

## Kontinuální výroba sladu — Vývoj pokusného zařízení a stanovení technologického postupu (1. část)

ZDENĚK ŠAUER, Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, Praha

663.43

Stále se zvyšující tlak šetřit co nejvíce s pracovními silami dal podnět k nástupu regulovaných a někde již automatizovaných soustav do pivovarsko-sladařské výroby. Současně byl signálem k zavádění nových výrobních postupů, a to značně ovlivnilo posledními pozicemi konzervativního nazírání na ustálenou technologii. A tak lze říci, že to byla ekonomická nutnost, která donutila sladaře či pivovarníka vybočit z pevně zajetých kolejí. Platí to zvláště pro sladařský průmysl, v němž se postupně revidují všechny výrobní úseky, a to jak z hlediska průběhu fyziologie klíčení, tak i z hlediska biochemických změn v zeleném sladu.

Tato situace přispěla k tomu, že se znovu začala zkoumat úloha embrya v klíčícím zrna [1] spolu s pochody, zúčastňujícími se vytváření složitého souboru enzymů. Všem novým sladovacím postupům, ať již způsobu opakovaného máčení, mnohonásobného máčení, Stodartově postupu, Linkově opakovanému klíčení, sladování v jedné nádobě, předcházela důkladná laboratorní příprava a teprve po ověření na větším modelovém zařízení se prokazovala jejich praktická použitelnost. Přesto, že dnešní stav techniky umožňuje realizovat i sebe-složitější výrobní postupy, ověřují se na modelu třeba jen nová funkční uspořádání již používaného systému. Příkladem je Poppova aplikace pneumatického sladování [2], kterou autor několik let propracovával na malém zařízení, než jej mohla firma Seeger zavést v provozním měřítku.

V některých případech, a to je právě typické pro systém kontinuální pásové (tunelové) sladovny, jejíž stavbu realizují Plzeňské pivovary, n. p., je předběžné vyzkoušení v malém měřítku značně obtížné, jak to ukázaly pokusy na prvním funkčním modelu v Braníku [3], jež naznačily, že na takto uspořádaném zařízení nelze ověřit technologii provozu projektované sladovny.

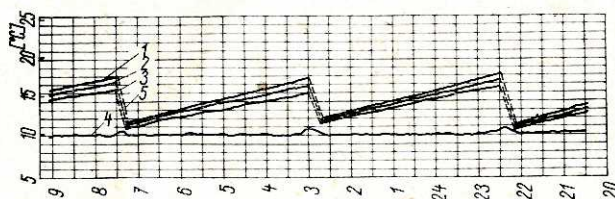
Hlavním požadavkem pro úspěšné vypracování vhodného technologického postupu pro tuto sladovnu bylo nalézt přijatelný model pro podmínky ve všech výrobních úsecích. Kromě toho konstrukce zařízení musela být řešena tak, aby bez obtížnějších technických zásahů se daly vyzkoušet různé technologické varianty a různé vnější podmínky v takovém rozsahu a takové povahy, které přicházejí v úvahu pro provoz sladovny.

V principu se sladovací postup kontinuální tunelové sladovny blíží humnovému sladování, přesto že jsou v něm uplatněny některé nové výrobní prvky. Ječmen je do sladovny dodáván šnekovým dopravníkem, na jehož konci spadá do sběrného koše, který je umístěn v nejvyšší části budovy. Štěrbinou, řízenou nastavitelnou lištou, přichází do prvé ze dvou pracích van, jejichž šířka odpovídá šířce pásů, na nichž probíhá máčení a klíčení. Přemístění ječmene z prvé vany do druhé a na prvý máčecí pás obstarává široké lopatkové kolo. Neustálým mechanickým pohybem obílek podporuje se práci účinek, zatímco lehké nečistoty odcházejí z van v mírném přetoku vody. Podle rychlosti otáček lopatkových kol odhaduje se doba setrvání zrna v pracích vanách přibližně na 20 minut.

Ječmen se máčí sprchováním celkem na 6 pásech, uložených v nejvyšším ze šesti etáží. Maximální doba, po kterou je ječmen vystaven vodní sprše může být 46 hodin. Během této doby se ječmen šestkrát převrství.

