trockenmasse festgestellt (25), in australischen Gersten 4,38 – 7,79% (26), in Schweden 4,4 – 6,3% (31), und die höchsten Werte, 6,7 – 9,8%, wurden in finnischen Gersten festgestellt (19) (alles Prozentanteile der Trockenmasse).

Der Gehalt an Pentosanen in der Gerste ist von Sorte, Anbaugesamt und Klima abhängig (17, 19, 32, 33, 34), der Einfluss der Sorte ist laut mancher Quellen wesentlich schwächer (19,33), laut anderer stärker (32).

2 Material und Methoden

2.1 Gerste

Die Bestimmung des Gehaltes an Pentosanen und β -Glucanen erfolgte anhand von 32 Gerstenproben von vier Anbaustationen. Die Stationen I (Mittelböhmen) und II (Mittelmähren, das beste Anbaugesamt für Braugerste in der Tschechischen Republik) liegen in Rübenanbaugesamten, die Stationen III (Westböhmen) und IV (Nordböhmen) befinden sich in Kartoffelanbaugesamten. Erfasst wurden 8 Sorten Sommer-Braugerste, die in der Tschechischen Republik angebaut werden — Akcent, Amulet, Forum, Kompakt, Nordus, Olbram, Scarlett und Tolar. Die Sorten Akcent, Amulet, Forum, Olbram und Tolar sind tschechischen Ursprungs. Die Sorte Kompakt stammt aus der Slowakischen Republik, die Sorten Nordus und Scarlett aus Deutschland.

2.2 Mälztechnologie

Das Mälzen erfolgte in einer Mikromälzerei, hergestellt durch die Firma KVM Unicon, Tschechische Republik. Es wurde der Stan-

dard-Technologievorgang für die Bereitung von Malz in Mikromälzereien angewandt, der auch für die Beurteilung von Gerstesorten und der Qualität der Ernte verwendet wird (35). Der Ablauf war wie folgt: Weichen drei Tage, Weichgrad (Wassergehalt) 45%. Keimung drei Tage, Temperatur 14 °C. Darren 1 x 22 Stunden, Abdarrtemperatur 80 °C für die Dauer von 4 Stunden.

2.3 Analytische Methoden und Vorgangsweisen

Die Bestimmung der Friabilität des Malzes, der Schrottdifferenz, der Kolbachzahl und der Viskosität der Kongresswürze erfolgte gemäß der Analytik EBC (36). Die statistische Analyse der Daten beinhaltete die Bestimmung der Korrelation und eine zweidimensionale Varianzanalyse.

Die Bestimmung der β -Glucane in Gerste, Malz und Kongresswürze erfolgte fluorimetrisch, mit der Technik FIA gemäß Analytik EBC (36) in Variante VÜPS (37). Zur Bestimmung der Pentosane wurde eine spektrophotometrische Methode nach Douglas angewandt (38). Die Pentosane werden nach einer Hydrolyse und Umwandlung in Furfural bestimmt. Als Farbreagens wird Fluoroglucinol verwendet.

Die Ergebnisse wurden mathematisch durch Regressanalyse und zweidimensionale Varianzanalyse ANOVA bestimmt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Pentosane

Im Gegensatz zu β -Glucanen gibt es für die Bestimmung von Pentosanen in Gerste, Malz und Würze keine international standardisierte Methode, die in der Literatur angeführten Ergebnisse sind wesentlich von der von den Autoren angewandten Bestimmungsmethode abhängig. Die von uns angewandte Bestimmungsmethode gemäß Douglas wurde für die Bestimmung in festen Materialien, Gerste- oder Malzkörnern ausgearbeitet. Die Bestimmung eventuell anwesender störender Stoffe bei der Bestimmung aus flüssigen Proben sowie der Korrektheit der Ergebnisse bei Würze und Bier erfolgte durch standardgemäßen Zusatz von Xylose. Für Würze wurde der Wert 97,9% festgestellt, für Bier 98,3%. Es wurde so eine sehr gute Übereinstimmung des theoretischen und des festgestellten Wertes ermittelt. Die Reproduzierbarkeit wurde für die Analyse von Pentosanen in Feststoffen und Lösungen bestimmt, es wurde eine Serie von 15 Messungen durchgeführt. Für Malz ($X = 5,7879$, $s = 0,2163$, Wdhg.-Koeff. = 0,5997) und auch Würze ($X = 14,39$, $s = 0,1699$, Wdhg.-Koeff. = 0,4709) wurden zufriedenstellende Ergebnisse ermittelt. Die Vorteile dieser Methode liegen in der Einfachheit und Robustheit, im Gegensatz zur Bestimmung von Pentosen durch chromatographische Techniken (GLC) (6) erfordert die von uns angewandte Methode keine anspruchsvollere Instrumententechnik.

Tabelle 1 Pentosane

	Mittel	Min.	Max.	V (%)
Gerste (% des Trockensubstanzgewichtes)	6,31	5,24	7,80	10,5
Malz (% des Trockensubstanzgewichtes)	6,94	5,62	8,31	10,8
Würze (mg/l)	388	216	628	30,2
Lösliche Pentosane im Malz (% des Trockensubstanzgewichtes)	0,34	0,19	0,55	29,80
Anteil löslicher Pentosane (%)	4,86	2,94	8,56	31,40

Tabelle 2 Ergebnisse der Varianzanalyse (ANOVA) für den Einfluss der Sorte und des Anbauortes auf den Gehalt an Pentosanen und β -Glucanen (n = 32)

		Pentosane	β -Glucane
Gerste	Sorte	NS	P<0,05
	Anbauort	NS	NS
Malz	Sorte	NS	P<0,001
	Anbauort	P<0,05	P<0,001
Würze	Sorte	P<0,01	P<0,001
	Anbauort	P<0,001	P<0,001
P	Sorte	P<0,01	NS
	Anbauort	P<0,001	P<0,001

