

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

VAJDA KATALIN

MOSONMAGYARÓVÁR

2015

**NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI
KAR
ÉLELMISZERTUDOMÁNYI INTÉZET**

**Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszertudományi
Multidiszciplináris Doktori Iskola**

A Doktori Iskola vezetője:

Dr. Neményi Miklós
egyetemi tanár, MTA levelező tagja

Pulay Gábor Élelmiszertudományi Doktori program

Programvezető:

Dr. habil. Szigeti Jenő CSc
egyetemi tanár

Tudományos vezetők:

Dr. habil. Szigeti Jenő CSc
egyetemi tanár

Dr. Ásványi Balázs PhD
egyetemi docens

**A SOUS-VIDE COOK&CHILL
ÉLELMISZERTARTÓSÍTÁSI RENDSZER
MIKROBIOLÓGIAI MINŐSÉGÉNEK JAVÍTÁSA**

Készítette:

VAJDA KATALIN

Mosonmagyaróvár
2015

A SOUS-VIDE COOK&CHILL ÉLELMISZERTARTÓSÍTÁSI RENDSZER MIKROBIOLÓGIAI MINŐSÉGÉNEK JAVÍTÁSA

Írta:
VAJDA KATALIN

Készült a Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság és
Élelmiszertudományi Kar
Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszertudományi
Multidiszciplináris Doktori Iskola
Pulay Gábor Élelmiszertudományi Doktori program keretében

Témavezetők: Dr. Szigeti Jenő CSc
Dr. Ásványi Balázs PhD

Elfogadásra javaslom (igen / nem) (aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton % -ot ért el.

Mosonmagyaróvár,
a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen /nem)

Első bíráló () igen /nem (aláírás)

Második bíráló () igen /nem (aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján.....% - ot ért el.

Mosonmagyaróvár,
a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése.....
Az EDT elnöke

TARTALOMJEGYZÉK

KIVONAT.....	10
1. BEVEZETÉS	13
1.1. Célkitűzések	16
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	17
2.1. Az élelmiszerek mikrobiológiai biztonsága	17
2.2. A sous-vide technológiával készült termékek mikrobiológiai minőség biztosításának alapjai	22
2.2.1. Mikroorganizmusok szaporodásának törvényszerűségei	22
2.2.2. Mikroorganizmusok hőpusztulásának törvényszerűségei	26
2.3 A sous-vide technológia	29
2.3.1 A sous-vide technológia története	29
2.3.2. A sous-vide technológia jelentősége, folyamata	33
2.3.3. A sous-vide termékek mikrobiológiai biztonsága	34
2.3.4. A sous-vide termékek mikrobiológiai biztonságát javító tényezők	45
2.3.5. A sous vide készítmények HACCP rendszere	48
2.4. A hús minősége	51
2.4.1. A hús mikrobiológiai biztonsága.....	53
2.4.1.1. A hús patogén mikroorganizmusai a <i>Clostridiumok</i>	54
2.4.1.2. A hús patogén mikroorganizmusai a <i>Salmonellák</i>	60
2.4.2. A hús érzékszervi tulajdonságainak alakulása hő hatására ...	64
2.4.2.1. A hús állománya és víztartó képessége	64
2.4.2.2. A hús színe	67
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	70
3.1. Anyagok	70
3.1.1. Tápközegek	70
3.1.2. Baktérium törzsek	71
3.2. Eszközök	72
3.3. Módszerek	74
3.3.1. A <i>Salmonella</i> Enteritidis ATCC-13076 hőrezisztenciájának vizsgálati módszerei	74

3.3.2. A <i>Clostridium perfringens</i> hőrezisztenciájának NCAIM B 01417 ^T vizsgálati módszerei	76
3.3.3. Tenyésztéses mikrobiológiai vizsgálatok	77
3.3.4 A hőpusztulási paraméterek meghatározása	78
3.3.5. A kiértékelésben alkalmazott statisztikai módszerek	81
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELESÜK	83
4.1. A <i>Salmonella</i> Enteritidis ATCC-13076 hőrezisztencia vizsgálatának eredménye	83
4.1.1. A <i>Salmonella</i> Enteritidis ATCC-13076 törzs modellközegben történő hőrezisztencia vizsgálatának eredménye.	83
4.1.1.1. Túlélési görbék	84
4.1.1.2. Hőpusztulási paraméterek	87
4.1.2. A <i>Salmonella</i> Enteritidis ATCC-13076 törzs csirkehúsos modellközegben történő hőrezisztencia vizsgálatának eredménye.	90
4.1.2.1. Túlélési görbék	90
4.1.2.2. Hőpusztulási paraméterek	94
4.2. A <i>Clostridium perfringens</i> NCAIM B 01417 ^T hőrezisztencia vizsgálatának eredménye	99
4.2.1. <i>Clostridium perfringens</i> NCAIM B 01417 ^T törzs modellközegben történő hőrezisztencia vizsgálatának eredménye.	99
4.2.1.1. Túlélési görbék	99
4.2.1.2. Hőpusztulási paraméterek	102
4.2.2. <i>Clostridium perfringens</i> NCAIM B 01417 ^T törzs csirkehúsos modellközegben történő hőrezisztencia vizsgálatai	105
4.2.2.1. Túlélési görbék	106
4.2.2.2. Hőpusztulási paraméterek	109
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	113
6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	120
7. ÖSSZEFOGLALÁS	121
8. SUMMARY	126
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	129
9. IRODALOMJEGYZÉK	130
10. MELLÉKLETEK	142

Táblázatok és ábrák jegyzéke

1. táblázat A <i>Listeria monocytogenes</i> különböző hőmérsékleteken végzett hőkezeléséhez tartozó 6D pusztulási idők (Hansen & Knochel, 1996) ..	36
2. táblázat Irányadó hőkezelési idő a 7D elv figyelembevételével <i>Salmonella</i> baktériumra, csirke és pulyka hús esetében (Anon, 2005)...	40
3. táblázat: „Time to toxin” vizsgálatok (Gould, 1999)	43
4. táblázat A húsminőség komplex jellemzése (Vadáné, 1999).....	52
5. táblázat A <i>Salmonella</i> Enteritidis ATCC-13076 légköri mintáinak hőpusztulási paraméterei	88
6. táblázat A <i>Salmonella</i> Enteritidis ATCC-13076 vákuumsomagolt mintáinak hőpusztulási paraméterei	89
7. táblázat <i>Salmonella</i> Enteritidis különböző hőmérsékleten mért D értékei	90
8. táblázat: A <i>Salmonella</i> Enteritidis ATCC-13076 légköri mintáinak hőpusztulási paraméterei	96
9. táblázat: A <i>Salmonella</i> Enteritidis ATCC-13076 vákuumsomagolt mintáinak hőpusztulási paraméterei	97
10. táblázat <i>Salmonella</i> Enteritidis D értékei csirkehúsos modellközegen történt hőkezelése során	98
11. táblázat A <i>Salmonella</i> Enteritidis 6D értékei csirkehúsos modellközegen	99
12. táblázat <i>Clostridium perfringens</i> NCAIM B 01417 ^T légköri mintáinak hőpusztulási paraméterei	104
13. táblázat <i>Clostridium perfringens</i> NCAIM B 01417 ^T vákuumsomagolt mintáinak hőpusztulási paraméterei.....	105

