

Úspory energie v potravinárskom priemysle s minimálnymi nárokmi na investície

ANDREJ ŠEPITKA — JUDITA ŠEPITKOVÁ

Súhrn. V príspevku sa poukazuje na potrebu riešiť úsporu energie pri výrobe potravín z hľadiska nutnej spotreby tepelnej energie pri výrobe potravín, ako aj nevyhnutné a zamedziteľné straty tepelnej energie. Na vytvorenie krátkodobého programu a podkladov pre dlhodobý program úspor energie sa odporúča postup zostaviť hmotnostnú a energetickú bilanciu výrobných procesov so zameraním na racionalizačný program úspor palív a energie. Uvádza sa **logický postup** s výpočtom pri riešení hmotnostnej a energetickej bilancie technologického procesu.

Odborníci v energetike načrtli vývoj energetických zdrojov takto: drevo, tuhé palivá, kvapalné palivá, plynne palivá, jadrová energia 1. generácie, 2. generácie, 3. generácie a slnečná energia. My sa teraz nachádzame na prelome — pred rozvojom a nástupom jadrovej energie. S rastom dovozu ropy a zemného plynu po roku 2000 nemožno počítať, lebo tieto zdroje už nebudú dostupné. Pre ďalšie obdobie sa dáva do súvislosti rozvoj výroby a spotreby elektrickej energie a tepla s rozvojom ťažby hnedého uhlia a lignitu a reálnym rozvojom jadrovej energetiky. Tieto skutočnosti nás nabádajú k maximálnym úsporám pri spotrebe energie, najmä ak si chceme zachovať a zvyšovať našu životnú úroveň.

Treba si uvedomiť, že zo 100 % vyťaženého alebo dovezeného uhlia, ropy alebo plynu využívame v priemere iba asi 40 % a zvyšok sa stráca nevyužitý vo forme spalín komínmi elektrární a priemyselných závodov, chladiacej a odpadovej vody a ako odpadové teplo pri rozličných priemyselných výrobách, zabezpečujúcich naše civilizačné potreby. Zvyšok strácanej energie, t. j. 60 %, sa označuje ako odpadové teplo, ktoré môže byť druhotným zdrojom pre ďalšie využitie či už v príslušnej prevádzke alebo mimo nej.

Problematika úspor energie nemôže obísť ani výrobu potravín, najmä ak si

Ing. Andrej Šepitka, CSc., RNDr. Judita Šepitková, CSc., Výskumný ústav potravinársky, Trenčianska 53, 825 09 Bratislava.

uvedomíme, že na zakonzervovanie 10 kg zeleniny, čo poskytuje vo výžive 0,02 MJ, sa spotrebuje na jej dopestovanie asi 34 MJ, na plechové obaly 152 MJ, strojové zariadenie na spracovanie 0,9 MJ, chemikálie na hygienu 2,7 MJ a samotné konzervovanie asi 75 MJ. Každú položku, vrátane dopestovania, bude potrebné z hľadiska úspor energie prehodnotiť a hľadať energeticky úsporné riešenie [1].

Pri výrobe potravín môžeme spotrebu tepelnej energie rozdeliť na tieto položky:

1. Nevyhnutná potreba tepelnej a elektrickej energie na dosiahnutie technologického cieľa.
2. Nevyhnutné technologické straty tepelnej a elektrickej energie pri výrobe potravín, ktoré nemožno súčasnou technikou zamedziť.
3. Straty tepelnej a elektrickej energie, ktoré možno zamedziť súčasnou technikou.

O spotrebe paliva v potravinárskom priemysle rozhoduje úroveň tepelného hospodárstva výrobných závodov. Racionálne usporiadanie tepelného hospodárstva v značnej miere závisí od spôsobu výroby pary, od stupňa účinnosti parných kotlov i od správneho riešenia výroby celkovej energie (tepelnej a elektrickej), ktorá zodpovedá potrebám závodu. Iba optimálne usporiadanie elektroenergetického a tepelného hospodárstva umožňuje dosiahnuť zodpovedajúci ekonomický efekt. Tepelné hospodárstvo musí byť pritom podriadené hlavnej úlohe — vytvoreniu optimálnych technologických podmienok pre danú výrobu.

