

2

únor 1968 - ročník 14

kvásný průmysl

ODBORNÝ ČASOPIS PRO PRACOVNÍKY V KVASNÝCH PRŮMYSLECH

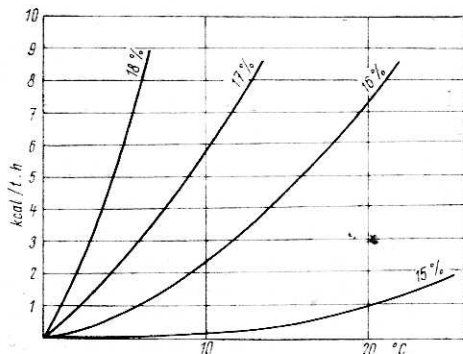
Konzervování ječmene chladem

JAROSLAV LOOS, Potravinoprojekt, Praha

663.421
664.881

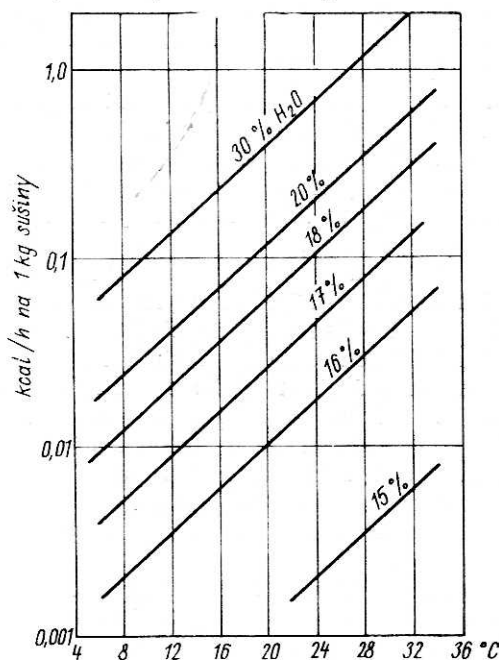
Hlavním znakem dobrého skladování sladovnického ječmene je zachování jeho původní klíčivosti až do okamžiku zpracování, tj. do sladování. Je proto nutné věnovat patřičnou pozornost ječmenu před uložením do sil a také při skladování. Hlavními sledovatelnými parametry ječmene z tohoto hlediska jsou v první řadě jeho vlhkost, teplota a čas ve vztahu k těmto dvěma hodnotám. Množství vyvinutého tepla „prodýcháním“ ječmene za určitou dobu se projeví zvýšením jeho teploty. Teplota a obsah vody mají vliv na klíčivost ječmene, což souvisí s časem, tj. s dobou uložení v síle.

Vliv teploty zrna a hlavně obsahu vody na množství vyvinutého tepla za hodinu v 1 tuně obilí je zřejmý z diagramu na obr. 1, který je sestaven podle údajů na obr. 2 podle Jouina [1]. Jak z grafů vyplývá, je hodinový vývin tepla u zrna, které má vlhkost pod 15 % a při teplotě pod 15 °C téměř nulový. Tímto jsou také zdůvodněny nejvýhodnější parametry pro dlouhodobé skladování ječmene, které uvádí také Schuster [3].