14. táblázat: <i>Clostridium perfringens</i> NCAIM B 01417 ^T légköri mintáinak hőpusztulási paraméterei	110
15. táblázat: <i>Clostridium perfringens</i> NCAIM B 01417 ^T	111
16. táblázat A <i>Clostridium perfringens</i> D értékei húsban	112
17. táblázat A <i>Clostridium perfringens</i> 6D értékei csirkehúsos modellközegben	112
18. táblázat <i>Salmonella Enteritidis</i> ATCC-13076 élő sejtszám változása hőkezelés során modellközegben	114
19. táblázat <i>Salmonella Enteritidis</i> ATCC-13076 élő sejtszám változása hőkezelés során csirkehúsos modellközegben	114
20. táblázat <i>Clostridium perfringens</i> NCAIM B 01417 ^T élő sejtszám változása hőkezelés során modellközegben	114
21. táblázat <i>Clostridium perfringens</i> NCAIM B 01417 ^T élő sejtszám változása hőkezelés során csirkehúsos modellközegben	115
22. táblázat <i>Salmonella Enteritidis</i> ATCC-13076 túlélési görbéinek meredeksége modell tápközegben.....	115
23. táblázat <i>Salmonella Enteritidis</i> ATCC-13076 túlélési görbéinek meredeksége csirkehúsos modellközegben.....	116
24. táblázat <i>Clostridium perfringens</i> NCAIM B 01417 ^T túlélési görbéinek meredeksége modellközegben.....	116
25. táblázat <i>Clostridium perfringens</i> NCAIM B 01417 ^T túlélési görbéinek meredeksége csirkehúsos modellközegben.....	116

1. ábra A mikroorganizmusok szaporodásának és termékképzésének fázisai (URL ¹)	24
2. ábra A mikrobák szaporodásának hőmérsékleti intervallumai (URL ²)	26
3. ábra Sous-vide technológia folyamatábrája (Balla, 2007b)	34
4. ábra A sous-vide technológia folyamata a hőkezelés mértéke és a fogyasztói rétegek kapcsolatában (URL ⁵).....	38
5. ábra: A <i>Salmonella</i> fertőzési lánc (URL ⁷).....	62
6. ábra A mikroorganizmusok túlélési görbéje, állandó hőmérsékleten, zárt rendszerben (URL ¹).....	79
7. ábra A hőpusztulási görbe z és F értéke (URL ¹).....	80
8. ábra: A <i>Salmonella</i> Enteritidis ATCC-13076 túlélési görbéi 55 °C-on modellközegben	84
9. ábra: A <i>Salmonella</i> Enteritidis ATCC-13076 túlélési görbéi 60 °C-on modellközegben	85
10. ábra: A <i>Salmonella</i> Enteritidis ATCC-13076 túlélési görbéi 65 °C-on modellközegben	86
11. ábra A <i>Salmonella</i> Enteritidis ATCC-13076 légköri minták rezisztencia és többségi pusztulási görbéi.....	87
12. ábra A <i>Salmonella</i> Enteritidis ATCC-13076 vákuumcsomagolt minták rezisztencia és többségi pusztulási görbéi.....	87
13. ábra A <i>Salmonella</i> Enteritidis ATCC-13076 túlélési görbéi 55 °C-on csirkehúsos modellközegben.....	91
14. ábra: A <i>Salmonella</i> Enteritidis ATCC-13076 túlélési görbéi 60 °C-on csirkehúsos modellközegben.....	92

15. ábra: A Salmonella Enteritidis ATCC-13076 túlélési görbéi 65 °C-on csirkehúsos modellközegben.....	93
16. ábra Salmonella Enteritidis ATCC-13076 léghőri minták rezisztencia és többségi pusztulási görbéi.....	94
17. ábra A Salmonella Enteritidis ATCC-13076 vákuumcsomagolt minták rezisztencia és többségi pusztulási görbéi.....	95
18. ábra A Clostridium perfringens NCAIM B 01417T túlélési görbéi 55 °C-on modellközegben.....	100
19. ábra A Clostridium perfringens NCAIM B 01417T túlélési görbéi 60 °C-on modellközegben.....	101
20. ábra: A Clostridium perfringens NCAIM B 01417T túlélési görbéi 65 °C-on modellközegben.....	102
21. ábra A Clostridium perfringens NCAIM B 01417T léghőri minták rezisztencia és többségi pusztulási görbéi.....	103
22. ábra A Clostridium perfringens NCAIM B 01417T vákuumcsomagolt minták rezisztencia és többségi pusztulási görbéi.....	103
23. ábra A Clostridium perfringens NCAIM B 01417T túlélési görbéi 55 °C-on csirkehúsos modellközegben.....	106
24. ábra A Clostridium perfringens NCAIM B 01417T túlélési görbéi 60 °C-on csirkehúsos modellközegben.....	107
25. ábra A Clostridium perfringens NCAIM B 01417T túlélési görbéi 65 °C-on csirkehúsos modellközegben.....	108
26. ábra A Clostridium perfringens NCAIM B 01417T léghőri minták rezisztencia és többségi pusztulási görbéi.....	109
27. ábra A Clostridium perfringens NCAIM B 01417T vákuumcsomagolt minták rezisztencia és többségi pusztulási görbéi.....	110

A SOUS-VIDE COOK&CHILL ÉLELMISZERTARTÓSÍTÁSI RENDSZER MIKROBIOLÓGIAI MINŐSÉGÉNEK JAVÍTÁSA

KIVONAT

Évek óta foglalkoztatja a vendéglátásban és a közétkeztetésben dolgozó szakembereket a következő kérdés: hogyan lehet ízletes, több napig, sőt akár hetekig eltartható ételeket gazdaságosan elkészíteni? Erre adnak választ a jól szabályozott, standardizált cook&chill rendszerek, köztük a molekuláris gasztronómia egyik technológiája a sous-vide rendszer. A sous-vide rendszer térben és időben szétválaszthatja a készítést és a fogyasztást, valamint gazdasági, kereskedelmi és szállítási előnyökkel jár. Komoly problémát jelent azonban az eltarthatóság, mert a termékek nagy része magas vízaktivitású, gyengén savas kémhatású és a technológiából adódóan alacsony hőfokon, 55-65 °C-on hőkezelt. A patogén mikroorganizmusok túlélését és szaporodását meggátolni csak nagyon szigorúan ellenőrzött hőmérséklet-tartományok elérésével és fenntartásával lehet. Ezen okok miatt a sous-vide termékek mikrobiológiai minőségének biztosítása komoly kihívást jelent. Kísérleteim során a spórák mikrobák közül a *Clostridium perfringens*, valamint az egyik leggyakoribb humán patogén, a *Salmonella* Enteritidis hőrezisztenciáját mértem. A hőkezelés csírapusztító hatását 55 °C, 60 °C és 65 °C hőmérsékleten, légköri nyomáson csomagolt és vákuumcsomagolt mintákban, valamint modell környezetben és csirkehusos modellközegben vizsgáltam különböző hőtartási idők mellett. A hőkezelt vákuumcsomagolt és a légköri mintákból lemezöntéssel meghatároztam a túlélő sejtek számát. A hő-

rezisztencia vizsgálatokat 3-3 független ismétlésben, 2 párhuzamos kísérletben végeztem. A sejtszámok alapján meghatároztam a hőpusztulási paramétereiket és az optimális hőkezelési paramétereiket.

IMPROVE THE MICROBIOLOGICAL QUALITY OF THE SOUS-VIDE COOK-CHILL FOOD PRESERVATIVE SYSTEMS

ABSTRACT

For several years there has been a question before the professionals of quick service restaurants and cafeterias: how to prepare tasty food with a shelf life of several days or even weeks in an economic way. The answer comes from the precisely controlled standardized cook-chill systems, among them the sous-vidé system, a technique from the molecular gastronomy. Sous-vidé system separates preparation and consumption in space and time, and brings economic, trading and transporting advantages. However, shelf life is a major problem, due to the high water activity, low acidity of the majority of these products, and that they are, as a characteristic of the technology, heat-treated at 55-85°C. Survival and growth of pathogenic microorganisms can be eliminated only by reaching and maintaining strictly controlled temperature ranges. Hence, microbiological quality assurance of sous-vidé products is a great challenge. In my study I measured the heat resistance of *Clostridium perfringens* among the spore-forming microbes and *Salmonella* Enteritidis, one of the most common food-borne pathogens. Bactericidal effect of heat treatment was investigated at various temperatures, at atmospheric pressure and vacuum used in sous-vidé, in model environment and in chicken meat. Based on the number of surviving cells I determined the heat destruction parameter and optimal heat treatment parameters.

