

Teoretické předpoklady pro výrobu zeleného sladu na chlazených humnech*)

MOJMÍR RŮŽIČKA, Projekční složka Sdružení pivovarů a sladoven Praha, pracoviště Brno

663.421

Před další výstavbou čs. sladoven, která má současně vyřadit malé zastaralé provozovny, zůstává základní otázkou, jak vyřešit v nových sladovnách výrobu zeleného sladu, aby vyhovovala novodobým požadavkům průmyslové velkovýroby. Prozatím není jiná možnost než se rozhodnout buď pro humna, nebo pneumatickou výrobu zeleného sladu, která však přes svůj téměř stoletý vývoj doposud nepředstihla sladování na dobrých humnech ani v kvalitě sladu, ani v technologii a výrobních nákladech.

Jestliže se v cizině přešlo převážně na pneumatickou výrobu zeleného sladu buď v Saladinových skříních, nebo posuvných hromadách, nevedla k tomu pouze snaha automatizovat a mechanizovat. Byl to hlavně další nedostatek humen. Jejich provoz je závislý na klimatických podmínkách, které neúnosně zkracují délku kampaně tohoto klasického zařízení, jež dovedlo do dnešní doby jedinečně obhájit svůj význam ve sladařském průmyslu.

Před další výstavbou československého sladařského průmyslu, který je v jistém smyslu klasický, je hospodářsky nezbytné rozhodnout o dalším způsobu výroby zeleného sladu na základě podrobné prověrky všech známých způsobů.

Je pochopitelné, že u nás musíme v první řadě kriticky prověřit všechny možnosti dalšího vývoje jak pneumatické výroby zeleného sladu, tak jeho výroby na humnech, jejíž mechanizace již značně pokročila.

V klimatizaci, která by zajistila stejnou délku kampaně při sladování humnovém i pneumatickým, nebylo zatím dosaženo vyhovujících výsledků.

Na humnech bylo doposud použito pouze dvou způsobů klimatizace, a to:

1. Vhánění klimatizovaného vzduchu, tj. vzduchu upraveného na maximální vlhkost a optimální teplotu; tento způsob nepřinesl v žádné, z řady použitých variant žádoucí výsledky a prokazatelně se neosvědčil.

2. Montáž chladicího potrubí se solankou nebo studenou vodou, podobně jako v pivovarských sklepech.

Obavy, že vysušováním vzduchu srážením vodních par na studeném potrubí, budou hromady rychleji ztrácet svoji vlhkost, neukázaly se opodstatněné, takže tento způsob chlazení humen se uplatňuje v praxi, i když ekonomicky i technologicky je jeho využití omezeno pouze na určité případy.

U nás byl tento způsob chlazení humen vyzkoušen ve sladovně pivovaru Nitra, kde na podzemní humna o ploše 1200 m² bylo namontováno žebrové chladicí potrubí o ploše 1280 m², chlazené solankou.

Kontrolní měření se konala devět dní (od 23. VI. do 1. VII. 1959), každou hodinu. Při průměrné teplotě vzduchu 21° a průměrné relativní vlhkosti 66 %, dosáhlo se na humnech téměř konstantní

teploty vzduchu 11,3° při průměrné relativní vlhkosti 88,5 %, za kalorické spotřeby chladu 1 108 570 kcal/24 hodiny.

Za těchto podmínek kolísala však teplota v hromadách od 17 do 24°, v průměru 21,7°; nepodařilo se ji více snížit, pravděpodobně v souvislosti s nevhodnou izolací podlahy humna. V daném případě bylo proto zatížení humen 350 q : 1200 m² = 29,1 kg ječmene na 1 m² humen příliš vysoké. To se projevilo v kvalitě sladu i ve výtěžnosti. Přesto byla v pivovaru Nitra prokázána rentabilita této investice, hlavně prodloužením kampaně sladovny a zvýšením její kapacity. Z hlediska výstavby nových velkých sladoven v Československu nejsou však výsledky tak přesvědčivé, aby tento způsob chlazení humen mohl mít rozhodující vliv při řešení zásadní otázky, zda máme vyrábět zelený slad dále na humnech nebo pneumaticky.

