

RYCHLOST ZKVAŠOVÁNÍ SACHARIDŮ MLADINY A BUNĚČNÝ CYKLUS PIVOVARSKÝCH KVASINEK

I. Metabolismus sacharidů tří kmenů pивовarských kvasinek za podmínek modelového kvašení

WORT SUGARS UPTAKE RATE AND CELL CYCLE OF BREWING YEAST

I. Wort sugars metabolism of three brewing yeast strains during pilot plant fermentation

JAN NOVÁK, GABRIELA BASAŘOVÁ, PAVEL DOSTÁLEK, Ústav kvasné chemie a bioinženýrství, FPBT, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6-Dejvice, e-mail: jan.novak@vscht.cz

Novák, J. – Basařová, G. – Dostálek, P.: Rychlost zkvašování sacharidů mladiny a buněčný cyklus pивовarských kvasinek. I. Metabolismus sacharidů tří kmenů pивовarských kvasinek za podmínek modelového kvašení. Kvasny Prum. 50, 2004, č. 5, s. 126–129.

V předložené práci se sledovala metabolická aktivita tří kmenů spodních pивовarských kvasinek ve vztahu k utilizaci hlavních zkvasitelných sacharidů mladiny maltosy, glukosy a fruktosy. Šlo o kmeny č. 2, 7 a 95 označené podle sbírky VÚPS. Pracovalo se v podmínkách čtvrtprovozního modelového kvašení při 13 °C. Jako růstové médium byla použita mladina z provozu jednoho českého pivovaru. Původní koncentrace extraktu mladiny byla 12 % a část sladu v sypaní byla nahrazena nesladovaným ječmenem. Během kvašení docházelo k postupnému zkvašování sacharidů mladiny. Nejdříve a nejrychleji byla utilizována glukosa, poté následovala fruktosa a maltosa. Po poklesu hladiny glukosy na 35–55,7 % původní koncentrace byla zkvašována maltosa. Kmeny č. 2 a č. 95 vykazovaly nižší citlivost ke glukose, jelikož exponenciální fáze utilizace maltosy nastala při 45 % (kmen č. 2) a 55,7 % (kmen č. 95) zbytkové glukosy, což je více, než vyplývá z literárních poznatků. Porovnáním rozdílů v rychlosti utilizace zkvasitelných sacharidů mladiny byly mezi hodnocenými kmeny zjištěny odchylky. Kmen č. 7 byl vyhodnocen jako kmen s nejkratší a s nejstrmější lineární fází utilizace maltosy. U kmene č. 95 byla lineární fáze zkvašování maltosy nejdelší, kmen č. 2 se v této vlastnosti projevil jako kompromisní mezi kmeny č. 7 a č. 95. Během modelové fermentace došlo ke změně poměru sacharidů mladiny a potvrdilo se, že fruktosa je zkvašována pomaleji a méně než glukosa a maltosa. Testované kmeny se ve změně tohoto poměru lišily, ne u všech však byla tato změna statisticky významná. Z těchto výsledků lze usuzovat na změnu charakteru „sladkosti“ mladiny resp. hotového piva s nezanedbatelným podílem zbytkové fruktosy.

Novák, J. – Basařová, G. – Dostálek, P.: Wort sugars uptake rate and cell cycle of brewing yeast. I. Wort sugars metabolism of three brewing yeast strains during pilot plant fermentation. Kvasny Prum. 50, 2004, No. 5, p. 126–129.

The objective of this work was to study the metabolic activity of three strains of lager yeast in relation to the utilization of main wort sugars glucose, maltose and fructose. Yeast strains No. 2, 7 and 95 (marked in accordance with RIBM 655 – Culture Collection of Brewing Yeasts) were used in the study. The experiments were carried out in pilot plant scale fermenter at the temperature of 13 °C. The original gravity of wort was 12 % and the malt in grist was partly substituted by unmalted barley. During pilot plant fermentation the wort sugars were utilized step by step. Glucose was utilized first followed by fructose and maltose. Maltose was fermented after the glucose concentration in wort decreased to 35–55.7 % of its original level. Strains No. 2 and 95 seemed to be less sensitive to glucose since the exponential phase of maltose utilization started at 45 % (strain No. 2) and 55.7 % (strain No. 95) of residual glucose level in wort, which is more than the concentrations found in the literature. Comparing the fermentable sugar uptake rates there were found differences between by the studied strains. The strain No. 7 showed the shortest and fastest linear phase maltose utilization. The linear phase of maltose utilization was the longest for the strain No. 95 while the properties of the strain No. 2 could be found between strains No. 7 and 95. During pilot plant main fermentation changes in wort sugars ratio occurred and it was proved that fructose is fermented at lower rate and to lower degree than glucose and maltose. There were observed differences among examined strains in terms of changes of the wort sugars ratio, however, not all the changes were statistically significant. Fructose seems to play a significant role in the changes of the “sweetness character” between unfermented malt and beer.

