

## FABULYA ZOLTÁN\*–HAMPEL GYÖRGY\*\* Adatbázis alkalmazási lehetőségei autoklávus hőkezelésnél

### Abstract

The heat treatment of cans, particularly canned meat, is a process with a big energy need. The reduction of the use of the natural resources is the challenge in our days which appears in the new system approach of the environment management, the principle of sustainable development. That is to say, let us produce the same amount of products with less energy consumption, or more amounts with less specific energy consumption. We have to secure the observance of the regulations obtained this way for the sake of the higher quality and the less resource utilization with the use of engineering calculations, modelling and computer simulation. This observance ability is answered with the help of our developed database and model for the computer simulation of heat treatment processes.

### Bevezetés

A hőkezelés, mely a hosszú eltarthatóságot teszi lehetővé, mikrobiológiai veszély elhárítására szolgál. Ezért a nem megfelelő munkavégzés, a műveleti előírás megsértése súlyos következményekkel is járhat. Így ez a művelet élelmiszer-biztonsági szempontból kritikus pontnak tekinthető. A veszély elhárítása annál hatékonyabb, minél nagyobb mértékű a hőkezelés. Ennek bizonyos határon túli növelésekor azonban már jelentős minőségromlás következhet be, az élelmiszer érzékszervi sajátosságait, állományát, ízét, illatát érheti súlyos károsodás (felületi elszíneződés kenőmájásoknál, lé eresztés és zselé kiválás húsoknál, stb.). A műveleti előírást ezért úgy kell meghatározni, a szabályozást pedig úgy kell kialakítani, hogy a művelet mindkét cél követelményeit nagy biztonsággal kielégítse.

A hőkezelés szakirodalomban, a 70-es években az általános hőveszteség kérdésével foglalkoztak (Rao et al. 1976, 1978, Singh 1978). A 80-as években a hőhasznosítás és hőfelvételi arányok témakörében jelentek meg közlemények (Sielaff et al. 1982, Bhowmik et al. 1985, Singh 1986). Most a hőkezelések adatainak függvényében határozzuk meg az ehhez szükséges gázfelhasználást.

A lezajlott hőkezelési folyamatok adatainak gyűjtésére, adatbázis kialakítására azért volt szükségünk, hogy vizsgálatokkal kialakíthassunk olyan műveleti előírásokat, hőkezelési ütemezést és heti gyártási tervet, melyek biztosítják a jobb minőségű termék előállítását alacsonyabb energiafelhasználás mellett.

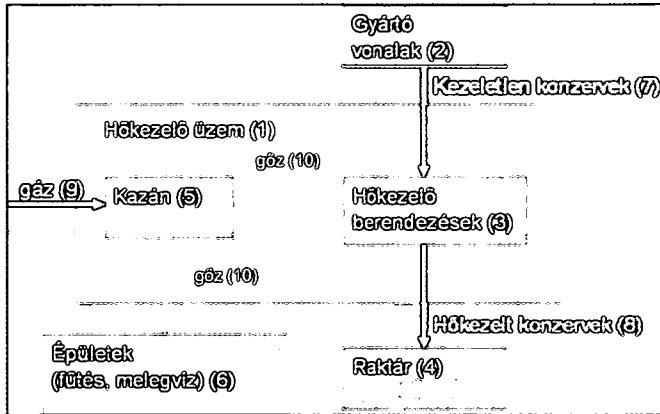
### A technológiai folyamat

Több gyártósorról eltérő ütemben érkeznek a hőkezelő üzembe a még kezeletlen konzervek (*1. ábra*). Az egyes gyártósorokon különböző termékek készülnek, s így eltérő hőkezelési előírások vonatkozhatnak rájuk. A hőkezelést zárt, nyomástartó berendezésekben (autoklávokban) végzik, melyekből jellemzően 10-20 tudja biztosítani (Eszes et al. 2003) hosszú várakozó sorok nélkül a hőkezelését. Egy berendezésben akkor indul el a hőkezelés-

\* Adjunktus – Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar.

\*\* Adjunktus – Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar.

si folyamat, amikor az azonos hőkezelési előírású termékekből összegyűlt mennyiség tele töltetet eredményez. Így biztosítható a minimális fajlagos költség. A hőkezelő berendezések gőzellátását egy gáztüzelésű kazán biztosítja, melynek feladata az épületek, irodák fűtése is téli időszakban.