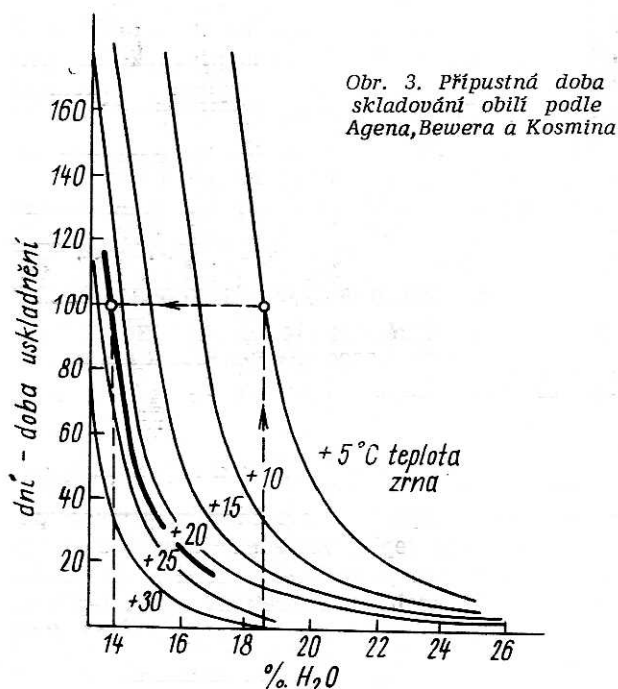


Obr. 1. Vývin tepla na tunu obilí za hodinu

Má-li se při skladování zrna zachovat jeho maximální klíčivost, pak je zapotřebí, aby při určité požadované době skladování mělo zrna pouze určitou vlhkost a teplotu, a to opět v určité relaci. O těchto vztazích se vyskytuje řada směrných údajů z nichž pro orientaci jsou na diagramu na obr. 3 uvedeny nejnovější hodnoty podle Avena, Bewera a Kosmina [2]. Z grafu je např. patrné, že pro spolehlivé uskladnění po dobu asi 100 dnů nesmí zrna při obsahu vody 15 % překročit teplotu 15 °C a při vlhkosti 18,5 % teplota nesmí přesáhnout 5 °C.



Obr. 2. Vývin tepla podle Jouina



Opačně se podle uvedeného grafu dá usoudit, že zrno např. vlhkosti 16 % a teploty 20 °C lze skladovat při spolehlivém zachování klíčivosti dvojnásobnou dobu v tom případě když se sníží ochlazením jeho teplota z 20 °C na 15 °C a tato se udržuje.

Použití grafu na obr. 3 má také význam pro hrubou orientaci při rozhodování o ukládání ječmene do skladovacích sil. Má-li se např. uskladnit ječmen vlhkosti 17 % na požadovanou dobu asi 10 týdnů, pak to lze provést dvojím způsobem; buď se ječmen zchladí a udržuje při teplotě 10 °C, anebo se ječmen musí zbavit vlhkosti sušením na 14 až 15 % a pak se teplota v silu může ponechat na 25 až 20 °C. Má-li se ječmen po 10 týdnech namočit na stupeň domočení asi 45 %, pak je zřejmě výhodnější neodvádět na tak krátkou dobu ze zrna vodu a tedy jej nesusit.

Diagram na obr. 1 poskytuje, mimo jiné, teoretické orientační hodnoty pro odvádění uvolněného tepla při daných parametrech (teplota, vlhkost) za tím účelem, aby teplota zůstala konstantní; tím je zároveň dán podklad a možnost aplikace tzv. „provětrávání“ ječmene.

Jak je tedy z předešlých údajů patrné je možno příslušné „ošetření“ ječmene před uskladněním zajistit jednak sušením, tj. tepelným zpracováním a jednak ochlazením zrna. Chladit lze provětráváním venkovním vzduchem anebo vzduchem chlazeným uměle chladicím agregátem. Chlazení venkovním vzduchem není v širokém potřebném rozsahu možné, poněvadž v letním období je zchlazení zrna omezeno na teplotu, která je asi o 5 °C vyšší než teplota venkovního vzduchu [1], určeného k provětrávání.

Běžnou a celkem rozšířenější metodou úpravy zrna před skladováním je sušení teplým vzduchem. U obvyklých sušicích zařízení pracujících taktově, suší se při teplotách 40 až 45 °C. Ukázalo se, že vhodná teplota sušení není konstantní pro

každý sklizňový ročník a že na schopnost klíčit má sušení jistý vliv, takže je třeba sušicí parametry poněkud přizpůsobit. U kontinuálních sušicích zařízení je teplota vstupního sušicího vzduchu poněkud vyšší, ovšem při záruce, že teplota v zrnu nepřesáhne zmíněných 40–45 °C [3]. Přibližná spotřeba tepla pro sušení ječmene se pohybuje mezi 800 až 1200 kcal na 1 kg zrnu odebrané vody, a to podle procenta vlhkosti a konstrukce příslušného sušicího zařízení. Nesmí se zapomenout také na příslušné vychladnutí zrna po umělém sušení, aby nenastal nežádoucí vývin tepla, a tím ztráty na klíčivosti.