Terajšiu nevyhnutnú potrebu tepelnej energie bude v budúcnosti potrebné znižovať najmä dlhodobým výskumným a vývojovým programom, najmä výskumom nevyhnutných a možných zmien stavu suroviny, aby sa z nej získal potrebný potravinársky výrobok aj v súvislosti s úplným využitím surovín a možnosťou znížiť spotrebu energie technologickými a technickými opatreniami aj za cenu narušenia našich doterajších stravovacích zvyklostí [2].

Krátkodobý program úspor energie v potravinárskom priemysle, ktorý nemusí mať veľké nároky na investície, možno založiť na hľadaní miest, kde dochádza k stratám energie, a najmä na využívaní druhotných zdrojov energie, pod čím rozumieme energetický potenciál odpadovej, najmä tepelnej energie, vznikajúcej v technologických procesoch a zariadeniach. Tento sa už nevyužíva priamo v tom istom technologickom procese alebo zariadení, ale môže sa využiť čiastočne alebo úplne na zásobovanie ďalších procesov a zariadení pri výrobe (odpadové palivá, odpadové teplo, odpadová energia pretlaku plynov a kvapalín a iné) [3].

Každá VHH by mala mať svoj vlastný krátkodobý energetický plán, aby sa vytvoril plán úspor a možnosti rozšírenia výrobného programu.

Dlhodobý plán úspor treba zostavovať na základe komplexného postupu, v ktorom budú zahrnuté výskum, vývoj a výroba potrebných zariadení a prí.

strojov pre príslušné technológie, rozličné racionalizačné opatrenia a sama výroba potravín.

Technicko-technologickú koncepciu racionalizácie využitia energie v technologickom procese pri výrobe potravín možno založiť na tomto logickom postupe [4, 7]:

1. Výber závodu VHJ z hľadiska veľkosti a sortimentu výrobkov ako typického predstaviteľa skupiny závodov (závody bežné a špecializované).

2. Zistiť technický a technologický stav závodu ako celku, postup výroby z hľadiska závislosti a nadväznosti jednotlivých stupňov a ich vzájomné prepojenie (neprepojenie) kontinuálnym tokom.

3. Určiť logiku výrobného postupu z hľadiska spotreby energie a toku materiálov.

4. Nakresliť blokovú schému výrobného postupu a výrobných zariadení. Bloky zodpovedajú výmenníkom a spotrebičom tepla a majú byť zoradené podľa tokov spracúvaných surovín a materiálov. Číslo bloku v poradí má zodpovedať skutočnému postupu spracúvaného materiálu v zariadeniach.

5. Určiť spotrebu energie jednotlivých zariadení a strojov v jednotlivých cechoch a v celom závode, či už zo štítkových hodnôt zariadení a strojov, meraním alebo na základe záznamov spotreby. Určiť spotrebu elektrickej energie, napríklad rozloženú na 15-minútové intervaly za deň a určiť podiel nočného prúdu na celkovej spotrebe počas jedného dňa výroby (alebo dlhšieho časového obdobia).

6. Určiť prevádzkové podmienky, napríklad rýchlosť toku materiálov a surovín, kontinuálnosť a periodickosť procesov, teploty a tlaky pri jednotlivých operáciách.

7. Určiť medze, v ktorých sa bude vykonávať hmotnostná a energetická bilancia (na základe merania, prevádzkových údajov, výpočtu alebo odhadom).

8. Vykonať hmotnostnú bilanciu s uvedením množstva materiálov vstupujúcich do jednotlivých výrobných operácií. Do bilancie treba zobrať všetok materiál vstupujúci do systému a vystupujúci z neho (tuhé látky, kvapaliny, plyny, vzduch a pod). Bilanciu vykonáme pre reprezentatívne obdobie (hodina, týždeň, mesiac atď.), s prihliadnutím na ročné obdobie.

9. Previesť hmotnostnú bilanciu na energetickú bilanciu, pričom sa určí obsah energie v jednotlivých materiáloch vstupujúcich do systému a vystupujúcich z neho.

