

PROPOČET SPOTŘEBY ENERGIE PŘI VÝROBĚ BEZVODÉHO LIHU Z OBILÍ

Dr.Ing. PAVEL ŠIMŮNEK, Ústav technologie potravin, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně

Klíčová slova: *kvasný líh, energetická bilance, recyklace*

1. ÚVOD

Spotřeba energie při výrobě kvasného lihu bývá často velmi diskutovanou otázkou. Jako první důvod je možno uvést přirozenou snahu podnikatelů v tomto oboru snížit náklady na výrobu lihu na minimum, a tím dosáhnout

většího zisku. Na druhé straně potravinářské využití lihu zaznamenává stagnaci a možnosti se stále více přesouvají do oblasti lékařství, kosmetiky a paliv. Tento trend je statisticky patrný zejména v Německu a Francii [1,2], které podobně jako Česká republika [3] mají

snahu restrukturalizovat lihovarský průmysl pod tlakem snížené poptávky po konzumním lihu a možnosti perspektivního použití lihu v nepotravinářské výrobě. Druhým důvodem je tedy v poslední době velmi často diskutovaný pohled v souvislosti s použitím lihu jako

příměsí do pohonných hmot. V tomto případě přímá otázka zní, zda energie vložená do výroby lihu nebude vyšší než energie vzniklá jeho spálením v zážehovém motoru.

Na vysokou energetickou náročnost výroby lihu poukazuje mnoho autorů, avšak jejich číselná vyjádření spotřeby energie jsou často opakováním citací, a proto lze jen těžko určit podmínky metody, za jakých byla získána. Mezi údaji v tab. 1 uvádí způsob získání údajů pouze Schäfer [4].

Tab. 1 Různé spotřeby energie vynaložené ke konverzi zrna obilovin na ethanol

Spotřeba energie MJ/la	Literatura
14,24	Deutscher Bundestag [12]
14,53	Keeney a De Luca [11]
13,50	Marland a Turhollow [13]
12,49	Leible a Wintzer [14]
12,06 – 28,28	PHARE [3]
6,58	Schäfer [4]

Významná vylepšení lihovarských technologií a v současnosti v praxi již používaný vysoký stupeň recyklace tepla znamenají značné snížení nároků na spotřebu energie. Výpočtem spotřeby energie při výrobě ethanolu studeným beztlakovým postupem se zabývali Pieper a Jung [5]. Při použití beztlakového postupu doplněného recyklací tekuté fáze výpalků bylo dosaženo až 91 % úspor energie oproti postupu s pařením. Na další možnosti snížení spotřeby páry poukázal Goslich [6], který použil účinných enzymových preparátů. Při snížení množství a čas- tečně recyklaci technologické vody klesla spotřeba energie téměř o polovinu. Oba výpočty nezahrnovaly destilaci a úpravu lihu.

2. ZPŮSOB VÝPOČTU ENERGETICKÉ BILANCE

Při studijním pobytu autora v roce 1997 byly experimentálně stanoveny podklady pro konverzi pšenice na ethanol ve školním lihovaru Ústavu technologie potravin univerzity v Hohenheimu, Německo. Tento lihovar používá technologii tzv. studeného beztlakového postupu (SBP) běžnou v současné době i v provozech zemědělských lihovarů v ČR. V této technologii je tlakové paření suroviny nahrazeno účinkem ztekucujících enzymů. Zjednodušené schéma technologie je znázorněno na obr. 1 společně s energetickou spotřebou jednotlivých stupňů procesu.

Energetické údaje, jejichž získání vyžadovalo komplexní informaci od výrobce strojn- ho zařízení (destilační kolona) nebo suro- viny (enzymy, výroba zákvasu), byly získány v odborné, případně firemní literatuře. Z dů-vodu použití některých, v této práci prakticky neověřených údajů z literatury, může být proto počet zatížen určitou chybou.