1. BEVEZETÉS

Az elmúlt évtizedekben jelentősen megváltoztak az emberek táplálkozási szokásai. A fogyasztók a frissebb, természetesebb, nem szezonális, „kényelmesebb”, „biztonságosabb” élelmiszereket részesítik előnyben. Ezek az élelmiszerek, amelyek magas vitamin-, ásványi anyag és fehérjetartalommal rendelkeznek, érzékszervi tulajdonságaikban a nyersanyaghoz nagymértékben hasonlítanak. Az ilyen típusú termékek előállításuk komoly kihívást jelent a termelők, a gyártók és a forgalmazók számára egyaránt. A megoldást a kíméletes élelmiszergyártó technológiák jelentik. A kíméletes szó azt jelenti, hogy „tartósítják az élelmiszert, mialatt annak tápértéke és érzékszervi tulajdonságai megmaradnak, csökkentve így a hőkezelés, – mint fő tartósító eljárás – mellékhatásait” (Fellows, 2000).

A vendéglátóiparban is megjelentek a fogyasztói igények a magas tápértékű és kedvező érzékszervi tulajdonságú élelmiszerek iránt. Ezeket az igényeket a tradicionális ételkészítési technológiák nem tudják kielégíteni a magas hőhatás miatt, ezért szükségessé vált az élelmiszeralkotó elemekre optimált technológiák kidolgozása.

A fő szempont a gazdaságosság, amit a fogyasztói elvárások mellett az ételkészítés során figyelembe kell venni a vendéglátó szakembereknek. A fogyasztók és a szakemberek elvárásainak egyszerre felel meg a standardizált cook&chill rendszerek közül a molekuláris gasztronómia egyik technológiája, a sous-vide technológia.

A sous-vide, melynek jelentése „vákuum alatti”, egy olyan professzionális főzési módszer, amely oxigénmentes környezetben, pontos hőmérséklet-ellenőrzés mellett nem csak a főzést, hanem a

tartósítás területét is magába foglalja. Pasztörözött termékeket állítanak elő, amelyek hűtőtárolás mellett később is felhasználhatók. Az eljárás során az élelmi anyagokat vákuumsomagolják, majd rendkívül kíméletes hőkezelésnek vetik alá, így a hagyományos hőkezeléssel készült termékeknél jobb beltartalmi értékkel és érzékszervi tulajdonsággal rendelkeznek. A technológia lényege olyan hőkezelési paraméterek alkalmazása, amelyek figyelembe veszik a nyersanyag biokémiai tulajdonságait, elsősorban a fehérjék hődenaturációs pontjait. Ez az eljárás megóvja az élelmiszer mátrix szerkezetét, az illatanyagokat, az aromákat, valamint a tápanyagokat teljes mértékben megőrzi.

A gazdaságosság szempontjából előnyt jelent a termék minimális tömeg vesztese, amelynek az egyik oka az, hogy a nyersanyagot hőálló fóliába helyezik és vákuumozzák, a másik pedig az, hogy az alacsony hőkezelés miatt a fehérjék vízkötő képessége nem változik jelentősen.

A kíméletes hőkezelés – ami 55-90 °C közötti hőmérsékleti tartományt jelent, – valamint a nyersanyagok magas vízaktivitása és gyengén savas kémhatása miatt azonban a mikrobiológiai minőség biztosítása komoly kihívást jelent a szakemberek számára. A 100 °C alatti hőkezelés során a patogén spórák inaktiválása nem biztosított, ezért tárolás során aktiválódhatnak. A sous-vide technológia hatékonyságát, azaz a túlélő patogének számát és szaporodását csak a technológia során alkalmazott hőmérséklet - idő paraméterpárok meghatározása, valamint pontos betartása gátolhatja meg. A technológiai folyamat hőkezelési és hűtési paramétereinek meghatározása ezért az egyik legfontosabb feladat a sous-vide termékek mikrobiológiai minőségének biztosítása

szempontjából. A paraméterek meghatározásához meg kell vizsgálnunk az egyes patogén és szaprofita baktériumok hőtűrő képességét.

A hús a legdrágább és a leggyakrabban felhasznált sous-vide nyersanyag, ezért mikroflórájának vizsgálata kiemelt jelentőségű a sous-vide technológia mikrobiológiai minőségének javításakor.

1.1. Célkitűzések

A sous-vide technológia mindennapi alkalmazásához még számtalan kérdést kell megválaszolni a higiéniai követelményeknek való megfelelés és mikrobiológiai stabilitás biztosításával kapcsolatban. Munkám során a sous-vide termékek mikrobiológiai minőségét legjobban veszélyeztető baktériumok hőrezisztenciáját vizsgáltam.

A technológia szempontjából az egyik legfontosabb mikrobiológiai kérdés a spórás patogének hőtoleranciája. Dolgozatomban arra kerestem választ, hogy a spórás patogének közül a *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T törzs hőkezelés hatására milyen hőtoleranciával bír légköri nyomáson és vákuumcsomagolt termékekben. A baktérium hőrezisztenciáját modell tápközegben és mesterségesen befertőzött csirkehúsos modellközegben vizsgáltam, különböző hőmérsékleteken és hőn tartási idők mellett.

Az ételfertőzést okozó mikrobák közül évek óta vezető helyen áll a *Salmonella spp.* Munkám során a *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 törzsszel végeztem hőrezisztencia kísérleteket. A *Clostridium perfringens*hez hasonlóan különböző hőmérsékleten és hőn tartási idők mellett néztem a pasztörözés eredményességét légköri nyomáson és vákuumcsomagolt mintákban, modellközegben és csirkehúsos modellközegben.

Mindkét patogén esetében meghatároztam az optimális hőkezelési paramétereket, a hőpusztulási paramétereket és összehasonlítottam a csomagolási formák hőpusztulásra gyakorolt hatását.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Az élelmiszerek mikrobiológiai biztonsága

A táplálkozás az emberiség alapvető szükségletei közé tartozik. Az élelmi anyagok fogyasztásával járó egészségügyi kockázatot az emberiség valamilyen módon mindig megpróbálta kivédeni, élelmiszereit biztonságossá tenni és tartósítani. Eredményes tartósítási módszereket fejlesztett ki, bár tudományos alapjai nem voltak, hiszen előbb volt élelmiszertartósítás, mint élelmiszeripar és előbb volt élelmiszeripar, mint élelmiszertudomány. Az élelmiszertudomány életfontosságú anyagtudomány, mert eredményeinek gyakorlati megvalósítása az élelmiszer-fogyasztás révén életminőségünk egyik meghatározó része. Interdiszciplináris tudomány lévén több tudományterületet foglal magába.

Az élelmiszerekkel foglalkozó tudományok közül az élelmiszer-kémia és az élelmiszer-mikrobiológia jelentős fejlődésnek indult a XX. század második felében. Eredményeiket felhasználva a táplálkozással foglalkozó szakemberek szoros összefüggést mutattak ki az egyes betegségek és az elfogyasztott élelmiszer között. Kiderült, hogy az élelmiszerek minőségét meghatározó valamennyi összetevő hatással van a fogyasztók egészségére.

Az élelmiszer minőségének elemei:

- az élelmiszer biztonság
- az érzékszervi tulajdonságok
- táplálkozás-élettani tulajdonságok (Rodler, 2008)

Az élelmiszerbiztonság

A WHO/FAO definíciója alapján az élelmiszerbiztonság azt jelenti, hogy a tervezett felhasználás körülményeit és a megcélzott fogyasztói csoportot figyelembe véve az élelmiszer nem okoz egészségügyi ártalmat.

Az élelmiszerbiztonságot különböző veszélytényezők befolyásolják, melyek közül a négy legfontosabb a következő:

1. biológiai tényezők: patogén mikroorganizmusok jelenléte és szaporodása,
2. kémiai tényezők: toxikus komponensek jelenléte,
3. fizikai tényezők: idegen anyagok előfordulása,
4. az elemi csapások következményei (Knura et al., 2006)

Az élelmiszerbiztonság elsősorban egészségügyi kérdés, de nagyon jelentős gazdasági vonatkozásai vannak egy élelmiszer infekciónak mind a termék előállítóit és forgalmazóit nézve, mind az élelmiszer-mérgezések és fertőzések költségeit tekintve.