P – Anteil löslicher Polysaccharide am Gesamtgehalt im Malz

In Malz wurde für den Gehalt an Pentosanen ein Mittelwert von 6,31% der Trockenmasse mit einer Streuung von 5,24 – 7,80% festgestellt. Diese Werte bewegen sich innerhalb der in der Literatur für Malzgerste angeführten Bereiche. Der Mittelwert im Malz betrug 6,94% mit einer Streuung von 5,62 – 8,31%. Für Laborwürze wurde ein Mittelwert von 388 mg/l mit einer Streuung von 216 – 628 mg/l festgestellt. Die Variabilität der Werte bei Gerste und Malz war relativ niedrig, der Variationskoeffizient der Ergebnisse betrug ca. 10%. Mittels der angewandten Methode wird der Gesamtgehalt an Pentosanen im Korn bestimmt, die höheren Werte beim Malz sind durch den Mälzungsschwand verursacht. Für lösliche Pentosane (bestimmt in der Kongresswürze) wurde eine höhere Variabilität der Werte festgestellt, der Variationskoeffizient wurde mit 30,2% ermittelt (Tab. 1). Bei der Gerste wurde keine statistisch nachweisbare Abhängigkeit des Pentosangehaltes von Anbaugesicht oder Sorte festgestellt. Beim Malz wurde eine schwache Abhängigkeit des Pentosangehaltes von der Lokalität festgestellt (P<0,05) (Tab. 2), die aufsteigende Reihenfolge der Anbaustationen ist III, I, II, IV. Bei löslichen Pentosanen in der Würze wurde ein wesentlicher Einfluss der Lokalität nachgewiesen (P<0,001) (Abb. 1, Tab. 2), ebenso der Gerstensorte (P<0,01) (Abb. 2, Tab. 2). Die aufsteigende Reihenfolge der Anbaustationen ist III, I, IV, II. Die selbe Reihenfolge der Sorten ist Olbram, Nordus, Forum, Kompakt, Akcent, Amulet, Tolar, Scarlett. Eine stärkere Abhängigkeit von der Lokalität geht auch aus den in den Abbildungen angeführten Werten der Konfidenzintervallbreite hervor.

Bei Gerste und Malz wurden keine wesentlichen Einflüsse von Anbaugesicht und Sorte auf den Gehalt an Pentosanen festgestellt, allerdings waren diese Einflüsse bei der Würze bereits deutlich. Die Ergebnisse der durchgeführten Studie zeigen einen stärkeren Einfluss des Anbaugesichtes und einen schwächeren Einfluss der Sorte auf die Menge löslicher Pentosane. Weder beim Malz, noch bei der Würze wurde eine Abhängigkeit des Pentosangehaltes vom Typ des Anbaugesichtes (Rüben- oder Kartoffelgebiet) festgestellt.

Zwischen dem Gesamtgehalt an Pentosanen im Malz und an löslichen Pentosanen in der Würze wurde keine Korrelation festgestellt (Abb. 3). Der Anteil an löslichen Pentosanen in der Würze betrug im Mittel 0,342% der Malz-Trockenmasse und 4,86% vom Gesamtgehalt an Pentosanen im Malz (Tab. 1). Es wurde ein bedeutender Einfluss des Anbaugesichtes (P<0,001) (Abb. 4) und ebenfalls der Gerstensorte (P<0,01) (Abb. 5) auf die Höhe des Anteiles an löslichen Pentosanen vom Gesamtgehalt an

