

## **BIZTONSÁG ÉS MINŐSÉG KONZERVEK HŐKEZELÉSI FOLYAMATÁNAK SZABÁLYOZÁSÁVAL**

Fabulya Zoltán – Hampel György

**Absztrakt:** A hőkezelés mikrobiológiai veszély elhárítására szolgál. Ezért pontos műveleti előírások szabályozzák a megfelelő munkavégzést, melyek megsértése súlyos következményekkel is járhat. A művelet élelmiszer-biztonsági szempontból kritikus pontnak tekinthető. A veszély elhárítása akkor hatékonyabb, ha nagyobb mértékű a hőkezelés, vagyis az alkalmazott hőmérséklet és/vagy a beavatkozás időtartama. Minőségromlás következik be túlbiztosított hőkezeléskor. Az élelmiszer érzékszervi sajátosságait, állományát, ízét, illatát érheti súlyos károsodás. A hőkezelés műveleti előírásait ezért úgy kell meghatározni, a szabályozást pedig úgy kell kialakítani, hogy a művelet mindkét cél követelményeit nagy biztonsággal kielégítse. Kellő műszerezettséggel nagyobb biztonságú szabályozás alkalmazható, ha rendelkezünk a konzerv hidegponti hőmérsékletével is egy hőkezelési folyamat során. Ekkor a hőkezelés során folyamatosan kalkulált valamely hőkezelési egyenérték (például az  $F_0$ ) alapján szabályozva a folyamat leállítását nem csak biztonságosabb lesz a termék, de eredeti minőségét is jobban megőrzi.

**Abstract:** Heat treatment is used to prevent the microbiological danger. That is why strict operating procedures are used to control the proper workflow, whose violation may have serious consequences. The operation can be considered a critical point in terms of food safety. The hazard prevention is more effective if the temperature of the heat treatment is higher or the duration of the intervention is longer. If the can is exposed to a high temperature for an extended time, or the product is cooked further, its quality will be worse. Therefore, the heat treatment procedure has to be defined and the controlling has to be established so that the process complies with the safety and quality requirements. More advanced control can be applied with sufficient instrumentation if the cold point temperature of the can is available during the heat-treatment process. In this case, by controlling the process shutdown based on one of the continuously calculated heat treatment equivalent (for example the  $F_0$ ), the product will not only be safer but its quality will be better preserved as well.

*Kulcsszavak:* konzerv, hőkezelés, élelmiszerminőség

*Keywords:* canned food, heat treatment, food quality

### **1. Bevezetés**

A biztonság és a minőség elsődleges szempontként jelenik meg az élelmiszeripari kutatásokban. Jelentősen elősegítették a fogyasztók biztonságos termékkel ellátását a „minimal processing”, azaz a kíméletes feldolgozási eljárások kidolgozása területén végzett alkalmazott kutatások (Goldberg, 1994; Biacs, 1998; Kiss, 2000; Farkas, 2001). Követendő cél, hogy minél kisebb beavatkozás, kezelés, tartósítás érje az élelmiszert, hogy megőrizze eredeti tulajdonságát, élvezeti- és tápértékét. Mindemellett a fogyasztók igénylik, hogy a termék könnyen kezelhető és hosszú ideig tárolható legyen, asztalra kerülése minél kevesebb konyhatechnikai tevékenységet igényeljen, biztonságos legyen, mentes legyen betegséghordozó mikroorganizmusoktól, tartósítószerektől (Bíró–Bíró, 2000).

Az élelmiszer-biztonság egy olyan komplex feltételrendszer, melynek teljesülése esetén az elfogyasztott élelmiszer nem ártalmas az egészségre, nem rontja az életminőséget és nem okoz kárt a fogyasztónak, nem csökkenti

munkaképességét (Biacs, 2003). A minőség a biztonságnál szélesebb fogalom (tápérték, élvezeti érték), de nem nélkülözheti a biztonságot. Azon feltételek teljesítését jelenti, amelyek a piaci értékesíthetőség alapjául szolgálnak, piaci értéket képviselnek. A piacon kizárólag a biztonságos áru forgalmazható (Biacs, 2005).

A hőkezelés autoklávban, zárt, nyomástartó berendezésben történik. Álló és fekvő elrendezésűek lehetnek. A feltöltésük sínen begördíthető egységakrományokkal, kosarakkal történik. Működésük során a hőkezelés három fázisának (felfűtés, hőntartás, hűtés) előírás szerinti időtartamát és az elérendő hőmérsékletet automatika vezérli fűtőgőz, illetve hűtővíz bevezetésével.