Az élelmiszer eredetű megbetegedések száma évről évre növekszik, amelynek több oka van: a világkereskedelem, a turizmus növekedése, az új élelmiszer-fogyasztási szokások, az új agrár-technológiák és az új élelmiszer és -kereskedelmi technológiák (Rodler, 2008). A nagy mennyiségben előállított élelmiszerek órák alatt jutnak el a föld bármelyik pontjára, ezzel együtt jelentősen megnövekszik annak a veszélye is, hogy tömeges ételfertőzések, pandémiák alakulnak ki. Így szükségessé vált az élelmiszer-előállítás és -kereskedelem jogi szabályozása.

Az ENSZ két szervezete, a mezőgazdasági indíttatású FAO és az egészségügyi WHO közösen hozták létre a Codex Alimentarius bizottságot 1962-ben, amely élelmiszer-higiéniai alapelveket, nemzetközi ajánlásokat fogalmazott meg. Ezeknek az alapelveknek nincs kötelező jellegük, mégis ezek képezik az Európai Unió élelmiszerbiztonsággal és a fogyasztók egészségvédelmével foglalkozó jogi szabályozás alapját.

Az európai élelmiszer-szabályozás jogi alapját biztosító dokumentumok közé tartoznak: Élelmiszerbiztonság és a fogyasztók egészségvédelme (Consumer Health and Food Safety, COM 97,183 final), Bizottsági Zöld könyv (Green Paper, COM97,176), Fehér Könyv az élelmiszerbiztonságról (White Paper on Food Safety, COM 99, 719), Rendelet az élelmiszer-törvénykezés általános elveiről (178/2002/ECRegulation) (Rodler, 2008).

Az Európai Parlament és a Tanács 178/2002/EK rendelete az élelmiszerjog általános elveiről és követelményeiről, az élelmiszerbiztonságra vonatkozó eljárások megállapításáról szól, valamint az Európai Élelmiszerbiztonsági Hivatal létrehozásáról.

Magyarországon az élelmiszer-biztonságot törvények, rendeletek, előírások, szabványok szabályozzák. A jogszabályok közül az egyik alapvető az élelmiszerekről szóló hatályos törvény, a 2003. évi LXXXII. törvény, amelynek egyes rendelkezéseit módosította a 2005. évi CLIX. törvény. Az élelmiszerlánc szabályozásában megalkotott 2008. évi XLVI. törvény célja a végső fogyasztók egészségének, érdekeinek védelme; az élelmiszer előállítók és forgalmazók érdekeinek védelme, a nemzetközi kereskedelem biztosítása: "A Magyar Élelmiszerkönyv az egyes élelmiszerekre, illetve az élelmiszerek vagy élelmiszer-összetevők

egy csoporthoz tartozó élelmiszer-minőségi, élelmiszer-jelölési és élelmiszer-biztonsági [...] kötelező előírások gyűjteménye." (2008. XLVI. törvény, 66§.)

Az élelmiszerbiztonság helyzete Európában

Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hivatal (EFSA) és az Európai Betegségmegelőzési és Járványvédelmi Központ (ECDC) 2007 decemberében kibocsátott közös zoonózis jelentése részletes összesítést ad az élelmiszer eredetű eseményekről is. A megbetegedések messze leggyakoribb kórokozója továbbra is a *Salmonella* 53,9%, szemben a 2005. évi 63,6%-kal. Ezt követték a vírusos élelmiszer-fertőzések 10,2%, amelyek száma első ízben előzte meg a *Campylobacter* ételfertőzéseket 6,9%. Egy-egy vírusos ételfertőzési esemény átlagosan több személyt érintett, mint a *Salmonella*, illetve a *Campylobacter* által okozottak, azonban ezek kevésbé voltak súlyosak, kevesebben kerültek emiatt kórházba. A legsúlyosabb ételfertőzések okozója a *Listeria* volt. Kilenc járványban összesen 120 személy megbetegedését sikerült felderíteni, akik közül 74,2% (89 fő) került kórházba és 17 fő elhalálozott. A csehországi nagy liszteriózis járvány önmagában 78 fő megbetegedésével és 13 halálessel járt. A megbetegedést ebben az esetben fertőzött lágyszájú fogyasztása okozta. Egyéb, élelmiszer-fertőzési eseményekben szereplő jelentősebb kórokozók: *Staphylococcus*, *Shigella*, *E. coli*, *Bacillus cereus*, *Yersinia*, *Clostridium*, *Giardia*, *Trichinella*, *Klebsiella*, *Cryptosporidium*, *Brucella*, *Flavivirus*, *Streptococcus*. Az események 16%-ában a kórokozó ágens ismeretlen maradt. A leggyakoribb közvetítő élelmiszer a tojás és a tojástermékek voltak, amelyek kimutatható módon

az események 17,8%-ában játszottak szerepet. Ezeket követték a hús-, a hal- és a tejtermékek (10,3%; 4,6%; 3,2%) (Szeitzné et al., 2008).

Az Európai Unió 2009-ben elkészült összefoglalója alapján a szalmonellózis a második leggyakoribb bejelentett fertőzés forrása, 108614 emberi megbetegedést okozott. A *Salmonella* továbbra is az élelmiszer eredetű járványok leggyakoribb kórokozója maradt, legtöbbször csirke-, pulyka- és sertéshúsban mutatták ki a baktériumot (EFSA, 2011).

Ez a tendencia napjainkig tart.

Az élelmiszerbiztonság helyzete Magyarországon

A mikrobiológiai eredetű események kórokozó szerinti megoszlását vizsgálva megállapítható, hogy kóroki tényezőként a *Salmonellák* állnak az első helyen, ezen belül is a *Salmonella* Enteritidis abszolút túlsúlya jellemző. 2006-ban az összes bakteriális megbetegedések 93,0%-át tették ki a szalmonellózisok, ezek 93,8%-át a *Salmonella* Enteritidis okozta. A baktériumok közül még a *Campylobacter*, a *Clostridium* és a *Staphylococcus* okozott időnként élelmiszer eredetű eseményeket, de jóval ritkábban, mint a *Salmonella* (Szeitzné et al., 2008).

„A 2014. december 15-21. közötti időszakban bejelentett fertőző megbetegedések alapján az ország járványügyi helyzete az alábbiakban foglalható össze: Az enterális bakteriális fertőző betegségek közül az év eleje óta bejelentett salmonellosis megbetegedések száma nem tért el lényegesen a 2008-2012. évek 1-51. hetét jellemző mediántól, és csak kismértékben haladta meg a 2013. év megfelelő értékét; a

megbetegedések 40%-át a közép-magyarországi régióban észlelték” (EPINFO, 2014).

2.2. A sous-vide technológiával készült termékek mikrobiológiai minőség biztosításának alapjai

2.2.1. Mikroorganizmusok szaporodásának törvényszerűségei

A mikrobák szaporodásához kedvező környezeti feltételek szükségesek, az élelmiszerek jó táptalajul szolgálnak a baktériumok számára.