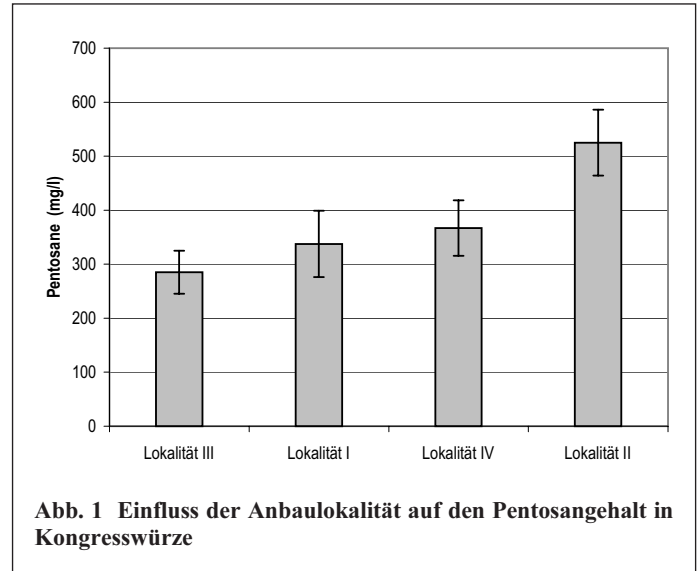


Abb. 1 Einfluss der Anbaulokalität auf den Pentosangehalt in Kongresswürze

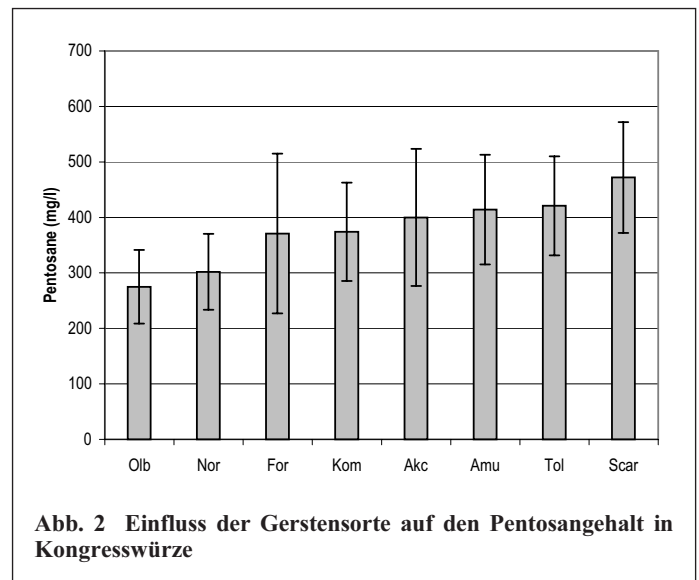


Abb. 2 Einfluss der Gerstensorte auf den Pentosangehalt in Kongresswürze

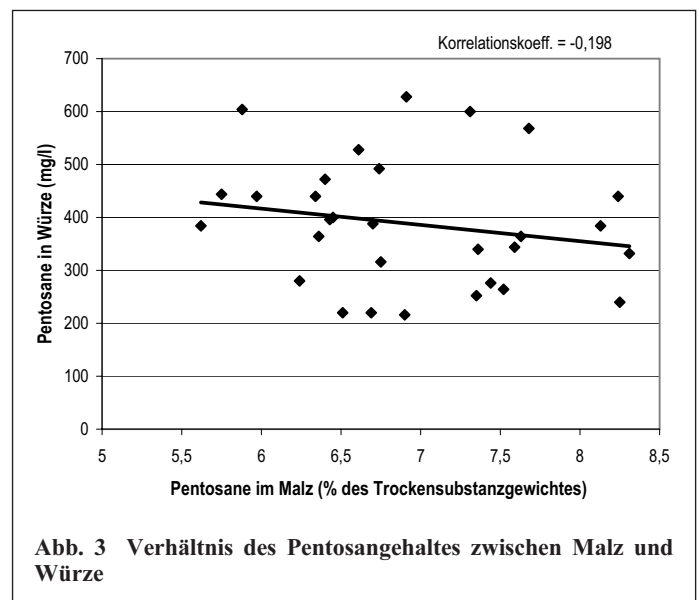


Abb. 3 Verhältnis des Pentosangehaltes zwischen Malz und Würze

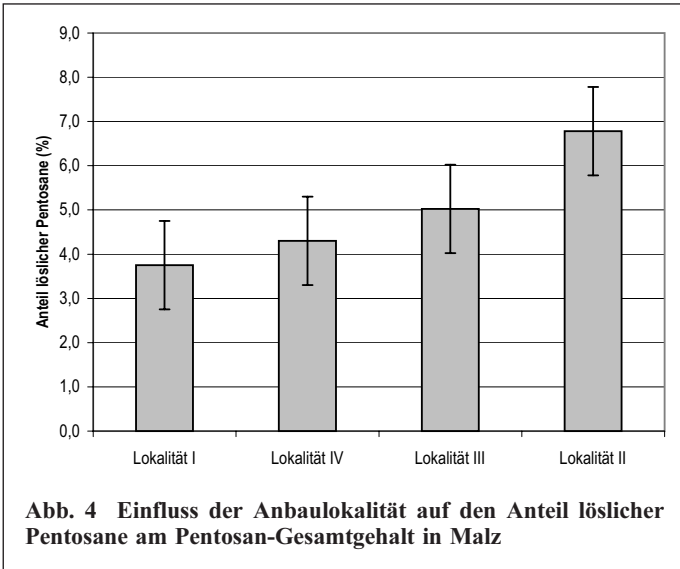


Abb. 4 Einfluss der Anbaulokalität auf den Anteil löslicher Pentosane am Pentosan-Gesamtgehalt in Malz

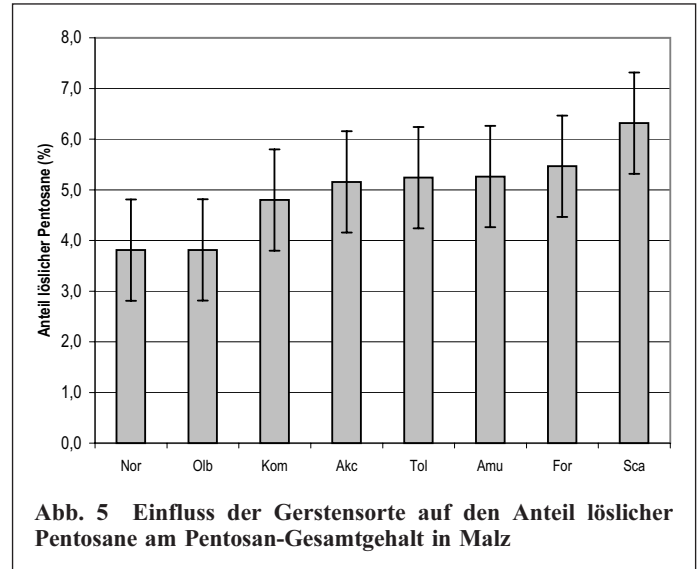


Abb. 5 Einfluss der Gerstensorte auf den Anteil löslicher Pentosane am Pentosan-Gesamtgehalt in Malz

Pentosanen im Malz festgestellt. Die Freisetzung von Pentosanen aus dem Korn in die Lösung wird wahrscheinlich wesentlich durch die Enzyme beeinflusst, die zum Ende des Mälzens gebildet oder freigesetzt werden und am stärksten erst im Sudhaus wirken (27, 28, 30, 31).

3.2 β-Glucane

Der festgestellte Gehalt an β-Glucanen in der Gerste betrug im Durchschnitt 3,00% mit einem Minimum von 1,95% und einem Maximum von 3,67%. Für Malz wurde ein Wert von 0,93% mit einer Streuung von 0,45 % – 1,76% festgestellt, und für die Würze letztendlich ein Mittelwert von 339 mg/l mit breitgestreuten Extremen zwischen 107 und 869 mg/l (Tab. 3). Der Gehalt an löslichen β-Glucanen in der Malz-Trockenmasse betrug im Durchschnitt 0,30% des Gewichtes. Dieser Wert liegt nahe dem für Pentosane festgestellten Wert. Im Gegensatz dazu ist der Anteil löslicher β-Glucane am Gesamtgehalt im Malz mit 31,74% wesentlich höher als jener der Pentosane (4,86%). β-Glucane werden in weit stärkerem Maße in die Würze freigesetzt als Pentosane. Dies hängt offensichtlich mit der Verteilung dieser beiden Polysaccharid-Gruppen im Korn zusammen. Pentosane sind in den Schichten nahe der Oberfläche des Kornes konzentriert, β-Glucane sind relativ gleichmäßig in den Zellwänden des Endosperms und der Hüllen verteilt. In der Gerste wurde ungefähr die doppelte Menge an Pentosanen als an β-Glucanen festgestellt, in der Würze war der Gehalt beider Polysaccharid-Gruppen vergleichbar (Tab. 1 und 3).

Die statistische Verarbeitung der Ergebnisse für β-Glucane zeigte eine beträchtliche Variabilität der Werte aufgrund sowohl der Sorte, als auch des Anbaubereiches. Der Variationskoeffizient für den ganzen Probenatz lag bei Gerste am niedrigsten ($v = 13,9\%$), bei Würze am höchsten ($v = 46,5\%$). Beim Malz ($v = 36,8\%$) lag er nahe jenem der Würze (Tab. 3).