Druhý způsob úpravy zrna před uložením je konzervace chlazením, která je vhodná zvláště pro vlhké obilí z kombajnové sklizně, a to k jistějšímu uložení před event. dalším sušením. V poslední době se tento způsob uplatnil také ve sladovnách při středně dlouhých dobách uskladnění, kde je docela možné umělé sušení vůbec vynechat. Sladovací kampaň začíná v září až říjnu, takže se skladovací doba ječmene rozvrství do různých dlouhých časů, a to od několika týdnů až do jednoho roku. Podmínky pro skladování zrna lze proto také patřičně diferencovat. Poměrně drahé sušení zrna na 14 až 15 % vody lze u krátkodobého skladování ječmene odstranit, nahrazením umělým chlazením, a tím nahradit potřebnou konzervaci.

Obilí se chladí chladicími agregáty a dispoziční řešení se může provést buď chlazením v silu, které se k tomuto účelu přizpůsobí pro chlazení statické, nebo v průtočném silu, jímž obilí prochází a chlazení má charakter kontinuální. Specifická jsou také chlazení prostorová v rovinných půdních skladech obilí. Tento způsob konzervování ječmene se u nás zatím nerozšířil, ale v západních zemích se osvědčil v řadě případů. Potřebná chladicí aparatura je celkem běžná a jednoduchá a její základní technické parametry, vhodné pro naše klimatické poměry, jsou udány pro zchlazení venkovního vzduchu z 25 °C na 5 °C. Směrnice pro spotřebu chladicího vzduchu je v zásadě dána tím, že teplo odvedené z ječmene se rovná teplu, které pojme odcházející vzduch. Při chlazení se ze zrna odvede také určité množství vody, neboť procházející chladný vzduch tím, že odnímá zrnu teplo se ohřívá a zvyšuje svoji schopnost pohlcovat vodní páry. Zhruba se počítá, že ochlazením zrna o 10 °C se sníží jeho vlhkost o 0,5 % [1].

Velikost zařízení na schlazování obilí se pohybuje kolem 2 až 4 tun/h, tj. pro denní kapacitu 50 až 100 tun, přitom náklady na 1 tunu obilí zchlazeného na 10 °C činí podle zahraničních údajů asi 3 DM/t, [2] při ročním využití zařízení asi 20 dnů.

Jak vyplývá z výše uvedených úvah má chlazení pro konzervování obilí před skladováním význam a může v určitých případech nahradit sušení. Rozšíření tohoto způsobu je však záležitostí hospodářskou a je otázkou, zda je za daných poměrů u nás výhodnější jeho ekonomická efektivnost proti sušení párou. Účelem tohoto článku je ukázat na konkrétním případě, zda při dnešních cenách energií je reálný výhled ekonomického použití tohoto

konzervačního způsobu pro ječmen. Energie budou, kromě vlivu doby využití zařízení, hlavním rozhodujícím činitelem v celkových nákladech. Hrubá úvaha by hovořila pro sušení párou, poněvadž tepelná energie je proti chladu nepoměrně levnější, záleží však na poměru příslušných kalorií a frigorií u obou alternativ.

Oba způsoby porovnáme pro naše poměry, a to pro ječmen teploty 20 až 25 °C a vlhkosti 18 %, který se má uskladnit po dobu tří měsíců, při průměrných středních měsíčních teplotách v červenci 18,9 °C, srpnu 15,6 °C, září 12 °C.