Z máčírny spadá ječmen do klíčírny, kde podle návrhu má projít za 120 hodin postupně třicet pásů a stejným počtem přesypů, než jej spojovací dopravník převede na hvozď. Teplota prostoru klíčírny je regulovatelná od 8 do 12°. Pro zvládnutí teplotního režimu klíčících hromad jsou k dispozici pro každý pás dva axiální ventilátory. Rychlost posunu pásů lze měnit v potřebném rozsahu, a tím zkracovat či prodlužovat intervaly přesypů, ovlivňovat zatížení pásů a měnit dobu klíčení. Hvozďění probíhá rovněž na pásech, jejichž rychlost posunu je přizpůsobena požadovaným technologickým a ekonomickým podmínkám. Z uvedeného vysvítá, že nastavení optimálního sladovacího procesu záleží na dosažení vhodné rychlosti příjmu vody sprchovaného ječmene do požadovaného stupně domočení, na vhodné volbě posunů pásů v jednotlivých stadiích klíčení, na správném použití ventilátorů k větrání hromad a klimatických poměrů prostoru sladovny. Všechny tyto uvedené aspekty je pak třeba sladit s přijatelným výkonem linky, který se má pohybovat kolem 7500 t sladu za rok. Naznačený postup a podmínky sladování byly základem, z něhož se vycházelo při návrhu na modelové zařízení.

Jedním z možných, a jak se později ukázalo, nejvhodnějších způsobů řešení se ukázal postup sladování ve skříních, v nichž uložený ječmen představuje kostku ze vrstvy hromady, pohybující se na nekonečném děrovaném pásu. Vhodnou úpravou skříně lze dobře napodobit přesyp z jednoho pásu na druhý, volit různou vrstvu výšky vrstvy ječmene a vyzkoušet některý z možných způsobů zintenzivnění větrání hromady, resp. jejího ochlazení. Skříně nové uspořádání umožňuje použít téhož zařízení k praní ječmene i sprchovému máčení. Aby se vyloučilo unikání tepla, vzniklého dýcháním klíčícího ječmene, z hromady do okolního prostředí, opatřily se sklolaminátové stěny skříní silnou vrstvou polystyrénu. Aparatura se umístila do klimatizovaného boxu, v němž lze nastavit teplotu i relativní vlhkost vzduchu v potřebném rozsahu. Konvekční chlazení klíčícího zrna obstarává malý axiální ventilátor s měnitelným počtem otáček. Ke sprcho-



Obr. 1. Průběh teplot v hromadě klíčícího ječmene při pokusném sladování — Grafický záznam na pásku šestikřivkového zapisovače

1 — teplota ve středu hromady; 2 — teplota ve spodním okraji;  
3 — teplota v horním okraji; 4 — teplota okolního prostředí;  
5 — přesyp



vání se použilo trysek stejného provedení, jaké se uvažuje pro provozní linku. Přesné nastavení sprchovací vody od 10 do 18° se řídí vestavěným ultratermostatem. Teplota klíčícího ječmene se měří na třech místech odporovými teploměry a průběžně zaznamenává na šestikřivkovém zapisovači spolu s teplotou prostředí a teplotou sprchovací vody. Rozsah stupnice křivkového zapisovače byl upraven tak, aby pro daný případ bylo dosaženo co nej přesnějších hodnot. Pro měření relativní vlhkosti vzduchu byl vyzkoušen měřič RV výrobek ZPA, jehož princip spočívá ve vyrovnávání tenze par elektrolytu (roztoku chloridu litného) s parciálním tlakem vodních par ve vzduchu a dále vlasový vlhkoměr německé výroby s dálkovým přenosem hodnot. Zelený slad, vyrobený na tomto zařízení byl hvozděn postupem, odpovídajícím provozu sladovny. Sled prací spojených s řešením tohoto úkolu, tj. vhodného kontinuálního sladovacího postupu, byl rozvržen do těchto 3 hlavních etap:

1. Vývoj a sestavení pokusného sladovacího zařízení.
2. Ověření funkce tohoto zařízení.
3. Vlastní pokusná část, sledující úsek praní a máčení ječmene a úsek výroby zeleného sladu.

Pokud jde o prvou a druhou etapu, průběh zkoušek naznačil, že zvolená koncepce pokusného zařízení s dostatečnou věrností napodobí stav, který lze očekávat v podmínkách provozu, s výjimkou postupu praní, který je improvizován a dodržuje pouze časový limit a mechanický pohyb obílek. Po drobných úpravách a osvojení techniky se přistoupilo začátkem letošního roku k ověřování výrobní technologie.