10. Po ukončení hmotnostnej a energetickej bilancie sa príslušné údaje zapisujú do blokovej schémy výrobného postupu a presvedčíme sa, či sú všetky materiály a energie podchytené. Ak je spotreba elektrickej energie malá, sústredíme svoju pozornosť na tepelnú energiu. Podiel pripadajúci na elektrickú energiu sa môže vypočítat z menovitého (štítkového) výkonu a prevádzkových hodín jednotlivých strojov a prepočítat ich na jouly.

11. Na základe energetického prehľadu sa urobí konečná analýza, ktorá zbilancuje energiu do výroby vstupujúcu s energiou, ktorá opúšťa závod vo výrobkoch a ako odpadové teplo. Finálna energetická analýza nám ukáže straty energie, ktorým možno zabrániť.

Aké sú konkrétne možnosti úspor energie, nám ukáže podrobná energetická bilancia výrobných stupňov a medzilahľých skladovacích (vyrovnávacích) tankov. Základom každého programu na hľadanie možnosti úspor by mal byť podrobný rozbor spotreby energie v jednotlivých postupoch.

Ak sa nevychádza z exaktne nameraných hodnôt, predpoklady na zjednodušenie výpočtu energetickej bilancie zvolíme takto [7]:

1. Všetky látky, ako aj energia, majú svoj obsah tepelnej energie, ktorý možno vyjadriť kvantitatívne.

2. Tepelnú energiu možno opakovane využiť v rámci platnosti prvej termodynamickej vety.

3. Podľa druhej termodynamickej vety tepelnú energiu možno previesť na iné látky, pričom regenerácia je menšia ako 100 % (tepelné straty).

4. Tepelný obsah látky, vyjadrený v $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ je súčtom:

a) tepla, potrebného na zvýšenie teploty látky zo základnej na požadovanú teplotu, čo možno vyjadriť vzťahom:

$$Q = G c \Delta T, \quad (1)$$

kde Q je teplo v J (zjavné teplo), G — hmotnosť látky v kg, c — špecifické teplo [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$], ΔT — rozdiel teplôt.

b) tepla potrebného na zmenu skupenstva (napr. kvapalného na plynné, kvapalného na tuhé), ktoré vyjadrujeme v $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ (latentné teplo).

5. Ako základnú (referenčnú) teplotu zoberieme 20°C , pri ktorej tepelný obsah látky budeme pokladať za nulový (základný stav).

6. Tepelné straty zo zariadení pre tepelné operácie pri voľnom (nenútenom) prúde vzduchu môžeme počítať podľa vzťahu:

$$Q = \alpha F \Delta T, \quad (2)$$

kde Q je teplo v J, α — súčiniteľ prestupu tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$], F — plocha [m^2] a ΔT — rozdiel teplôt v $^\circ\text{C}$.

7. Vodná para je k dispozícii ako nasýtená pri známom tlaku v MPa. Ak sa použije v ohrevnej špirále, dáva iba latentné teplo.

Sumárny súčiniteľ prestupu tepla α pre stanovenie tepelných strát podľa rovnice (2) zo zariadení, ktoré sa nachádzajú v uzavretej miestnosti a majú teplotu povrchu svojich stien od 50 do 350°C , vypočítame zo vzťahu:

$$\alpha = 9,3 + 0,058 t_{\text{pov}} \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}],$$

alebo ak je teplota povrchu stien zariadenia menšia ako 150 °C, čo je v potravinárskom priemysle najbežnejšie, podľa vzťahu:

$$\alpha = 9,74 + 0,07 (t_{\text{pov}} - t_v) \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}],$$

kde t_{pov} je teplota povrchu zariadenia [°C], t_v — teplota okolitého vzduchu [°C].

Ako výsledok analýzy majú byť odporúčania na úpravu štruktúry tepelného a elektroenergetického hospodárstva, návrh opatrení na zníženie zamedziteľných strát tepla pri výrobe pary, jej rozvode a spotrebe na jednotlivých spotrebičoch, návrh na renováciu techniky, modernizáciu technológie, zavedenie meracej, kontrolnej, regulačnej a signalizačnej techniky, vypracovanie noriem a ukazovateľov spotreby tepla a elektroenergie a zvýšenie kvalifikácie obsluhy a evidencie.