I. způsob — sušením

Pro uložení na dobu asi 100 dnů se musí ječmen teploty 22,5 °C a vlhkosti 18,5 % podle diagramu na obr. 3 usušit na obsah 14 % H₂O. To znamená, že jedné tuně obilí je potřeba odebrat 46,5 kg vody. Pro odebrání jednoho kg vody v běžných nepřímých stříškových průtočných sušičkách obilí udává Bauder [1] spotřebu 1500 kcal/kg a Schuster uvádí 800 až 1200 kcal/kg. Pro další výpočet v rámci této orientační studie budeme uvažovat průměrnou hodnotu asi 67 500 kcal na 1 tunu obilí. Při sušení párou a dnešní směrné ceně 109 Kčs/t Gcal to znamená položku 7,10 Kčs/1 tunu. K tomu přistupuje elektrická energie pro ventilátory na sušící teplý vzduch, odhadem [1] asi 3,5 kWh/1 tunu, což je asi 0,70 Kčs/1 tunu. Zrno se po usušení udržuje při teplotě 20 až 25 °C; při této teplotě se vyvinuje teplo (podle obr. 1), asi 1,7 kcal/t za hodinu. Ohřev zrna tímto teplem odpovídá za hodinu 0,0034 °C a za asi 12 a půl dne asi 1 °C. Po této době je třeba snížit teplotu větráním, aby nevzrůstaly další kalorické ztráty. Celkový teoretický vývin a tedy potřebné odvedení tepla za celou skladovací dobu 100 dnů činí 100 · 24 h · 1,70 kcal/th = 4028 kcal/t. Četnost větrání bude záležet na teplotě venkovního vzduchu a pro červenec, srpen a září je možno uvažovat asi čtyři cykly větrání. Jedno průměrné větrání spotřebuje asi 1500 m³ vzduchu na 1 tunu, a to představuje asi 2 kWh/t [1] na elektrické energii. Cena elektrické energie za celou dobu větrání je 4 × 2 × 0,20 = 1,60 Kčs/t.

Celkové kalorie, které přicházejí pro tento proces při daných parametrech v úvahu činí:

pro sušení	67 500 kcal/t
pro větrání	4 080 kcal/t
celkem	71 580 kcal/t

Celkové náklady na sušení a větrání během uskladnění za 3 měsíce reprezentují položku 7,10 + 0,70 + 1,60 = 9,40 Kčs na 1 t ječmene.

II. způsob — chlazením

Při tomto procesu je nejdříve zapotřebí zchladit zrno z 25 °C (18 %) na 5 °C vzduchem z umělého chladicího zařízení. Teoretická spotřeba chladu (kalorií) činí $Q = Cp \cdot \Delta t = 0,52 \cdot 20 = 10,4$ kcal/kg ječmene. Při účinnosti asi 70 % to znamená spotřebu chladu

$$(10,4 \times 10001 : 0,7 = 15\,000 \text{ kcal}) \text{ na 1 tunu ječmene.}$$

Pro chladicí agregát při odpařovací teplotě -5 °C, srážecí teplotě 35 °C je možno předpokládat průměrnou teoretickou měrnou chladicí výkonnost (NH₃), $K_{th} = 5000$ kcal/kWh.

Skutečná specifická chladivost $K_i = \eta_i K_{th}$ (při průměrné $\eta_i = 0,81$ — indikovaná účinnost) a konečně střední chladivost vztažená na motor kompresoru $K = K_i \eta_{mech} \cdot \eta_{mot}$ (při $\eta_{mech} = 0,85$ a $\eta_{mot} = 0,87$

$$K = 0,81 \cdot 5000 \cdot 0,85 \cdot 0,87 = 3000 \text{ kcal/kWh}$$

Spotřeba elektrické energie pro chladicí agregát bude 15 000 kcal/t : 3000 kcal/kWh = 5 kWh/t.

Elektrická energie pro ventilátory na chlazený vzduch bude v zásadě stejná jako v předešlém případě pro sušící vzduch a bude činit asi 3,5 kWh/t.

Udržení teploty 5 °C uměle ochlazeného zrna je mnohem náročnější, než v předešlém případě, poněvadž vyvíjené teplo, vzhledem k vysokému obsahu vody v zrnu je podstatně větší a činí podle obr. 1 asi 6,2 kcal/t h. Teoretický vývin tepla za celou dobu skladování by v tomto případě činil 100 × 24 × 6,2 = 14800 kcal/t. Z toho je zřejmé, že větrání venkovním vzduchem pro zchlazování bude muset být intenzivnější, poněvadž teplo, které je třeba odvést je asi čtyřikrát větší než v prvním případě. Uvažujeme-li, že teplotu nenecháme vystoupit mezi větracími periodami o více než 1 °C, pak pro výpočet spotřeby elektrické energie vezmeme hodnotu úměrně větší, a to asi 29,60 kWh, při přibližném ukazateli podle prvního případu 2 kWh na 1000 kcal uvolněného tepla pro ventilaci.