1. ábra. Anyagok és erőforrások áramlása  
(Forrás: A szerző saját szerkesztése)

### A gyártási folyamat adatai

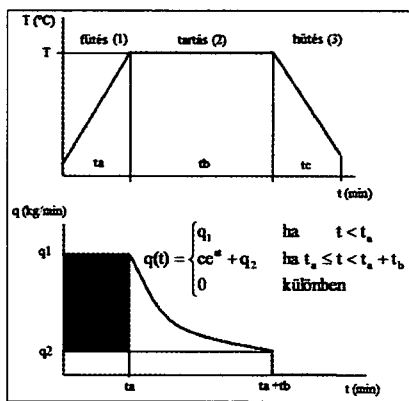
Az alábbi táblákba szervezett adatbázissal írható le a gyártási folyamat:

- o Termék
  - azonosító,
  - megnevezés,
  - kiszerezés (g),
  - gyártóvonal sorszáma,
  - hőkezelési adagszám műszakonként (db),
  - egy hőkezelési adag várható elkészítési ideje (perc),
  - hőkezelési előírás azonosítója.
- o Gyártás
  - termék azonosító,
  - hőkezelés kezdési időpontja,
  - autokláv sorszáma.
- o Hőkezelési előírás
  - azonosító,
  - felfűtési idő (perc),
  - hőntartási idő (perc),
  - lehűtési idő (perc),
  - elérendő hőmérséklet (°C).
- o Fogyasztott gáz adatai óránként
  - időpont,
  - gáz hőmérséklete (°C),
  - fogyasztott mennyiség egy óra alatt.

A fenti adatok elegendőek a több autoklávban párhuzamosan zajló hőkezelések gázfogyasztásának időbeli kalkulálásához amennyiben ismernénk egy hőkezelési folyamat gázfogyasztásának matematikai modelljét, valamint egységnyi mennyiségű gőz előállításának gázigényét.

### Egy hőkezelési folyamat gőzszükségletének modellezése

A 2. ábra felső részén az idő függvényében látható az előírt hőmérséklet, alatta az ehhez szükséges gőz tömegáram időbeli alakulása (ismeretlen, meghatározandó).



2. ábra. Az előírt hőmérséklet és a gőz tömegáram időbeli alakulása  
(Forrás: A szerző saját szerkesztése)

Hőkezelési előírásból ismert termékfüggő adatok:

- $T$  – elérendő hőmérséklet (°C),
- $t_a$  – felfűtési idő (perc),
- $t_b$  – hőntartási idő (perc),
- $t_c$  – hűtési idő (perc).

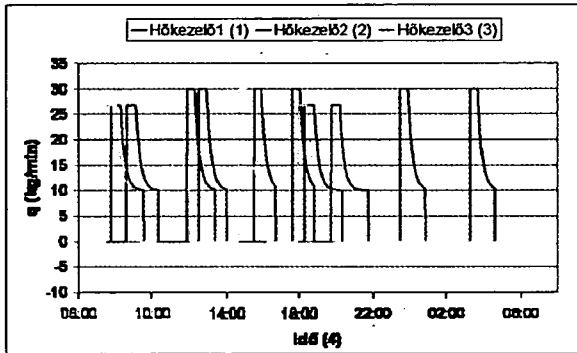
Meghatározandó a  $q(t)$  gőz tömegáram (kg/perc) paraméterei,

- $Q$  – felfűtés gőzigénye (kg), terméktől független állandó,
- $q_2$  – gőz tömegáram vesztesége (kg/perc), terméktől független állandó,
- $c, a$  –  $q(t)$  függvény görbületi paraméterei, egyikük terméktől független, mely a másikat meghatározza.

A modell ismeretében megkaphatjuk az egyes berendezések gőzигényének időbeli alakulását, mely függ a kezelendő termékektől (így a hőkezelési előírástól) és a kezdési időpontoktól. A 3. ábrán három párhuzamosan működő berendezés modellezéssel kapott gőzfelhasználása látható egy nap folyamán (három műszak).

### A gőz tömegáram matematikai modelljének meghatározása

A valós jelenségek modellezése során minden körülményt figyelembe vennünk lehetetlen, vagy legalábbis nem érdemes. Az egyszerűbb modell, illetve sokszor csak a modellezhetőség érdekében a kevésbé jelentős vagy csak annak hitt részleteket ki kell hagynunk. Viszont a túlzott egyszerűsítés nem mehet a modell rovására. Fel kell derítenünk a jelenséget, folyamatot leíró paramétereket, és a köztük lévő kapcsolatokat.



3. ábra. Gőzfogyasztás három párhuzamosan működő berendezésben  
(Forrás: A szerző saját szerkesztése)

Egy berendezésben egy termék hőkezelési folyamata során az idő függvényében kell meghatározni a gőz tömegáramot. A gőz tömegáram vesztesége ( $q_2$ ) a berendezés falán át időegység alatt távozó hőmennyiség. Ez függ a berendezések szigetelésétől, valamint a belső és külső hőmérséklet különbségétől. Viszont a berendezések egyformának tekinthetők és minden termék pár foktól eltérve azonos hőmérsékleten kezelendő, ezért  $q_2$  terméktől függetlenül állandónak tekinthető a folyamat teljes időtartama alatt.

A felfűtés időtartamának teljes gőzigénye ( $Q$ ) függ a termék tömegétől, valamint a kezdeti és végső hőmérsékletek különbségétől. De ezek szintén minden terméknél közel egyezők, így  $Q$  szintén terméktől függetlenül állandó.