Ako druhotné zdroje energie prichádzajú do úvahy predovšetkým tieto odpadové teplá [5]:

1. teplo horúcich plynov a kvapalín (teplo dymových plynov, zápečených plynov pekárenských pecí, výpalkov a pod.);
2. teplo z odparovania, rektifikácie a sušenia;
3. teplo odpadových horľavých materiálov (organické odpady z výroby);
4. teplo, ktoré sa nachádza v produktoch a odpadoch z výroby.

V mnohých potravinárskych technológiách je ako súčasť výrobnjej operácie ohrev a chladenie. Obyčajne sa využívajú v tom istom čase a často aj na rovnakých miestach. Tak napr. možno využiť teplo odoberané z masla počas jeho zmrazovania na ohrev masla počas rozmrazovania. Na to je potrebné tepelné čerpadlo.

Podobne veľké množstvo tepla, ktoré vzniká v chladiacom agregáte (v kondenzátore) pri chladení mäsa a hydiny, možno využiť v stojatých ohrievačoch vody a tak získať úžitkovú vodu teploty 40—60 °C. Do 1000 l zásobníka možno zabudovať kondenzátory až zo štyroch chladiacich agregátov. Amortizácia zariadení je 1 až 2 roky (obr. 1).

Z hľadiska úspor energie v potravinárskom priemysle možno vyznačiť pre budúcnosť tieto pridružené postupy [5]:

1. vhodné využitie tepelných čerpadiel;
2. postupy, využívajúce na separáciu membrány (UF, RO);
3. ultrafialové a infračervené žiarenie (pasterizácia a sterilizácia).

Tepelné čerpadlá ako termodynamické stroje, pracujúce s kompresorom, môžu sa využívať v potravinárstve najmä preto, že je tu častá:

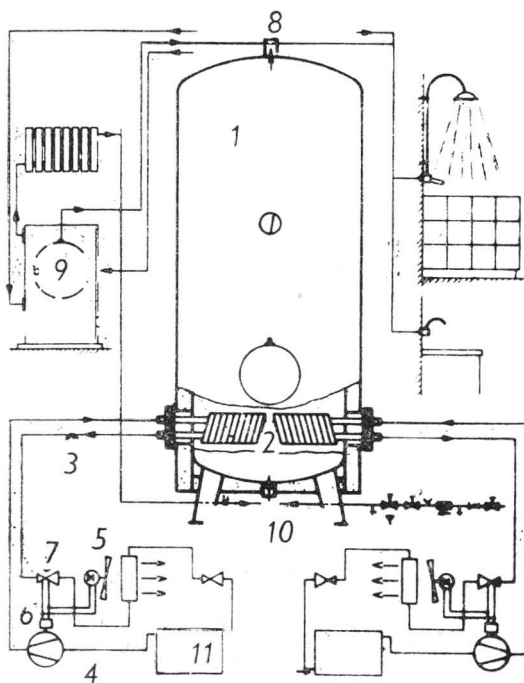
- a) súčasná potreba tepla a chladu,
- b) potreba tepla a chladného povrchu na kondenzáciu pár,
- c) potreba teplého vysušeného vzduchu (sušenie),

d) potreba zariadenia, ktoré umožňuje späť zvýšiť úroveň rozptýleného tepla.

Jednotkové tepelné operácie v potravinárskom priemysle sotva presahujú teplotu 130—150 °C. Mnohé ležia na úrovni vriacej vody (100 °C), ktorá je už v dosahu tepelných čerpadiel (80—100 °C), najmä ak sa voda použije na chladenie.

Existujú dva smery využitia tepelných čerpadiel v potravinárskom priemysle [2]:

1. Na súčasnú výrobu tepla a chladu pre oddelené alebo spojené operácie. Tepelné čerpadlo tu vykonáva prevod tepla.



Obr. 1. Schéma systému ohrievača a zásobníka teplej vody. 1 — zásobník, 2 — výmenníky tepla, 3 — obeh chladiva, 4 — kompresor, 5 — kondenzátor (zrážnik), 6 — poistné zariadenie, 7 — zariadenie na reguláciu skvapalňovacieho tlaku, 8 — výtok teplej vody, 9 — bojler, kúrenie, 10 — prítok studenej vody, 11 — výparník, chladiareň, chladenie produktov.