Der Gehalt an β-Glucanen in der Gerste war klar von der Sorte abhängig ($P < 0.05$). Die niedrigsten Durchschnittswerte wurden bei Nordus (2,48) und Kompakt (2,68) festgestellt, die höchsten bei Scarlett (3,51). Der Einfluss der Lokalität war unwesentlich (Tab. 2). Der Gehalt an β-Glucanen in Malz und Würze war äußerst stark sowohl von der Lokalität ($P < 0.001$) (Tab. 2, Abb. 6), als auch von der Sorte abhängig ($P < 0.001$) (Tab. 2, Abb. 7). Die niedrigsten Werte wurden bei der Sorte Kompakt festgestellt, der höchste Gehalt so wie im Falle der Gerste bei der Sorte Scarlett. Durch Vergleich der Reihenfolge der Sorten gemäß β-Glucangehalt in der Gerste und im Malz kann auch die Aktivität der β-Glucanasen verglichen werden. Ein bedeutender Einfluss von Sorte und Lokalität auf die Aktivität der β-Glucanasen wurde auch in unserer früheren Arbeit nachgewiesen (39). Der Anteil an löslichen β-Glucanen am Gesamtgehalt im Malz war sehr stark vom Anbaubereich abhängig. Den niedrigsten Gehalt an β-Glucanen in der Würze hatte die Anbaustation II, gefolgt von den Stationen IV und III; den höchsten Wert hatte Station I.

Eine eindeutiger Zusammenhang des Gehaltes an β-Glucanen wurde zwischen Gerste und Malz, Gerste und Würze sowie Malz und Würze festgestellt. Eine starke Korrelation wurde zwischen

	Mittel	Min.	Max.	V (%)
Gerste (% des Trockensubstanzgewichtes)	3,00	1,95	3,67	13,9
Malz (% des Trockensubstanzgewichtes)	0,93	0,45	1,76	36,8
Würze (mg/l)	339	107	869	46,5
Lösliche β-Glucane im Malz (% des Trockensubstanzgewichtes)	0,30	0,09	0,70	46,50
Anteil löslicher β-Glucane (%)	31,74	20,91	48,39	20,49

V – Varianzkoeffizient

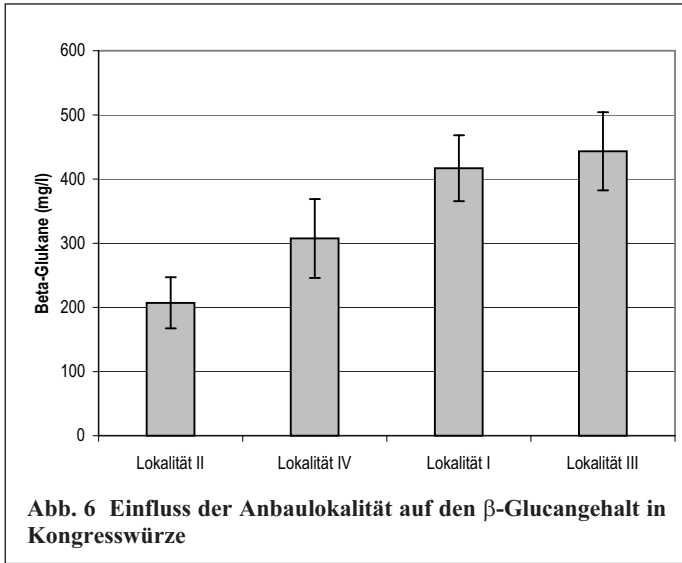


Abb. 6 Einfluss der Anbaulokalität auf den β -Glucangehalt in Kongresswürze

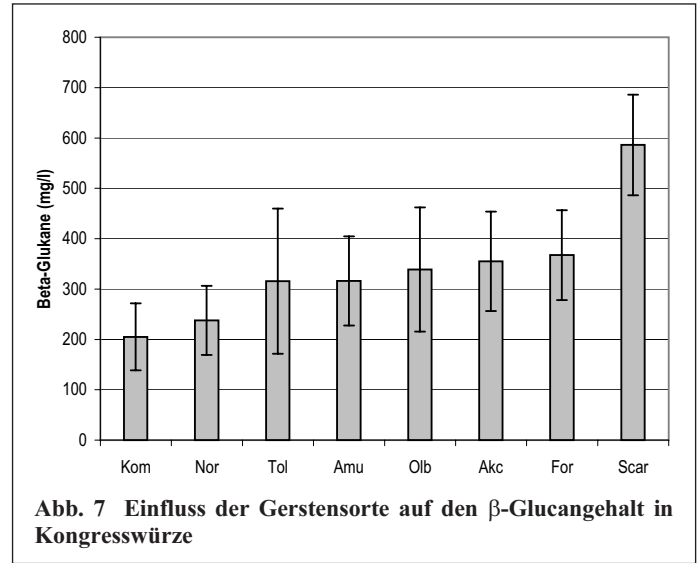


Abb. 7 Einfluss der Gerstensorte auf den β -Glucangehalt in Kongresswürze

Malz und Würze festgestellt ($P < 0,001$). Eine schwache, jedoch auf dem Signifikanzniveau $P = 0,05$ nachweisliche Korrelation wurde für β -Glucane in Gerste und Malz, sowie für β -Glucane in Gerste und Würze festgestellt. Daraus geht hervor, dass die fast 50%igen Schwankungen des β -Glucangehaltes in Malz oder Würze durch die unterschiedliche Aktivität der β -Glucanasen verursacht wird, was der bereits publizierten Feststellung über den dominanten Einfluss des Mälzens auf den Gehalt an β -Glucanen in der Würze entspricht (40).

3.3 Verhältnis der analytischen Kennwerte des Malzes zum Gehalt an Pentosanen und β -Glucanen

Außer dem Einfluss von Sorte und Anbauort wurde auch das Verhältnis jener analytischen Kriterien des Malzes, welche die zytolytische, proteolytische und amylolytische Auflösung des Malzes charakterisieren (Friabilität, Kolbachzahl, Viskosität der Würze, Extrakt Differenz bei grober und feiner Schrotung), zum Gehalt an Pentosanen und β -Glucanen in Malz und Würze untersucht.