## 2. Anyag és módszer

Az élelmiszerek romlását legnagyobb mértékben a különböző mikroorganizmusok okozzák. A hőkezelés elsődleges feladata mikrobiológiai veszély elhárítása. A magasabb hőmérséklet gyorsabb mikrobapusztulást eredményez, így a biztonság szempontjából egyenértékű lehet egy rövidebb idejű magasabb hőmérsékletű kezelés egy hosszabb idejű alacsonyabb hőmérsékletűvel. E két egyenértékű kezelés azonban eltérő minőségű, élvezeti értékű terméket eredményez, s általában a rövidebb idejű őrzi meg jobban a fogyasztó számára értékesebb jellemzőket. A túl magas hőmérsékletigény viszont gátat szab a kezelés idejének rövidítésében.

A magas hőmérsékletű, de rövid hőkezelési idejű kezelés előnye abból adódik, hogy a baktériumok pusztulása és az érzékszervi tulajdonságok változásának sebessége között kb. háromszoros különbség áll fenn. A rövid hőkezelési idő nem teszi lehetővé a viszonylag magas hőmérséklet okozta érzékszervi elváltozások túlzott mértékű előrehaladását (Farkas et al., 1978). Hátrány viszont, hogy ez a technika csak folyadékok és áramlásra képes fluidumok hőkezelésénél alkalmazható.

Szilárd, hővezetéssel melegedő termékeknél a felületi hőkárosodás csökkentése érdekében alkalmazzák az alacsonyabb hőmérsékletű, de hosszabb időtartamú kezelést. Ekkor időegység alatt kevesebb hőmennyiség jut be a termékbe, ezáltal a felületről el nem szállított hőmennyiség lecsökken, és így a felületi túlmelegedésből eredő károsodás, hő sokk nem lesz olyan nagymértékű (Eisner, 1979).

Termékfajtákként a bennük előforduló mikroorganizmusok alapján meghatározták, hogy egy adott hőmérsékleten (sterilizésnél megállapodás alapján ez  $250^{\circ}\text{F}=121,1^{\circ}\text{C}$ ) hány perces hőkezelés szükséges mikrobiológiai szempontból a kereskedelmi sterilitás biztosításához, s az így kapott egyenértékek (pl. F érték) alapján méretezhető a hőkezelés (Deák et al., 1980). Eredményként a sterilizálatnak nevezett előírás adódik, mely a következő formájú:

$$\frac{30 - 45 - 25}{118}$$

A felső három szám percben jelenti rendre a felfűtés, a hőntartás és a lehűtés idejét, míg az alsó szám az elérendő hőmérséklet °C-ban (Szenes–Oláh, 1991).

A steril-képlet meghatározásának gyakorlati problémája, hogy a hőkezelést a konzerv leglassabban felmelegedő pontjára (mag, hideg pont), általában a csomagolás geometriai középpontjára kell méretezni, mivel ha ez a pont megfelelő hőterhelést kapott, akkor az összes többi pont ennél kevesebbet nem kaphatott. Viszont az sem egyértelmű, hogy hol található ez a pont (Flambert–Deltour, 1972; Uno–Hayakawa, 1979; Körmendy–Körmendy, 2007), és a külső hőmérséklet változását hogyan követi a hidegpont hőmérséklete (Campbell–Ramaswamy, 1992). Ezért célszerű a biztonság érdekében mérni a hidegpont hőmérsékletét is, s így egy folyamatosan kalkulált hőkezelési egyenértéket figyelembe venni a folyamat szabályozásakor.

### 3. Eredmények

Hőkezelés hatására a mikroorganizmusok pusztulásával csaknem 100 éve behatóan foglalkoznak. Bigelow és munkatársai dolgozták ki a hőkezelés méretezésének alapjait (Bigelow et al., 1920; Bigelow, 1921; Bigelow–Esty, 1921). A legfontosabb mikroorganizmusok nedves hőre bekövetkező pusztulása negatív exponenciális összefüggéssel írható le, mely szerint az egymást követő, azonos hőkezelési időtartamok után a mindenkor kezdeti élöcsíraszámnak mindig azonos hányada marad életben. A tizedre csökkenési időt a  $D$  érték jelöli, általában perc mértékegységben, melyet erőteljesen befolyásol a mikroba fajtája, illetve az alkalmazott hőmérséklet nagysága. A  $D$  érték csak akkor egyértelmű, ha megadjuk a hozzá tartozó referencia hőmérsékletet ( $T_r$ ) is, pl.  $D_{65}$  a tizedelési idő 65°C-on (Novak et al., 2003; Deák, 2006; Zhu et al., 2008).

