

Pivo, produkt mikrobiální činnosti*)

FRANTIŠEK HLAVÁČEK, Praha

663.5

Pivo nabývá svých charakteristických vlastností teprve kvašením. Kdybychom pивní mladinu nebo jakýkoli extrakt ze sladu a chmele smísili s příslušným množstvím alkoholu a nasýtili kyslíčkem uhlíčitým, nevznikl by ještě nápoj podobný pивu. Je třeba mikrobiální činnosti, aby došlo k přeměně a vyloučení některých látek z extraktu mladiny a byly získány chuťové a dietetické vlastnosti, kterých si u piva ceníme.

Pivo se vyrábí z hodnotných a přirozených surovin, z ječného sladu a chmele. Již sladování ječmene, spojené s biochemickými procesy, tvorbou enzymů apod., je určitým zušlechťovacím procesem, který pak pokračuje v mikrobiální činnosti kvasnic.

Pro jakost piva je důležité správné složení pивní mladiny, zejména příznivý poměr cukrů k necukrům, vhodné rozštěpení bílkovin a potřebný obsah chmelových hořkých látek. Pro činnost kvasnic je mladina velmi dobrým substrátem, neboť obsahuje dostatek živných a růstových látek, získaných biologicky vhodnou formou enzymovými přeměnami v průběhu sladování a varního procesu.

Největší a nejdůležitější součástí extraktu mladiny jsou cukry. Na složení extraktu mladiny se podílejí jednotlivé složky takto: maltóza 60 až 70 %, glukóza a fruktóza 6 až 9 %, sacharóza 2 až 5 %, nezkvasitelné dextriny 15 až 20 %, bílkoviny 4 až 6 %, dále pak v menších podílech pentozany, třísloviny, hořké látky z chmele, gumovité látky a látky minerální. Mladina obsahuje též organické kyseliny, volné aminokyseliny, vitaminy B₁, B₂, amid kyseliny nikotinové, kyselinu pantothenovou aj. Pивní mladina obsahuje vždy dostatek snadno asimilovatelných bílkovin a růstových látek.

Chuť pивní mladiny je drsná a není tak lahodná, jak by se dalo předpokládat u extraktu s tak bohatým obsahem cukrů. Chuťové složky jednotlivých

látek (cukrů, bílkovin, chmelových hořkých látek) nejsou ještě vzájemně zladěny a výrazně se projevují zejména chmelové hořké látky.

Alkoholické kvašení, vyvolané u našich pив kvasinkami spodního kvašení (*Saccharomyces carlsbergensis*), probíhá zhruba podle rovnice stanovené již skoro před 150 lety Gay-Lussacem. Působením enzymů komplexu kvasničné zymázy vznikají z jedné molekuly hexózy 2 molekuly alkoholu (etanolu) a 2 molekuly kyslíčnku uhlíčitého. Chemismus lihového kvašení je velmi složitý, postupuje řadou meziproduktů, z nichž se některé vyskytují v nepatrném množství ještě v hotovém pивě. Schéma průběhu lihového kvašení, tak jak bylo sestaveno G. Embdenem, O. Meyerhofem a dalšími, je uznáváno většinou současných badatelů, i když se zjišťuje, že někdy vznikají odchylky v tvorbě meziproduktů.

Rozhodující pro jakost piva jsou ovšem hlavní produkty lihového kvašení, etanol a kyslíčnik uhlíčitý. Naše světlá piva mají přibližně tyto obsahy alkoholu:

7° světlé pivo	1,6 až 2,0 % váh.
10° světlé pivo	2,7 až 3,1 % váh.
12° světlé pivo	3,5 až 4,0 % váh.

U tmavých pив, která jsou méně prokvašena, je obsah alkoholu o něco nižší.