### Praní ječmene

Z praktického hlediska důležitými činiteli, zanedbají-li se některé podružnější fyzikální a chemické faktory, ovlivňující tento výrobní úsek, jsou: různá doba styku zrna s vodou, dostatečná intenzita pohybu obílek, teplota prací vody a různý počáteční obsah vody ječmene v mezích, které z hlediska praktické použitelnosti přicházejí v úvahu. Bylo shledáno, že se nijak znatelně neprojevuje vliv teploty prací vody na obsah vody přijaté ječmenem. Dvacetiminutovým pracím postupem stoupne obsah vody v ječmeni na 19 až 20 %, a to nezávisle na tom, činí-li před namočením 11 či 14 %. Dále bylo zjištěno, že ječmen, obsahující zvýšený podíl zrn II. třídy, přijme za stejných podmínek více vody než ječmen dokonale vytríděný. S přibývajícím dobou praní stoupá obsah vody, i když ne tak rychle jako by se dalo očekávat, až po 2 hodinách dosáhne přibližně 23 %. Pozdějšími pokusy se však ukázalo, že takto získaný přírůstek se v průběhu sprchování vyrovná na hodnotu, kterou dosáhne ječmen praný pouze 20 minut.

### Sprchování ječmene

Zkoušky ověřující nejvhodnější postup sprchování byly konány při teplotě prostředí 12° a byly vedeny snahou přiblížit se co nejvíce pravidelně stoupajícímu průběhu křivky příjmu vody v časovém termínu daném konstrukcí zařízení. Náležitý zřetel byl brán na úsporu ve spotřebě sprchovací vody.

Rychlost a pravidelnost příjmu vody byla sledována pokusy, při nichž byl ječmen sprchován v různých intervalech, po dobu 5 až 20 minut teplou vodou 12, 15 a 18 °C. Nejprogresivnější příjem vody byl zaznamenán v případech, kdy bylo sprchováno v 2,5 hodinových intervalech vodou teplou 15 °C. Prvé viditelné známky klíčení se projeví v 18. až 20. hodině od okamžiku, kdy došlo k namočení zrna. Krátce po této době se zintenzivňují enzymatické procesy, začíná se uvolňovat tepelná energie, takže klíčící ječmen přichází do klíčírny se sklonem k silnému zahřívání. Kromě toho teplota 15 °C není pro začínající biochemické procesy výhodná. Tím, že se použilo v posledních devíti hodinách sprchovací vody 12 °C teplé, odstranil se tento nedostatek.

Výsledný postup sprchování pak je:

Prvých 18 hodin se sprchuje v 2,5hodinových intervalech; do 24 hodin v 3hodinových intervalech a dále až do konce sprchovací linky, tj. 46 hodin od počátku nastření vypraného ječmene ve 4 a 1/4 hodinových intervalech, a to vždy po dobu 20 minut. Používá se vody 15 °C teplé, poslední 2 sprchy vody 12 °C teplé. Tímto postupem se dosáhne při sprchování téměř pravidelného přírůstku vody v závislosti na čase a stupně domočení 40 až 42 %. Zrna klíčícího ječmene opouštějí sprchovací linku, jsou však ještě obalena vrstvičkou vody, která po vsáknutí zvýší konečný stupeň domočení na 43 až 44 % obsahu vody.

Srovná-li se průběh příjmu vody sprchovaného ječmene s ječmenem máčeným v náduvnících, má křivka sprchovacího postupu pravidelně stoupající tendenci, rozloženou do celého časového intervalu, kdežto běžně používaný způsob [5] se vyznačuje prudkým přírůstkem v prvních deseti hodinách, kdy stoupne obsah vody přibližně na 35 %, zatímco za dalších 60 hodin vzroste o pouhých 10 %.