Der Gehalt an löslichen Pentosanen in der Würze korrelierte schwach positiv mit der Schrottdifferenz und schwach negativ mit der Friabilität auf einem Signifikanzniveau von $P < 0,05$ (Tab. 4, Abb. 8, 9). Demgegenüber wurde keine Korrelation zwischen den analytischen Kriterien des Malzes und den Gehaltswerten im Malz festgestellt. Durch die angewandte Methode zur Feststellung der Pentosane werden die Pentosane als Ganzes bestimmt. Durch die Methode gemäß der Analytik EBC werden β -Glucane mit einer Molekülmasse von über 1×10^6 bestimmt. Die Viskosität hängt wesentlich von der Molekülmasse der Polysaccharide ab. Es ist demnach wahrscheinlich, dass für den Gehalt an hochmolekularen Pentosanen eine Korrelation mit der Viskosität der Würze festgestellt werden könnte.

Sowohl bei Malz, als auch bei Laborwürze wurde für alle vier erfassten analytischen Kennwerte des Malzes und dem Gehalt an β -Glucanen eine sehr gute Korrelation festgestellt, nachweislich auf einem Signifikanzniveau von $P < 0,001$. Der Gehalt an β -Glucanen korrelierte proportional mit der Viskosität der Würze und der Schrottdifferenz, umgekehrt proportional mit der Kol-

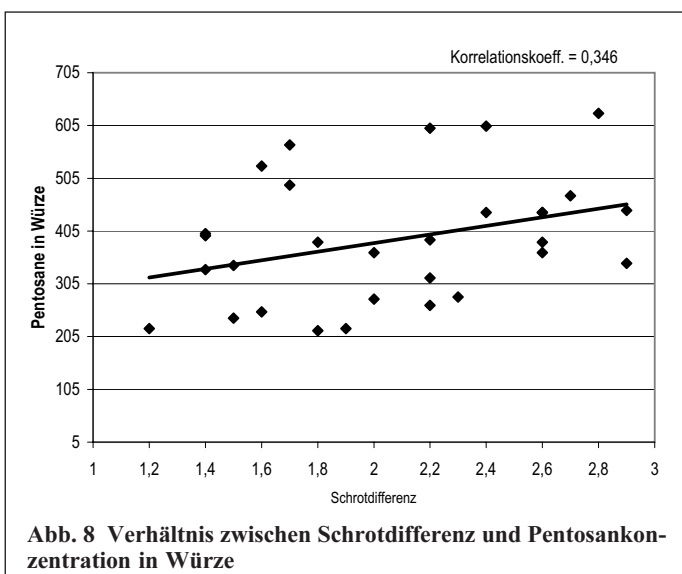


Abb. 8 Verhältnis zwischen Schrottdifferenz und Pentosankonzentration in Würze

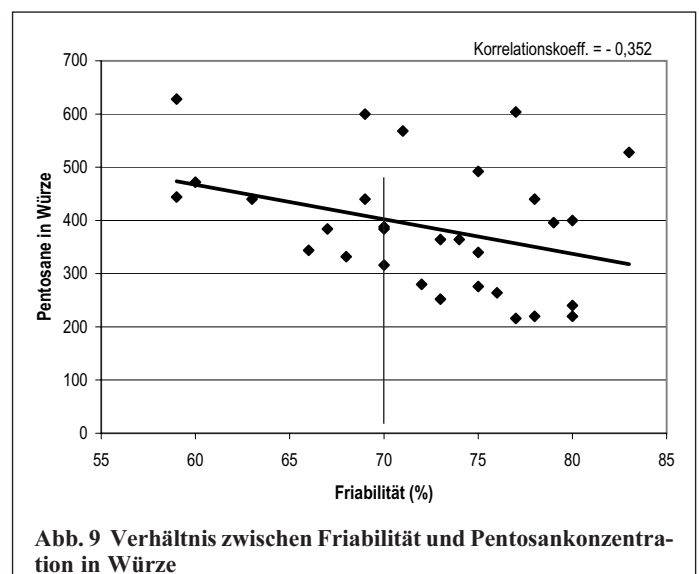


Abb. 9 Verhältnis zwischen Friabilität und Pentosankonzentration in Würze

Tabelle 4 Korrelation von Pentosangehalt, β -Glucangehalt und analytischen Kriterien bei Laborwürze (n = 32)

	β -Glucane		Pentosane	
	Malz	Würze	Malz	Würze
Schrotdifferenz DLFU (%)	0,840***	0,708***	-0,097	0,346*
Viskosität Kongresswürze (mPa.s)	0,630***	0,829***	0,128	-0,037
Kolbachzahl	-0,695***	-0,629***	0,123	-0,123
Friabilität (%)	-0,812***	-0,671***	0,0312	-0,352*

* P<0,05, **P<0,01, *** P<0,001

bachzahl und der Friabilität (Tab. 4). Die Ergebnisse bestätigten eine wesentliche Abhängigkeit des Gehaltes an β -Glucanen im Malz bzw. in der Würze von den analytischen Kennwerten der zytotolytischen und proteolytischen Auflösung. Die β -Glucane befinden sich in den Zellwänden des Endosperms und sind in der Protein-Matrix gebunden.

3.4 Verhältnis des Gehaltes an β -Glucanen und Pentosanen in der Würze

Beim Vergleich des Gehaltes an β -Glucanen und Pentosanen in der Würze wurde ein Trend zu einem umgekehrt proportionalen Verhältnis zwischen dem Gehalt an löslichen β -Glucanen und an Pentosanen in der Würze festgestellt, abhängig von der Lokalität, nicht jedoch von der Sorte (Abb. 10). Ein umgekehrt proportionales Verhältnis zwischen dem Gehalt an β -Glucanen und an Pentosanen im Bier wurde an einer umfangreichen Menge kommerzieller Biere festgestellt (7). In der letzten Zeit wurde festgestellt, dass durch die Wirkung von Xylanasen die Menge löslicher β -Glucane in der Gerste gesteigert wird. Unlösliche Pentosane an den Oberflächen der Zellwände des Stärkeendosperms verhindern den Zutritt der hydrolytischen Enzyme zu den β -Glucanen (41). Dies würde bedeuten, dass bei einer wünschenswerten Senkung des Gehaltes an löslichen β -Glucanen der Gehalt an löslichen hochmolekularen Pentosanen steigen könnte, und das mit einer ähnlich negativen Auswirkung auf die Bierproduktion.