Alkohol a jeho opojné účinky jsou asi příčinou, že se pivo vyrábělo a pilo již od pradávna. Vyplývá to z přirozené potřeby lidstva po pospolitosti a rozptýlení od všedních starostí života. V nízké koncentraci, jak je alkohol v pивě přítomen, nepůsobí při mírném požívání na lidské zdraví škodlivě. To je potvrzeno i výroky známých lékařů. Pivo také nelze považovat za pouhý zředěný roztok alkoholu. F. Just provedl pokusy s pивem a vodním roztokem alkoholu stejné koncentrace. Při konzumu piva přijímá tělo s každým 1 g alkoholu přibližně stejné množství lehce resorbovatelných sacharidů a asi desetinu tohoto množství v rozštěpených bílkovi-

*) Předneseno na semináři Čs. společnosti mikrobiologické v Praze, dne 14. prosince 1961.

nách. Má to značný význam pro další přeměnu alkoholu v lidském těle, jak právě prokázaly pokusy F. Justa [1]. Alkohol přispívá k plnosti chuti piva, zlepšuje jeho organoleptické vlastnosti, zvyšuje jeho trvanlivost a je také původcem některých změn, které nastávají v průběhu kvašení v koloidním stavu.

Druhým nejdůležitějším produktem lihového kvašení je kysličník uhličitý. Převážná část sice při hlavním kvašení uniká, není-li jímána, avšak pivo se dostatečně sytí ještě při dokvašování. Kysličník uhličitý, vzniklý kvašením, je v pivě lépe vázán než uměle přidaný. Předpokládá se, že při pozvolném dokvašování vzniká určitá fyzikálně chemická vazba s některými extraktivními látkami, zejména polypeptidy a aminokyselinami. K adsorpci kysličníku uhličitého může dojít také u některých koloidů (dextrinů, bílkovin, chmelových pryskyřic). Vazbu ovlivňují i fyzikální činitele, teplota, tlak a tlakové změny. Čím lepší je vazba, tím menší jsou bublinky unikajícího kysličníku uhličitého a tím hustší je pěna. Dobře vázaný kysličník uhličitý, vzniklý kvašením, působí současně s látkami, na které je adsorpcí vázán, příznivě na stěny žaludku a sekreci žaludečních šťáv. Společně s alkoholem a hořkými látkami chmele působí toxicky na některé mikroorganismy a zvyšuje trvanlivost piva.

Vývin kysličníku uhličitého, zejména při hlavním kvašení, má významnou funkci pro vyčeření a zjemnění chuti piva. Podobně jako při některých rozpěňovacích procesech, také zde, strhují bublinky CO_2 látky, které vyvločkovaly a vynášejí je k povrchu. Tyto látky jsou pak, po ukončení hlavního kvašení, odstraňovány v pokrývkách. Jsou to zbytky kalů, tříslóbílkovinné sloučeniny, chmelové pryskyřice a jiné látky, které v průběhu kvašení denaturovaly a musí být odstraněny, aby pivu nedodávaly natrpklou příchut. Tímto způsobem vyčeřená piva mají jemnější a plnější chuť než piva, u kterých tyto látky byly odstraněny filtrací již před kvašením. Kvašení bylo vždy pokládáno za proces čistící a piva se čerila jen v průběhu kvašení a dokvašování.

Kromě etanolu a kysličníku uhličitého vznikají při kvašení enzymovým štěpením vedlejší produkty, vyšší alkoholy, sloučeniny aldehydické nebo ketonické povahy a některé organické mastné kyseliny. Jejich množství je v poměru k tvorbě alkoholu a kysličníku uhličitého nepatrné a velmi kolísá. Je závislé na průběhu kvašení, zejména na fyziologickém stavu kvasnic, dále na typu kvasnic (nízko nebo hluboko prokvašujících) a také na složení mladiny.

Význam pro jakost piva mají vyšší alkoholy, tzv. přiboudlina. Vznikají při kvašení desaminací aminokyselin. Hlavní složkou přiboudliny jsou pentanoly (amylalkoholy). Isobutanol a ostatní vyšší alkoholy se vyskytují v pivě jen v zcela nepatrných koncentracích. Jsou to látky, které se vyznačují i ve velmi zředěném stavu určitou vůní a chutí. V pivě se projevují pravděpodobně jen tehdy, když tyto alkoholy esterifikují dlouhým ležením. V našich pivech se pohybuje jejich množství mezi 50 až 80 mg v 1000 ml piva. Domněnky, že vyšší alkoholy

způsobují při konzumu piva bolení hlavy jsou s ohledem na uvedenou nízkou koncentraci nepravděpodobné. Z fyziologických hledisek nemají tyto látky význam.

