

ЗА ХИМИЯТА НА БИРАТА

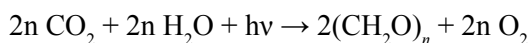
Ивелин Кулев

Софийски университет „Св. Климент Охридски“

Резюме. Тази статия предлага информация за производството на бира в наши дни. Елементи от историята на бирата също са обект на обсъждане. Химизмът на биреното производство, възникнало в зората на човечеството, е изяснен в нужната степен.

Keywords: beer production, chemical reactions, fermentation, Bulgarian beer

Разбира се, всичко започва с фотосинтезата. Това е процесът, чрез който растенията превръщат слънчевата енергия в химическа. Процесът фотосинтеза означава, че от въглеродния диоксид в атмосферата зелените части на растенията синтезират въглеродсъдържащи съединения, което би могло да се изрази с уравнението:



Следователно, процесът на фотосинтеза води освен до синтезиране на различни въглеводороди – например захари, още и на кислород, който пък е необходим на дишащите кислород животни и човека. Всъщност кислородът на Земята се е образувал именно благодарение на този процес.

Но да се върнем на бирата.

Наред с производството на вино в редица региони на древния свят се е произвеждало и употребявало и друго питие, което е продукт на ферментацията – бира. Под термина „бира“ се разбира алкохолсъдържащо питие, което е произведено чрез озахаряване на нишесте (скорбяла), без да се използва дестилация. Ферментацията превръща захарите, получени в резултат на фотосинтезата, в етилов алкохол и въглероден диоксид съгласно уравнението:



По същество бира може да се произведе от всяка зърнена култура, но най-добре това става чрез използване на ечемик (*Hordeum vulgare*). При това ечемикът в зависимост от това, за каква цел се използва, се подразделя на: фуражен, пивоварен и ечемик за брашно.



Фиг. 1. Снимка на пивоварен, двуреден ечемик
(*Hordeum sativum ssp. distichum* L)

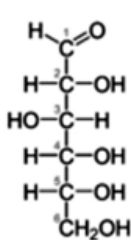
Пивоварният ечемик спада към подвида двуреден ечемик – *Hordeum sativum ssp. distichum* L (Фиг. 1). В класовете на такъв ечемик се образуват само два реда зърна, симетрично разположени един срещу друг. Зърната на двуредния ечемик са сравнително едри и изравнени по големина, като имат правилна форма. Те се отличават с по-тънки обвивки и повече ендосперм. Ендоспермът съдържа основните хранителни вещества на зърното, като относителният му дял спрямо общата маса на зърното е 75 – 85 %. Същевременно такъв ечемик е с по-ниско съдържание на белтъчини и по-високо съдържание на нишесте (скорбяла). Той показва и по-голяма кълняемост. Така за производството на бира най-добър е ечемикът с ниско съдържание на протеини (белтъци) и високо съдържание на въглехидрати. Следователно количеството на азота в такъв ечемик е ниско, тъй като протеините се състоят от аминокиселини.

За съжаление климатичните условия на България, поради високите температури през лятото и ниската сума на валежите, се оценяват като неблагоприятни за получаване на ечемик с висока пивоварна стойност. Такива условия съществуват в някои български полета, които се отличават с по-голяма надморска височина и повече валежи, но в тях се отглежда недостатъчно ечемик, който да е в състояние да захранва пивоварната индустрия на България (Таблица 1).

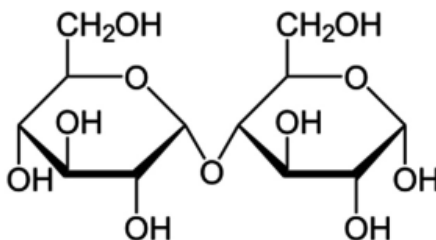
Таблица 1. Консумация и годишно производство на бира

№	Държава	Консумация [dm ³ /човек]	Производство [dm ³]
1	Чехия	159,3	1 818 700 000
2	Германия	109,6	9 807 800 000
3	Австрия	106,2	872 800 000
4	Ирландия	91,0	804 150 000
5	Словения	88,6	144 320 000
...	...	...	...
25	България	59,5	582 000 000