Následujícím rozbořem má být zdůvodněn názor, že při výstavbě našich nových sladoven je nejvýhodnější zajišťovat výrobu zeleného sladu z 50 % pneumaticky a z 50 % dále na humnech.

Naši sladaři, i když připouštějí možnost vyrábět kvalitní slady též pneumaticky, dožadují se nové výstavby humen, aby neztratili možnost stálé kontroly růstu, vůně i potu hromad a mohli regulovat proměnné potřeby klíčícího ječmene a zajišťovat tak dokonaleji sladování. Je proto prvořadým úkolem řešit chlazení humen dokonaleji a provozně laciněji, aby výstava nových humen byla zdůvodněna.

Výsledky dosažené na malých humnech mikroskladovny stavěné pro Brusel, potvrdily správnost názoru, že nejvýhodněji lze humna chladit systémem umístěným v podlaze. Vede-li se systémem trubek, zalitých do vyrovnávacího betonu, voda o teplotě 10–12°, určená k máčení ječmene, je možné bez provozních nákladů využít pro tento účel její kalorické hodnoty.

Při navrženém způsobu kombinované výroby namáčí se denně na každých 100 kg ječmene pro humna, dalších 100 kg pro pneumatickou výrobu, takže denní spotřeba máčecí vody pro každých 100 kg ječmene, vedených na humnech, obnáší v průměru $2 \times 0,8 \text{ m}^3 = 1600$ litrů vody. Při průměrné teplotě studniční vody 11° a možnosti zvýšit její teplotu na 16°, tj. o 5°, má příslušné množství vody kalorickou hodnotu $5 \times 1600 = 8000$ kcal/24 h na 100 kg ječmene zpracovaného na humnech, což plně postačuje pro sladování i v letních měsících.

Teoreticky lze tyto údaje zdůvodnit takto:

Je prokázáno, že se při klíčení vydýchá ze 100 kg sušiny ječmene asi 6,7 kg škrobu, přičemž vzniká 10,9 kg CO₂, 3,7 kg vody a uvolní se 26 000 kcal.

Těmto údajům odpovídá rozbor G. Kauerta**) o větrání ve sladovnách, který vyčísluje oxydační změny během klíčení, podle chemických rovnic pro škrob a tuk. Dochází k závěru, že se ze 100 kg

*) Z referátu předneseného na besedě o mechanizaci sladoven pořádané ČSVTS — sekci pro potravinářské strojírenství dne 1. 6. 1960 v Praze.

**) Brauvelt 100, 551 (1960) viz též 100, 175 (1960)

původního ječmene uvolňuje 2,958 kg vody a 21 500 kcal tepla za celkové potřeby vzduchu 26,08 kg pro oxydaci.

Rozdíl proti prvnímu vyčíslení vzniká pouze tím, že pro bilanci sladovacích ztrát byly vzaty v úvahu jako příklad tyto hodnoty: ztráta květem 5 %, máčením 1 % a výdechem pouze 5 %, tj. 4,7 % škrobu a 0,3 % tuku. Při vyšší ztrátě sušiny výdechem se tato čísla zvýší a více odpovídají skutečnosti. Sladovací ztráta zůstane při rozhodování o způsobu výroby zeleného sladu nejdůležitějším kritériem, neboť má vliv na hospodářské výsledky sladování a současně na kvalitu hoto-
vého výrobku.

Je známo, že sladovací ztráta roste s teplotou při klíčení a klesá se vzrůstající koncentrací CO_2 v prostředí, ve kterém ječmen klíčí. Je proto nutné při každém způsobu sladování zajistit optimální teploty v hromadách s takovým odváděním tepla, aby klíčící ječmen neztrácel svoji vláhu a aby větráním nedostával příliš mnoho kyslíku, který by zvyšoval oxydaci. Při plnění těchto požadavků vyniká zásadní rozdíl mezi výrobou pneumatickou a výrobou na humnech.

