

ENERGIA FELHASZNÁLÁS CSÖKKENTÉSE VÁLTOZÓ KÖZEGHŐMÉRSÉKLETŰ HŐKEZELÉSSSEL

Eszes Ferenc¹, Rajkó Róbert², Szabó Gábor²

¹Szegedi Tudományegyetem
Élelmiszeripari Főiskolai Kar, Élelmiszertechnológia és Környezetgazdálkodási Tanszék

²Szegedi Tudományegyetem
Élelmiszeripari Főiskolai Kar, Élelmiszeripari Műveletek és Környezettechnika Tanszék
Szeged Moszkvai krt. 5-7

Telefon: 36-62-546030, Telefax: 36-62-546034

E-mail: feri@bibl.szef.u-szeged.hu ¹(szabo.g@bibl.szef.u-szeged.hu) ²(rajko@sol.u-szeged.hu)

ÖSSZEFOGLALÁS

A hőkezelés a húsipar egyik legnagyobb energiafogyasztó folyamata. Vizsgálataink azt mutatták, hogy bár a változó közeghőmérséklettel végzett hőkezeléseknél a tartási idő meghosszabbodása alatt a termék kicsit több hőt vesz fel, de ez jóval kevesebb az első szakasz hővesztésénél, és az alatta marad a termék általi felvett hőnél. Az első lépcső váltásához 35 perc körüli idő kell, míg az első lépcső közeghőmérsékletének a 100°C tűnik a legjobb kompromisszumnak.

ABSTRACT

The heat treatment is one of the most energy consuming processes in the meat industry. Our investigations showed that the product absorbed a little bit more heat during the prolonged holding time but it is less than the heat loss and heat absorption of the product during the first stage of the heat treatment. The time for changing the ambient temperature is about 35 minutes. The best compromise for the first stage ambient temperature is 100°C.

BEVEZETÉS

A környezet menedzsment végrehajtási/megvalósítási része, és ezzel energia felhasználás csökkentése szinte kizárólag műszaki-technológiai kérdés. Ez a környezetvédelmen túl a versenyképesség döntő tényezője is, mivel az általános- és bérköltségek stb. egy bizonyos szintig ugyan csökkenthetők, de azt a konkurrencia is meg tudja tenni (lásd üzemek áttelepítése), így a közvetlen termelési költségek (energia felhasználás) csökkentésével kell behatóan foglalkozni a vállalatnak.

A hőkezelés szakirodalma energetikai szempontból 3 szakaszra osztható. Az elsőben a berendezések és épületek hővesztésével (UNGER 1976, RAO et al. 1976, RAO et al. 1978), SINGH 1978), a másodikban a statikus és dinamikus energiafelhasználási számításokkal, valamint az exergia-energia szemlélet bevezetésével foglalkoztak (SIELAFF 1982, JOWITT 1983, BHOWMIK et al. 1985, SINGH 1986). A 3. szakaszban kezdtek el foglalkozni az energiafelhasználás technológiai vonatkozásaival a hőkezelés optimalizálási közleményekben (EISNER 1979, ALMONACID-MERINO 1993, DURANCE 1997,

RAMASWAMY és GRABOWSKI 1999). Célunk az volt, hogy megvizsgáljuk, a kétlépcsős változó közeghőmérsékletű kezelés hogyan hat a hőfelvételre és a hőveszteségre a 99x63 méretű dobozba töltött luncheon meat termék hőkezelésénél.

ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

A kérdés megoldásához számítógépes modellezést alkalmaztunk, mivel a folyó termelésben nem lehet változtatni a hőkezelési programokat. A hőtani paramétereket ipari körülmények között mért hőpenetrációs görbék legkisebb négyzetes eltérés módszerével nyertük a Fourier differenciálegyenlet végtelen soros megoldásának felhasználásával. ((1) és (2) egyenlet)) (WONG 1983)

$$Y = \frac{T - T_k}{T_o - T_k} = 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2 \sin(\beta_n)}{\beta_n + \sin(\beta_n) \cos(\beta_n)} e^{-\beta_n^2 Fo} \cos\left(\beta_n \frac{x}{l}\right) \quad (1)$$

$$Y = \frac{T - T_k}{T_o - T_k} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{\beta_n} \frac{J_1(\beta_n)}{J_0^2(\beta_n) + J_1^2(\beta_n)} e^{-\beta_n^2 Fo} J_0 \left[\beta_n \left(\frac{r}{R} \right) \right] \quad (2)$$