Формулите на глюкозата и малтозата, които са основните компоненти за производството на етилов алкохол от ечемичените зърна, са:

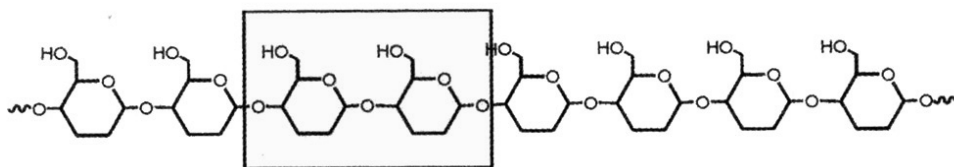


D-глюкоза



малтоза

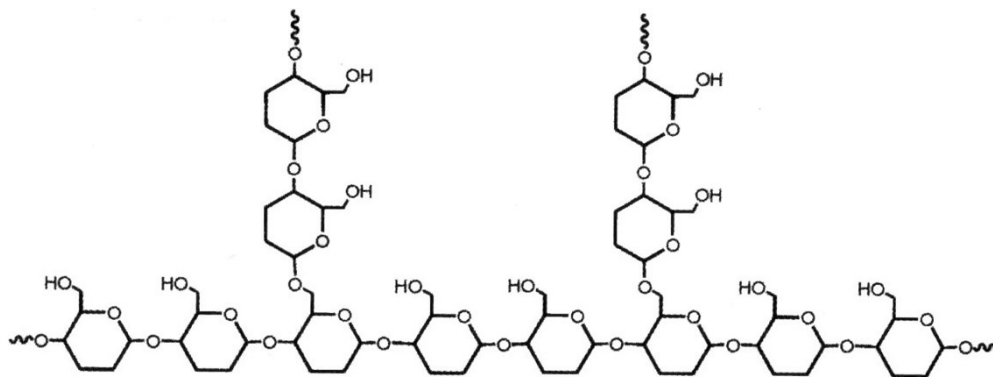
Ечемиченото зърно почти в 60 % се състои от нишесте (скорбяла). От своя страна, нишестето се състои от полиглюкоза, т.е. от молекули глюкоза, които са свързани помежду си. Ечемиченото нишесте се състои от 20 % амилоза и 80 % амилопектин. Амилозата се състои от 60 до 200 единици глюкоза, които се свързват с кислородни мостове.



амилоза

Представената в правоъгълника част на амилозата, която е линейна верига от глюкозидни молекули, свързани с кислородни мостове, представлява малтоза, т.е. амилозата по същество е поредица от молекули малтоза, свързани последователно с кислородни мостове.

Амилопектинът има разклонения и съдържа от 6000 до 40 000 единици глюкоза, които също са свързани с кислородни мостове. Представа за това дава следната формула:



Амилопектин

Всички технологични процеси, които протичат преди ферментацията, имат за цел да разкъсат нишестето и да го доведат до малтоза, респ. глюкоза. Затова първата стъпка в производството на бира е добавяне на вода към ечемичените зърна (до около 45 %) и при температура от 14 до 18°C се оставят за 6 – 8 дни. Това е времето, необходимо на ечемичените зърна да покълнат, при което се извършва частично разграждане на нишестето. В ечемиченото зърно освен нишесте се съдържат 10 – 15 % полизахариди, които не са от типа на амилозата и представляват целулоза, която остава неразложена от действието на процеса на покълването. По-късно тя се отстранява чрез филтруване. В резултат на процеса на покълване на ечемичените зърна се получава т.нар. *зелен малц*.

Следващият етап, при който съдържанието на вода се довежда до 10 – 20 %, се провежда чрез изсушаване на зеления малц с топъл въздух. След това температурата се повишава до 80°C за светлите сортове малц и до 105°C – за тъмните сортове. При това ензимите, които разграждат нишестето, се запазват. Разбира се, колкото по-висока е температурата, толкова по-тъмен е малцът и толкова по-малко ензими остават активни. Поради това за производството на някои видове бира



Фиг. 2. Меден казан за варене на бира

температурата се повишава до 150 – 180°C, а при други дори до повече от 200°C. Така се произвеждат различните сортове тъмна бира.