Při pneumatické výrobě je nutné odvádět všechno teplo výhradně větracím vzduchem. Možnost zvyšovat koncentraci CO_2 a snižovat přebytek kyslíku při současné potřebě velkých množství vzduchu k chlazení hromad, naráží na technické potíže.

Na humnech, kde část tepla je odváděna podlahou a ječmen klíčí v slabé vrstvě, je větrání podstatně menší a dýchání i při nízké koncentraci CO_2 mnohem přirozenější, klidnější i pomalejší.

Početně lze tyto úvahy prokázat takto:

Při pneumatické výrobě se vhání vzduch klimatizovaný na 12° a relativní vlhkosti 100 %. Jeho tepelný obsah je 7,5 kcal při obsahu 8,2 g vody. Nad hromadou lze připustit maximální teplotu 18° a při nasycení 95 %, tepelný obsah 12 kcal a obsah vody 13 g, čímž vzniká kalorická difference 4,5 kcal pro 1 kg vzduchu. Podle příkladu G. Kauerta je nutné odvádět na 100 kg namočeného ječmene 21 500—1500 kcal spotřebovaných pro růst kořínků, tj. asi 20 000 kcal, takže množství vzduchu potřebné k odvedení tohoto tepla obnáší

$$\frac{20\,000}{4,5} = 4\,444 \text{ kg vzduchu, které však současně}$$

odebere klíčícímu ječmenu $4\,444 \times 4,8 = 21\,400 \text{ g}$ vody.

Nakonec dochází G. Kaunert k teoretickému závěru, že vymáčí-li se ječmen s vláhou 43 %, měl by z něho vyrobený zelený slad mít vláhu vyšší o vodu vzniklou dýcháním (3 %) a sníženou o vodu, odvedenou větracím vzduchem (21,4 %), tedy $43 + 3 = 46 - 21,4 = 24,6 \%$ vody. Z praxe je však známo, že se zelený slad nastírá na hvozď s 42 až 43 % vody.

Pro správný výpočet se musí vzít v úvahu již známá vyčíslení, převedená na sušinu, která odpovídají našim zkušenostem z měření provedených na chlazených humnech v pivovaru Nitra.

Ječmen byl vymáčen s vláhou 46 % a úbytek vláhy během klíčení obnášel 1 %. Vycházíme-li z této skutečnosti, pak na 100 kg sušiny připadá

$$\frac{46 \times 100}{54} = 85,2 \text{ kg vody. Po připočtení vody,}$$

vzniklé prodýcháním 6,7 kg škrobu ze 100 kg sušiny, jak bylo uvedeno, tj. $3,7 \text{ kg vody}$, musel by příslušný hotový slad obsahovat $85,2 + 3,7 = 88,9 \text{ kg}$ vody. Na stejné množství vody však připadá po vyklíčení pouze 93,3 kg sušiny, neboť 6,7 kg bylo ztraceno vydýcháním. Jestliže vláha hotového zeleného sladu klesla v průměru na 45 % vody, odpovídá 93,3 kg sušiny množství vody

$$\frac{45 \times 93,3}{55} = 76 \text{ kg.}$$

Z rozdílu mezi původním množstvím 88,9 kg a konečným množstvím 76 kg vody vyplývá, že 12,9 kg vody se muselo odpařit z každých 100 kg sušiny.

K odpaření tohoto množství vody bylo však zapotřebí $12,9 \text{ kg} \times 590 \text{ kcal} = 7\,600 \text{ kcal}$ tepla, které je nutné odečíst z celkově uvolněného množství 26 000 kcal. Další redukce vzniká spotřebou tepla pro růst, průměrně 1400 kcal. Odvádí se proto správně na 100 kg sušiny $26\,000 - 7\,600 - 1\,400 = 17\,000 \text{ kcal}$, neboli na 100 kg namočeného ječmene pouze 14 600 kcal za současného uvolnění $12,9 \times 0,86 = 11,09 \text{ kg}$ vody.

Za takto vyčíslené skutečnosti redukuje se proto množství potřebného vzduchu pro odvedení uvolněného tepla na

$$\frac{17\,000}{4,5} = 3\,777 \text{ kg, které současně}$$

odvádí celkem $3\,777 \times 4,8 = 18\,090 \text{ g}$ vody.