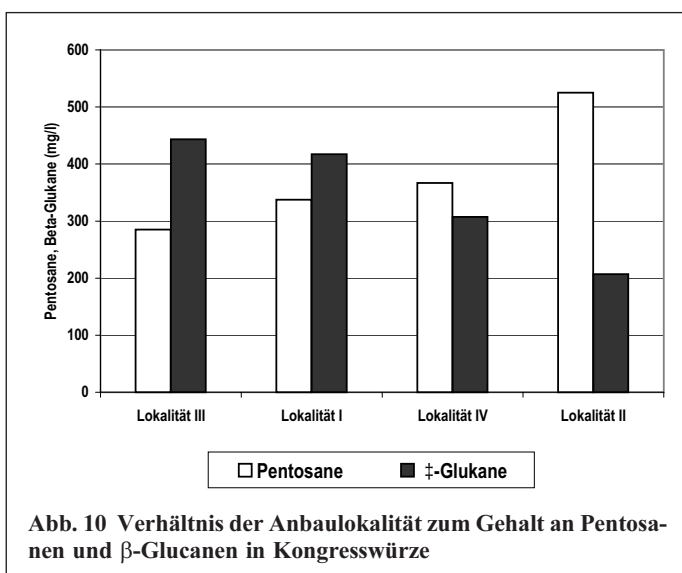


Abb. 10 Verhältnis der Anbaulokalität zum Gehalt an Pentosanen und β -Glucanen in Kongresswürze

4 Schluss

Die durchgeführte Bestimmung des Gehaltes an Pentosanen und β -Glucanen in Gerste, Malz und Würze stellt eine einführende Studie für ein geplantes mehrjähriges Projekt dar. In den folgenden Jahren wird der Einfluss des Jahrganges beurteilt werden können, die Arbeiten werden ebenfalls auf den Nachweis des Einflusses von Pentosanen auf die Abläuterung und die Filtrierbarkeit des Bieres ausgerichtet sein. Die hier präsentierten Ergebnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- Im erfassten Satz von 32 Gerstenproben von acht Sorten Sommer-Braugerste, die in der Tschechischen Republik in vier Anbaustationen angebaut werden (Mittelböhmen, Mittelmähren, Westböhmen und Nordböhmen), wurde ein Durchschnittsgehalt an Pentosanen von 6,31% mit einer Streuung von 5,24 – 7,80% festgestellt. Der Durchschnittswert für Malz betrug 6,94% bei einer Streuung von 5,62 – 8,31%. Für Laborwürze wurde eine durchschnittliche Konzentration an Pentosanen von 388 mg/l mit einer Streuung von 216 – 628 mg/l festgestellt.
- Es wurde ein signifikanter Einfluss sowohl der Lokalität, als auch der Sorte auf den Pentosangehalt der Würze festgestellt. Der Einfluss der Lokalität war stärker als jener der Sorte. Der niedrigste Gehalt wurde bei der Lokalität III (Westböhmen) und der Sorte Olbram festgestellt, der höchste bei der Lokalität II (Mittelmähren) und der Sorte Scarlett. Ein nachweislicher Einfluss der Lokalität auf den Gehalt an Pentosanen wurde auch beim Malz festgestellt. Der Pentosangehalt in der Gerste war weder von der Lokalität, noch von der Sorte abhängig.
- Ein statistisch nachweislicher Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Pentosanen in Gerste, Malz und Würze wurde nicht festgestellt. Festgestellt wurde jedoch ein signifikanter Einfluss von Lokalität und Sorte auf die Löslichkeit der Pentosane und den Anteil an löslichen Pentosanen am Gesamtgehalt an Pentosanen im Malz. Für die Beurteilung der Qualität des Rohstoffes für die Brauerei ist aus Sicht des Pentosangehaltes dessen Bestimmung in der Würze offensichtlich wichtiger.
- Der festgestellte Gehalt an β -Glucanen in der Gerste betrug im Durchschnitt 3,00% mit einem Minimum von 1,95% und einem Maximum von 3,67%. Für Gerste wurde ein Wert von 0,93% mit einer Streuung von 0,45 % – 1,76% festgestellt, für die Würze dann 339 mg/l mit einer Streuung von 107 – 869 mg/l.
- Der Gehalt an β -Glucanen in Malz und auch Würze war nachweislich sowohl von der Lokalität, als auch von der Sorte abhängig. Die niedrigsten Werte wurden für die Lokalität II (Mittelmähren) und die Sorte Kompakt festgestellt, der höchste

Gehalt für die Lokalität III (Westböhmen) und die Sorte Scarlett.

- Ein signifikanter Zusammenhang des Gehalts an β -Glucanen wurde jeweils zwischen Gerste und Malz, Gerste und Würze und auch Malz und Würze festgestellt. Die stärkste Korrelation wurde zwischen Malz und Würze festgestellt ($P < 0,001$).
- Der Gehalt an Pentosanen in der Würze korrelierte negativ mit der Friabilität und positiv mit der DLFU-Schrotdifferenz ($P < 0,05$).
- Es wurde ein starker Einfluss der zytolytischen und proteolytischen Auflösung des Malzes auf den Gehalt an β -Glucanen im Malz und in der Würze festgestellt. Der Gehalt an β -Glucanen korrelierte positiv mit der Viskosität der Würze und der Schrotdifferenz, negativ mit der Kolbachzahl und der Friabilität. Für alle erfassten analytischen Kennwerte wurde eine Korrelation auf einem Signifikanzniveau von $P < 0,001$ festgestellt.
- Es wurde ein Trend zu einem umgekehrt proportionalen Verhältnis zwischen dem Gehalt an β -Glucanen und Pentosanen in der Würze festgestellt, abhängig von der Anbaulokalität. Im Falle einer Bestätigung einer allgemeinen Gültigkeit dieses Trends würde dies bedeuten, dass bei der gewünschten Senkung des Gehaltes an β -Glucanen der Gehalt an Pentosanen steigen würde.

Unser Dank geht an den Tschechischen Brauerei- und Mälzereiverband für die finanzielle Unterstützung des Forschungsprojektes.