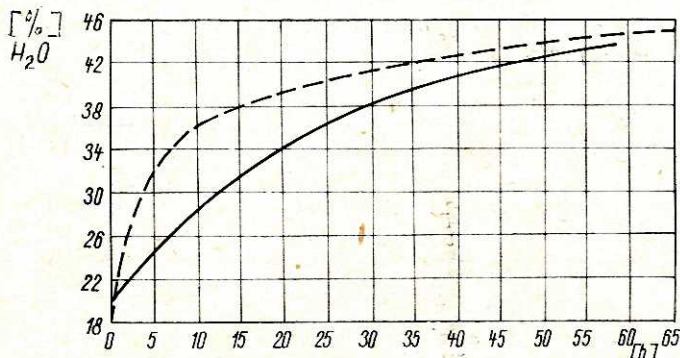
Pokusy se sprchováním ječmene byly konány při zatížení 190 kg sušiny ječmene na m<sup>2</sup> (tj. 225 kg pův. ječmene) sprchovacího pásu, a to odpovídá přibližně výšce asi 34 cm počáteční vrstvy a 45 cm vrstvy na posledním sprchovacím pásu (tj. asi 320 kg pův. ječmene na m<sup>2</sup> sprchovacího pásu).

### Klíčení ječmene

Má-li sladovací zařízení plnit požadovaný úkol, musí být v prvé řadě dodržována zásada studeného vedení klíčení, a to nejen v jeho počátcích, ale i v celém průběhu. Studené vedení je charakterizováno teplotami v rozmezí 10 až 16 °C [6], zatímco teploty 18 až 22 °C jsou typické pro teplé vedení. Silně enzymatické slady se získávají dlouhým vedením při 12 až 13 °C. Překročili-li se trvale hranice teploty studeného vedení, dosáhne se sice rychlejší maxima tvorby enzymů [7], zvláště alfa amylázy, avšak se zvyšující se teplotou současně klesá hodnota dosaženého maxima. Pokud by se nezajistil odvod produktů oxybiotických reakcí, stoupla by v poměrně krátké době teplota ve vrstvě sladu na 30 °C. Sladovacími zkouškami v pokusných skříních bylo zjištěno, že vzrůst teploty v izolované vrstvě na počátku klíčení je lineární [8], postupně se však zvyšuje až dostává exponenciální charakter. Toto zjištění je ve shodě s často uváděným pravidlem, že enzymatické pochody se zhruba zdvojnásobují, stoupne-li teplota o 10 °C.

Nepřipustí-li se v podmínkách prostředí pásové kontinuální sladovny, tj. při teplotě 10 °C a rela-





Obr. 2. Křivky příjmu vody při máčení ječmene

———— sprchovaný ječmen na pokusném zařízení  
 ---- ječmen máčený obvyklým způsobem v náduvnících

tivní vlhkosti vzduchu 90 %, teplota v hromadách nad 17 °C, dosáhne se na klíčících pásech téměř pravidelného přírůstku teploty 1 °C za hodinu jak ve středu vrstvy, tak na spodním či horním okraji, tj. 5 cm pod povrchem. Z toho zjištění plyne, že přibližně vždy po 5 hodinách je nutné odvést nashromádané teplo, má-li se klíčení udržet v požadovaných mezích. To lze provést dokonalým ochlazením hromady na 12 °C. Pouhý přesyp z pásu na pás provedený z výšky 70 cm ochladí klíčící hmotu asi o 1,5 °C.

Když se ukázalo, že větrání hromady axiálními ventilátory v konečné části pásu zespodu je málo účinné, tyto ventilátory pracují totiž za nepatrného přetlaku, proud vzduchu není nijak usměrňován a ještě se třísti o vracející se pás, použilo se možnosti odvést teplo v místech přesypu. Chladný vzduch oivá v protiproudu postupující zrna na spádové hraně těsně před přesypem i v okamžiku pádu. Aby bylo ochlazení hromady účinné, musí rychlost proudění dosahovat 3,5 m/s a být dokonale stejnoměrná v celé šíři hromady. Tento požadavek je velmi důležitý, jinak by vznikly podélné pásy s různou teplotou, které by nepříznivě ovlivnily vývoj tepla v postupující hromadě.

Podobně jako sprchování, byly pokusy s klíčením ječmene prováděny s vrstvou odpovídající výkonu 7500 t sladu za rok. Zdá se však, že výška vrstvy nebude mít pro zachování tepelného režimu tak rozhodující význam.