Ahol:

T = mért hőmérséklet [°C]	T _a = közeghőmérséklet [°C]
T ₀ = kezdeti hőmérséklet [°C]	r = távolság a magtól
Bi = αX/λ	Fo = Fourier szám at/X/X
α = Felületi hőátadási tényező [W/m ² K]	λ = a hús hővezetési tényezője [W/mK]
l = Jellemző hossz [m]	a = hőmérsékletvezetési tényező [m ² /s]
R = Sugár [m]	x = Távolság a magtól [m]
β = a βtg(β)=Bi karakterisztikus egyenlet n-edik gyöke a síklap esetén ((1 egyenlet)	
β=βJ ₁ (β)=BiJ ₀ (β) karakterisztikus egyenlet n-edik gyöke henger geometria esetén ((2 egyenlet)	

A kapott hőtani paramétereket véges differencia programba helyettesítettük be (WELT et al. 1997). A kezdeti és peremfeltételek a következők voltak: A kezdeti hőmérséklet állandó (15°C), az anyag (luncheon meat) homogén véletlenszerű eloszlású összetevőkkel (Víztartalom 63,2%, fehérjetartalom 13,7%, zsírtartalom 24,2%). A közeghőmérséklet állandó (60-70-80-90-100-105-110-115-120°C) az egyes szakaszokban a változás ugrásszerűen történik két lépcsőt vettünk figyelembe a 2. lépcső közeghőmérséklete 120°C-os volt. A hővezetési tényező (0,45 W/mK), hőmérsékletvezetési tényező (1,33*10⁻⁷ m²/s), fajhő (3361 J/kgK), sűrűség (1070 kg/m³) állandóak. A felületi hőátadási tényező véges, illetve a lépcsőváltás megállapításánál változó volt. A vizsgált dobozméret 99mm x 63mm volt. A hőfelvételt a végesdifferencia program egy unitjával számoltuk, amelyben az egy elemi részt a körülvevő pontok hőmérsékletátlagával jellemeztünk. A felvett hőt a tartási idő végéig számoltuk a (3) és (4) egyenletekkel:

$$Q = c_p m (T_{v,i,j} - T_0) \quad (3)$$

Ahol a c _p	= az anyag fajhője (J/kgK)
M	= az elemi térfogat tömege [kg]
T _{v,i,j}	= Végső átlaghőmérséklet az adott elembe [°C]
T ₀	= Kezdeti hőmérséklet [°C]

A hőkárosodás mértékét a szokásos átlagos érzékszervi elváltozás C értékkel számoltuk a felületi hőmérsékletre.

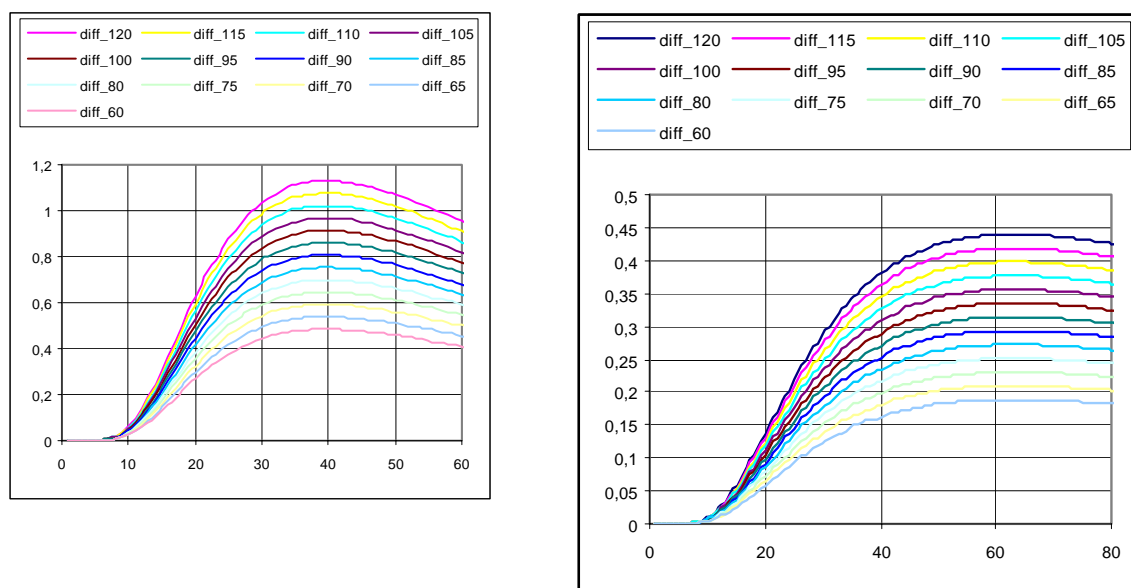
$$C = \sum_{t_1}^{t_2} 10^{\frac{T-100}{z}} \Delta t$$