Az eddigi adatok ( $q_2$ ,  $Q$ ) és a felfűtés időtartamának ( $t_a$ ) ismeretében már a felfűtési fázis egységnyi idejére jutó gőzmennyiség, vagyis a gőz tömegáram ( $q_1$ ) már számítható:

$$q_1 = q_2 + \frac{Q}{t_a}$$

A hőkezelési folyamat hőntartási fázisában a konzervek folyamatosan melegednek a berendezésben uralkodó hőmérsékletre, így exponenciálisan csökken a szükséges gőz tömegáram a  $q_1$  értékről. Az exponenciális ív görbületét az 'a' és 'c' paraméterek bármelyikének megadásával leírhatjuk, míg a másik értéke abból a feltételből adódik, hogy az ív a  $q_1$  értékről induljon a hőntartás kezdetekor (a  $t_a$  időpillanatban). Például az 'a' paraméter tetszőleges (persze negatív) választása esetén:

$$q(t_a) = c \cdot e^{at_a} + q_2 = q_1 \Rightarrow c = \frac{q_1 - q_2}{e^{at_a}}$$

### A matematikai modell paramétereinek beállításai

Az eddigi eredményeink alapján egyetlen berendezésben zajló hőkezelési folyamat gőzigényét tudjuk számítani három tetszőleges választható paraméter ( $q_2$ ,  $Q$ ,  $a$ ) alapján. Most arra keressük a választ, hogy e paraméterek mely érték kombinációja adja a legjobb modellt. Ehhez a valós folyamat mért adatait kell összehasonlítani a számítással, s a legkisebb eltérést eredményező érték kombinációját keressük a modellt leíró paramétereknek. Viszont ezekkel a mérhető adatokkal nem rendelkezünk, s a vállalat nem is tervezi csak a modell egyszerűbb meghatározásához szükséges igen költséges műszer beszerzését. Ezért

a modell paramétereinek pontosítása a gőzt előállító kazánnál mért gázfelhasználás alapján történhet a számított adatoktól eltérés alapján. Ehhez pedig olyan számítógépes szimulációs eszközt kellett kialakítanunk, mely egy 24 órás időintervallumban percről percre képi a párhuzamosan működő berendezésekben egymás után lejátszódó hőkezelési folyamatok modell alapján számított pillanatnyi gőzigényeinek összegét, melyből már számítható a berendezések gőzellátását biztosító kazán gázszükséglete.

### **Az adatbázis további lehetőségei**

Eddig adatbázisunkban a termelés múltbeli adatait használtuk fel a modell meghatározásához. A modell ismeretében már lehetőségünk van a termelési terv alapján kalkulálni a gázfogyasztás alakulását. Ekkor már adatbázisunkat a termelési terv adatainak tárolására is használjuk. Így lehetőségünk nyílik a gázfogyasztási csúcsok elkerülésére, melyek a párhuzamosan zajló folyamatok intenzívebb energiaigényű fázisainak egyidejűségéből adódik. A csúcsok tompításának egyszerűbb technikája a termék hőkezelésének késleltetésével történhet. Ekkor szűkebb mozgásterünk van, mert a romlás miatt erősen korlátozott a várokozott mértéke. A másik lehetőség a termelési terv változtatása.

Viszont a terv adatai egy szakértői rendszerben is felhasználhatók, mellyel a terv olyan hibáit kerülhetjük el, mint a túl hosszú hőkezelésre váró sorok kialakulása, vagy a gyártó-sori termékűtközések.

Mindezek alapján adatbázisunk a következő előnyöket biztosítja:

- megbízható gyártásprogramozás,
- tervszerűbb termelés,
- alacsonyabb energia költségek,
- jobb minőségű termék.

### **Irodalomjegyzék**

- Bhowmik, S. R., Vichnevetsky, R., Hayakawa, K. I.* (1985): Mathematical model to estimate steam consumption in vertical still retort for thermal processing of canned foods. *Lebensmittelwissenschaft und Technologie* (18) (1) pp. 15–23.
- Eszes, F., Rajkó, R., Szabó, G.* (2003): Energia és vízfelhasználás csökkentés lehetőségeinek feltárása a húsiparban. 10 Symposium on Analytical and Environmental Problems, MTA Szegedi Akadémiai Bizottság Kémiai Szakbizottság Környezetvédelmi és Analitikai Munkabizottsága, Szegedi Tudományegyetem, Szeged, 2003. szeptember 29. Proceedings, pp. 169–174.
- Rao, M. A., Kenny, J. F., Katz, J., Downing, D. L.* (1976): Computer estimation of heat losses in food processing plants. *Food Technology* (30) (3) 36.
- Rao, M. A., Katz, J., Goel, V. K.* (1978): Economic evaluation of measures to conserve energy in food processing plants. *Food Technology* (32) (4) 34.
- Sielaff, H., Andrae, W., Oelker, P.* (1982): Herstellung von Fleischkonserven und industrielle Speiseherstellung. VEB Fachbuchverlag Leipzig. 230–239.
- Singh, R. P.* (1986): Energy in Agriculture Volume I. Energy in Food Processing. Elsevier Amsterdam–Oxford–New York–Tokio.
- Singh, R. P.* (1978): Energy accounting in food process operations. *Food Technology* (32) (4) 40–43.