V lihovaru byl instalován jednokolonový destilační přístroj pro výrobu surového lihu. Vzhledem k zamýšlenému výstupu tohoto propočtu, tj. bezvodý líh, byly pro výpočet použity údaje o dvoukolonovém destilačním přístroji firmy Starcosa, jehož součástí je i od-

vodňovací zařízení. Část této kolony pracuje při atmosférickém tlaku (rektifikační kolona) a část při zvýšeném tlaku (odvodňovací kolona – 0,6 MPa, lučidlo cyklohexan). Kondenzátory odvodňovací kolony slouží taktéž jako vyvíječe páry.

Pokusně byla zpracována 1 tuna pšenice. Pomocí stopek byla zaznamenána doba činnosti jednotlivých elektromotorů a jejich výkon. Podobně bylo zaznamenáno dávkování enzymů. Energetická spotřeba v MJ byla přepočítána na litr lihu o teoretické koncentraci 100% ethanolu (1a). Lihová výtěžnost pšenice po standardním třidenním kvašení byla 40 la/100 kg.

Konstantní údaje pro výpočet:

Měrné teplo vody	4,20 MJ/t [5]
Měrné teplo pšenice	1,90 MJ/t [5]
Měrné teplo železa	0,46 MJ/t [5]
1 kWh	3,60 MJ [5]
1 kg páry (1,0 MPa)	2,82 MJ [5]
1 litr enzymových preparátů	75,00 MJ [4]

1. Doprava zrna do násypky šrotovníku – prováděna samospádem
spotřeba energie 0,00 MJ

2. Doprava zrna šnekovým dopravníkem do šrotovníku
motor – 0,75 kW, doba provozu – 1 hodina
 $0,75 \times 1 = 0,75 \text{ kWh} = 2,7 \text{ MJ}$
spotřeba energie 2,70 MJ

3. Mletí zrna
motor 11 kW, doba provozu – 1 hodina
 $11 \times 1 = 11,00 \text{ kWh} = 39,6 \text{ MJ}$
spotřeba energie 39,60 MJ

4. Čerpání směsi
motor 1,5 kW, doba provozu – 1 hodina
 $1,5 \times 1 = 1,5 \text{ kWh} = 5,4 \text{ MJ}$
spotřeba energie 5,40 MJ

5. Dispergace směsi I
motor 9 kW, doba provozu – 1 hodina
 $9 \times 1 = 9 \text{ kWh} = 32,4 \text{ MJ}$
spotřeba energie 32,40 MJ

6. Míchání záparů v zapařovací kádi
motor 5 kW, doba provozu – 2 hodiny
 $5 \times 2 = 10 \text{ kWh} = 36 \text{ MJ}$
spotřeba energie 36,00 MJ

7. Tepelná energie pro ohřátí zrna pšenice
K zahřátí 1 t pšenice o teplotě 15 °C na 70 °C je třeba:
 $1 \times 1,9 \times (70 - 15) = 104,5 \text{ MJ}$
spotřeba energie 104,5 MJ

8. Tepelná energie pro ohřátí 3 m³ vody na 70 °C
Recyklace vody chladicí, tekuté části výpalků a vody z chladicí lihu zajišťuje dostatek vody o teplotě 70 °C.
spotřeba energie 0,00 MJ

9. Tepelná energie pro ohřátí zapařovací káde o váze 1,5 tuny
(počítáno se ztrátou vyzařováním 5%) [6]
 $1,5 \times 0,46 (70 - 15) \times 1,05 = 39,85$
spotřeba energie 39,85 MJ

Pozn: Při prodlžení nutném ke ztekucení záparů (1 hodina) poklesla teplota o 2 °C, tj. na 68 °C. Zápara pak již nebyla dohřívána, poněvadž i tato teplota zaručuje dostatečnou aktivitu enzymového preparátu.

10. Použití enzymových preparátů pro ztekucení a zkušení škrobu
množství 650 ml [7]
 $0,65 \times 75 = 48,75 \text{ MJ}$
spotřeba energie 48,75 MJ

11. Dispergace záparů II
motor 9,0 kW, doba provozu – 1 hodina
 $9 \times 1 = 9 \text{ kWh} = 32,4 \text{ MJ}$
spotřeba energie 32,40 MJ

12. Čerpání sladké záparů do kvasné nádrže
motor 2 kW, doba provozu – 1 hodina
 $2 \times 1 = 2 \text{ kWh} = 7,2 \text{ MJ}$
spotřeba energie 7,20 MJ