5 Summary

Mikyška, A., Prokeš, J., Hašková, D., Havlová, P., and Poledníková, M.: Influence of the species and cultivation area on the pentosan and β -glucan content in barley, malt and wort — Monatsschrift für Brauwissenschaft 55, No 5/6, 88 – 95, 2002

BC 20 General (Malting and brewing)

The influence of the variety and cultivation area on the content of pentosan and β -glucan in barley, malt and wort was studied on a set of 32 specimens from eight varieties of summer-malting barley which are cultivated in the Czech Republic in four cultivation stations (Central Bohemia, Central Moravaian, West Bohemia, North Bohemia). Determined was the influence of both locality and variety on the content of soluble pentosan in the wort, whereby the influence of locality was greater than that of any of the varieties. The lowest content was determined for the locality III (West Bohemia) and the Olbram variety which was highest for the locality II (Central Moravaian) and the Scarlett variety. The influence of the locality on the content of pentosan was also determined and could be evidenced in the case of malt likewise in the same way as the influence of locality and variety on the solubility of pentosan and the proportion of soluble pentosan on the total content of pentosan in malt. There was no relationship found between the content of pentosan in barley, malt and wort. To assess the brewing quality of malt as far as the pentosan content is concerned this also has to be determined in the wort. The β -glucan content in malt and even in the wort depends on both the locality and the variety. The lowest values were determined for the locality II (Central Moravaian) and the Compact variety and the highest content for locality III (West Bohemia) and the Scarlett varieties. The greatest correlation was given between malt and wort. There was a negative correlation of the pentosan content with the friability and a positive correlation with the difference in grist. Determined also was the strong influence of cytolytic and proteolytic dissolution of malt on the β -glucan content in malt and wort. The β -glucan content had a positive correlation with the viscosity

of the wort and the difference in grist and a negative correlation with the Kolbach index and the friability. Furthermore, a trend towards reverse proportionality was determined between the β -glucan and pentosan content dependent on the cultivation area.

Mikyška, A., Prokeš, J., Hašková, D., Havlová, P., et Poledníková, M.: Influence de la variété et du lieu de culture sur la teneur en pentosanes et β -glucanes de l'orge, du malt et du moût — Monatsschrift für Brauwissenschaft 55, No. 5/6, 88 – 95, 2002

BC 20 Généralités (Fabrication du malt et de la bière)

L'influence de la variété et du lieu de culture sur la teneur en pentosanes et β -glucanes de l'orge, du malt et du moût a été examinée dans un lot de 32 échantillons comprenant huit sortes d'orges de printemps qui ont été cultivées dans quatre endroits de la République de Tchéquie (Bohème du centre, Moravie du centre, Bohème occidentale, Bohème du nord). On a remarqué l'influence du lieu de culture mais également de la variété sur la teneur de pentosanes solubles dans le moût. L'influence du lieu de culture était plus importante que celle de la variété. La teneur la plus faible était observée dans la localité III (Bohème de l'ouest) et pour la variété Olbram. La valeur la plus élevée était observée dans la localité II (Moravie du centre) et pour la variété Scarlett. Une influence évidente de la localité et de la variété a également été observée sur le malt concernant la teneur en pentosanes. On a mis en évidence l'influence de la localité et de la variété sur la solubilité des pentosanes et de la part des pentosanes solubles sur la teneur total des pentosanes du malt. Aucune liaison entre la teneur de pentosanes entre l'orge, le malt et le moût n'a été observée. Pour l'évaluation de la qualité brassicole du malt, à partir de la teneur en pentosanes, il est nécessaire d'effectuer ce dosage dans le moût. La teneur en β -glucanes dans le malt et le moût dépend aussi bien du lieu de culture que de la variété. Les valeurs les plus faibles ont été observées dans la localité II (Moravie du centre) et pour la variété Kompakt. Les valeurs les plus élevées se trouvent dans la localité III (Bohème de l'ouest) et pour la variété Scarlett. On a observé une corrélation entre la teneur en β -glucanes de l'orge et du malt, entre l'orge et le moût et entre le malt et le moût. La corrélation la plus élevée était entre le malt et le moût. La teneur en pentosanes a une corrélation négative avec la friabilité et positive avec la différence fine-grosse mouture. On a observé une forte influence de la dégradation cytolytique et protéolytique du malt sur la teneur en β -glucanes du malt et du moût. La teneur en β -glucanes avait une corrélation positive avec la viscosité du moût et avec la différence fine-grosse mouture, et une corrélation négative avec l'indice Kolbach et avec la friabilité. On a également observé une tendance d'une proportionnalité inverse entre la teneur en β -glucanes et la teneur en pentosanes, dépendant du lieu de culture.

6 Literatur

1. Leclercq, C., Dervilly, G., Saulnier, L., Dallies, N., Zimmerman, D., und Roué, C.: Barley and malt pentosans: structure and functionalities in the brewing industry, Proc. EBC Congr. 1999, 429 – 436.
2. Narziß, L., Reicheneder, E., und Erdney, M.J.: Versuchung der Bierfiltration durch exakte quantitative Bestimmung von β -glucan, Monatsschrift für Brauwissenschaft **42**, 277 – 285, 1989.
3. Isidorczyk, M.S., et al.: Effect of molecular size on physical properties of wheat arabinoxylan, J. Agric. Food Chem. **40**, 561 – 568, 1992.
4. Fincher, G.B., Stone, B.A.: Advances in Cereal Science and Technology, American Association of Cereal Chemists, St. Paul MN, 1986, s.207.
5. Friedrich, P.: Isolierung und Charakterisierung von Nicht-Stärke-Gehaltstoffen des Roggens, Forschungsbericht, Humboldt Universität Berlin 1988.
6. Han, J.Y., und Schwarz, P.B.: Arabinoxylan composition in barley, malt and beer, J. Am. Soc. Brew. Chem. **54**, 216 – 219, 1996.