Пълното разграждане на нишестето до захари се извършва в етапа на размесване на малца с вода и неговото загряване до около 50°C. Съдържащите се в малца зърнца от нишесте набъбват и ензимът амилаза довършва разграждането. То достига до малтоза, но значителна част е и под формата на глюкоза. Така се достига до разграждане на 90 % от първоначално присъстващото нишесте. Около 25 % от нишестето обаче бива разградено до т.нар. декстрини.¹⁾ Това са продукти на частичната хидролиза на нишестето и представляват органични съединения, които съдържат 8 – 12 глюкозидни остатъка. Те остават непроменени в бирата и на тях се дължат плътността и калорийният ефект.

Твърдата част от така получената смес се отделя и филтратът, наричан *сладка бира*, се прехвърля в изработения от мед казан (Фиг. 2). Ако така полученият разтвор бъде директно подложен на ферментация, се получава „бира“, която има неприятен, натрапчив вкус на алкохол. Поради това още от древността чрез добавяне на различни билки и други вещества този вкус се подобрява. Добавяни са неща, които внасят в бирата различни вкусове: на жълди, на анетол, на канела, на сира, на хематит и т.н. С годините обаче е установено, че най-добър и специфичен е вкусът, който придава на бирата хмелът (*Humulus lupulus*) (Фиг. 3). Това става известно



Фиг. 3. Изглед на цветовете на хмела (*Humulus lupulus*)

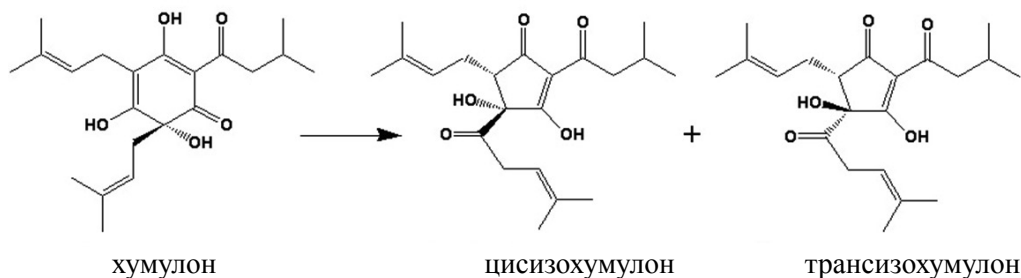
още по времето на древните шумери и оттогава до днес в бирата присъства хмел.

Съществуват женски и мъжки растения хмел. За целите на производството на бира се използват само неоплодените женски цветове. Цветовете на хмела се берат през август – септември и съдържат 80 % вода. Веднага се сушат с топъл въздух (30 – 50 °C) и се съхраняват на студено.

Защо вкусът, който има бирата, е горчив, след като хмелът не горчи, а сладката бира изобщо не го притежава?

По време на варенето в медния казан, което обикновено продължава около един час, първоначално се освобождават етеричните масла, които се съдържат в хмела и които придават на бирата аромата на хмел. Така наречените алфа-киселини: хумулон, кохумулон и адхумулон, които се съдържат в цветовете на хмела, представляват около 12 % от сухото тегло на съцветието. В процеса на варенето обаче алфа-киселините, които притежават един 6-атомен въглероден пръстен (бензенов пръстен), се преобразуват в изокиселини – изохумулон, изокохумулон и изoadхумулон, които притежават 5-атомен въглероден пръстен (Roth, 2007). Точно те придават благородния горчив вкус на бирата.

Продължителността на варенето оказва сериозно влияние върху количеството на изокиселините. Следва да се има предвид, че само около 30 % от цялото количество алфа-киселини се превръщат в изокиселини.



След охлаждане и филтруване към сладката бира, която вече съдържа изокиселините, се добавят на всеки литър около 3 g бирена мая (*Saccharomyces cerevisiae*).²⁾ Започва алкохолната ферментация. Тя превръща наличните захари в сладката бира в алкохол. Алкохолното съдържание в бирата е от порядъка на 5 обемни процента. Съществуват различни видове бира, при които съдържанието на алкохол може да бъде и по-високо. Алкохолната ферментация продължава 6 – 7 дни.