Fig. 1. Scheme of the system of a heating appliance and a container of warm water, 1 — container, 2 — heat exchangers, 3 — coolant circulation, 4 — compressor, 5 — condenser, 6 — safety appliance, 7 — liquefying pressure governor, 8 — warm water outlet, 9 — boiler, heating, 10 — cold water inlet, 11 — evaporator, cooling chamber, cooling of products.

2. Na realizáciu prevodu hmoty (sušenie, zahusťovanie, odparovanie, destilácia a pod.). Tepelné čerpadlo tu umožňuje ekonomicky a energeticky výhodne získavať späť výparné teplo a odovzdávať ho do sušiaceho vzduchu, napríklad predbežne sušeného vykondenzovaním vlhkosti na chladiacej časti tepelného čerpadla.

Využitý vzduch prechádza najprv výmenníkom tepla, kde pri schladzovaní stráca časť vody, potom v kondenzátore získava späť stratené teplo a prácu kompresora. Takto sa dosahuje vzduch síce o nižšej teplote, ale s vysokou sušiacou schopnosťou (sušenie pri nízkych teplotách).

Potravinárski vedci a odborníci na otázku, aká bude strava v budúcom storočí uvádzajú: zmrazené potraviny takmer vymiznú, pretože na ich prípravu, prepravu a skladovanie treba príliš mnoho energie. V potravinárstve sa presadia celkom nové spôsoby konzervácie, predovšetkým sušenie, pri ktorom odpadnú náklady vynaložené na prepravu vody [8].

Sušenie sa bude kombinovať s inými odvodňovacími operáciami, ktoré sú energeticky menej náročné, a pri sušení sa bude využívať odpadové teplo odchádzajúceho vzduchu, ktoré tvorí najmä výparné teplo vody.

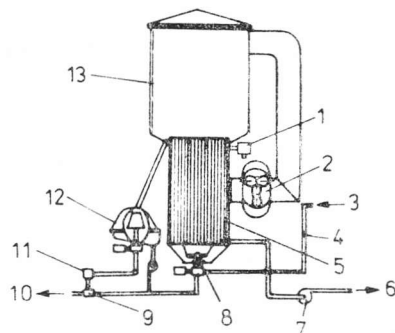
Ekvivalenty energie v kJ na odstránenie 1 kg vody sú:

Lisovanie

ca 3,6

Reverzná osmóza

44—173



Obr. 2. Jednočlenná odparka s mechanickou kompresiou pár štiav na zahusťovanie srvátky. Kľúčovou časťou systému je snímač hustoty a rotačný separátor. 1 — vákuové čerpadlo, 2 — čerpadlo mechanickej kompresie, 3 — surová srvátka 6 % koncentrácie, 4 — vložková záklopka, 5 — výmenník tepla, 6 — odvod kondenzátu pary, 7 — čerpadlo vody, 8 — cirkulačné čerpadlo, 9 — odvodná záklopka, 10 — odvod zahusťenej srvátky (40 %), 11 — snímač hustoty, 12 — rotačný separátor, 13 — komora na odseparovanie pár.
Fig 2. One-part vacuum pan with mechanical compression of juicy vapours for thickening the pickle. Thickness sensing element and a rotary separator are the key parts of the system. 1 — vacuum pump, 2 — mechanical compression pump, 3 — raw pickle of 6% concentration, 4 — breaking piece valve, 5 — heat exchanger, 6 — steam trap, 7 — water pump, 8 — circulating pump, 9 — discharge valve, 10 — discharge of the thickened pickle (40%), 11 — thickness sensing element, 12 — rotary separator, 13 — steam separation chamber.

Odparovanie

612—3240

Sušenie

2520—6120

Preto sa aj vo výskume venuje zvýšená pozornosť týmto jednotlivým operáciám: ohrevu, chladeniu, extrúzií, reverznej osmóze a ultrafiltrácii, mechanickému odvodňovaniu a nízkoenergetickému sušeniu.