Novák, J. – Basařová, G. – Dostálek, P.: Geschwindigkeit der Saccharidenvergärung in der Würze und Zellzyklus der Brauereife.

I. Metabolismus der Saccharide von 3 Hefestämmen unter Modellgärungsbedingung. Kvasny Prum. 50, 2004, Nr. 5, S. 126–129.

In diesem Artikel wurde metabolische Aktivität von 3 untergärigen Brauereifestämmen im Bezug zur Utilisation der Maltose, Glukose und Fruktose beschrieben. Es handelte sich um die folgende Stämme, Nr. 2, 7, und 95, nummeriert laut Sammlung des Forschungsinstitutes für Brauereien und Mälzereien in Prag. Die Würze wurde im einen Pilotplant bei 13 °C vergoren. Für die Versuche wurde eine herkömmliche Würze aus einer tschechischen Bierbrauerei angewandt, 12° Plato, teil der Schüttung wurde durch ungemälzte Gerste ersetzt. Während der Gärung wurden Saccharide der Würze schrittweise vergoren, als erste und schnellste wurde Glukose utillisiert, danach folgte Fruktose und als die letzte Maltose. Nach der Senkung des Glukosegehalts auf den Wert von 35% bis zu 55,7% des ursprünglichen Gehalts folgte die Gärung der Maltose. Stämme Nr. 2 und Nr. 95 wiesen eine niedrigere Empfindlichkeit gegen die Glukose auf, weil die Exponentphase der Maltoseutilisation ist schon beim Wert 45% (Stamm Nr. 2) und 55,7% (Stamm Nr.95) eingetreten worden, das ist jedoch mehr als der Literaturquellen entzogen werden kann. Durch Unterschiedsvergleich der Utilisationsgeschwindigkeit von vergärbaren Sacchariden der Würze wurden unter ausgewerteten Stämmen einige Abweichungen festgestellt. Der Stamm Nr. 7 wurde als einer mit der kürzesten und steilsten Utilisationsphase der Maltose festgestellt. Die Linearphase der Maltosevergärung wurde beim Stamm Nr. 97 die längste, weil der Stamm Nr. 2 zwischen beiden Stämmen blieb. Während der Modellgärung ist eine Änderung vom Saccharidenverhältnis in der Würze eingetreten, weiterhin konnte es auch bestätigt werden, dass Fruktose langsamer und weniger im Vergleich mit Glukose und Maltose vergoren wird.

Bei den zum Test angewandten Hefestämmen wurde dieses Saccharidenverhältnis verschieden, aber die Abweichung war statistisch nicht bedeutend.

Aus diesen Resultaten konnte auf eine Charakteränderung der „Würzesüßigkeit“, bzw. des fertigen Bieres mit einem unvernachlässigbaren Anteil der Restglukose herausgezogen werden.

Новак, Й. – Басаржова, Г. – Досталек, П.: Скорость сбраживания сахаридов сусла и клеточный цикл пивных дрожжей. 1. Метаболизм сахаридов трех штаммов пивных дрожжей в условиях модельного брожения. Kvasny Prum. 50, 2004, No. 5, стр. 126–129.

Была исследована метаболическая активность трех штаммов пивных дрожжей низового брожения в отношении к утилизации главных сбраживаемых сахаридов сусла мальтозы, глюкозы и фруктозы. Были исследованы штаммы No. 2, 7 и 95, обозначенные по коллекции НИИ по пиву и солоду. Работа проходила в условиях модельного брожения при 13 °C. В качестве питательной среды было использовано сусло из одного чешского пивзавода. Начальная концентрация экстракта сусла была 12 %, причем часть засыпки содержала несоложенный ячмень. В течение брожения проходило постепенное сбраживание сахаридов сусла. Как первая и самая быстрая оказалась утилизация глюкозы, после того фруктозы и мальтозы. После падения уровня глюкозы на 35 % – 55,7 % начальной концентрации наступило сбраживание мальтозы. У штаммов No. 2 и 95 оказалась более низкая чувствительность к глюкозе, потомучто экспоненциальная фаза утилизации мальтозы наступила при 45 % (штамм No. 2) и 57 % (штамм No. 95) остаточной глюкозы, т.е. выше, чем приводится в литературе. Сравнением разниц скорости утилизации сбраживаемых сахаридов сусла были среди оцениваемых штаммов обнаружены отклонения. Штамм No. 7 оказался как штамм имеющий самую краткую и крутую линейную фазу утилизации мальтозы. Штамм No. 95 оказался как штамм имеющий самую продолжительную фазу сбраживания мальтозы, штамм No. 2 оказался в этом свойстве как компромисс между штаммами No. 7 и 95. В течение модельного сбраживания произошло изменение отношения сахаридов сусла и было подтверждено, что фруктоза сбраживается медленнее и по меньшей части чем глюкоза и мальтоза. Тесту подвергаемые штаммы отличались в изменении этого отношения, однако не у всех оказалось это изменение статистически значительным. Из этих результатов можно рассуждать на изменение характера сладкого вкуса сусла, или готового пива с непренебрежимой долей остаточной фруктозы.