Poněvadž 11 090 g vody bylo uvolněno při klíčení, zbývá pouze 7 000 g, které byly odvedeny navíc a snižují při pneumatické výrobě vláhu zeleného sladu, takže před nastíráním je o 3 až 4 % nižší proti vláze vymočeného ječmene. Srovnáme-li tyto provozní podmínky pneumatické výroby s podmínkami na humnech, vyplývá, že při denním zpracování každých 100 kg ječmene se bude uvolňovat opět 14 600 kcal, z nichž je však možné, jak bylo uvedeno, odebrat denně 8 000 kcal vodou určenou pro máčení, takže zbývá pouze 6 600 kcal odvést větracím vzduchem.

Větrání humen se však neděje klimatizovaným vzduchem, nýbrž venkovním, o průměrné relativní vlhkosti 66 %, který se na humnech nasytí průměrně na 95 % při dopravě uvolněné vody a odvedením zbytku tepla.

Požadovanou teplotu v hromadě lze zajistit chlazením podlahy humen a teplota ve vzduchu nad hromadou může být pak vyšší než v hromadě. Tím se omezují ztráty, vznikající unikáním zchlazeného vzduchu při přímém chlazení. Provoz závodu Nitra potvrzuje všeobecnou platnost tohoto závěru.

Ekonomické ukazatele v nákladech na chlazení a potřebné množství vzduchu při pneumatické výrobě nesrovnatelně zvyšují provozní náklady za spotřebu elektrické energie, odpisy a údržbu strojního zařízení natolik, že ekonomicky kontrolovatelný provoz na chlazených humnech se ukazuje nejen v otázce kvality, ale současně v provozních nákladech podstatně příznivěji.

Bylo by proto velmi výhodné chladit humna máčecí vodou, a tím prodloužit sladovací kampaň asi na stejnou dobu jako při pneumatickém slado-

vání. Další výhodou by byla mírně oteplená máčecí voda, jejímž použitím by se zkrátilo máčení.

Došlo do redakce 16. 5. 1960.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ
ПРОИЗВОДСТВА ЗЕЛЕННОГО СО-
ЛОДА НА ОХЛАЖДАЕМЫХ ТОКАХ

Автор в настоящей статье решает вопрос производства зеленого солода в новых солодовнях с применением методов отвечающих требованиям современной крупной промышленности. На основании теоретических расчетов показываются выгоды вытекающие из системы охлаждения токов водой применяемой для замочки. Это увеличивает длительность сезона заготовки солода примерно в таком же масштабе как внедрение пневматического метода. Сравнение указанных двух методов показывает, что целесообразно регулируемое производство на охлаждаемых токах является более выгодным чем метод пневматический.

THEORETISCHE VORAUSSETZUNGEN
FÜR DIE HERSTELLUNG VON
GRÜNMALZ AUF GEKÜHLTEN
TENNEN

Der Autor bringt eine Lösung, welche die Herstellung von Grünmalz in den neuen Mälzereien den neuzeitigen Anforderungen der industriellen Produktion anpasst. Anhand theoretischer Berechnungen werden die Vorteile der Tennenkühlung durch das Weichwasser begründet, wodurch man eine Verlängerung der Mälzungskampagne ungefähr um dieselbe Zeit erzielen könnte, wie bei den pneumatischen Mälzungssystemen. Aus dem Vergleich beider Produktionsmethoden ergab sich der Schluss, dass ein wirtschaftlich gestalteter Betrieb auf gekühlten Tennen vorteilhafter wäre als das pneumatische System.

THEORETICAL CONSIDERATION
ON MAKING GREEN MALT
ON COOLED MALT FLOORS

The author analyses several methods of making green malt to find out one meeting the requirements of modern large-scale industry. Theoretical considerations indicate, that by using the steeping water for cooling the malt floors the malting season may be extended roughly in the same proportion as by introducing pneumatic methods. It is clear from comparison of the two methods that the cooled floors offer — if the process is going under necessary control — substantial advantages over pneumatic methods.