V nepatrném rozsahu se tvoří při kvašení také glycerol. Vzniká na počátku kvašení působením dehydrogenázy a fosfatázy z glyceraldehydfosfátu a za určitých podmínek může jeho obsah stoupnout až na 2 %. Normálně v našich pivech bývá jen 0,2 %. Vedlejším produktem lihového kvašení je také kyselina jantarová. Množství různých jiných organických kyselin, mléčné, mravenčí, octové aj., souvisí se složením mladiny, není zvlášť vysoké a účinky těchto kyselin jsou blokovány ústojnou schopností mladiny. Vliv vedlejších produktů lihového kvašení na jakost a fyziologickou hodnotu piva nebyl podrobně studován. Není pochyby, že tyto látky vzniklé enzymovým štěpením a biologickými procesy mají u potravin z fyziologických hledisek význam a že jim v budoucnu musí být věnována zvýšená pozornost.

Mikrobiální činnost v průběhu kvašení a dokvašování není omezena pouze na činnost kulturních kvasinek spodního kvašení, o kterých byla zmínka v úvodu. K zakvašování pивní mladiny se používá sice čistých kultur, vypěstovaných a pomnožených v propagačních stanicích z jedné kvasničné buňky, ale provozní mladiny nejsou vždy sterilní a ani u násadních kvasnic nelze zabránit při častějším nasazování (pasážování) částečné infekci. S tím se ovšem v praxi počítá a je všeobecně známo, že se zdravé a aktivní kvasnice již v prvních stadiích kvašení a rozmnožování s infekcí účinně vypořádají a její rozvoj tlumí.

Některé mikroorganismy velmi rychle odumírají působením vzniklých metabolitů, lihu a kysličníku uhličitého (termobaktérie), činnost jiných je v nepříznivém prostředí utlumena. Vždy je však třeba velké opatrnosti, aby se nerozšířila infekce. Za normálních podmínek a při dnešních technických zařízeních není nebezpečí tak velké i když při mikroskopických prohlídkách zjišťujeme vždy kromě kvasinek i jiné mikroorganismy. Je to tzv. místní flóra, která je charakteristická pro každý jednotlivý závod a je spolu ještě s jinými vlivy příčinou chutových vlastností jednotlivých piv. Studium těchto otázek se zabývá v poslední době S. Windisch [2].

Soustavně sledoval 11 světlých západoněmeckých piv a v pravidelných lhůtách určoval membránovou filtrací mikroorganismy, které nacházel ve filtrovaném, nepasterovaném pivě. Kromě kulturních kvasinek a bakterií, které posuzoval souborně, zjistil 35 různých kvasinkovitých mikroorganismů a plísní. U skupin světlých piv plzeňského typu z celkového počtu mikroorganismů zjistil např. bakterií 14,09 %, pivních kvasinek 29,72 %, *Pichia membranaefaciens* a *Candida mycoderma* 5,29 %, *Rhodotorula mucilaginosa* 5,52 %, *Hansenula anomala* 6,35 %, *Pullularia pullulans* 4,18 %, plísní 1,87 % atd. Jak je zřejmé, bývá i v dobře filtrovaných pivech ještě pestrá směsice mikroorganismů, která se může do piva dostat ovšem také mimo hlavní kvašení, zejména při stáecím procesu. Vzájemně

vztahy těchto mikroorganismů mezi sebou a ke kvasinkám nejsou ještě zcela vysvětleny, také ne jejich vliv na konečnou jakost piva. Tak např. jsou mikrobiálního původu acetoin a diacetyl, kterým se připisuje nepříznivý vliv na chuť a vůni piva. Předpokládalo se, že vznikají činností pediokoků, tzv. pивní sarcíny. Dnes jsou však známé mnohé práce [3], které prokazují, že acetoin a diacetyl vznikají při spodním kvašení za určitých okolností i bez přítomnosti pediokoků. Vliv činnosti škodlivých mikroorganismů (divokých kvasinek, tyčinek, pediokoků) je v moderních velkopivovarech při použití správné desinfekční techniky a čistých kultur velmi snížen a nedochází již k tak zhozným účinkům škodlivých mikroorganismů jak tomu bylo dříve.