Klíčová slova: pivovarské kvasinky, kvasničné kmeny, sacharidy, maltosa, glukosa, fruktosa, metabolismus
Keywords: brewing yeast, yeast strains, saccharides (wort sugars), maltose, glucose, fructose, metabolism

1 ÚVOD

V buňkách živých organismů probíhá nepřetržitá látková výměna neboli metabolismus, který zajišťuje dostatečné množství stavebního materiálu a energie pro veškeré životní projevy, jako jsou reakce na podněty z okolí, zachování buněčné celistvosti a genetické linie. Vnější podmínky, genetické vlastnosti, složení média a další specifické okolnosti jsou potom určujícími faktory rychlosti a způsobu této přeměny [1]. Pivovarské kvasinky spodního kvašení *Saccharomyces cerevisiae* subsp. *carlsbergensis* nejsou z tohoto hlediska výjimkou [2, 3].

Hlavním zdrojem energie spodních pivovarských kvasinek jsou zkvasitelné mono- až trisacharidy mladiny, jejichž vzájemný poměr kolísá podle typu a kvality použitého sladu, varního postupu a podílu sladových náhražek [3, 4]. Z energetického hlediska lze zkvasitelné sacharidy mladiny rozdělit na ty, jejichž transport probíhá pasivně, a ty, jež potřebují k přenosu aktivní transport [2, 5]. Do první zmiňované skupiny patří především glukosa, fruktosa a sacharosa. Cytoplasmatická membrána není pro sacharosu průchodná, nicméně na její vnější straně je přítomen konstitutivní enzym β -fruktosidasa neboli invertasa (EC.3.2.1.26), která v sacharose hydrolyticky štěpí vazbu mezi glukosou a fruktosou. Vzhledem k tomu, že tato reakce probíhá až o tři řády rychleji než vlastní utilizace produktu kvasinkovou buňkou, chová se sacharosa v přítomnosti kvasinek jako směs glukosy a fruktosy [6].

Sacharidy mají nesmírný vliv na organoleptické vlastnosti potravin (chuť, vzhled, textura). Jedním z možných vyjádření organoleptických vlastností jednotlivých sacharidů je podle Velíška [7] tzv. relativní sladivost vztahovaná na disacharid sacharosu. Relativní sladivost vybraných sacharidů mladiny je uvedena v tab. 1. Dále je známo, že glukosa je metabolizována rychleji než fruktosa [8]. Vzhledem ke sladivosti fruktosy (až 4,5krát vyšší než glukosa), může dojít k ovlivnění charakteru piva při vyšší surogaci sacharosou [7, 8].

Do druhé skupiny se řadí hlavně maltosa, která tvoří téměř tři čtvrtiny zkvasitelného extraktu mladiny, a dále maltotriosa. Tyto sacharidy vstupují do buňky nerozložené a vyžadují aktivní transport. Enzymy transportního systému maltosy, maltotriosy a α -1,4-glukosidasy (EC.3.2.1.20), která katalyzuje hydrolyzu maltosy, nejsou neustále přítomny (jsou indukční povahy) a musejí být teprve syntetizovány. Indukci syntézy inhibuje glukosa, při jejíž vysoké koncentraci v médiu může po rychlém rozkvašení dojít k zastavení kvasného procesu. Kvašení sacharidů druhé skupiny probíhá po charakteristické křivce, kterou lze rozdělit na pět částí, a to část stagnace, kdy nejsou syntetizovány příslušné enzymy, přechodovou s narůstající rychlostí utilizace při-

slušného sacharidu, lineární, pro niž je typická konstantní rychlost utilizace, která je za daných podmínek maximální. Následuje opět přechodová část a nakonec se utilizace při určité zbytkové koncentraci sacharidu zastaví (stacionární část) [9].

