

# **KONZERVEK HŐKEZELÉSÉNEK KÖLTSÉGCSÖKKENTÉSE GYÁRTÁSPROGRAMOZÁSSAL**

**Fabulya Zoltán**

## **SUMMARY**

Examination of the load-efficiency graph of the boiler showed that gas fee which determines the direct expenses significantly can be reduced by 6% if the load is balanced. It is typical to the present practice that when different products of different load are made at the same time, it is not taken into consideration when the shifts are planned. Then, for example, instead of the average load of 50% per shift it is typical that even the average load of 30% and of 70% can be observed in the consecutive shifts. However, even within one shift great deviations can be experienced because the production is not scheduled. It can be seen from the results that the increase of the unbalanced feature of the load results in the growth of the loss. With smaller average loads, balancing the load is of a bigger importance since the relative loss can be even 6% then. Besides the load of 50%, which can be regarded as the annual average, almost the loss of 5% was experienced in the worst case.

## **1. BEVEZETÉS**

A konzervek hőkezelése, különösen húskonzervek esetén nagy energiaigényű folyamat, mivel sterilizéssel, 120°C körüli, hosszú időtartamú hőhatással jár. A termékek minősége és a költséghatékony termelés érdekében mérnöki számításokat, modellezést, számítógépes szimulációt érdemes bevonni a témakör kutatásába. Fő célom a konzervgyártásban autokláv csoportot alkalmazó technológiák esetében egy szimulációra támaszkodó programrendszer készítése, mellyel csökkenthető a hőkezelés közvetlen költsége és megelőzhető a termék minőségi károsodása.

A szakirodalmakban a 70-es években az általános hőveszteség kérdésével foglalkoztak (Rao et al. 1976, Rao et al. 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). Az újabb kutatások a hőbehatolás intenzitásának növelésére irányulnak, amit viszkózus élelmiszereknél a konzervek hőkezelés közbeni, megfelelő sebességű forgatásával lehet elérni erre alkalmas autoklávval (Yang–Rao 1998, Akterian 1995, Alonso et al. 1997, Meng–Ramaswamy 2005, 2007a, 2007b). Szimulációs optimalizáló ütemezést is alkalmaztak azzal a céllal, hogy különböző termékeket együtt hőkezeljenek azonos alkalmazandó sterilképlet esetén, s így rövidebb várakozási időt alkalmazva a kezelés megkezdéséig (Simpson 2004, Simpson–Abakarov 2009).

A kutatások viszont eddig nem foglalkoztak a termék minőségére és a hőkezelés közvetlen költségére is pozitívan ható termelés-szervezési kérdésekkel, autokláv csoport összehangolt működtetésével, mellyel megfelelő ütemezettséggel indítva a hőkezelési folyamatokat egyenletes erőforrás-felhasználás (gőz, víz) biztosítja a kiegyensúlyozott termelést.

A vállalatok valamilyen rendszerességgel gyártási tervet készítenek a következő időszakra. A kutatási terepet biztosító vállalatnál heti rendszerességgel a következő

hét gyártási tervét állítják össze, melynek legfontosabb eleme, hogy az egyes műszakokban mely termékek gyártására kerüljön sor. Több gyártóssal rendelkeznek, és termékfüggő, hogy a termék melyik soron gyártható. A terv és az abból adódó folyamatok adatai a jelenlegi gyakorlatban számítógépes ellenőrzés nélküliek, emiatt emberi figyelmetlenség folytán könnyen adódhat probléma.

## 2. A PROGRAM FUTTATÁSI TAPASZTALATAI

Korábbi kutatásomban általánosságban mutattam be a kazánterhelés kiegyensúlyozásának költségcsökkentő szerepét (Fabulya 2011), valamint a program fejlesztését (Fabulya–Hampel 2010). Az elkészült program birtokában már számszerű eredményekkel mutathatom be a használat során adódott költségcsökkenést.