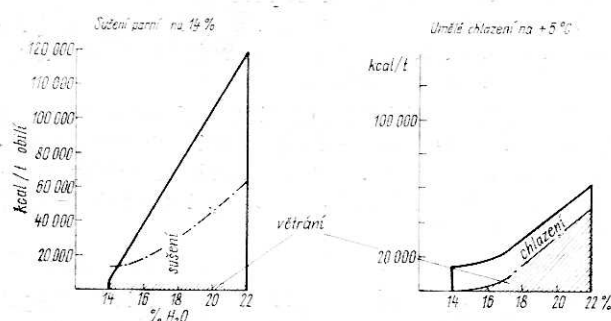
Celkové kalorie, které v tomto druhém případě přicházejí do kalkulační úvahy, činí

pro první zchlazení	15 000 kcal/t (frig.)
pro větrání	14 800 kcal/t
celkem	29 800 kcal/t

Celkové náklady na chlazení a větrání za elektr. energii činí (5 + 3,5 + 29,6) kWh × 0,20 Kčs = 7,60 Kčs/t.

Jak vyplývá ze srovnání obou případů je pro parní sušení v prvním případě kalorická spotřeba podstatně větší, a to o 71 580 — 29 800 = 41 780 kcal/t, a to je asi o 155 %. Cenové porovnání potřebných energií však má jinou relaci, která souvisí s poměrně dražší chladicí energií. Náklady na ošetření 1 tuny při parním sušení jsou proti umělému chlazení vyšší o 9,40 — 7,60 = 1,80 Kčs/t, a to je pouze o 24 % více. Srovnání z hlediska nákladů na spotřeby energií vychází tedy pro ječmen s původní vlhkostí 18 % výhodnější při ošetření umělým ochlazením na 5 °C. Toto kritérium není pro vzájemné srovnání obou způsobů jednoznačně určující, poněvadž neobsahuje všechny položky, které by měly být obsaženy v porovnání úplných vlastních (provozních) nákladů.

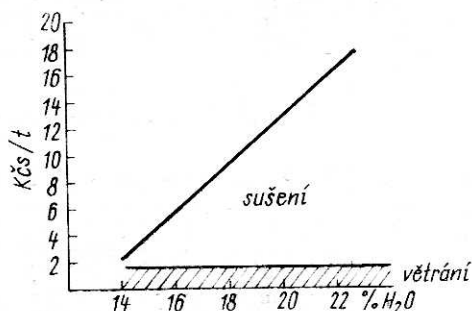
Jde o vliv kapitálové složky, položky za obsluhu a vliv doby využití. Rozhodující ekonomické srovnání by bylo proto nutno provést v celé šíři na podkladě úplných projektových studií na konkrétním případě. Za předpokladu, že příslušné strojní zařízení, tj. zařízení sušící v prvním případě a zařízení chladicí v druhém případě, budou na při-



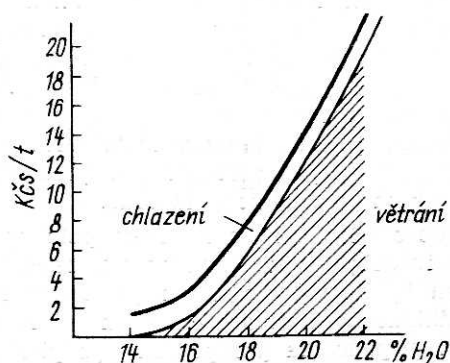
Obr. 4. Úprava ječmene — potřeba tepla

blíže stejné technické úrovni a nebudou se od sebe cenově značně lišit, je možné kritérium porovnání ceny energií přijmout jako hrubé orientační stanovisko pro posouzení obou případů. Obsluha bude v obou případech pravděpodobně stejná a roční využití zařízení rovněž, takže se jejich vliv u obou alternativ může vyloučit. Konzervování ječmene chladem bude tedy v určitých případech mít ekonomické předpoklady pro realizaci a jak je zřejmé, rozhodujícím faktorem bude počáteční vlhkost ječmene před skladováním. Pro hrubou orientaci jsou proto na diagramech na obr. 4 porovnány oba případy v širším měřítku, a to v rozmezí vlhkosti zrna od 14 % do 22 %.