2 MATERIÁL A METODY

Při pokusech bylo sledováno zkvašování sacharidů mladiny a buněčný cyklus kvasinek tří kmenů kvasnic nejvíce rozšířených v českých pivovarech. Šlo o kmeny č. 2, 7 a 95 označené podle sbírky VÚPS. Kvasnice byly odebrány v provozech tří velkých pivovarů, a to po druhém provozním nasazení.

Jako růstové médium byla použita mladina z provozu jednoho českého pivovaru. Původní koncentrace extraktu mladiny byla 12 % a část sladu v sypání byla nahrazena nesladovaným ječmenem. Koncentrace rozpuštěného kyslíku v mladině byla před zakvašením upravena vzdušnicím věnečkem na hodnotu 7 mg.l⁻¹.

Kvasnice byly před nasazením promyty vodou z vodovodního řadu, vytemperovanou na 4 °C. Objem na jedno promytí odpovídal přibližně desetinásobku objemu promývaných kvasnic. Tato procedura se opakovala, dokud nebyl poměr nečistot a kvasnic u všech vzorků přibližně stejný. Poměr nečistot a kvasnic byl kvantifikován na průtokovém cytometru (postup analýzy je popsán v [10]).

U násadních kvasnic se stanovily hodnoty acidifikačního testu podle Kary a kol. [11], ukazující na fyziologický stav populace, a hodnoty viability stanovené barvením propidium jodidem s vyhodnocením na průtokovém cytometru [12].

Hlavní kvašení bylo modelováno v otevře-

Tab. 2 Kvalitativní rozbor násadních kvasnic

Kmen číslo	Vitalita (celková acid. schopnost)	Viabilita [%]
2	2,70	96,4
7	2,29	98,9
95	2,86	97,9

ných skleněných válcích. Kvašení probíhalo za teploty 13 °C. Objem kvasící mladiny v každém válci činil 35 l. Zákvasná dávka byla přibližně 15.10⁶ buněk.ml⁻¹ a kvašení probíhalo 7 dní. Vzorky kvasnic a mladiny byly odebírány před zakvašením a poté v šestihodinových intervalech po dobu 3 dnů a ve dvanáctihodinových intervalech dalších 5 dnů. Vzorky k analýze byly odebírány ze středu kvasného válce. Zákvasná dávka a počet buněk ve vzoru během hlavního kvašení byly určovány mikroskopicky počítáním v Bürkerově komůrce podle metody EBC [13]. Koncentrace rozpuštěného kyslíku v mladině byla zjišťována přístrojem Oxymeter MKT 44A (Insa).

Ze sacharidů mladiny byl sledován úbytek maltosy, glukosy a fruktosy. Pro stanovení obsahu maltosy, glukosy a fruktosy byla použita upravená metoda kapalinové chromatografie (HPLC) podle EBC, popsaná v pivovarsko-sladařské analytice [14]. Sacharidy mladiny (piva) se rozdělí na iontoměničích typu Ostion v Ca²⁺ cyklu technikou HPLC během 20 minut při teplotě 80 °C s použitím deionizované vody jako mobilní fáze. Pro stanovení jednotlivých sacharidů byl použit refraktometrický detektor a jejich množství v mladině bylo určeno metodou kalibrační křivky za použití HPLC standardů sledovaných sacharidů od firmy Sigma Aldrich.

Tab. 3 Zkvašování sacharidů mladiny během modelové fermentace při 13 °C

Čas [h]	Kmen č. 2			Kmen č. 7			Kmen č. 95		
	M	G	F	M	G	F	M	G	F
	[g.l ⁻¹]			[g.l ⁻¹]			[g.l ⁻¹]		
0	68,3	17,4	3,3	68,3	17,4	3,3	68,3	17,4	3,3
6	67,5	16,2	3,4	68,3	16,3	3,3	69,8	17,2	3,3
12	67,1	14,6	3,2	68,1	14,1	3,1	69,1	16,0	3,2
18	68,1	13,3	3,1	68,0	11,8	3,0	69,9	15,1	3,3
24	66,4	11,6	2,9	66,1	9,5	2,7	68,7	14,4	3,2
30	66,3	9,5	2,8	64,5	6,1	2,4	67,5	12,4	3,0
36	66,6	7,4	2,5	61,2	2,7	1,9	64,7	9,7	2,7
42	62,6	2,4	1,6	47,3	1,5	1,3	62,7	5,7	2,4
48	59,3	1,4	1,1	39,9	1,1	0,9	60,6	3,6	2,0
54	55,2	2,1	0,9	33,0	1,2	0,6	55,8	2,5	1,5
60	49,3	1,7	0,8	26,6	1,1	0,6	53,4	2,0	1,0
66	43,0	1,7	0,7	21,2	1,1	0,5	49,5	2,0	0,7
72	37,8	1,3	0,5	15,8	1,0	0,4	45,5	1,5	0,6
78	33,9	1,0	0,3	11,6	0,9	0,5	40,0	1,1	0,7
90	21,9	0,9	0,4	6,8	0,9	0,4	32,8	1,1	0,4
102	10,6	0,9	0,4	5,1	1,1	0,4	26,4	0,8	0,4
114	5,4	1,0	0,4	4,0	0,6	0,5	20,0	0,8	0,3
118	4,3	1,5	0,4	3,8	0,9	0,4	16,1	1,0	0,3
130	3,3	0,7	0,3	3,2	1,1	0,4	10,6	1,3	0,3
142	3,6	0,9	0,3	3,0	0,7	0,3	9,9	0,7	0,3
154	3,6	0,9	0,3	3,0	0,6	0,2	6,4	0,8	0,3
166	2,2	0,7	0,3	2,8	0,6	0,2	4,9	1,0	0,3