След алкохолната ферментация бирата се нарича „зелена бира“ или „прясна бира“. Тя все още не е годна за пиене. Поради това е необходимо да престои 3 – 4 седмици при температура от 0 до 2 °C. В процеса на „узряване“ остатъците от маята разрушават някои нежелани аромати като сярководород, ацеталдехид и особено пента-2,3-диона. Маята разрушава в бирата, известна като тип „пилз“, диацетила (бутан-2,3-дион), който ѝ придава твърде неприятен аромат. Поради това неговото съдържание следва да бъде доведено до нива от $n.10^{-9} \text{ g/dm}^3$.

По време на този многоетапен начин на приготвяне на бирата почти всички протеини от ечемиченото зърно са разрушени от различните ензими, високата температура, концентрацията на захарите и бирената мая. Много малки количества от най-устойчивите белтъци обаче остават в бирата. Такъв е протеинът, който преобразува мазнините. Този белтък не се разтваря във водата, а само в мазнини. При отваряне на бутилката с бира мехурчетата въглероден диоксид започват да се издигат към повърхността. Заедно с тях се издига и останалият белтък, който не е разтворим във вода, респ. в бира. Така се образува пяна върху бирата. Тя е, която предпазва бирата от затопляне и по нейното количество може да се прецени колко добра е бирата.

И за да довърша разказа за днешната бира, която поглъщаме особено през горещите летни месеци, ще кажа и няколко думи за най-големия народен празник в света, превърнал се във всепризнат празник на бирата – Октомврийският празник на бирата в Мюнхен – Октобъrfест. На 12 октомври 1810 г. бъдещият Лудвиг I се жени за принцеса Тереза фон Заксен-Хилдбургхаузен. За да отбележи този радос-

тен в своя живот факт, той организира за поданиците си празник с ядене, пиене и надбягване с коне на поляните, наречени по-късно „поляните на Тереза“. Мюнхенското дружество на стрелците пък организира в чест на принц Лудвиг фон Байерн и неговата принцеса празнично състезание по стрелба. Всички са толкова въодушевени от това празненство, че на следващата година то бива проведено отново, отбелязвайки една година от сватбата. Тогава и в следващите години финансовата подкрепа от краля на Бавария липсва, но това не намалява веселбата. Така се ражда Октомврийският празник на бирата, който досега не е провеждан само 24 пъти по различни причини – войни, чумни епидемии. От 1819 г. градската управа на Мюнхен поема организацията на празника като променя малко датите с цел да се използват топлите вечери на септември. По този начин Октомврийският празник на бирата се провежда от предпоследната събота на септември до първата неделя на октомври.

На тези празници на бирата в Мюнхен днес се стичат 6 – 7 милиона посетители, които се разполагат на 100 000 седящи места в палатките и извън тях. Част от тях са на големите бирарии в Мюнхен. Посетителите на Октобърфест се разхождат по „поляните на Тереза“ като изпиват 6 – 7 милиона литра бира, изяждат близо 400 000 наденички, към 650 000 пилета, повече от 100 цели вола. Веселят се и се наливат с бира.

За да довърша разказа за днешната бира, ще спомена и за прочутата заповед на херцог Вилхелм IV от 1516 г.:

„...Ние желаем щото отсега нататък навсякъде в нашите градове, пазари и по страната да не се предлага никаква друга бира освен такава, която е произведена от ечемик, хмел и вода...“ (Функцията на бирената мая тогава не е била още позната.)

Накрая, преди да разкажа за бирата в миналото, ще спомена и какво ми каза един познавач на бирите в Мюнхен, когато се чудех каква бира да започна да купувам – Пауланер, Шпатен, Хофброй, Льовенброй, Оксенброй и т.н. На моя въпрос – коя от всичките мюнхенски бири да избира – той ми отговори: „*Слушай, в света се правят два чешита бира. Едната я правят в Пилзен, а другата – в Мюнхен. Всички останали се опитват да направят като тях, но все нещо не им достига. Така че която и мюнхенска бира на избереш, няма да сбъркаш! Всички са много добри!*“.