### 2.1. MŰSZAKOK KIEGYENLÍTETT KAZÁNTERHELÉSE

A program szimulátorával akár ötperces bontásban autoklávonként megkaphatjuk a hőkezelések okozta gőzfelhasználás adatsorát egy teljes hétre. Ezekből az adatokból részösszegként kaphatjuk meg az egyes műszakok gőzigényét, s így a kazán terhelését százalékban. Korábbi eredményünk alapján a terheléshez tartozó hatásfok adódik. Az 1. táblázatban foglaltam össze egy hét esetén az eredeti és a terhelés műszakok közötti kiegyenlítése utáni állapotának szimulációval kapott adatait.

1. táblázat: Műszakok kazánterhelésének kiegyenlítése

Nap	Műszak	Kiegyenlítés nélkül		Kiegyenlítve	
		Kazánterhelés	hatásfok	Kazánterhelés	hatásfok
2009.06.15	1	45%	76%	45%	76%
2009.06.15	2	37%	73%	47%	77%
2009.06.15	3	49%	78%	49%	78%
2009.06.16	1	33%	71%	53%	79%
2009.06.16	2	22%	65%	47%	77%
2009.06.16	3	41%	75%	51%	78%
2009.06.17	1	27%	68%	47%	77%
2009.06.17	2	20%	63%	60%	81%
2009.06.17	3	38%	73%	53%	79%
2009.06.18	1	82%	87%	52%	79%
2009.06.18	2	46%	77%	46%	77%
2009.06.18	3	75%	86%	55%	80%
2009.06.19	1	92%	89%	52%	79%
2009.06.19	2	46%	77%	46%	77%
2009.06.19	3	75%	86%	55%	80%
Átlagok		49%	75,8%	49%	78,2%

Forrás: A szerző saját szerkesztése

A táblázat utolsó sorában az átlagok adatait kell a továbbiakban felhasználni. A kazánterhelésre adódott 49% természetesen a kiegyenlítés hatására nem változott, hiszen ugyanazokat a termékeket változatlan mennyiségben kell hőkezeltetni csak a műszakok közötti más elosztásban. Viszont az egyenletesebb kazánterhelés jobb hatásfokot biztosít.

A hét során a kazán fűtésére felhasznált gáz mennyiségéből (G), fűtőértékéből (F) és a hatásfokból ( $\eta$ ) kiszámítható az előállított gőz hőenergiája (E), ami a kazán terhelését jelzi:

$$E = G \cdot F \cdot \eta \quad (1)$$

Ebből adódik, hogy a hőkezelések elvégzéséhez szükséges energia, mekkora mennyiségű fűtőgázt igényel:

$$G = \frac{E}{F \cdot \eta} \quad (2)$$

Változatlan hőigény (E) mellett a rosszabb hatásfok nagyobb gázmennyiséget jelent. A magasabb gázigény százalékban kifejezhető:

$$\frac{G_1}{G_2} = \frac{\frac{E}{F \cdot \eta_1}}{\frac{E}{F \cdot \eta_2}} = \frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{78,2\%}{75,8\%} = 1,032 \quad (3)$$

Ahol:

E – a gőz hőenergiája (MJ)

F – a gáz fűtőértéke (MJ/m<sup>3</sup>)

G<sub>1</sub> – a gáz mennyisége a kazánterhelés kiegyenlítése nélkül (m<sup>3</sup>)

$\eta_1$  – a kazán hatásfoka a kazánterhelés kiegyenlítése nélkül

G<sub>2</sub> – a gáz mennyisége kiegyenlített kazánterhelésnél (m<sup>3</sup>)

$\eta_2$  – a kazán hatásfoka kiegyenlített kazánterhelésnél

Tehát 3,2%-kal több gázra van szükség a kazán terhelésének műszakok közötti kiegyenlítése nélkül. Más hetekben is elvégezve a szimulációt és a terhelés kiegyenlítését 3% és 5% közötti eredmények adódtak. Ez évenként 3-5 millió Ft-ot jelent 100 millió Ft éves gázdíjat alapnak tekintve.