Pokusy za popsaných podmínek větrání bylo zjištěno, že rychlost posunu všech pásů může zůstat konstantní, takže pětidenní klíčící postup se rozdělí na 30 pravidelných intervalů po 4 hodinách

20 minutách. Počátek každého intervalu se vyznačuje prudkým poklesem teploty, obvykle na 11 až 12 °C a pak pomalým stoupáním na 14 až 17 °C. Tyto intervaly jsou poněkud kratší než předělovky na humnech, protože na páslech se tak neodvádí teplo, jako na podlaze humna. I když zatím nebylo možné zjistit vliv teploty prostředí na ochlazování povrchových částí hromady, lze z dosud provedených měření soudit, že vnější prostředí bude ovlivňovat jen slabou okrajovou vrstvu, neboť teplota v 5 cm vzdálenosti od povrchu se téměř shoduje s teplotou ve středu vrstvy. Ve vlastním provozu bude mít jistě určitou úlohu odvod tepla kovovou konstrukcí, jejíž části budou ochlazovány proudícím vzduchem z ventilátorů.

Z uvedeného vyplývá, že dodržení sladovacího postupu bude citlivé na funkční vlastnosti zařízení. Kdyby se např. abnormálním prodloužením doby mezi přesypy, nedostatečným množstvím použitého chladného vzduchu nebo vysazením ventilátoru zvýšila teplota hromady nad 20 °C, zintenzívní se enzymatické pochody natolik, že jejich další omezení, tj. uvedení do stavu odpovídajícímu studenému vedení, je vyloučeno bez zásadního narušení chodu sladovny.

Pětidenní klíčení, které původně projekt předpokládal, je příliš krátké k tomu, aby bez použití stimulatoru poskytlo slady uspokojivé jakosti. Ukázalo se, že aplikace stimulatoru v nevhodnějším růstovém stadiu spadá do průběhu sprchového máččení a že bude ještě úkolem výzkumu nalézt pro jeho uplatnění nejvhodnější podmínky. Aby se však vyloučila závislost provozu sladovny na použití stimulačního prostředku, provedly se pokusy s prodloužením klíčícího cyklu na 6 dní, a to ve skutečnosti představuje 7denní klíčení, neboť je třeba započítat dobu asi 24 hodin, po kterou ječmen klíčí na sprchovací lince. Intervaly přesypů a provětrávání se prodlouží na 5 hodin 20 minut v prostoru klíčírny, postup sprchování zůstane nezměněn.

## Literatura

- [1] Harris G.: The Brew. Dig. **38**, č. 3, [1963].
- [2] Reitzel E.: Brauwelt **104** 55–62 [1964].
- [3] Závěrečná zpráva VÚPS — Výzkum kontinuální výroby sladu — 1961.
- [4] Šolek L., Lapáček: Projekt tunelové sladovny — PP 1 — 10 — 475 — 1961.
- [5] Technologie sladu a piva, díl 1., SNTL Praha, 1953, str. 132.
- [6] Leberle H.: Die Technologie der Malzbereitung 1952, str. 206.
- [7] Weith L.: Brauwiss. **13**, 214 [1960].
- [8] Ostertag I.: Brauwelt **101**, 1605 [1981].

*Došlo do redakce 14. 7. 1964.*

СОЛОДИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ  
НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ.  
РАЗРАБОТКА ОПЫТНОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ  
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ (ЧАСТЬ 1)

В статье дается информация о ходе работ по созданию опытной сойдильной установки непрерывного действия и по разработке соответствующих технологических схем. Описываются метод мойки ячменя в двух чанах, замочки опрыскиванием и проращивания на конвейерах.

KONTINUIERLICHE  
MALZFABRIKATION. ENTWICKLUNG  
DER VERSUCHSAPPARATUR UND  
FESTLEGUNG DES  
TECHNOLOGISCHEN VORGANGS  
[I. MITTEILUNG]

Es wird eine Übersicht der Entwicklung einer Versuchsapparatur zur Bestimmung des optimalen technologischen Vorgangs für die kontinuierliche Malzfabrikation gegeben. Es wird die Technologie der Gerstenwäsche in 2 Wannen beschrieben, weiter die Berieselungsweiche und die Keimung auf endlosen Bändern.

# CONTINUOUS MALTING PLANT. DEVELOPMENT OF PILOT PLANT AND NEW TECHNOLOGY [PART 1.]

The article deals with the recent progress in the development of a pilot plant for continuous malting and new, appropriately adapted, technologic schemes for such a plant. Barley will be washed in two washing tanks, steeped by spraying and germinated on endless belts.