A mikrobák szaporodását befolyásoló egyedi jellemzőket intrinsic paramétereknek nevezzük, melyek a következők:

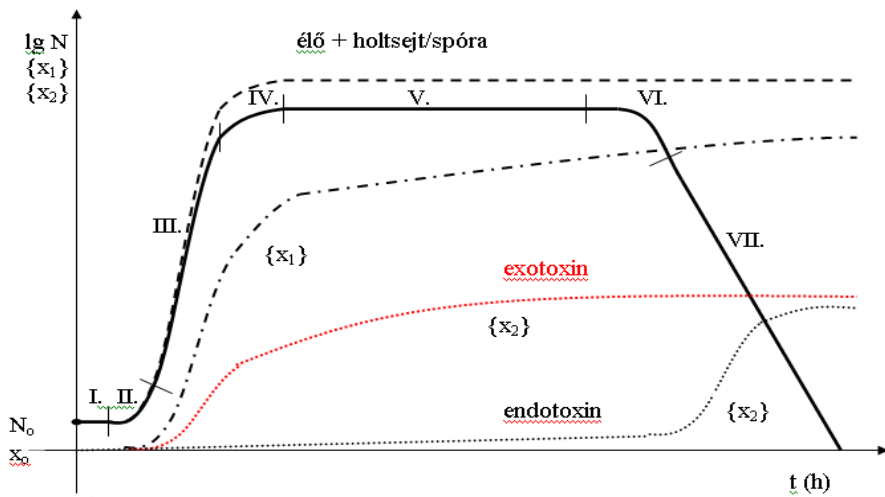
- a hidrogén ion-koncentráció
- a vízaktivitás
- a redoxpotenciál
- a tápanyagtartalom és -összetétel
- az antimikrobás összetevők
- a biológiai struktúra

Az élelmiszer közvetlen környezetének jellemzői meghatározzák az élelmiszer paramétereit, ezzel befolyásolják a mikrobák élettevékenységét:

- a tárolás hőmérséklete
- a környezet relatív páratartalma
- a gázok összetétele és koncentrációja a környezetben
- más mikroorganizmusok jelenléte és gátló hatása

(Rodler, 2008)

A mikroorganizmusok szaporodásának kinetikai törvényszerűségeit a szakirodalom a baktériumok szaporodásán keresztül mutatja be. Az itt leírt törvényszerűségek zárt rendszert feltételeznek, ami azt jelenti, hogy a beoltás után tápanyag-hozzáadás és -elvétel nem történik. Ha egy baktériumsejt új, megfelelő környezetbe kerül, akkor bizonyos lappangási idő után szaporodni, sokszorozódni kezd, miközben az adott populáció maximális szaporodási sebességet ér el. Ez a maximális szaporodási sebesség azonban csak bizonyos ideig tartható fenn, végül csökken, majd megáll. A szaporodást a szaporodási sebességek változásai szerint szakaszokra lehet bontani. Ha az élő baktérium számot az idő függvényében ábrázoljuk, akkor az úgynevezett szaporodási görbét kapjuk (1. ábra). A görbe szakaszokra osztható, elnevezésükre Monod nomenklatúráját használom. Generációs időnek nevezzük a két osztódás között átlagosan eltelt időt.



1. ábra A mikroorganizmusok szaporodásának és termékképzésének fázisai (URL¹)

- I. lappangási, vagy "lag"-periódus: nagyon hosszú generációs idő
- II. gyorsuló növekedési szakasz: csökkenő generációs idő
- III. exponenciális, logaritmusos: szakasz minimális és állandó a generációs idő
- IV. lassú szaporodási szakasz: növekvő generációs idő
- V. stacionárius, megállapodási szakasz: a szaporodás egyensúlyban van az elhalással
- VI. pusztulási, hanyatlási szakaszok: a szaporodást felülmúlja az elhalás. A baktérium sejtszám logaritmusait ábrázoljuk az idő függvényében

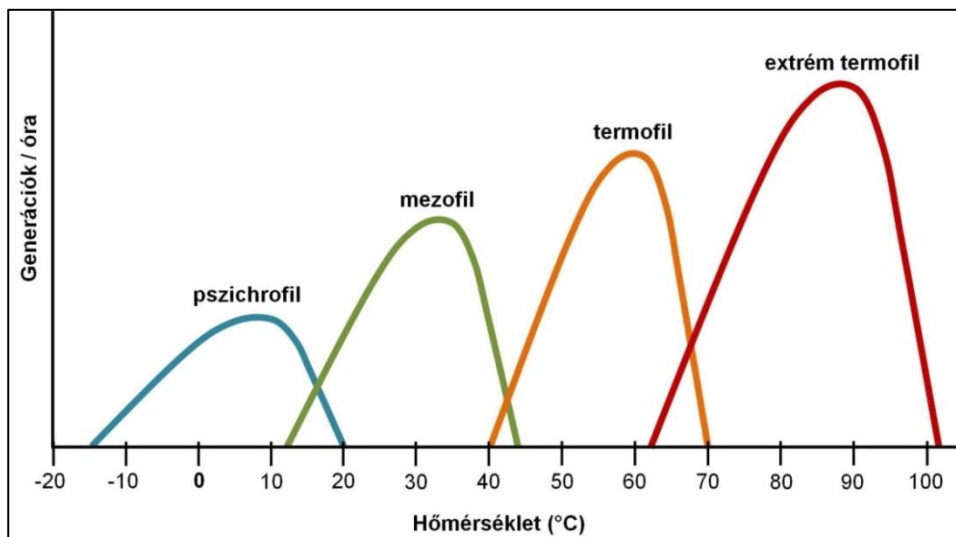
A növekedési görbe legfontosabb szakasza az exponenciális vagy logaritmikus szakasz. Itt a szaporodási görbe egy olyan egyenes, amelynek a meredekségéből a fajlagos szaporodási sebesség (μ) számítható. A fajlagos szaporodási sebesség általános egyenletéből ($dN/dt = \mu \cdot N$) az élő sejt-koncentráció időbeli változása számítható. A patogén mikroorganizmusok számának változását meghatározhatjuk a tárolt élelmiszerekben, ha ismerjük a fajlagos szaporodási sebesség környezeti tényezők által meghatározott értékét.

A baktériumok primer anyagcsere termékei (x_1), szerves savak - alkoholok, aminosavak, amelyeket a baktériumok még hasznosítanak - a szaporodás során képződnek. Szekunder anyagcsere termékek (x_2), amelyek a baktérium sejt további élete, szaporodása és növekedése számára nem fontosak, vagy nem használhatók fel a szaporodás után, a stacioner szakaszban termelődnek. A toxinok szekunder metabolitok, a spórázás során képződnek. Amikor bizonyos tápanyag koncentrációk a kritikus érték alá esnek, beindul a spórázás. A spórázás befejeztével a sejtek lizálnak, és kiszabadulnak a spórák és a toxinzárványok.

A spórák jellemzője, hogy anyagcserét nem folytatnak, nyugvó állapotú kitartó képletek. Nagy ellenálló képességgel rendelkeznek a környezeti behatásokkal szemben, hővel, UV sugárzással és oldószerekkel szemben is igen ellenállóak. Az élelmiszerekben nyugvó állapotban nem veszélyesek, de a spóra kicsírázása során képződik a vegetatív sejt, amely az élelmiszer-eredetű megbetegedésekhez vezet (Cano & Borucki, 1995).

A mikroorganizmusok életképességét, szaporodását és pusztulását befolyásoló legfontosabb környezeti tényező a hőmérséklet. Az enzim-

reakciók, az anyagcsere folyamatok sebessége, ez által a sejtek szaporodási sebessége alapvetően hőmérsékletfüggő. A hőigény szerint a 2. ábra szerinti csoportokba sorolhatók a mikroorganizmusok.



2. ábra A mikrobák szaporodásának hőmérsékleti intervallumai (URL²)

2.2.2. Mikroorganizmusok hőpusztulásának törvényszerűségei

Nagy általánosságban a mikroorganizmusok hőpusztulása összefüggésbe hozható a szaporodásuk hőmérsékleti jellemzőivel. A baktériumok vegetatív alakjai általában 55–58 °C feletti hőmérsékleten kezdenek pusztulni és fajtól függően 60–80 °C-on már jól kimutatható a pusztulás. A kisebb hőtűrésű baktériumok a Gram-negatív baktériumok, ezek általában 60–65 °C hőmérsékleten néhány perc alatt elpusztíthatók. A Gram-pozitív baktériumok - elsősorban a kokkusok - nagyobb hőtűrésűek és 65–70 °C közötti hőmérsékleten pusztulnak el. A húsipari gyakorlatban előforduló baktériumok közül az enterokokkusok a

legnagyobb hőtűrésűek, ezek több nagyságrendű elpusztításához esetenként 74 °C-on több perces hőkezelésre van szükség.

A *Bacillus* és a *Clostridium* nemzetséghez tartozó spóráképző baktériumok spórái nagyon alacsony vízaktivitásuknak köszönhetően, lényegesen ellenállóbbak, mint a vegetatív sejtek. Néhány hőérzékeny spórától eltekintve, ami már 80–90 °C hőmérsékleten is viszonylag gyorsan inaktiválódik, a baktériumok endospóráinak elpusztításához 100 °C feletti hőmérséklet szükséges (Laczay, 2008).