A mikroorganizmusok hőpusztulási sebessége változik a hőmérséklettel. A  $z$ -érték a tizedre csökkenési időnek ( $D$ ) egy nagyságrenddel történő csökkenéséhez tartozó hőmérséklet növekmény °C-okban (Deák, 2006). Ez az érték teszi lehetővé az eltérő hőmérsékletű és időtartamú hőkezelések összehasonlítását (Kovács, 1997):

$$\frac{D_T}{10} = D_{T+z} \Rightarrow \frac{D_T}{D_{T+z}} = 10 \Rightarrow \frac{D_T}{D_{T+n \cdot z}} = 10^n \quad (2)$$

Mivel  $T$  tetszőleges hőmérséklet lehet, ezért

$$T_r = T + n \cdot z \Rightarrow n = \frac{T_r - T}{z} \quad (3)$$

esetben (2) alapján:

$$\frac{D_T}{D_{T_r}} = 10^{\frac{T_r - T}{z}} \Rightarrow D_{T_r} = D_T \cdot 10^{\frac{T - T_r}{z}} \quad (4)$$

Jelölje  $t$  a  $T$  hőmérsékleten történő hőkezelés időtartamát, ami „ $m$ ” nagyságrenddel csökkenti az élőcsíraszámot, vagyis:

$$t = m \cdot D_T \quad (5)$$

Ekkor (4) alapján:

$$m \cdot D_T = m \cdot D_{T_r} \cdot 10^{\frac{T - T_r}{z}} \Rightarrow F = t \cdot 10^{\frac{T - T_r}{z}} \quad (6)$$

Vagyis megkapjuk az  $F$  egyenértéket, mely azt fejezi ki, hogy a  $t$  ideig  $T$  hőmérsékleten történő hőkezelés mennyi ideig tartó kezeléssel egyenértékű a referencia hőmérsékleten (sterilizésnél  $T_r = 121,1^\circ\text{C} = 250^\circ\text{F}$ ).

$$F = m \cdot D_{T_r} \quad (7)$$

Az összefüggéssel, vagyis a  $D$ -elv alkalmazásával szokták meghatározni a hőkezelés során megkívánt  $F$  értéket a termékfajta jellemző leghőtűrőbb mikroorganizmus (*Clostridium Botulinum*,  $D=0,21$  perc) esetén. Világszerte elfogadott eljárás, hogy a 4,5-nél nagyobb pH-jú élelmiszerek (mint a húsok) hőkezeléses sterilizésénél egészségügyi szempontból minimálisan olyan hőkezelést követelnek meg, amely a *Clostridium botulinum* spórák 12 nagyságrendnyi pusztulását idézi elő. Ez az ún. 12D elv (Szenes–Oláh, 1991). Ehhez  $12 \cdot D$  percnyi, azaz  $121,1^\circ\text{C}$ -on  $12 \cdot 0,21 = 2,52$  perces hőkezelési idő szükséges (a *Clostridium botulinum* spórák  $F$ -értéke tehát 2,52 perc). Jellemzően  $10^6$  élőcsíraszámról tekintik a hőkezelés indulását grammonként. Ezt 12 nagyságrenddel csökkentve, a  $10^6$  élőcsíraszám/g azt jelenti, hogy  $10^6$  gramm hőkezelt termékben lehet egy élőcsíra.

A (6) formulával megadott átszámítási mód  $F$  egyenértékekre a gyakorlatban nem használható, mert a  $T$  maghőmérséklet a hőkezelés során folyamatosan változik. A hőkezelés teljes időtartamát elegendő finomsággal felosztva, az így kapott  $\Delta t$  időtartamú intervallumokban már tekinthető állandónak a hőmérséklet. Ekkor a hőkezelési egyenérték ( $F$ ) kiszámítása a következő, gyakorlatban alkalmazható módon történhet:

$$F \cong \sum_{i=1}^n 10^{\frac{T_i - T_r}{z}} \cdot \Delta t \quad \text{ahol:} \quad (8)$$

$n$  – intervallumok száma  
 $T_i$  – az  $i$ . intervallumban a hőmérséklet

A felosztás finomságát minden határon túl finomítva kapjuk  $F$  kiszámításának elméleti összefüggését:

(9)

$$F = \int_{t_k}^{t_v} 10^{\frac{T(t)-T_r}{z}} dt$$

ahol:  
 $t_k$  – kezdő időpont  
 $t_v$  – végső időpont  
 $T(t)$  – maghőmérséklet, mint az idő függvénye

Az  $F$  kiszámítási módjával egyezően, de más  $T_r$  és  $z$  értéket alkalmazva kaphatunk meg további egyenértékeket:

$$F_0, C, E = \int_{t_k}^{t_v} 10^{\frac{T(t)-T_r}{z}} dt \quad (10)$$

$F_0$  az  $F$ -értéknek az a speciális esete, amikor  $z=10^\circ\text{C}$ -ot alkalmazunk, ami a *Clostridium Botulinum* spóráknak felel meg.  $E$  az enzimaktivitási, míg  $C$  a főzöttségi egyenérték. Ez utóbbi akkor fontos, amikor a hőkezeléssel az eltarthatóság biztosításán túl célunk, a termék érzékszervi tulajdonságainak a megváltoztatása. Tehát a kívánatos íz, szín, stb. eléréséhez az előírt  $C$ -értéket meghaladó hőkezelés szükséges. Az élelmiszerek hőkárosodása, erős érzékszervi elváltozása is a  $C$ -értékkel jellemezhető (Szenes–Oláh, 1991). Tehát a  $C$ -érték túl alacsony vagy magas volta is a termék minőségi megítélését rontja.

Mint ahogy az irodalmi részben láttuk, egy termék hőkezelési előírásának, sterilképletének meghatározása során laboratóriumi körülmények között végzett vizsgálatokkal, számításokkal nagy gondot fordítanak arra, hogy a mikrobapusztításban egyenértékű hőkezelések közül meghatározzák a termék minősége szempontjából a legkedvezőbbet. Amennyiben az üzemi gyakorlat hőkezelése eltérne ettől az előírástól, akkor súlyosabb esetben a termék biztonsági okokból nem lenne megfelelő, vagyis nem érnék el a szükséges mértékű mikrobapusztítást. Ekkor a termék a szavatossági idő lejártá előtt megromlana, nagy kárt okozva ezzel az egész vállalat fogyasztói megítélésében. A bizalmukat veszítő vásárlók elfordulnának a cég többi termékétől is, s így a vállalat léte kerülhet veszélybe. A romlott élelmiszert fogyasztók egészségében fellépő károsodások jogi vonzatai is a vállalatot terhelik. A sterilképletben meghatározottól eltérő hőkezelés enyhébb esetében a termék minősége tér el az optimálistól kisebb vagy nagyobb mértékben. Mindezek miatt az autoklávok megfelelő műszerezettséggel, automatikával rendelkeznek, hogy emberi beavatkozás nélkül biztosított legyen a hőkezelési folyamat előírások szerinti lefutása. Átmeneti elégtelen gőzellátás esetén az automatika sem tudja az előírt időtartam alatt felfűteni a berendezést és/vagy tartani a hőmérsékletet a gőzszelep nyitottságának szabályozásával és/vagy a hűtési fázist megfelelően biztosítani a szükséges intenzitású hűtővíz hiányában. E problémák azért léphetnek fel, mert a több autoklávban párhuzamosan zajló hőkezelési folyamatok intenzívebb erőforrás-igényű fázisai találkoznak. Az automatika feladata, hogy a termék biztonsága, mint elsődleges prioritású tényező, ekkor is garantált legyen. Fontosságára tekintettel az

automatika működését mutatom be a hőkezelés mindhárom (felfűtés, hőntartás, hűtés) fázisában.

A felfűtés kezdetén az automata megállapítja a szükséges percenkénti hőmérsékletnövekményt. Ehhez megméri a kezdeti hőmérsékletet, majd a sterilképletben adott elérendő hőmérsékletből ezt levonja és osztja a felfűtés előírt időtartamával. Ezzel a meredekséggel próbálja tartani lineárisan a hőmérséklet emelését. Gőzellátási gondok miatti lemaradást a meredekség emelésével nem oldhatja meg, mert a hőmérséklet intenzívebb növelése a termék minőségére káros. Mindez azt jelenti, hogy e fázis időtartama csak hosszabb lehet az előírtnál, rövidebb nem a termék minősége érdekében. A megnövekvő felfűtési idő a szükségesnél magasabb főzöttségi egyenértéket (C-érték) mutató, rosszabb minőségű terméket eredményez, de kevésbé rossz minőségűt, mint az előírtnál intenzívebb hőmérsékletemelésnél bekövetkező felületi hőkárosodás esetén adódna.