7. Schwarz, P.B. und Han, J.Y.: Arabinoxylan composition commercial beers, *J. Am. Soc. Brew. Chem.* **53**, 157 – 159, 1995.
8. Viëtor, R.J., Voragen, A.G.J., Angelino, S.A.G.F.: composition of non-starch polysaccharides in wort and spent grain from brewing trials with malt from a good malting quality barley and feed barley, *J.Inst.Brew.* **99**, 243 – 248, 1993.
9. Ducroo, P., Frelon, P.G.: Improvement of beer production by the use of β -glucanase-pentosanase from *Diphorostrichum dimorphosporum*, *Proc. EBC Congr.*, 1989, 445 – 452.
10. Steward, D.C., Hawthorne, D., und Evans, D.E.: Cold sterile filtration: A small scale filtration test and investigation of membrane plugging, *J.Inst. Brew.* **104**, 321 – 326, 1998.
11. Meier, P.M., Jansen, G.P., Blazka, S., und Hedge, R.: Investigation of plugging colloides on microporous membrane filters, *Tech. Quart. MBAA* **32**, 25 – 31, 1995.
12. Sudarmana, D.L., Goldsmith, M.R., Hihn, A.H., Pecar, M.A., Hawthorne, D.B., und Kavanagh, T.E.: Microfiltration studies with a modified membrane filterability procedure, *Tech. Quart. MBAA* **33**, 63 – 72, 1996.
13. Bacic, A., und Stone, B.A.: Chemistry and organisation of aleurone cell wall components from wheat and barley, *Aust. J.Plant Physiol.* **8**, 475 – 495, 1981.
14. Fincher, B.G.: Ferulic acid in barley cell walls – A fluorescence study, *J.Inst.Brew.* **82**, 347 – 349, 1976.
15. Viëtor, R.J.: Structural characteristic of arabinoxylans from barley, malt and wort, Ph.D. Thesis, Wageningen Agricultural University, Netherlands.
16. Moore, J., Bamforth, C.W., Kroon, P.A., Bartolome, G., und Williamson, G.: *Biotechnology Letters* **18**, No. 12, 1423, 1996.
17. Steiner, K.: Die Pentosane in der Bierherstellung, *Brauerei-Rundschau* **79**, Nr. 6, 153 – 159, 1968.
18. Preece, I.A., und Hobkirk, J.: Non-starchy polysaccharides of cereal grains. V. Some hemicellulose fractions, *J. Inst. Brew.* **60**, 490, 1954.
19. Lehtonen, N., und Aikasalo, R.: Pentosans in barley varieties, *Cereal Chem.* **64**, Nr.2, 133 – 134, 1987.
20. Schuster, K. et al.: Über die Gummistoffe der Gerste und ihr Verhalten während der Malz- und Bierbereitung, *Brauwissenschaft* **20**, 125 – 135, 1967.
21. Henry, R.J.: The carbohydrates in barley grain — A review, *J. Inst. Brew.* **94**, 71 – 78, 1988.
22. Ballance, G.M., Hall, R.S., und Manners, D.J.: Studies of some arabinoxylans from barley endosperm walls, *Carbohydr. Res.* **150**, 290 – 294, 1986.
23. Fincher, G.B.: Morphology and chemical composition of barley endosperm cell walls, *J. Inst. Brew.* **81**, 116 – 122, 1975.
24. Ahluwalia, B., und Fry, S.C.: Barley endosperm cell walls contain a feruloylated arabinoxylan and non-feruloylated β -glucan, *J. Cereal Sci.* **4**, 287 – 295, 1986.
25. Hashimoto, Shogren, M.D., und Pomeranz, Y.: Cereal pentosans: Their estimation and significance III Pentosans in abraded grains and milling products, *Cereal Chem.* **64**, 39 – 41, 1987.
26. Henry, R.J.: Changes in β -glucan and other carbohydrate components of barley during malting, *J. Sci. Food Agric.* **42**, 333 – 341, 1988.
27. Slade, A.M., Høj, P.B., Morrice, N.A., und Fincher, G.B.: Purification of xylan endohydrolases from germinated barley, *Eur. J. Biochem.* **185**, 533 – 539, 1989.
28. Benjavonkkulchai, E., und Spencer, M.S.: Barley aleurone xylanase: Its biosynthesis and possible role, *Can. J. Bot.* **67**, 297 – 302, 1989.
29. Debyser, W., Delvaux, F., und Delcour, J.A.: Activity of arabinoxylan Hydrolyzing enzymes during mashing with barley malt or barley malt and unmalted wheat, *J. Agric. and Food Chem.* **46**, 4836 – 4841, 1998.
30. Debyser, W., Derdelinckx, G., und Delcour, J.A.: Arabinoxylans and arabinoxylan hydrolyzing activities in barley, malts and the worts derived from them, *J. Cereal Sci.* **26**, 67 – 74, 1993.
31. Tykkanen, T., Sweins, H., und Stenholm, K.: *Mallas Olut*, Nr.1, 4 – 12, 1998.
32. Henry, R.J.: Genetic and environmental variation in the pentosans and β -glucans content of barley and their relation to malting quality, *J. Cereal Sci.* **4**, 269 – 277, 1986.
33. Bathgate, G.M., und Dalgliesh, C.E.: The diversity of barley and malt β -glucan *Proc. Am.Soc.Brew. Chem.* **33**, 32 – 36, 1975.
34. Narziß, L.: β -Glucan und Filtrierbarkeit, *Brauwelt* **132**, Nr.37, 1696 – 1706, 1992.
35. Prokeš, J.: Jakost jec36. mene sklizne 1999, *Kvasny Prum.* **45**, 334 – 35, 1999.
36. *Analytica EBC 5th Ed.* Hans Carl Verlag, Nürnberg 1998.
37. Havlová, P.: β -glukany a jejich význam pro pivovarství, *Kvasny Prum.* **47**, 174 – 176, 2001.
38. Douglas, S.G.: A rapid method for the determination of pentosans in wheat flour, *Food Chemistry* **7**, 139 – 145, 1981.
39. Šusta, J., Havlová, P., Prokeš, J., Mikyška, A., und Hrabák, M.: Vliv charakteru sladu na charakter piva, *Výzkumná zpráva, VÚPS*, 2000.
40. Narziß, L., Reicheneder, E., und Gerber, K.: Maischversuche zur Beeinflussung der Gehalte an α - und β -glucanen und somit der Filtrierbarkeit des Bieres, *Brauwissenschaft* **34**, 15 – 26, 1981.
41. Bamforth, C., und Kanauchi, M.: A simple model for cell wall of starchy endosperm in barley, *J. Inst. Brew.* **107**, No. 4, 235 – 240, 2001.

(Manuskripteingang: 28. 1. 2002)