Vysvětlivky: M = maltosa, G = glukosa, F = fruktosa

Tab. 1 Relativní sladivost vybraných sacharidů mladiny [7]

Sacharid	% sladkosti sacharosy
Sacharosa	100
Glukosa	40–70
Fruktosa	90–180
Maltosa	30–60

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Před zakvašením jednotlivých kvasných válců byly u sledovaných kvasnic zjištěny hodnoty vitality a viability. Viabilita byla u všech tří kmenů větší než 95 %, přičemž nejvyšší procento mrtvých buněk bylo zjištěno u kmene č. 2. Hodnoty vitality vyjádřené acidifikačním testem (celková acidifikační schopnost) se u sledovaných kmenů mírně lišily. Nejnížší hodnoty celkové acidifikační schopnosti vykazoval kmen č. 7, zatímco kmeny 2 a 95 se v tomto parametru významně nelišily (tab. 2).

V souladu s teorií prezentovanou v úvodu docházelo k postupnému zkvašování sacharidů mladiny (tab. 3). Nejdříve a nejrychleji byla využívána glukosa, poté následovala fruktosa a po poklesu hladiny glukosy na 55,7–35 % původní koncentrace byla zkvašována maltosa. Podle některých prací [8] nastává zkvašování maltosy, až když je zbytková koncentrace glukosy přibližně 40 % původní koncentrace. V citované práci však byla jako surogace použita upravená kukuřičná mouka a glukosový sirup, a proto koncentrace jednotlivých sacharidů nebyly plně srovnatelné s naší prací. Během naší pokusné fermentace bylo zjištěno, že u kmene č. 2 a č. 95 dochází k dřívější utilitaci maltosy i při vyšší hladině glukosy, než je uvedeno výše. Tento trend byl pravděpodobně způsoben podmínkami kvašení, především teplotou 13 °C udržovanou po celou dobu fermentace stejně jako specifickými genetickými vlastnostmi studovaných kvasničných kmenů.

Mezi průběhem zkvašování maltosy (obr. 1), glukosy (obr. 2) a fruktosy (obr. 3) použitými kmeny byly pozorovány odchylky. Při vyhodnocování odchylek v rychlosti zkvašování sacharidů jsme se zaměřili na mal-

Tab. 4 Rovnice regrese lineární části zkvašování maltosy spolu s hodnotami spolehlivosti R

Kmen číslo	Rovnice regrese Y =	Směrnice	Hodnota spolehlivosti R
2	$-0,80X + 95,52$	-0,80	0,99
7	$-1,15X + 97,67$	-1,15	0,98
95	$-0,59X + 86,51$	-0,59	0,99

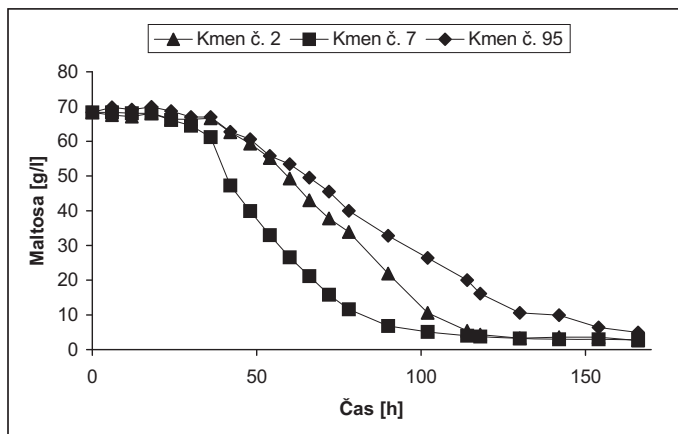
tosu. K její utilitaci se musí v buňkách kvasinek indukovat příslušné enzymy, a její zkvašování probíhá po charakteristické křivce popsané v úvodu článku. V použité mladině byla maltosa převládajícím zkvasitelným sacharidem s podílem 76,7 % (tab. 3). Pro vyhodnocení lineární části křivky zkvašování maltosy byla z naměřených hodnot metodou nejmenších čtverců vypočtena rovnice regrese a z ní vyplývající směrnice přímků, která je v nepřímém úměrném vztahu k rychlosti zkvašování maltosy.