Ahol a C = főzöttségi károsodás értéke [min]
 z = tízedre csökkenési hőmérséklet [$^{\circ}\text{C}$]
 Δt = Összegzési időköz (1 min) [min]

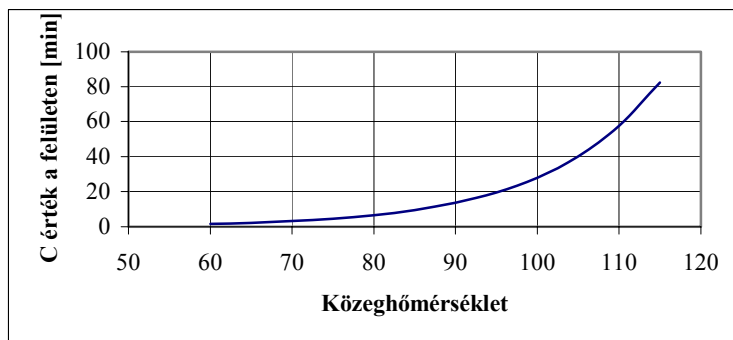
EREDMÉNYEK

Az 1. ábrából látható, hogy az EISNER (1979) szerinti térhőmérséklet-váltás ideje csak nagyon alacsony Biot számoknál toódik el, de akkor jelentősen. A néhány perc váltási idő különbségből mintegy 25 perc eltérés lett a $1 < \text{Bi} < 10$ tartományban. Mivel az illesztésekből a Biot szám a kezeléseink során kb. 20 körül alakult, ezért a váltási idő kb. 35 percre tehető a 99X63-as dobozra. A kezdeti térhőmérsékletet nem éri meg nagyon alacsonyan tartani, mert bár ez a váltási időt nemigen befolyásolja, nagy lesz a maghőmérsékletben a lemaradás a 120°C referenciához képest.

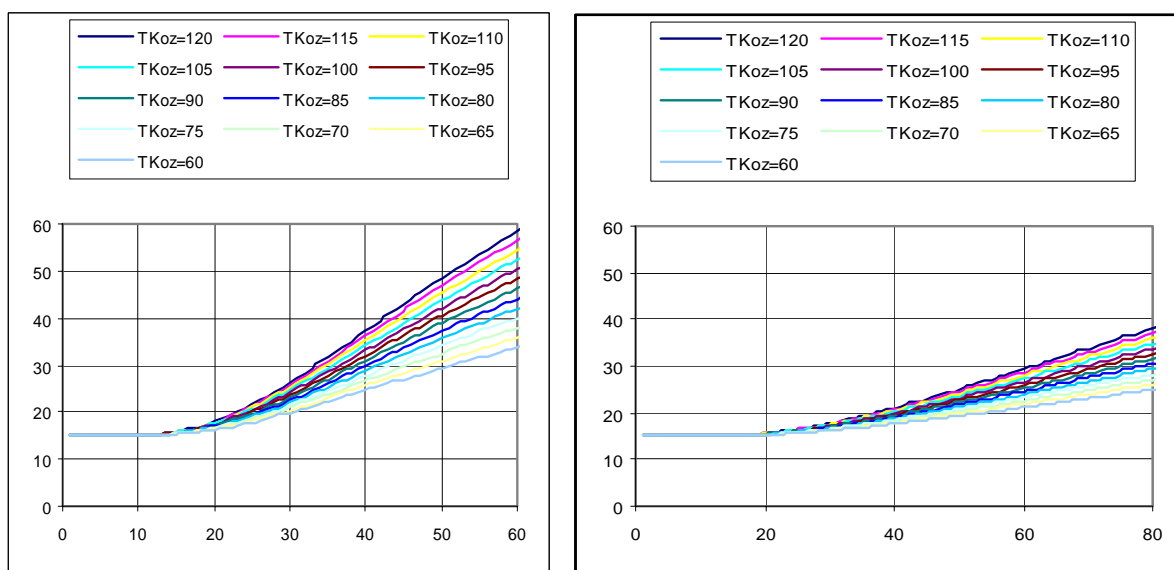
A felületi károsodás mértéke (vagyis a C érték) a közeghőmérséklet váltási időig a 2. ábra szerint alakul a közeghőmérséklet függvényében. Az ábrából látható, hogy a felületi hőkárosodás mintegy felére-harmadára csökken, ha az etalonnak tekintett 120°C térhőmérséklet helyett 100°C -ot alkalmazunk. Ekkor a hőmérséklet lemaradás csak $3\text{-}4^{\circ}\text{C}$, ami a hőkezelés végén $5\text{-}10$ percet jelent, míg $60\text{-}70^{\circ}\text{C}$ térhőmérséklettel kezdeni már $12\text{-}15^{\circ}\text{C}$ maghőmérséklet lemaradást jelent már a tartási idő első felében (3. ábra). Tehát nemigen éri meg ennyire alacsony hőmérsékletű lépcsővel kezdeni.