A mikroorganizmusok hőpusztulása az elsőrendű kémiai reakciók analógiájára jól leírható. Egy adott és állandó intenzitású letális hőhatásra a túlélő sejtek koncentrációjának változása a következő egyenlet szerint írható le:

$$\frac{dN}{dt} = -k \cdot N$$

ahol N a mindenkori élő sejtszám, dN/dt az élő sejtszám időegység alatti változása, a k a pusztulási együttható (fajlagos pusztulási sebesség).

A letális hatás miatt értelemszerűen az élő sejtszám csökken, erre utal az egyenlet jobb oldalának negatív előjele. A túlélő mikrobák száma (koncentrációja) az időben exponenciálisan csökken, így:

$$N = N_0 \cdot \exp(-k \cdot t)$$

Ezt az egyenletet logaritmikus formában kifejezve a túlélési görbe egyenletét kapjuk:

$$\lg N = \lg N_0 - \frac{k}{2,303} \cdot t$$

A mikrobiológiai gyakorlatban a fajlagos pusztulási sebesség helyett gyakran a fizikailag szemléletesebb tizedre csökkenési időt (D)

használjuk. A tizedre csökkenési idő (D) és a fajlagos szaporodási sebesség (k) közötti összefüggés:

$$D = \frac{2,303}{k}.$$

A tizedre csökkenési idő (decimal reduction time, D) a populáció élő sejtszámának egy nagyságrendi csökkenéséhez szükséges idő. A túlélő arány 1/10, az elpusztult arány 9/10. Meghatározását a 3.3.4. fejezetben ismertetem.

A letális hatásokkal szemben a rezisztencia mértékének a tizedelődési időt tekintem (Laczay, 2008).

A mikroorganizmusok hőtürése genetikailag meghatározott, fajra jellemző tulajdonság, amelyet jelentős mértékben befolyásolnak a külső környezeti körülmények. A hőérzékenységük függ a fajtól, a sejt előéletétől, az állapotától (vegetatív vagy spóra), korától (exponenciális vagy stacionárius állapot), valamint a hordozó közeg tulajdonságaitól: pH, vízáktivitás (Deák, 2006).

A mikrobiológiai stabilitás és a termékminőség elfogadható fogyaszthatósági szinten tartásához világszerte elfogadott eljárás, hogy a 4,5-nél nagyobb pH-jú élelmiszerek hőkezeléses sterilizálásánál egészségügyi szempontból minimálisan olyan hőkezelést követelnek meg, amely *Clostridium botulinum* spórák 12 nagyságrendnyi pusztulását idézi elő. Ez az ún. 12D elv, amely azt jelenti, hogy 12xD percnyi, azaz 121,1°C-on 12x0,21=2,52 perc hőpusztulási idő szükséges (URL³).

2.3 A sous-vide technológia

A 'sous-vide' (jelentése franciául: vákuum alatt) egy olyan kíméletes ételkészítési eljárás, amely során az élelmiszer- mátrix nagymértékben megőrzi eredeti állapotát, tápértékét és ízanyagait. A technológia lényege, hogy a hőkezelendő terméket hőálló fóliába csomagolják, majd vákuumozzák és temperáló vízfürdőbe helyezik, ahol a termék biokémiai tulajdonságainak megfelelően több órán keresztül hőkezelik.

2.3.1 A sous-vide technológia története

A sous-vide technológia a molekuláris gasztronómia egyik technológiája. A molekuláris gasztronómia néhány évtizedes múlttal rendelkező fiatal tudomány, amely többek között a foglalkozik a konyhai műveletek fizikai-kémiai, mikrobiológiai folyamatainak feltárásával, az új eszközök, módszerek és alapanyagok otthoni és éttermi konyhaművészetbe való bevezetésével, valamint a konyhai technológiák modellezésével, tekintettel a technológiák tökéletesítésére. Az új diszciplína természettudományos alapokra helyezi a konyhaművészetet, biokémiai és fizikai elveket vesz figyelembe az ételkészítés során, ezáltal új technológiák, ételek fejlesztésére és előállítására nyílik lehetőség.

A molekuláris gasztronómia alapítója Kürti Miklós, aki fizikusként a legalacsonyabb hőmérsékletet volt képes előállítani, majd az aktív évek után 1969-ben gaszτροφizikával kezdett foglalkozni. Magas szintű termodinamika ismereteit a konyhai műveletek során alkalmazta a szakácsnak álcázott fizikus: hipodermikus tűkkel és termokapcsolóval figyelte a hőmérsékletet a pecsenye belsejében. Így anélkül, hogy kivette

volna a sütőből, meg tudta állapítani, elkészült-e már (This-Benckhardt, 1999).

Kürti a nyolcvanas években találkozott Hervé This francia élelmiszervegyésszel, akivel közösen fektették le egy új tudományág, a molekuláris gasztronómia alapjait. 1992-ben a szicíliai Erice-ben rendezték meg az első Molekuláris és Fizikai Gasztronómiai Konferenciát.

A „sous-vide” ételkészítési alapját képző *konfitálás* (alacsony hőmérsékleten zsiradékban való párolás), valamint az *abálás* (párolás vízzel) a különböző kultúrákban már évszázadok óta alkalmazott módszer.

A sous-vide, mint tartósító módszer

Az 1960-as években a technológiát először amerikai és svéd mérnökök dolgozták ki, pasztörözött húsok gyártására. A svéd Nacka és amerikai AGS technológiával készített húsok maximum 21 nap eltarthatósági idővel rendelkeztek. A Nacka technológiával készült ételeket hagyományosan készítették, de a maghőmérséklet nem haladta meg a 80 °C-t. Ezután csomagolták, vákuumozták, 3 percre forró vízbe tették, majd a forró zacskókat futószalagra helyezték, majd 10 °C-os és 4 °C-os vízfürdő következett. A tárolási hőmérséklet 4 °C volt. Az eltarthatóságot 2-21 nap között állapították meg (Light & Walker, 1990).

1968-ban fejlesztették a GATINEAU technikát a burgonya csomagban történő csírátlanítására.

1972-ben jelent meg az első csomagban főtt sonka.

1974-76-ban a FLEURYMICHON and GUYOMAC'H cég kezdett sous-vide technológiával készült húsokat forgalmazni,

amelyeknek 6 nap eltarthatósági időt biztosítottak. Ez a rövid idő azonban megakadályozta a nagyüzemi gyártás elterjedését. 1984-ben hosszabb minőségmegőrzési időt tudtak garantálni, ezért elterjedtek a termékek Franciaországban és Belgiumban. Angliában, Dániában és Németországban kevésbé lett ismert, mert ott nagyobb hangsúlyt fektetnek a biztonságra, mint a minőségre.

1974-ben Franciaországban a Nacka rendszer tapasztalataira építve dolgozták ki a DELPHIN technológiát, amelyet a SEPIAL laboratóriumokban és a vendéglátásban is alkalmaztak (Farber & Dodds, 1995).

A sous-vide a gasztronómiában

A sous-vide technológiát George Pralus 1974-ben alkalmazta először a gasztronómiában, Roanne-ban, az éttermében. A libamáj elkészítésekor megpróbálta csökkenteni a máj zsugorodását. Pralus a vákuumcsomagolt libamájat meleg vízbe tette, fokozottan ügyelt a hőmérsékletre, így a libamáj zsugorodását 40%-ról 5%-ra csökkentette. Azt is megfigyelte, hogy az ételek ízvilága jelentősen változott, javult. 1980-ban kezdte népszerűsíteni a technikát, 36 országból 5600 ember vett részt a kurzusain. 1985-ben publikált első könyve, a "Cuisson sous-vide, une histoire d'amour" tízezer példányban kelt el. A sous-vide technológiát mai formájában Bruno Guassault, a Cuisine Solution vezető tudósa dolgozta ki (Farber & Dodds, 1995).