Na obr. 4 je zachycen průběh kalorické potřeby pro úpravu ječmene 25 °C pro skladovací dobu tři měsíců, a to v souvislosti s obsahem vody v zrna od 14 % do 22 %. Z grafu vyplývá, že zatímco energie tepelná pro první sušení na 14 % roste úměrně s počáteční vlhkostí zrna před skladováním, zůs-



Obr. 5. Náklady v Kčs na 1 tunu — sušení parní



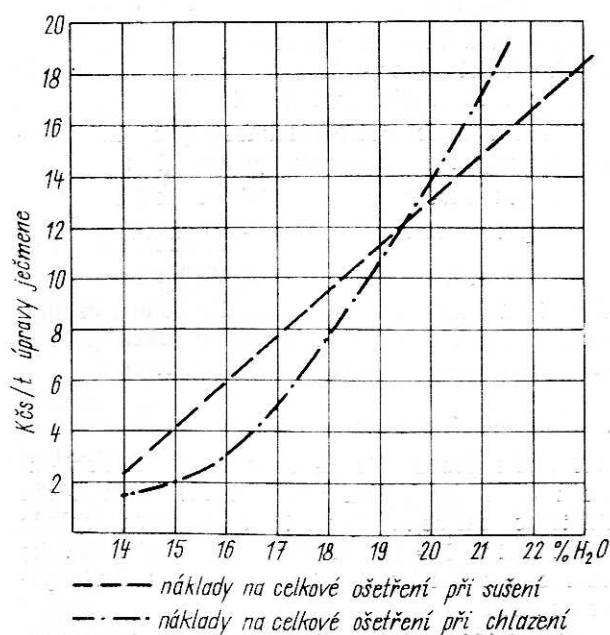
Obr. 6. Náklady v Kčs na 1 tunu — umělé chlazení

tává teplo pro odvedení větráním stále stejné, poněvadž je dáno konečným stavem (14 %, 25 °C) který je neměnný. V druhém případě na obr. 4 na-proti tomu je chladicí energie stále stejná a je na vlhkosti zrna závislá pouze nepatrně (jen v rozmezí příslušného specifického tepla 0,5 až 0,55 kcal/°C.kg). Teplo pro odvedení větráním zrna po zchlazení je však silně proměnné a zvětšuje se s rostoucím obsahem vlhkosti zrna. Jak vyplývá z porovnání obou diagramů přichází v zásadě u vlhkostí zrna nad 14 % pro ošetření (konzervování) chladem v úvahu méně kalorií (uvažováno absolutně) než při procesu s počátečním parním sušením.

Pro určení hrubého orientačního rozmezí vlhkosti zrna, při němž by se chlazení mohlo ještě ekonomicky zdůvodnit, je na dalších grafech provedeno u obou případů cenové vyjádření nákladů na energie v závislosti na počáteční vlhkosti ječmene. Na obr. 5, jsou zachyceny náklady na 1 tunu ječmene v závislosti na procentu vlhkosti zrna, a to pro úpravu sušením na 14 %. Na obr. 6 jsou náklady pro druhý způsob úpravy umělým chlazením. V prvním případě, jak z grafu vyplývá, jsou náklady na sušení převažující a rostou s přibývajícím procentem vlhkosti, kdežto náklady na ventilaci jsou nepatrné a nemění se. Zatímco cena za páru je v prvním případě rozhodující, je cena za chlad v druhém způsobu málo významná a jak je zřejmé, je rozhodující pro značné dodatečné větrání během skladování cena elektrické energie.

Překrytím grafů na obr. 5 a obr. 6 obdržíme výsledek této orientační úvahy o optimálním způsobu ošetření zrna před uložením na obr. 7.