1. ábra: A Biot szám hatása az első hőmérsékletlépcső váltási idejére. Bal $\text{Bi}=10$, Jobb $\text{Bi}=1$. ($T_0=15^{\circ}\text{C}$) 120°C -tól 5°C -kal csökkentett térhőmérsékleteknél X tengely idő [min], Y tengely maghőmérséklet differencia [$^{\circ}\text{C}$] sugárirányban

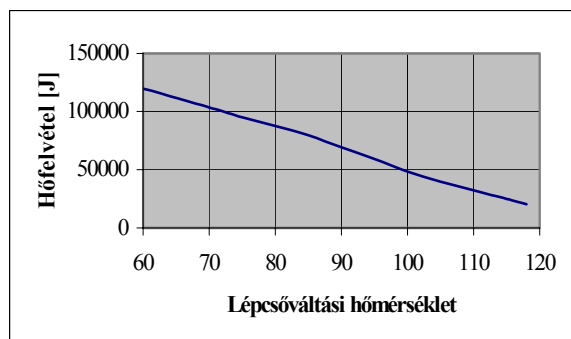


2. Ábra: A termék által elszenvedett hőkárosodás mértéke (C érték) A 35. perc közeghőmérsékletváltási időig ($Bi=20, T_0=15^\circ C$)

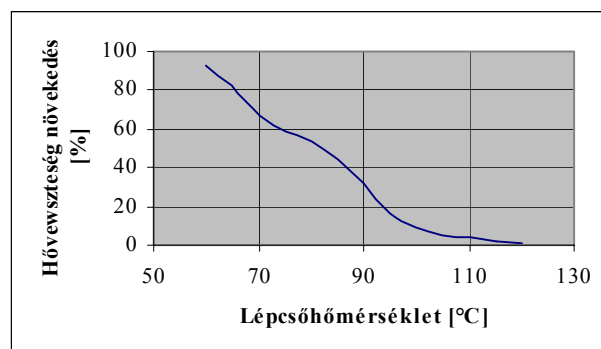


3. ábra: A maghőmérséklet alakulás az első hőmérsékletlépcső váltás idejéig (Bal $Bi=10$, jobb $Bi=1$. ($T_0=15^\circ C$) $120^\circ C$ -tól $5^\circ C$ -kal csökkentett térhőmérsékleteknél X tengely idő [min], Y tengely maghőmérséklet [$^\circ C$] sugárirányban

A hőveszteség %-os alakulását az első lépcső közeghőmérséklet függvényében a 4. ábra mutatja. Látható, hogy az alacsony kezdeti lépcsőhőmérséklet mintegy kétszeresére növeli a hőveszteséget, míg $100^\circ C$ -os első szakasz közeghőmérsékletig minimális a hőveszteség növekedése.