A hőntartás csak akkor kezdődhet el, ha elértük a szükséges hőmérsékletet, s nem lehet rövidebb az előírtnál akkor sem, ha a felfűtés időtartama megnövekedett. Persze rövidülhetne ekkor a hőntartás időtartama a tervezettnél nagyobb mikrobapusztítás miatt a felfűtés során, de kisebb mértékben, mint a felfűtés időnövekménye, s ennek pontos mértéke csak bonyolult, hőmérséklettől is függő számítással adódna. Ennek az az indoka, hogy alacsonyabb hőmérsékleten hosszabb idő szükséges ugyanakkora pusztításhoz. Viszont elégtelen gőzellátás miatt megnövekedhet e fázis időtartama annyival, amennyi ideig az előírt hőmérsékletet nem sikerült tartani. Tehát a hőntartás biztosítja a termék mikrobiológiai biztonságát.

Hűtéskor már termékbiztonsági problémák nincsenek, viszont eltérő módon történik a szabályozás attól függően, hogy az autokláv vízfürdővel, vagy vízpermettel valósítja meg a hűtést, és hogy mérik-e a konzerv belső hőmérsékletét (maghőmérséklet) vagy csak a hűtő közeg hőmérsékletét (térhőmérséklet). Vízfürdő alkalmazásakor megvalósítható a térhőmérséklet lineáris csökkentése a kívánt 40°C eléréséig, de a hűtés meredekségét korlátozva analóg módon, mint a felfűtési fázisban. Tehát ekkor megnövekedhet a hűtés időtartama. Permetező technikájú hűtéskor a térhőmérséklet azonnal lecsökken, s a fázis az előírt időtartamig, vagy tovább tart addig, amíg a maghőmérséklet 40°C feletti. Ha nem mérik a maghőmérsékletet, akkor az előírt időpontban, de esetleg magasabb hőmérsékletű termékkel fejeződik be a hőkezelés.

Viszont a hőkezelés időtartama sokszor csökkenthető, s így a felhasznált energia is kevesebb, miközben a termék kevésbé károsodik. Tehát kettős cél érhető el megfelelő műszerezettséggel, számítógépes valós idejű irányítással, amikor a szükséges hőkezeltség elérésekor a folyamatosan kalkulált  $F_0$  egyenérték alapján fejeződik be a hőntartás, és indul a hűtési fázis, így meggátolva a túlkezelést (Teixeira–Tucker, 1997; Simpson et al., 2006a, 2006b, 2007). Ekkor  $F$  aktuális értékének ( $F^{(n)}$ ) kiszámítása  $\Delta t$  időközönként az alábbi módon kalkulálódik automatikusan a korábban számított  $F$  értékből ( $F^{(n-1)}$ ) és az aktuális hőmérsékletből ( $T$ ):

$$F^{(n)} = F^{(n-1)} + 10^{\frac{T-T_r}{z}} \cdot \Delta t \quad \text{ahol:} \quad (11)$$

$T_r$  – a referencia hőmérséklet

A hőkezelést az automatika akkor állítja le, ha az így kapott aktuális érték nagyobb lesz az előírt  $F_0$  egyenértékűnél.

#### 4. Következtetések

Az eddigiek alapján elmondható, hogy az automatika biztosítja a termék mikrobiológiai megbízhatóságát elégtelen erőforrás-ellátottság mellett is, de ekkor a fázisok időtartamának növelésével vagy magasabb hőmérsékletű késztermékkel. Ezek a problémák viszont a labor körülmények között meghatározott optimális termékminőségtől kisebb-nagyobb mértékű eltérést eredményeznek. Ha hosszabb ideig magas hőmérsékletű a konzerv, tovább főzik a terméket, rosszabb minőségű lesz (súlyosabb esetben megpürésedik, elszíneződik, stb.).

Míndezek a hátrányok kivédhetők, ha a szabályozást nem csak a sterilképlet alapján végezzük, hanem kiegészítjük a folyamatosan kalkulált  $F_0$  értékkel.