## 2.2. KÖLTSÉGCSÖKKENTÉS A HŐKEZELÉSEK ÜTEMEZÉSÉVEL

Az előző pontban bemutatottakhoz hasonlóan itt is a kazán terhelésének időben kiegyensúlyozása történik, de most egy műszakon belül ütemezéssel, a hőkezelések megkezdésének várakoztatásával összehangolva a folyamatokat. A 2. táblázatban egy műszak kazánterhelésének szimulációval kapott ötperces felbontású idősor adatai láthatók ütemezés nélkül és ütemezéssel.

2. táblázat: Ütemezés hatása a kazánterhelésre

Nap	Műszak	Idő	Ütemezés nélkül		Ütemezve	
			Kazánterhelés	hatásfok	Kazánterhelés	hatásfok
2009.06.15	1	6:00	45%	76%	38%	73%
2009.06.15	1	6:05	43%	75%	37%	73%
2009.06.15	1	6:10	42%	75%	61%	82%
2009.06.15	1	6:15	75%	85%	59%	81%
2009.06.15	1	6:20	74%	85%	58%	81%
2009.06.15	1	6:25	74%	85%	57%	80%
2009.06.15	1	6:30	73%	85%	50%	78%
2009.06.15	1	6:35	65%	83%	50%	78%
2009.06.15	1	6:40	60%	81%	49%	78%
		.				
		.				
		.				
2009.06.15	1	13:45	17%	61%	41%	75%
2009.06.15	1	13:50	16%	60%	40%	74%
2009.06.15	1	13:55	16%	60%	40%	74%
Átlagok			45%	74,9%	45%	78,4%

Forrás: A szerző saját szerkesztése

A 2. táblázatot tanulmányozva kisebb félreértésre adhat okot, hogy a táblázat felső részén magasabb hatásfokok szerepelnek az ütemezés nélküli esetben. Ez azzal magyarázható, hogy magasabb terhelésnél ugyan jobb a hatásfok, de kisebb mértékben, mint az alacsonyabb terheléskor megjelenő hatásfok csökkenés. Az ütemezés a terhelés kiegyenlítésére irányul. Így kevésbé lép fel a magasabb terhelésekhez tartozó jobb hatásfok, de az alacsonyabb terhelések melletti sokkal rosszabb hatásfok is. Az utolsó sorban látható, hogy az ütemezés hatására jobb átlagos hatásfokkal állítható elő a gőz. A (4) összefüggéssel határozható meg az ütemezetlen állapot magasabb gázigénye százalékban:

$$\frac{G_1}{G_2} = \frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{78,4\%}{74,9\%} = 1,047 \quad (4)$$

Ahol:

$G_1$  – a gáz mennyisége ütemezés nélkül ( $m^3$ )

$\eta_1$  – a kazán hatásfoka ütemezés nélkül

$G_2$  – a gáz mennyisége ütemezett esetben ( $m^3$ )

$\eta_2$  – a kazán hatásfoka ütemezett esetben

Tehát 4,7%-kal több gázra van szükség a műszak során ütemezés nélkül. Több műszakban is elvégezve a szimulációt és az ütemezést most is 3% és 5% közötti eredmények adódtak, ami szintén 100 millió Ft bázisértéket tekintve 3-5 millió Ft megtakarítást jelent évente.

### 3. ÖSSZEFOGLALÁS

A szimulációs optimalizáláshoz, gyártásprogramozáshoz kialakított szoftverhez az Excel alkalmazható felhasználóbarát módon az adatok tárolására, feldolgozására, grafikus megjelenítésére, programozási feladatok ellátására, míg az Access űrlapos adatbevitelre, lekérdezések és jelentések kialakítására. A kialakított számítógépes rendszer egyszerűen kezelhető lehetőséget biztosít az adatbevitelre, módosításra, gyártósori termékütközés ellenőrzésére, hőkezelési hosszú várakozó sorok elkerülésére autokláv kapacitás ellenőrzésével, műszakok gázfelhasználásának kiegyensúlyozására, valamint gázfelhasználási csúcsok elkerülésére ütemezéssel. Mindezekkel biztosítva a jobb minőségű termékek előállítását alacsonyabb közvetlen költségek mellett.