13. Čerpání zákvasu do kvasné kádě
motor 0,25 kW, doba provozu 15 minut
 $0,25 \times 0,25 = 0,06 \text{ kWh} = 0,22 \text{ MJ}$
spotřeba energie 0,22 MJ

14. Vedení kvasničné kultury (zákvasu) [7]
spotřeba energie 24,00 MJ

15. Míchání zralé záparů během přecherpávání na destilaci
motor 1 kW, doba provozu 3 hodiny
 $1 \times 3 = 3 \text{ kWh} = 10,8 \text{ MJ}$
spotřeba energie 10,80 MJ

16. Čerpání sladké záparů do destilační kolony
motor 4,5 kW, doba provozu 3 hodiny
 $4,5 \times 3 = 13,5 \text{ kWh} = 48,6 \text{ MJ}$
spotřeba energie 48,60 MJ

17. Destilace
spotřeba páry 2,3 kg/la (99,8 % obj.) [8]
při výtěžku ethanolu 40 la/100 kg pšenice,
 $10 \times 40 \times 2,3 = 920,00 \text{ kg páry} = 2594,40 \text{ MJ}$
spotřeba energie 2594,40 MJ

18. Doprava tekutého podílu výpalků do recirkulační nádrže
motor 0,75 kW, doba provozu 3 hodiny
 $0,75 \times 3 = 2,25 \text{ kWh} = 8,1 \text{ MJ}$
spotřeba energie 8,10 MJ

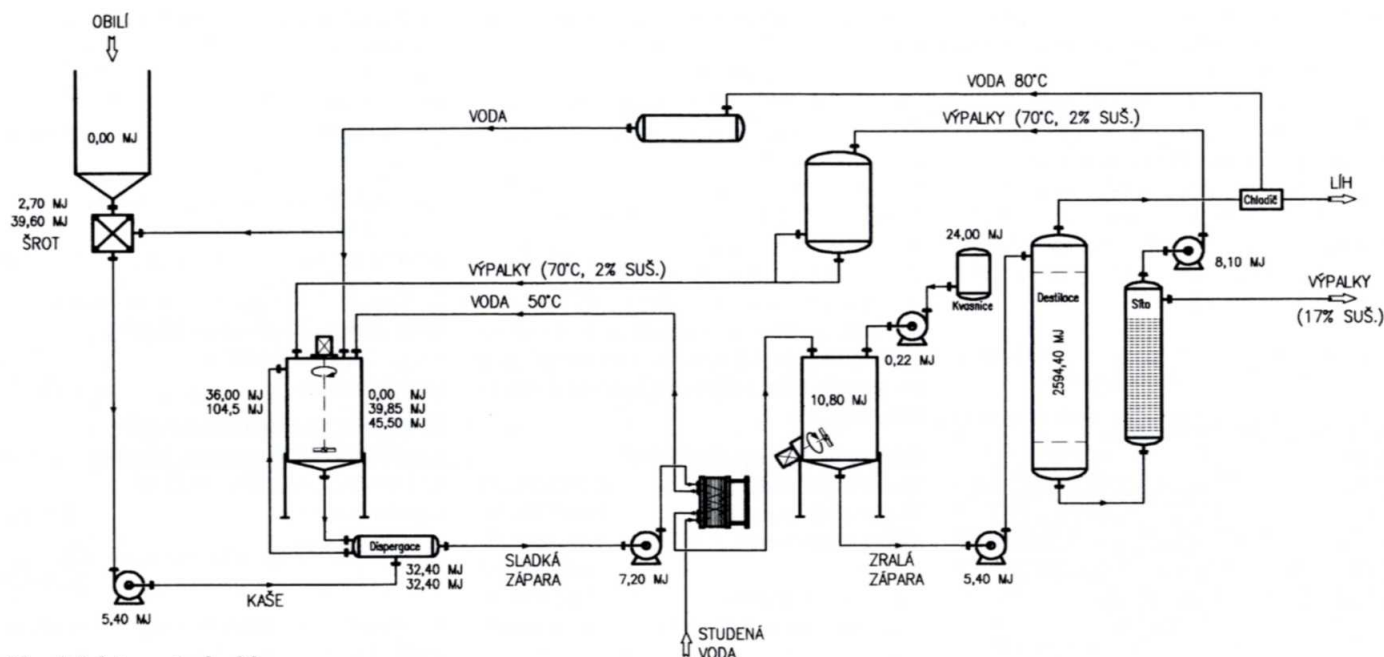
Spotřeba energie na zpracování 1 t pšenice 3 031,67 MJ