A technológiát Kiss János, a Hyatt Hotels and Resorts Corporate Executive Chef-je vezette be a hazai gasztronómiába. 14 évig foglalkozott a sous-vide technológiával, elsősorban a hűtéssel. A Super Bowl hétvégéjén Kiss János több mint ötezer embernek készített exkluzív

vacsorát minden évben. Erre az alkalomra korábban 20 séf 4 napig főzött, most a sous-vide technológiának köszönhetően az elkészítésre elegendő 6 séf és 2 nap (URL⁴).

1990-es években kialakult piaci trendek Európában: változtak a termék dizájn kritériumai, a népesség növekedett, nagyobb lett a vásárlóerő, új konyhai eszközök jelentek meg (mikrohullámú), etnikai sokféleség miatt változott a családi összetétel. Ezeknek a kihívásoknak jól megfelel a sous-vide technológia, mert a termék:

- alacsony energia tartalmú
- alacsony zsírtartalmú és összetett szénhidrátban gazdag
- kényelmesen elkészíthető ételek innovatív csomagolásban
- természetes ételkészítés természetes csomagolásban
- magas minőségű

Ugyanezek a trendek jelentek meg az Egyesült Államokban is:

- magas minőség
- könnyű kezelhetőség
- adalékanyagtól és tartósítószermentes
- ökotermék
- friss
- alacsony ár
- környezetbarát csomagolás (Farber & Dodds, 1995)

2.3.2. A sous-vide technológia jelentősége, folyamata

Minden vendéglátóipari szakember alapvetően két szempontot tart szem előtt: a minőséget és a gazdaságosságot. Ez a két feltétel egyszerre teljesül a sous-vide technológia esetében.

Minőségi előnyök:

- egyenletes szín
- a textúra tökéletesen uralható minősége
- a megmaradó ízanyagok miatt minimális a fűszerezés
- a vitamintartalom nagy része megmarad
- állandó a termék minősége
- az oxidációs folyamatokat gátolja a vákuum hatás
- reprodukálható a folyamat
- a készütségi fok pontosan meghatározható (URL⁴)

Gazdasági előnyök:

- hús esetében a 25%-os tömeg veszteség 5-10%-ra csökken
- kiszámíthatóbb a munkaszervezés
- a napi munkaingadozások eltűnnek
- kevesebb berendezés használatával, azok folyamatos működtetésével állítható elő ugyanaz a termékmennyiség
- központosítható az ellátás, kisebb konyhák egy helyről kapják a csomagolt élelmiszereket
- a hőkezelésre fordított energia hatékonyabban használható fel,
- csak annyi élelmiszert melegítenek fel, amennyire igény van
- a sous-vide technológiával felszerelt konyha létesítése közel feleannyi költséget emészt fel, mint a tradicionális a la carte

konyha, az üzemeltetése során pedig úgyszintén közel 50%-os megtakarítás érhető el (Balla & Siró, 2007a).

A sous-vide technológia váltakozva hőkezelési és hűtési szakaszokból áll, a technológia jellemző paraméterei a hőfok és az idő.

A hőkezelés paraméterei viszonylag széles határok, 50-85 °C között mozognak. A kezelési hőfok meghatározásánál két szempontot kell figyelembe venni, a mikrobiológiai biztonságot és a nyersanyag biokémiai tulajdonságait, amelyek a sous-vide termékek érzékszervi tulajdonságait határozzák meg.

A technológia feladata az egyensúly megteremtése a biztonság és az érzékszervi tulajdonságok között.

1. Nyersanyagok kiválasztása, előkészítése (tisztítás, aprítás, előfőzés...)
2. Vákuumcsomagolás
3. Hőkezelés (pasztörözés)
4. Gyors lehűtés
5. Hűtve tárolás
6. Felmelegítés (fogyasztó)
7. Fogyasztás

3. ábra Sous-vide technológia folyamatábrája (Balla, 2007b)

2.3.3. A sous-vide termékek mikrobiológiai biztonsága

A sous-vide technológia az új technológiák (mild, novel technology) közé tartozik, amely kíméletesen feldolgozott (minimally

processed) termékeket állít elő. Az alacsony pasztörözési hőfok veszélyeztetheti a sous-vide termékek mikrobiológiai biztonságát. A fogyaszthatósági kockázatot az alábbi tényezők befolyásolják:

- a hőkezelés hőfoka és időtartama
- a tárolás hőfoka és időtartama
- a termék réteg vastagsága, összetétele
- a hőpenetrációs idő

A hőkezelés hőfoka és időtartama

A hagyományosan pasztörözött élelmiszerek mikrobiológiai biztonságára vonatkozó hőpusztulási előírások 65 °C-ban jelölik meg a hőmérsékleti minimum értéket. A sous-vide technológia azonban az élelmiszerek szenzorikus tulajdonságait is figyelembe veszi, ezért egyes húsfélék és a hal esetében 56 °C-os maghőmérséklet ajánlott. A sous-vide technológia alkalmazásának kritikus pontja ezért a hőkezelés méretezése.

A pasztörözött, nagy vízaktivitású, 4,5-nél magasabb pH-jú és hűtéssel tárolt termékek („cook-chill products” vagy chilled pasteurised foods”) hőkezelés szükséglete az European Chilled Food Federation (ECFF) irányelvei szerint (más antimikrobás „gát”hiányát feltételezve) 70 °C-on 2 percnyi vagy ezzel ekvivalens hatású hőterhelés, ha a vegetatív patogének elpusztítása a cél. Ez a hőmennyiség a *Listeria monocytogenes* hat nagyságrendi pusztításához elegendő (1. táblázat). A *Listeria monocytogenes*, a leghőrezisztensebb nem spóráképző patogén, mely képes növekedni a hűtőtárolás során is (Nyati, 2000; Rybka-Rodgers, 2001). A legtöbb ételmérgezést Európában és Magyarországon is a *Salmonella* okozza, ha azonban az ételt a *Salmonella* törzsre

pasztörizálnák a *Listeria monocytogenes* helyett, akkor a *Listeria* növekedése lecsökkentené az eltarthatósági időt hét nap alá, $-0,4\text{ °C}$ és 5 °C között tárolva az ételt (FDA, 2011; Snyder, 1995).

1. táblázat A *Listeria monocytogenes* különböző hőmérsékleteken végzett hőkezeléséhez tartozó 6D pusztulási idők (Hansen & Knochel, 1996)

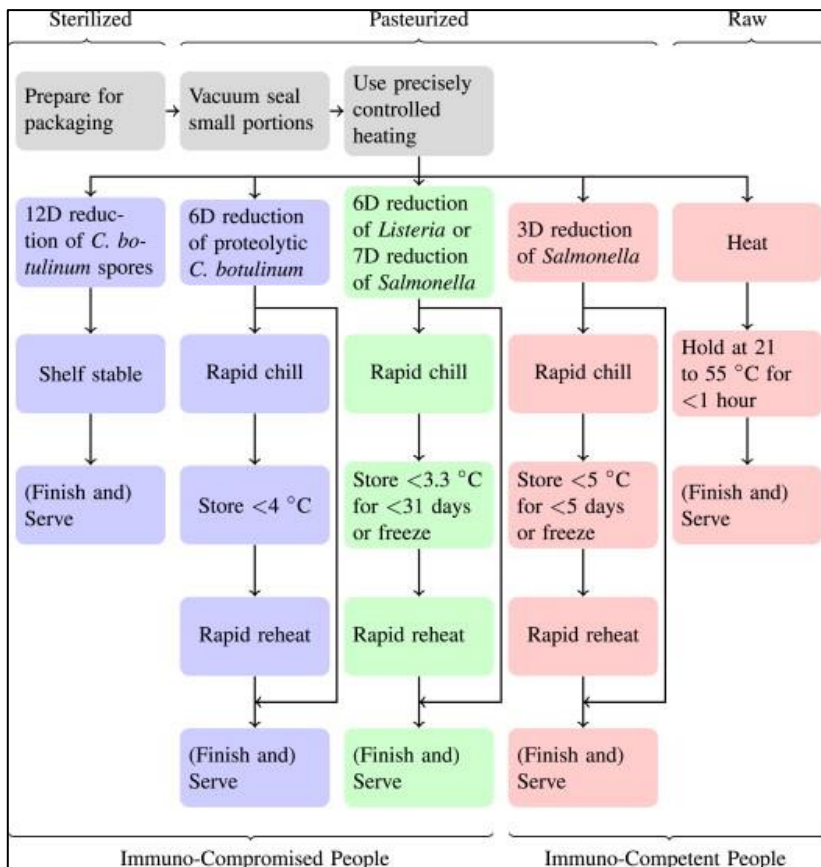
Hőkezelt termék rétegvastagsága mm	Hőkezelési idő (óra:perc)				
	44 °C	49,5 °C	52 °C	55 °C	60,5 °C
5	2	2	2	2	2
10	7	8	8	8	8
15	17	17	17	18	18
20	30	30	31	31	32
25	46	47	48	48	49
30	1:06	1:08	1:09	1:09	1:11
35	1:30	1:32	1:33	1:34	1:36
40	1:57	2:00	2:02	2:03	2:06
45	2:28	2:32	2:34	2:35	2:38
50	3:02	3:07	3:10	3:12	3:16
55	3:40	3:46	3:49	3:51	3:56
60	—	—	—	4:35	4:41
65	—	—	—	5:23	5:30
70	—	—	—	6:15	6:23