Z průběhu křivky na tomto grafu je možno učinit předběžný závěr, že pro značné vlhkosti ječmene bude výhodnější zrno před uložením sušit a pro vlhkosti pod 18 % je možno očekávat určitý pří-



Obr. 7. Náklady na energii

nos při umělém chlazení. Hranice mezi těmito dvěma způsoby bude podle hrubého energetického kritéria ležet někde mezi 18 až 20 % vlhkosti zrna a při kompletní ekonomické rozvaze s vyhodnocením všech ostatních vlivů je možno očekávat, že zůstane v tomto rozmezí. Tato úvaha se týká uskladnění zrna na dobu 100 dnů. Pro jiné doby skladování je třeba provést vždy příslušné výpočty samostatně. Z výše uvedených výsledků je možno však zásadně usoudit, že při skladovacích dobách kratších než tři měsíce, budou se ekonomické předpoklady klonit k umělému chlazení. Pro delší skladovací doby pak chlazení asi nepřijde v úvahu, poněvadž náklady na ventilace budou zde tvořit rozhodující položku.

Podklady o vývinu tepla v obilí a poslední výzkumy o přípustné době ekonomického skladování zrna, jakož i početní vyhodnocení dnešních cenových relací energií pro sušení a chlazení zrna v běžném rozmezí jeho vlhkostí, které bylo předmětem úvah tohoto příspěvku, potvrzují oprávněnost názoru, že chlazení zrna před uložením do sil může být ekonomicky oprávněné. Tento způsob

konzervování bude výhodný při hromadné kombajnové sklizni a může mít pro sladovny význam zvláště když pro střední doby uložení zrna bude možno umělé sušení úplně vynechat.

Pro tento případ by mohlo být výhodné použít malých blokových chladicích jednotek pro chlazení vzduchu a proto by bylo vhodné zpracovat příslušnou studii na konkrétní aplikaci pro naše poměry.

Literatura

- [1] Bauder, H. J.: Kühlkonservierung von Braugerste. = „Der Brauereitechniker“, 18, 1966: 57.
- [2] Heidt u. H. Bollig: Körnerkühlung. = „Die Mühle“, 102, 1965: 10, 11, 12.
- [3] Schuster, K.: Die Technologie der Malzbereitung, Enke Verlag, Stuttgart 1963.

Lektoroval Ing. Otakar Tesař

Došlo do redakce 14. 4. 1967.

Poznámka lektora

Uvažovaná cena 0,20 Kčs/kWh je na dnešní poměry poměrně nízká a měla by být asi 0,30 Kčs/kWh. Poněvadž však jde o orientační srovnání dvou případů zůstane relace zhruba stejná a se zvyšující se cenou proudu posune se ekvivalentní bod vlhkosti (obr. 7) poněkud doleva směrem k menší hodnotě.

КОНСЕРВИРОВАНИЕ ЯЧМЕНЯ ХОЛОДОМ

Автор показывает возможность консервирования ячменя в солодовнях холодом. Приводятся теплотехнические и энергетические расчеты и выводятся экономические показатели. Сравнивается расход тепловой и электрической энергии при сушке и консервировании холодом. Из сравнения вытекает, что при содержании влаги в ячмене до 18 % консервирование холодом в определенных условиях может считаться рациональным и экономически обоснованным решением. Этот вид консервирования можно применять лишь там, где требуется кратковременное складирование.

GERSTENKÜHLKONSERVIERUNG

Der Verfasser erörtert die Applikationsmöglichkeiten der Gerstenkühlkonservierung in Mälzereien und führt auf einem konkreten Beispiel die wärmetechnischen Verhältnisse und ihre technologischen Folgen an. Der Verbrauch der Wärme- und Kühlungsenergie wird in breiterem Umfang für zwei Alternativen der Gerstenbehandlung (Trocknung und Kühlung) vor der Einlagerung bewertet. Aufgrund der energetischen Analyse kommt der Autor zu dem Schluss, dass die Gerstenkühlung bei der Feuchtigkeit von bis ca. 18 % in gewissen Umständen der kurzfristigen Lagerung eine ökonomisch effektive Lösung bieten könnte.

CONSERVING BARLEY BY KEEPING IT AT LOW TEMPERATURE

The author discusses the possibility of conserving barley at malt plants by cooling it to low temperature. Both technical and economical aspects of the problem are analysed. The consumption of thermal and electrical energy for two alternatives, viz. drying and cooling, is compared. The results indicate that under certain conditions the discussed method may be practical and economically justified. It can be applied only for comparatively short-term storage of barley with moisture content not exceeding 18 %.