Spotřeba energie na 1 l ethanolu 7,58 MJ

Doplňující údaje energetické bilance
Spalné teplo 1 litru bezvodého ethanolu [9]
zisk energie 21,20 MJ
Spalné teplo množství slámy vyrobené zároveň s 1 litrem ethanolu [9], [4]
zisk energie 37,52 MJ
Metabolizovatelná energie množství výpalků vyrobeného zároveň s 1 l ethanolu [10]
zisk energie 5,39 MJ

3. DISKUSE

Výsledkem experimentálního měření v podmínkách školního lihovaru univerzity v Hohenheimu bylo zjištěno, že spotřeba energie na výrobu 1 litru 100% ethanolu z pšenice, při výtěžnosti 40 la/100kg sušiny, činí 7,58 MJ. Tato hodnota plně vystihuje vysoký stupeň recyklace tepla v tomto provozu, zejména pak zpětné použití tekuté fáze výpalků, která tvoří po oddělení pevných částic na síť 75–80 % původního objemu. Další úsporu představuje úplné pou-



Obr. 1 Schéma výroby lihu

žití teplé vody z deflegmace lihových par a chlazení zcukřeného záparu na zákvasnou teplotu. Zvláštním postupem, který není běžný ve stávajících lihovarských provozech, je snížení teploty aplikace ztekucujícího enzymu na 70 °C, zejména u tritikale, žita a pšenice, a použití dispergátoru k dokonalému rozrušení matrice rozemletého zrna. V celkových úsporách se jistě projeví i důkladná izolace destilační kolony a parních a teplovodních rozvodů včetně recirkulačních nádrží.

Výsledná hodnota dosáhla 35 % spalného tepla 1 litru ethanolu. Tento výsledek popírá tvrzení, že by výroba ethanolu v lihovaru představovala větší spotřebu energie nežli jeho užití. Navíc je tu rezerva 65 % pro spotřebu energie vynaloženou na vypěstování suroviny pro výrobu ethanolu tzv. „na poli“. Pro ilustraci je uvedena i energetická hodnota výpalků a slámy, kde by vhodné využití mohlo přispět k energetické ziskovosti výroby ethanolu.

Dále z výsledků vyplývá, že destilace bylo spotřebováno asi 85 % veškeré energie, i přes zařazení kolony s velmi malou spotřebou páry. Výsledky získané odečtením jmenovitého příkonu elektromotorů znamenají maximálně možný výkon, který nemusel být ve všech případech plně využit, což by znamenalo snížení množství spotřeby energie. Autoři srovnávacích studií o energii potřebné k výrobě ethanolu v lihovaru bohužel nepopisují složení aparatury, na které bylo uváděných výsledků dosaženo. Keeney a De Luca [11] uvádějí v procesu výroby ethanolu ze zrna kukuřice spotřebu energie 13,53 MJ na litr. S hodnotou zjištěnou v této práci nekomunikuje ani údaj, který je uváděn ve zprávě pro Spolkový sněm v Německu [12], a to spotřeba energie 14,23 MJ na litr ethanolu. Zpráva PHARE [3] uvádí energetické náklady v lihovaru s kapacitou 12 hl denně při zpracování obilí 20, 28 MJ na litr ethanolu. Při několikanásobně větší produkci v jednom závodu (3500 hl denně) by spotřeba

energie, na základě údajů této zprávy, klesla na 12,06 MJ. Nejlepší energetické hodnocení tato zpráva uvádí u zpracování melasy v závodu s kapacitou 3500 hl denně, a to 9,06 MJ na litr vyrobeného ethanolu. Se zjištěným údajem 7,52 MJ se přibližně kryje pouze výpočet uváděný v doktorské disertační práci zabývající se spíše pěstební stránkou obilovin [4], a to asi 6,58 MJ na litr ethanolu. V rozporu se zjištěnou spotřebou energie v této práci, dvojnásobně i vyšší hodnoty citované v literatuře pravděpodobně vycházejí z tlakových postupů výroby lihu, přičemž mohou zahrnovat i výrobu sladu jako zcukřujícího prostředku.