Nejnižší hodnota (-1,15) směrnice byla zjištěna u kmene č. 7, což dobře koreluje s charakteristikou tohoto kmene, uvedenou v našich dřívějších pracích [15]. U kmene č. 7 byla také pozorována největší odchylka (obr. 4) tohoto parametru v porovnání s odchylkou mezi zbývajících dvěma kmeny. Lineární fáze zkvašování nastala u tohoto kmene nejdříve, mezi 24. a 30. hodinou kvašení, a byla také v porovnání s ostatními kmeny nejkratší, s koncem ve 114. hodině (obr. 1). Kmen č. 95 naopak vykazoval nejvyšší hodnotu směrnice zkvašování maltosy, a to -0,59. Lineární fáze zkvašování maltosy byla u tohoto kmene také nejdelší se začátkem ve 30. a koncem ve 130. hodině kvašení. Kmen č. 2 se ve sledovaných vlastnostech projevil jako kompromisní mezi kmenem č. 7 a kmenem č. 95, pouze počátkem lineární

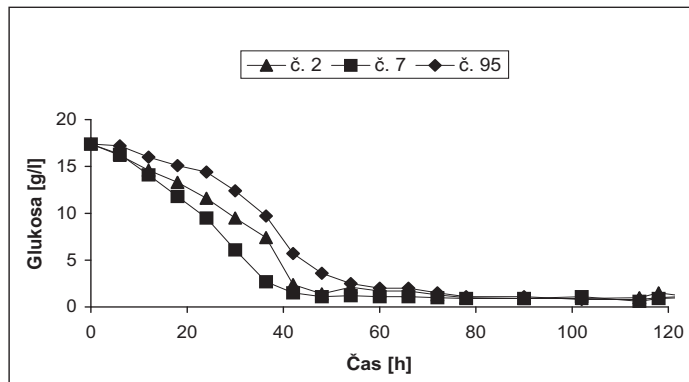
fáze zkvašování maltosy v 36. hodině kvašení se od zbývajících dvou mírně lišil (obr. 1). Rovnice regresní přímků spolu s hodnotami spolehlivosti R2 jsou uvedeny v tab. 4. Výše diskutované rozdíly ve zkvašování maltosy vyplývají z genetických vlastností sledovaných kmenů a svůj podíl zřejmě měla i vyšší teplota kvašení.

Další odchylky mezi kmeny by bylo možno zachytit při podrobném rozboru přechodové části křivky zkvašování maltosy (logaritmická-lineární a lineární-stacionární). Rozbor nebyl proveden, jelikož zvolený interval odběru vzorků (6 hodin) neposkytoval dostatek údajů pro vyhodnocení.

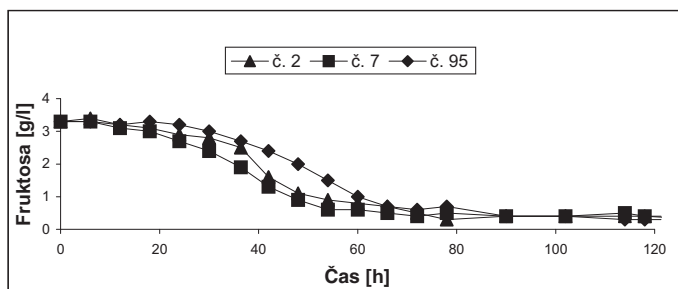
Dále se u sledovaných kmenů zjišťoval jejich vliv na změnu poměru jednotlivých sacharidů po skončení hlavního kvašení. Při vyhodnocení poměru glukosa/fruktosa (dále jen G/F) se potvrdily poznatky uvedené v odborné literatuře [6], že glukosa je zkvašována přednostně, což se projeví ve změně poměru. Největší změna tohoto poměru byla zjištěna u kmene č. 2. Z původní hodnoty G/F v mladině 5,3 poklesla na hodnotu 2,3. Naproti tomu u kmene č. 95 se snížila na 3,3. U všech sledovaných kmenů byla však změna poměru G/F významná, což bez ohledu na mírné odlišnosti mezi jednotlivými kmeny ukazuje na pravděpodobné změny v charakteru „sladkosti“ oproti původní mladině. Dalším výraz-