#### Irodalomjegyzék

- Biacs P. (1998): Kíméletes élelmiszer-feldolgozás – Egészségvédő élelmiszerek. *Magyar Kémiai Folyóirat*, 104:(3), 115–117.
- Biacs P. (2003): Az élelmiszer-biztonság, mint kommunikációs eszköz a fogyasztók megnyerésében. *Konzervújság*, 51:(3), 9–10.
- Biacs P. (2005): Az élelmiszer-biztonság hatása a termékek piaci versenyére Magyarországon. *Élelmiszer, táplálkozás és marketing*, (1–2), 13–16.
- Bigelow, W. D., Bohart, G. S., Richardson, A. C., Ball, C. O. (1920): *Heat Penetration in Processing Canned Foods*. National Canners Association, Bull. 16L.
- Bigelow, W. D., Esty, J. R. (1920): The Thermal Death Point in Relation to Time of Typical Thermophilic Organisms. *Journal of Infectious Diseases*, 27:(6), 602–617.
- Bigelow, W. D. (1921): The Logarithmic Nature of Thermal-death-time Curves. *Journal of Infectious Diseases*, 29:(5), 528–536.
- Bíró G., Bíró Gy. (2000): *Élelmiszer – biztonság, Táplálkozás – egészségügy*. Agroinform Kiadó, Budapest.
- Campbell, S., Ramaswamy, H. S. (1992): Heating rate, lethality and cold spot location in air entrapped retort pouches during overpressure processing. *Journal of Food Science*, 57:(29), 485–489.
- Deák T. (2006): *Élelmiszer-mikrobiológia*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Deák T., Farkas J., Incze K. (1980): *Konzerv-, hús- és hűtőipari mikrobiológia*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Eisner, M. (1979): Die Pasteurization von Schinken-Halbkonserven mit Hilfe der selektiven Stufenverfahrens. *Fleischwirtschaft*, 59:(10), 1443–1451.
- Farkas J. (2001): Future trends in food technology – Novel food and transgenic food – A review. *Acta Alimentaria*, 30:(3), 267–279.
- Farkas J., Kiss I., Ormay L., Takács J., Vörös J. (1978): *Mikrobiológiai vizsgálati módszerek az élelmiszeriparban 2. Minőségi vizsgálatok (A mikroorganizmusok vizsgálata)*. Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat, Budapest.
- Flambert, F., Deltour, J. (1972): Localization of the critical area in thermally processed conduction heated canned food. *Lebensmittelwissenschaft und Technologie*, 5:(1), 7–13.

- Goldberg, I. (1994): *Functional Foods*. Chapman & Hall, New York.
- Kiss I. (2000): Újabb élelmiszer-tartósítási eljárások. *Konzervújság*, 48:(2), 40–42.
- Kovács Á. (1997): *Az élelmiszertudomány alapjai III. Élelmiszerek mikrobiológiája és mikroökológiája*. Pécsi Orvostudományi Egyetem Egészségügyi Főiskolai Kar, Pécs.
- Körmendy I., Körmendy P: (2007). A kritikus pont helye hővezetéssel melegedő konzervben. Véglapjain hőszigetelt hengeres konzerv. *Élelmészeti ipar*, 61:(1), 21–26.
- Novak, J. S., Juneja, V. K., McClane, B. A. (2003): An ultrastructural comparison of spores from various strains of *Clostridium perfringens* and correlations with heat resistance parameters. *International Journal of Food Microbiology*, 86:(3), 239–247.
- Simpson, R., Cortes, C., Teixeira, A. (2006a): Energy consumption in batch thermal processing: model development and validation. *Journal of Food Engineering*, 73:(3), 217–224.
- Simpson, R., Figueroa, I., Teixeira, A. (2006b): Optimum on-line correction of process deviations in batch retorts through simulation. *Food Control*, 17:(8), 665–675.
- Simpson, R., Teixeira, A., Almonacid, S. (2007): Advances with intelligent on-line retort control and automation in thermal processing of canned foods. *Food Control*, 18:(7), 821–833.
- Szenes E., Oláh M. (szerk.) (1991): *Konzervipari kézikönyv*. Integra-Projekt Kft., Budapest.
- Teixeira, A. A., Tucker, G. S. (1997): On-line retort control in thermal sterilization of canned foods. *Food Control*, 8:(1), 13–20.
- Uno, J., Hayakawa, K. I. (1979): Nonsymmetric heat conduction in an infinite slab. *Food Science*, 44:(2), 396–403.
- Zhu, S., Naim, F., Marcotte, M., Ramaswamy, H., Shao, Y. (2008): High-pressure destruction kinetics of *Clostridium sporogenes* spores in ground beef at elevated temperatures. *International Journal of Food Microbiology*, 126:(1–2), 86–92.