Zbývá ještě se zmínit o úbytku látek v mladině, který nastává mikrobiální činností. Souvisí s prokvašením mladiny. Skutečný stupeň prokvašení se pohybuje u našich světlých piv kolem 60 %, to znamená, že asi 60 % extraktivních látek ubylo. Byly přeměněny na líh a kysličník uhličitý, využity k tvorbě biomasy, adsorbovány na povrchu kvasinek a nebo vysráženy a odstraněny v pokrývkách nebo při filtraci. Největší úbytky nastaly v cukrech, kde byly zkvašeny takřka veškeré zkvasitelné látky, monosacharidy, disacharidy a část trisacharidů a zbývají jen oligosacharidy a nezkvasitelné dextriny. Jen asi 2 % cukrů je asimilováno kvasinkami a 98 % je zkvašováno. Celkový obsah dusíku se snižuje asi o $\frac{1}{3}$. Kvasnice však v průběhu kvašení vylučují kvasničné bílkoviny a podle *de Clercka* se dusík v hotovém pivě skládá z $\frac{3}{4}$ z dusíkatých látek sladu a asi $\frac{1}{3}$ z bílkovin, vyloučených kvasnicemi. Obsah pentozanů se snižuje asi o 30 až 40 %. U kvasnic dochází pravděpodobně pouze k adsorpci pentozanů, převážná část je asi vylučována s ostatními koaguláty. U ostatních látek se dají těžko definovat podíly využití mikrobiální činností a úbytky vzniklé fyzikálními vlivy.

V krátkém přehledu je poukázáno jen na hlavní produkty a změny extraktu vyvolané mikrobiální činností. Pivo je konzumováno v stadiu dokvašování, je tedy do určité míry nápojem „živým“, neboť některé enzymové a oxido-redukční procesy v nepatrném rozsahu pokračují i v hotovém pivě.

Chemické složení piva se různí podle stupňovitosti původní mladiny. Se stoupající stupňovitostí se v pivě zvyšuje obsah alkoholu, skutečný extrakt a také celková kyselost. pH zůstává u všech piv prakticky stejné. O obsahu alkoholu v pivech byla již zmínka, obsah kysličníku uhličitého se u našich piv pohybuje mezi 0,3 až 0,4 % váh. Nezkvašený extrakt tvoří v snížených podílech látky obsažené již v původní mladině. Protože pivo ještě dokvašuje, vyskytují se v extraktu vždy zbytky maltózy, jinak se skládá z nezkvasitelných dextrinů, dusíkatých látek, pentozanů, tříslovin, hořkých látek a látek minerálních.

K látkám, které při výrobě mladiny byly získány z hodnotných surovin, sladu a chmele, přistupují ještě látky vzniklé mikrobiální činností. Pivo jako celek musí být posuzováno z obou těchto hledisek. Je nápojem, který vznikl přirozeným kvasným procesem, má určitou nutriční hodnotu, je však

především pochutinou, která osvěžuje a má velmi vhodné dietetické vlastnosti. Pivo je také prosto patogenních mikroorganismů. Touto otázkou se zabýval podrobně *H. J. Bunker* [4], který zjistil, že v dobře chmelených pivech, vyšší stupňovitosti, se naočkováné mikroorganismy (*Escherichia coli*, *Salmonella typhi* aj.) nepomnožují a po určité době zanikají.

Po stránce nutriční nelze u piva poukazovat pouze na kalorickou hodnotu, která odpovídá např. u 10° piva asi 360 cal, ale také na okolnost, že živné látky jsou v pivě přítomny v rozpuštěném stavu a mohou být proto v lidském těle zužitkovány lépe a rychleji.

Nutriční a dietetickou hodnotou piva se v poslední době zabývalo mnoho autorů. Zvýšená pozornost byla věnována nutričně důležitým látkám: aminokyselinám, vitaminům, minerálním látkám a stopovým prvkům obsaženým v pivě.

Z aminokyselin obsahuje pivo obvykle alanin, prolin, glycin, kyselinu glutamovou, arginin, serin, lysin, leucin, isoleucin a phenylalanin.