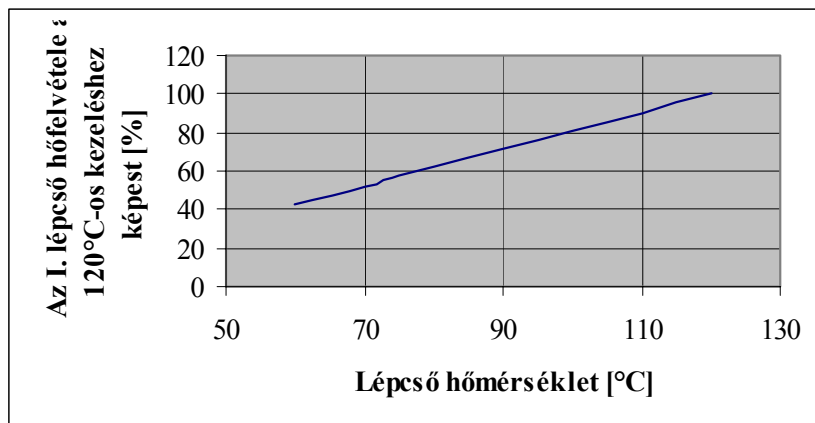


4. Ábra: A hőveszteség növekedése az I. lépcsőhőmérséklet függvényében.



5. Ábra: A lépcsőzetes hőkezelés miatt a kezelési idő hosszabbítás alatt felvett hő

A kezelési idő hosszabbodás alatti hőfelvétel szinte lineárisan nő. Ezzel szemben a kezdeti szakasz hőfelvétele időegységenként a 6. ábrában látható. A fenti ábrákkal és megállapításokkal összevetve a 100°C-os kezdeti közeghőmérséklet lépcső tűnik a legjobb kompromisszumnak. A közel azonos 35 perces első szakasz alatti termék hőfelvétel csökkenés nagyobb, mint a hőkezelés meghosszabbodása miatti hőfelvétel a tartás végén.



6. ábra: A hőfelvétel mértéke az 1. hőmérsékletlépcső függvényében

VÉGGÖVETKEZTETÉSEK

- Az első lépcső váltásához elegendő a 100°C térhőmérsékletig visszavenni a térhőmérsékletet, és az első lépcső váltási idejére 35 percet választani. Hőkezeléstechnikaialg nem indokolt az alacsonyabb lépcsőjű kezdés, mert a berendezés hővesztése és a termék által felvett hő nő az elnyúló hőkezelés függvényében.
- A hővesztés az alacsony kezdeti lépcsőhőmérsékletnél mintegy kétszeresére nő. Az első hőmérséklet lépcső 100°C-ra csökkentése csak kb. 10%-kal növeli a hővesztést a hőtartási idő végén (10 perc). Ezt ellensúlyozza a felületi hőkárosodás csökkenése, és az első lépcső alatti nagyobb mértékű termék hőfelvétel és hővesztés csökkenés (35 perc). Ezért érdemes a változó közeghőmérsékletű kezelésekkel foglalkozni.

IRODALOMJEGYZÉK

- ALMONACID-MERINO-SF; SIMPSON-R; TORRES-JA (1993): Time-variable retort temperature profiles for cylindrical cans: batch process time, energy consumption, and quality retention model. *Journal-of-Food-Process-Engineering*; 16 (4) 271-287
- 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. *Lebensmittelwissen-schaft und Technologie* (18) (1) 15-23.
- DURANCE-T., D. (1997): Improving canned food quality with variable retort temperature processes. *Trends-in-Food-Science-&-Technology*; 8 (4) 113-118.
- EISNER, M. (1979): Die Pasteurization von Schinken-Halbkonserven mit Hilfe der selektiven Stufenverfahrens. *Fleischwirtschaft* (59) (10) 1443-1451.
- RAMASWAMY, H., S. GRABOWSKI, S., (1999): Thermal processing of Pacific salmon in steam/air and water-immersion still retorts: Influence of container type/shape on heating behaviour. *Lebensmittel-Wissenschaft-und-Technologie*; 32 (1) 12-18
- 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. 229-239.
- SINGH, R., P. (1978): Energy accounting in food process operations. *Food Technology* (32) (4) 40-43.
- SING, R., P. (ed.) (1986): *Energy in Agriculture Volume I. Energy in Food Processing*. Elsevier Amsterdam-Oxford-New York-Tokio.
- UNGER, S., G. (1979): Energy utilization in the leading energy consuming food processing industries. *Food Technology* (29)(12): 33
- WONG, H., Y. (1983): Hőátadási zsebkönyv. Műszaki Könyvkiadó Budapest. pp.50-51.
- WELT, B.-A.; TEIXEIRA, A.-A.; CHAU, K.-V.; BALABAN, M.-O.; HINTENLANG, D.-E. (1997): Explicit finite difference methods for heat transfer simulation and thermal process design. *Journal of Food Science*. 62(2): 230-236.