Americká firma Pollution Control vyvinula napr. odparku (obr. 2) na zahusťovanie srvátky zo 6 % sušiny na 40 % sušiny, ktorá nepotrebuje na prácu nijakú tepelnú energiu, iba pri jej spustení do chodu. Na ďalší chod sa využívajú pary štiav (z odparovania), ktoré sa odsávajú z odparky, komprimujú a znovu vedú do rúrkového výmenníka odparky. Systém odparky potrebuje iba elektrickú energiu na pohon kompresorov v množstve 2550 kWh denne (t. j. 9180 MJ). Keďže náklady na paru by činili denne 22549 kWh (t. j. 81 176 MJ), uspora energie činí 88 %.

Na základe Štátneho cieľového programu Racionalizácia spotreby a využitia palív a energie sa postupne zabezpečujú príslušné zariadenia na využívanie druhotných zdrojov energie vzhľadom na ich ekonomický prínos aj u nás.

V súčasnosti sú v ČSSR vyvinuté alebo sa vyvíjajú tieto zariadenia:

- a) kotle na odpadové zdroje tepla rôznych výkonov,
- b) spaľovacie turbíny spolu s kotlami na odpadové teplo s prikurovacími horákmi,
- c) výmenníky tepla,
- d) gravitačné tepelné trubice na využívanie odpadového tepla na predohrev vzduchu,
- e) kotle na spaľovanie priemyselných odpadov,
- f) kotle na fluidné spaľovanie rozličných palivových odpadov.

Literatúra

1. ŠEPITKA, A.: Racionalizácia spotreby a možnosti úspor palív a energie v potravinárskom priemysle. Expozícia na Agrokomplexe 1982.
2. ŠEPITKA, A.: Možnosti zníženia energetickej náročnosti a vybraných výrobkov a technológií pre obdobie realizácie 1985—1990. Záverečná správa. Bratislava, VÚP 1979.
3. ŠEPITKA, A.: Technicko-ekonomický výskum možnosti zníženia energetickej náročnosti u vybraných výrobkov a technológií v potravinárskom priemysle SSR do roku 2010. Záverečná správa. Bratislava, VÚP 1980.
4. ŠEPITKA, A.: Výskum znižovania energetickej náročnosti národného hospodárstva a jeho vplyvu na konečnú spotrebu palív a energie. Záverečná správa. Bratislava, VÚP 1982.
5. ŠEPITKA, A.: Zvýšené uplatnenie elektrickej energie pri výrobe vybraných výrobkov. Záverečná správa. Bratislava, VÚP 1981.
6. ŠEPITKA, A.: Základné smery rozvoja vybraných potravinárskych technológií a ich vplyvu na spotrebu energie po roku 2000. Záverečná správa. Bratislava, VÚP 1983.

7. ŠEPITKA, A. — ŠEPITKOVÁ, J.: Energetika v potravinárskom priemysle. (Kniha v tlači.)

8. ŠEPITKA, A.: Sušenie v potravinárskom priemysle. Bratislava, Alfa 1984.

Экономия энергии в пищевой промышленности, требующая минимальных капиталовложений

Резюме

В статье указывается на необходимость экономии энергии в производстве продуктов питания ввиду неизбежных затрат тепловой энергии в производстве пищевых продуктов и необходимо возникающих при этом потерь энергии, которые можно ограничить. Для составления кратковременной программы и данных для разработки долгосрочной программы экономии энергии рекомендуется метод составления баланса материалов и энергии в производственном процессе с целью разработки программы рационализации экономии топлива и энергии. Приводится метод расчета при составлении баланса материала и энергии в технологическом процессе.

Energy economy in food industry with minimum investments

Summary

The authors of this article point out to the need to solve the problems concerning energy savings in food industry, considering both the inevitable necessity of thermal energy in food production and unavoidable as well as avoidable losses in thermal energy. In order to work out a short-term program and fundamental materials for a long-term program on energy economy the authors see it convenient to use a method of material and energy balances of production processes, taking into account a rationalization program of fuel and energy economy. As an example they give a logical method with computation of material and energy balances of a technological process.