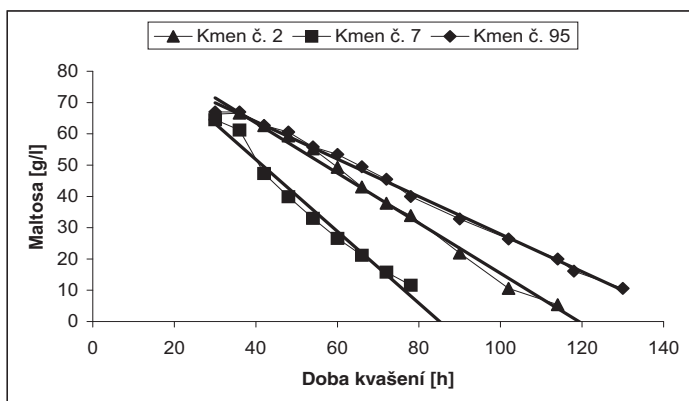
Obr. 1 Vliv kmene kvasnic na rychlost utilizace maltosy během kvašení při 13 °C



Obr. 2 Vliv kmene kvasnic na rychlost utilizace glukosy během kvašení při 13 °C



Obr. 3 Vliv kmene kvasnic na rychlost utilizace fruktosy během kvašení při 13 °C



Obr. 4 Regresní přímků lineární fáze zkvašování maltosy

Tab. 5 Změna poměru hlavních zkrasitelných sacharidů na počátku a na konci hlavního kvašení

Poměr cukrů	Kmen číslo	Začátek	Konec
Glukosa/Fruktosa	2	5,3	2,3
	7		3,0
	95		3,3
Maltosa/Fruktosa	2	20,7	8,7
	7		14,0
	95		16,3
Maltosa/Glukosa	2	3,9	3,7
	7		4,7
	95		4,9

ným příkladem tohoto trendu je rozdíl mezi původním poměrem maltosy ke fruktose (dále jen M/F), kde byla nejvýraznější změna pozorována opět u kmene č. 2, kdy z původního poměru M/F 20,7 poklesl tento na 8,7. Nejnížší změna pak byla pozorována u kmene č. 95 (tab. 5). Pokud se vyhodnotí změna poměru maltosy ke glukose, zjistí se, že se během hlavního kvašení poměr těchto dvou cukrů výrazněji nemění, snad s mírnou odchylkou pozorovanou u kmene č. 95 (tab. 5). Z výše uvedených skutečností vyplývají za daných podmínek charakteristické vlastnosti testovaných kmenů pivovarských kvasinek ve vztahu ke změně poměru jednotlivých cukrů mladiny a jejich možné důsledky pro změnu charakteru „sladkosti“ piva oproti původní mladině. Vzhledem ke sladivosti fruktosy (až 4,5krát sladší než glukosa a až 6krát než maltosa) a zbytkovým koncentracím sledovaných sacharidů může být její podíl na celkovém profilu „sladkosti“ hotového piva výraznější, než se doposud soudilo.

4 ZÁVĚR

Sledováním metabolismu zkrasitelných sacharidů mladiny během modelového kvašení bylo u tří testovaných kmenů spodních pivovarských kvasinek č. 2, č. 7 a č. 95 (dle sbírky VÚPS), používaných v českých pivovarech, zjištěno několik skutečností.

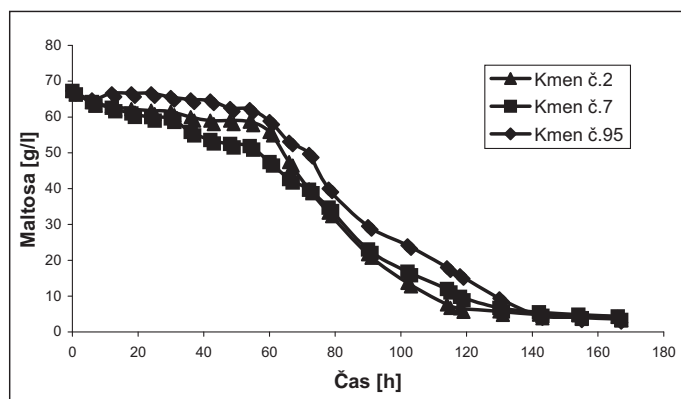
U všech kmenů bylo shodně pozorováno postupné zkvašování sacharidů mladiny. Na rozdíl od jiných publikovaných prací nastalo u kmene č. 2 a č. 95 zkvašování maltosy i při vyšší koncentraci glukosy, než bylo uváděno.