4. ZÁVĚR

Techniky opětovného využití zejména tepelné energie ve sledovaném lihovarském procesu znamenaly snížení spotřeby celkové energie přibližně na polovinu oproti citovaným hodnotám v literatuře. Energeticky nejnáročnějším stupněm procesu je jednoznačně destilace, kde konstrukční a technologická vylepšení budou mít pravděpodobně nejpozitivnější efekt na celý proces výroby lihu. Další energetické úspory je možno očekávat od zavedení již propracovaných technik, jako je například imobilizace kvasinek a enzymů. Rovněž vytipování vhodných druhů a odrůd obilovin, u kterých je žádoucí zejména vysoký obsah škrobu a aktivní α -amylasový komplex enzymů, umožní použití nižších teplot při konverzi škrobu, a tím i nižší spotřebu energie. V neposlední řadě je třeba připomenout, že tradiční surovinou pro výrobu lihu je v České republice melasa, a také použití cukrové řepy ve formě těžké šťávy se jeví jako perspektivní. Tato problematika společně s využitím různých odpadů a meziproduktů by ovšem zasluhovala samostatné pojednání. Zajímavé výstupy v tomto směru je možné očekávat od řešení grantových projektů, které finančně podporuje Ministerstvo zemědělství ČR, a kde jedním z řešitelů je VŠCHT Praha

společně s ústavem technologie potravin MZLU Brno.

Děkuji pracovníkům Ústavu technologie potravin univerzity v Hohenheimu za možnost provedení pokusu, především pak panu profesoru H.-J. Pieprovi, Dr. Th. Sennovi a vedoucímu lihovaru panu O. Jungovi.

LITERATURA

- [1] KLEIN, D.: Brenneri-Kalender, 1997, s. 357
- [2] ERZEUGUNGS- und ABSATZLAGE....: Die Brantweinwirtschaft, 1. Februarheft, 1998, s. 38
- [3] PHARE: Restrukturalizace lihovarského průmyslu v ČR. Poradenský projekt pro MZe ČR. Presentace a workshop Praha 5.5. 1994
- [4] SCHÄFER, V.: Dissertationarbeit, Institut für Lebensmitteltechnologie, Universität Hohenheim, 1994, 180 s.
- [5] PIEPER, J.H. – JUNG, O.: In: Brenneri-Kalender 1983, s. 302
- [6] GOSLICH, V.: Brenneri-Kalender 1997, s. 329
- [7] MISSELHORN, K.: Zvláštní vydání Chemische Rundschau, Nr. 38, 1980
- [8] KREIPE, H.: Getreide- und Kartoffel-Brenneri. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart. 1981, 358 s.
- [9] STREHLER, A.: In: FLAIG, H. – MOHR, H.: Energie aus Biomasse – eine Chance für die Landwirtschaft. Springer Verlag Berlin. 1993, s. 170
- [10] ZEMAN, L. (ed.): Katalog krmiv. Výzkumný ústav výživy zvířat Pohofelice, 1995, 465 s.
- [11] KEENEY, R.D., DE LUCA, H.T.: American Journal of Alternative Agriculture 7, 1992, s. 137
- [12] DEUTSCHER BUNDESTAG: Antwort der Bundesregierung auf die Große Anfrage ... Nachwachsende Rohstoffe. Drucksache, 10/5558, 1986, Bonn
- [13] MARLAND, G., TURHOLLOW, F.A.: Energy 16, 1991, s. 1307
- [14] LEIBE, L., WINTZER, D.: In: FLAIG, H., MOHR, H.: Energie aus der Biomasse – eine Chance für die Landwirtschaft. Springer Verlag Berlin, 1993, s. 67

Lektoroval: Prof. Ing. M. Rychtera, CSc.
Do redakce došlo: 16. 2. 1999