Навикът да се пие бира обаче не започва с Октобърфеста от Германия или пък от Чехия (Таблица 1). Това питие е познато още от времето на края на неолита, т.е. от преди 10 000 години. Бирата се е родила, разбира се, в района на Месопотамия. Археологическите проучвания показват, че тогава започва одомашняването на житото и ечемика и много скоро се разбира, че от ечемик може да се произвежда

течност, която съдържа етилов алкохол. А хората имат склонност да консумират алкохолсъдържащи напитки!

Откритите при разкопките каменни вани и съдове в Гьобекли тепе, днес в Южна Турция, недалеч от границата със Сирия, както и проведените химически анализи, показват, че те вероятно са служели за производство на течност, подобна на бира. По-сигурни доказателства за пиенето на бира се съдържат в клиновидното писмо на шумерите, които споменават бирата като пиене още преди 6000 години. Но най-старите остатъци от бира са от Годиин тепе, в днешния Западен Иран. Те са датирани преди 5500 г., а от същото време, все от Месопотамия, има писмени доказателства за съществуването на над 20 различни сорта бира.

Характерно за съдовете, в които е съхранявана бира или се е провеждал процесът на ферментация, е натрупването на т. нар. „бирен камък“, представляващ калциев оксалат – $\text{Ca}(\text{COO})_2$. Биреният камък (Michel et al., 1993), който е характерен за бирата, произвеждана от ечемик, има жълтеникав цвят и се отлага на дъното на съдовете или полепва по стените им, тъй като се характеризира със сравнително малка разтворимост във вода ($6,7 \text{ mg/dm}^3$ при 18°C). Идентифицирането на $\text{Ca}(\text{COO})_2$ се осъществява с помощта на качествени реакции за Ca^{2+} - йони и $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ - йон (Кочева & Нонова, 2000).

Освен $\text{Ca}(\text{COO})_2$ за провеждане на анализа на остатъците от бира следва да бъдат установени и редица органични съединения (Evershed, 2008). За тяхното идентифициране намират приложение различни техники за разделяне: газова хроматография и течна хроматография. Наред с това за доказване на различните съединения се използват и методите на спектроскопията: инфрачервена спектроскопия, маспектроскопия, ядреномагнитен резонанс, абсорбционна спектроскопия във видимата и ултравиолетовата част на спектъра (UV-Vis спектроскопия) и т.н.

И така, бирата вероятно е първото алкохолсъдържащо пиене, което е било произвеждано и поглъщано с голямо удоволствие от древните хора, живели много, много години преди нас. Днес ние просто продължаваме тази хилядолетна традиция, с по-голямо разбиране на технологията и химията на процесите, водещи до получаването на добрата за консумация бира...

Наздраве!



БЕЛЕЖКИ

1. В човешкия организъм с помощта на сок, отделян от панкреаса (задстомашната жлеза), декстрините се разрушават в червата, като достигат до глюкоза. Глюкозата се фосфолира от ензим, наречен фосфокиназа, след което се усвоява от организма.
2. През 1835 г. шведският химик Йенс Якоб Берцелиус (1779 – 1848 г.), който е учуден от ефективността на бирената мая, въвежда в химията понятието „катализа“.

ЛИТЕРАТУРА

- Кочева, Л. & Нонова, Д. (2000). *Качествен полумикроанализ: аналитични реакции и системни ходове*. София: Унив. изд. „Св. Климент Охридски“.
- Evershed, R.P. (2008). Organic residue analysis in archaeology: the archaeological biomarker revolution. *Archaeometry*, 50, 895 – 924.
- Michel, R.H., McGovern, P.E. & Badler, V.P. (1993). The first wine and beer. *Anal. Chem.*, 65, 408A – 413A.
- Roth, K. (2007). *Chemische Delikatessen*. Weinheim: Wiley-VCH.

ABOUT THE CHEMISTRY OF THE BEER

Abstract. In the paper is presented the technology of the production of beer today. The technology of beer production is connected with transformation of different chemical substances in the starting products during the technological processes. The information about production of beer in the past as well as the methods of determination of the beer is also discussed.

✉ **Prof. Dr. Ivelin Kuleff, DSc**
University of Sofia
1 James Bourchier Blvd.
1164 Sofia, Bulgaria
E-mail: kuleff@chem.uni-sofia.bg