Lineární fáze zkvašování maltosy byla nejkratší a nejstrmější u kmene č. 7 a nejdéší u kmene č. 95. Kmen č. 2 se v této vlastnosti projevil jako kompromisní mezi kmeny č. 7 a č. 95.

Během modelové fermentace došlo ke změně poměru sacharidů mladiny a potvrdilo se, že fruktosa je zkvašována pomaleji a z menší části než glukosa a maltosa. Testované kmeny se ve změně tohoto poměru lišily, ne u všech však byla tato změna statisticky významná. Z těchto výsledků lze usuzovat na změnu charakteru „sladkosti“ mladiny resp. hotového piva s nezanedbatelným podílem zbytkové fruktosy.

DODATEK

Po modelovém kvašení provedeném při 13 °C byla provedena fermentace při 9 °C. Při této teplotě, která je považována za typickou pro piva českého typu, se tolik neprojevily rozdíly mezi hodnocenými kmeny (obr. 5). Na základě těchto údajů se lze domnívat, že se zvý-



Obr. 5 Vliv kmene kvasnic na rychlost utilizace maltosy během kvašení při 9 °C

šenou teplotou je možno očekávat zvýšené odchylky od známých technologických vlastností daných kmenů. Míra náchylnosti k těmto změnám se u pozorovaných kmenů liší. Výsledky zkvašování sacharidů při této fermentaci, stejně jako některé další hodnoty, jsou uvedeny v diplomové práci Jana Špačka [16].

Literatura

- [1] Rozsypal, S.: Nový přehled biologie, Scientia, Praha, 2003.
- [2] Basařová, G.: Vývoj teorie a praxe kvašení a dokvašování piva. Kvasny Prum. 48, 2002, s. 61.
- [3] Basařová, G., Čepička, J.: Sladařství a pivovarství. SNTL, Praha, 1986.
- [4] Kunze, K. J.: Technology Brewing & Malting. 2nd revised Edition, VLB, Berlin, 1999.
- [5] Vodrážka, Z. et al.: Biochemie, Academia, Praha, 1999 (dotisk).
- [6] Walker, M. G.: Yeast Physiology and Biotechnology, Wiley, Brisbane, 1999.
- [7] Velišek, J., et al.: Chemie potravin. OSSIS, Tábor, 1999.
- [8] Willaert, R.: Sugar consumption kinetics by brewers yeast during the primary beer fermentation. Cerevisia 26, 2001, s. 43.
- [9] Šilhánková, L.: Mikrobiologie pro potravináře a biotechnology. Victoria Publishing, Praha, 1995.
- [10] Novák, J., Basařová, G., Fiala, J.: Vliv praní a skladování pivovarských kvasnic na jejich kvalitu. Kvasny Prum. 49, 2003, s. 260.
- [11] Kara, B., Simpson, W. J., Hammond, J. R. M.: Prediction of the fermentation performance of brewing yeast with the acidification power test. J. Inst. Brew. 94, 1988, s. 153.
- [12] Boyd, A.: Evaluation of light scattering and autofluorescent properties of brewers wort for flow cytometric analysis of yeast viability. J. Inst. Brew. 106, 2000, s. 319.
- [13] Hammond, J. R. M.: Analytica Microbiologica II, Section 3, Eur. Brew. Conv. Nürnberg 1992, s. 1.
- [14] Basařová, G. et al: Pivovarsko-Sladařská Analytika III, Merkanta, Praha, 1992, s. 561.
- [15] Basařová, G., Bláha M., Veselý P.: Vliv kmene kvasnic na senzorickou stabilitu piva, Kvasny Prum. 49, 2003, s. 3.
- [16] Špaček, J.: Vliv kmene kvasnic a technologických podmínek na utilizaci aminokyselin mladiny. Diplomová práce, VŠCHT Praha, 2003.

Lektorovala doc. Ing. Daniela Šmogrovičová, Ph.D.
Do redakce došlo 23. 2. 2004

KOH-I-NOOR Mladá Vožice a.s. nabízí před sezónou k přímému prodeji **výčepní ventil, dvoudílné zátky a plastové podložky** pod soudek, které jsou doplňkem pětilitrových pivních soudků.



V případě Vašeho zájmu nás kontaktujte na adrese:

KOH-I-NOOR Mladá Vožice a. s.
prodejní oddělení
391 43 Mladá Vožice 620
Tel. a fax: 00420 381 401 204
e-mail: sales@kohinoor.cz
www: www.kohinoor.cz