### IRODALOMJEGYZÉK

- Akterian, S. G. (1995):** Numerical simulation of unsteady heat transfer in canned mushrooms in brine during sterilization processes. *Journal of Food Engineering* 25(1), pp. 45–53, ISSN 0260–8774, DOI: 10.1016/0260–8774(95)93015–N.
- Alonso, A. A. – Banga, J. R. – Perez-Martin, R. (1997):** A complete dynamic model for the thermal processing of bioproducts in batch units and its application to controller design. *Chemical Engineering Science* 52(8), pp. 1307–1322, ISSN 0009–2509, DOI: 10.1016/S0009–2509(96)00484–8.
- 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.
- Fabulya Z. – Hampel Gy. (2010):** Adatbázis alkalmazási lehetőségei autokláv hőkezelésnél. *Jelenkori társadalmi és gazdasági folyamatok* 5(1–2), Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar, Szeged, pp. 239–243., ISSN 1788–7593
- Fabulya Z. (2011):** Kazán jelleggörbe elemzése hőkezelési folyamat optimalizálásához. *Jelenkori társadalmi és gazdasági folyamatok* 6(1–2), Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar, Szeged, pp. 19–23., ISSN 1788–7593
- Meng, Y. – Ramaswamy, H. S. (2005):** Heat Transfer Coefficients Associated with Canned Particulate/Non–Newtonian Fluid (CMC) System During End–Over–End Rotation. *Food and Bioproducts Processing* 83(3), pp. 229–237, ISSN 0960–3085, DOI: 10.1205/fbp.04076.
- Meng Y. – Ramaswamy, H. S. (2007a):** Effect of System Variables on Heat Transfer to Canned Particulate Non–Newtonian Fluids During End–Over–End Rotation. *Food and Bioproducts Processing* 85(1), pp. 34–41, ISSN 0960–3085, DOI: 10.1205/fbp.06007.
- Meng, Y. – Ramaswamy, H. S. (2007b):** System variables affecting heat transfer in a canned particle in Newtonian fluid system during end–over–end rotation. *LWT – Food Science and Technology* 40(7), pp. 1240–1245, ISSN 0023–6438, DOI: 10.1016/j.lwt.2006.08.010.
- 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), pp. 36–39., 42.
- Rao, M. A. – Katz, J. – Goel, V.K. (1978):** Economic evaluation of measures to conserve energy in food processing plants. *Food Technology* 32(4), pp. 34–39.
- Sielaff, H. – Andrae, W. – Oelker, P. (1982):** Herstellung von Fleischkonserven und industrielle Speisenproduktion. VEB Fachbuchverlag, Leipzig, pp. 230–239.
- Simpson, R. (2004):** Generation of isothermal processes and implementation of simultaneous sterilisation utilising the revisited general method. *Journal of Food Engineering* 67(1), pp. 71–79, ISSN 0260–8774, DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2004.05.061.

- Simpson, R. – Abakarov, A. (2009):** Optimal scheduling of canned food plants including simultaneous sterilization. *Journal of Food Engineering* 90(1), pp. 53–59, ISSN 0260–8774, DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2008.06.009.
- Singh, R. P. (1978):** Energy accounting in food process operations. *Food Technology* 32(4), pp. 40–43.
- Singh, R. P. (ed.) (1986):** *Energy in Agriculture Volume I. Energy in Food Processing.* Elsevier Amsterdam–Oxford–New York–Tokio, pp 163–170.
- Yang, W. H. – Rao, M. A. (1998):** Numerical study of parameters affecting broken heating curve. *Journal of Food Engineering* 37(1), pp. 43–61, ISSN 0260–8774, DOI: 10.1016/S0260–8774(98)00070–3.