Obsahy vitaminů v pivě jsou udávány v literatuře různě. Pro naše poměry jsou směrodatné studie *F. Justa* a *A. M. Herbstové* [5]. Sledovali obsah vitaminů ve 14 světlých 12° pivech a zjistili tato množství:

vitamin B ₁	0,04 mg/l
vitamin B ₂	0,03 až 0,4 mg/l
vitamin B ₆	0,47 mg/l
niacin [kys. nikotinová]	8,8 mg/l
kys. pantothenová	1,0 mg/l

Obsah vitaminu B₁ je snížen, ježto kvasinky tento vitamin zadržují. Množství vitaminů v pivě je vyšší, než se dříve předpokládalo, a může pozoruhodně přispět ke krytí denní vitaminové potřeby člověka. Pivo obsahuje asi 2 až 2,5 g/l minerálních látek (síry 550 mg, fosforu 150 mg, chloru 125 mg, draslíku 1000 mg, vápníku 40 mg, hořčíku 115 mg) [6]. Ze stopových prvků jsou v pivě obsaženy zinek, měď, mangan a hliník. Z minerálních látek je především připisován význam organicky vázané síře a obsahu hořčíku.

V roce 1951, na mezinárodním chemickém kongresu, pronesl prezident Harvardské university *dr. Connant* názor, že do r. 1990 bude základem nápojového průmyslu pouze syntetický alkohol a mikroorganismů bude použito jen ve vedlejších kvašení k dosažení potřebných chuťových složek, jak je tomu například již nyní při průmyslové výrobě sherry. Jistě bude velkým problémem vyrobit nápoj stejných hodnot jako pivo použitím obdobného způsobu. Z tohoto krátkého přehledu je zřejmé, že v zemích s tradiční pivovarskou výrobou bude proti tomuto názoru mnoho výhrad. Teprve další výzkum a přesné sledování všech fyziologicky a nutričně důležitých komponent piva nám umožní zvážit možnost částečné náhrady mikrobiální činnosti zásahem chemickým.

Pivo, v složení jak jej známe, zaujímá již dlouhou dobu první místo v nápojovém průmyslu a uhájilo si v světovém měřítku toto místo až dodnes. Souvisí to s jeho jakostí a zejména s tím, že pivo jako kvašený nápoj vyhovuje nejlépe širokému okruhu kon-

zumentů. Bude však třeba ještě dalšího průzkumu látek obsažených v pivě, zejména těch, které vznikají mikrobiální činností a odlišují pivo od ostatních umělých nápojů. Úkolem moderní technologie pak bude dbát, aby pivo i při nových technologických procesech nebylo ochuzeno o látky, které jsou z hledisek biologických a nutričních důležité.

Literatura

- [1] Just, F.: EBC Proceedings 1955, str. 311.
- [2] Windisch, S.: EBC Proceedings 1959, str. 266.
- [3] Voerkelius, G. A.: Brauwissenschaft 14, 299 (1961).
- [4] Bunker, H. J.: EBC Proceedings 1955, str. 330.
- [5] Just, F., Herbst, A. M.: Wissenschaftliche Beilage 7, 11 (1954).
- [6] Vaillant, J. M.: Petit Journal du Brasseur (ref. Kvasný průmysl 7, 45) (1961).

Došlo do redakce 15. 1. 1961.

ПИВО — ПРОДУКТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МИКРОБОВ

В статье показывается решающее влияние деятельности микробов на качество пива. Приводятся результаты новейших исследовательских работ объясняющих зависимость между изменениями экстракта и деятельностью микробов. Микробиологические условия влияют на содержание метаболитов брожения, витаминов, аминокислот, рассеяных элементов и некоторых других веществ определяющих диететические и питательные достоинства пива.

DAS BIER ALS PRODUKT MIKROBIELLER TÄTIGKEIT

Der Artikel macht auf die Bedeutung der mikrobiellen Tätigkeit für die Endqualität des Bieres aufmerksam. Es werden die letzten Erkenntnisse über die Extraktveränderungen angeführt, welche durch die mikrobielle Tätigkeit verursacht werden. Es wird auf den Gehalt an Metaboliten der Gärung, weiters an Vitaminen, Aminosäuren, Spurelementen und anderen für die diätetischen und ernährenden Eigenschaften des Bieres wichtigen Stoffen hingewiesen.

BEER — THE PRODUCT OF MICROBIAL ACTIVITY

The article deals with the microbial activity in beer and underlines its effect upon the quality of the final product. Results of recent research works explaining the relation between the changes taking place in extract and microbial activity are discussed. Microbial activity effects the proportion of fermentation metabolites, vitamins, amino acids, trace elements and some other components determining the nutritive and dietetic properties of beer.