A 70 °C -os 2 percnyi hőterhelés azonban a baktérium spórákat és mikrobotoxinokat nem inaktiválja. A hidegtűrő (a szaporodáshoz minimálisan $+3,0\text{ °C}$ hőmérséklet-igényű) nem proteolitikus *Clostridium botulinum* szerotípusok endospóráinak 6 nagyságrendnyi pusztításához 90 °C -on 2 perces vagy azzal egyenértékű hőterhelés szükséges (Martens, 1999).

Az ekvivalens hőterhelés számításához 90 °C-nál alacsonyabb hőmérsékletekre 7 °C-os z értéket, 90 °C felett 10 °C-os z értéket javasolnak használni. (Farkas, 2001) (z érték: hőmérsékletnövekedés (°C-ban), amely az előírt pusztulási arányhoz tartozó hőpusztulási időt pontosan egy nagyságrenddel csökkenti.)

A sous-vide technológiával foglalkozó szakemberek által elfogadott alapelv szerint a mikrobiológiai biztonság alapja a sous-vide termékek esetében a 6D elv, amely olyan hőmérséklet-idő paraméterpár alkalmazását szabja feltételül a hőkezelés során, amely hat nagyságrendi csökkenést idéz elő a pszicrofil *Clostridium botulinum* vegetatív sejtekben.

A 4. ábra azt mutatja, hogy a tizedelési időkkel jellemzett hőkezelések mértéke alapján csoportosított sous-vide termékek fogyasztása milyen fogyasztói csoportoknak javasolt, valamint a technológia alkalmazási területeit jelöli. A piros ágakkal és a zöld ággal jelölt folyamatok az étteremi és az otthoni konyhákban gyakoriak, miközben az ipari élelmiszer-feldolgozók csak a kék és a zöld ág elvei mentén állíthatnak elő sous-vide termékeket. A piros színnel jelölt bal oldali technológiával készült termékeket csak az egészséges immunrendszerű személyek fogyaszthatják, míg a jobb szélső piros ág technológiai elve alapján készült termékek fogyasztóinak el kell fogadniuk a kockázatot, amely ezeknek a sou-vide termékek fogyasztásával jár (URL⁵).



4. ábra A sous-vide technológia folyamata a hőkezelés mértéke és a fogyasztói rétegek kapcsolatában (URL⁵)

Néhány sous-vide recept olyan hőmérséklet és idő kombinációkat használ, amelyek képesek csökkenteni az E-típusú és a nem-proteolitikus B és F típusú *Clostridium botulinum* csíra számát biztonságos szintre. Pontosabban: a nem-proteolitikus B típusú *Clostridium. botulinum* hat nagyságrendű redukcióját lehet megvalósítani 75 °C-on 520 perces (8 óra és 40 perc), 80 °C-on 75 perces, 85 °C-on 25 perces hőkezeléssel (Fernández & Peck, 1999; Peck, 1997). Az FDA (2011) egy

konzervatívabb időt ad meg: 90 °C-on 10 percet, ahol a z-érték=7,0 °C a 90 °C alatti hőmérsékleteknél. Az étel ezután korlátlan ideig tárolható 4 °C alatt, ami a minimális hőmérséklet, amin a *Bacillus cereus* növekedhet (Andersson, Rønner & Granum, 1995).

A csirke és pulyka hús esetében a *Salmonella* baktérium által okozott élelmiszerfertőzések a leggyakoribbak, ezért a 7D elv érvényesítése indokolt. A 2. táblázat alapján az is megállapítható, hogy a 7D elv mellett a hús zsírtartalma is jelentős szerepet játszik a hőkezelés időtartamában.

2. táblázat Irányadó hőkezelési idő a 7D elv figyelembevételével *Salmonella* baktériumra, csirke és pulyka hús esetében (Anon, 2005)

Temperature °F (°C)	Time 1% fat	Time 3% fat	Time 5% fat	Time 7% fat	Time 9% fat	Time 12% fat
136 (57.8)	64 min	65.7 min	68.4 min	71.4 min	74.8 min	81.4 min
137 (58.3)	51.9 min	52.4 min	54.3 min	56.8 min	59.7 min	65.5 min
138 (58.9)	42.2 min	42.7 min	43.4 min	45.3 min	47.7 min	52.9 min
139 (59.4)	34.4 min	34.9 min	35.4 min	36.2 min	38.3 min	43 min
140 (60.0)	28.1 min	28.5 min	29 min	29.7 min	30.8 min	35 min
141 (60.6)	23 min	23.3 min	23.8 min	24.4 min	25.5 min	28.7 min
142 (61.1)	18.9 min	19.1 min	19.5 min	20.1 min	21.1 min	23.7 min
143 (61.7)	15.5 min	15.7 min	16.1 min	16.6 min	17.4 min	19.8 min
144 (62.2)	12.8 min	12.9 min	13.2 min	13.7 min	14.4 min	16.6 min
145 (62.8)	10.5 min	10.6 min	10.8 min	11.3 min	11.9 min	13.8 min
146 (63.3)	8.7 min	8.7 min	8.9 min	9.2 min	9.8 min	11.5 min
148 (64.4)	5.8 min	5.8 min	5.9 min	6.1 min	6.5 min	7.7 min
150 (65.6)	3.8 min	3.7 min	3.7 min	3.9 min	4.1 min	4.9 min
152 (66.7)	2.3 min	2.3 min	2.3 min	2.3 min	2.4 min	2.8 min
154 (67.8)	1.5 min	1.5 min	1.5 min	1.5 min	1.5 min	1.6 min
156 (68.9)	59 sec	59.5 sec	1 min	1 min	1 min	1 min
158 (70.0)	38.8 sec	39.2 sec	39.6 sec	40 sec	40.3 sec	40.9 sec
160 (71.1)	25.6 sec	25.8 sec	26.1 sec	26.3 sec	26.6 sec	26.9 sec
162 (72.2)	16.9 sec	17 sec	17.2 sec	17.3 sec	17.5 sec	17.7 sec
164 (73.3)	11.1 sec	11.2 sec	11.3 sec	11.4 sec	11.5 sec	11.7 sec
166 (74.4)	0 sec	0 sec	0 sec	0 sec	0 sec	0 sec

Azoknál az élelmiszereknél, ahol az ízanyagok és a textúra megtartása a cél, -mint például a sous-vide termékek,- hosszú idejű és alacsony hőmérsékletű hőkezelést alkalmaznak. A baktériumok a hősokra hőtűrésük megnövelésével reagálhatnak. (Linton et al.,1992; Arsene, Tomoyasu & Bukaua, 2000; Sergelidis & Abraham, 2009)

Ezeknek a baktériumoknak akkor növekszik meg hőtűrésük, amikor a maximális növekedési hőmérsékletük feletti, mérsékelt megemelt hőmérsékletnek vannak bizonyos ideig kitéve (Lin & Chou, 2004).

A hősokk az egészségügyi kockázat szempontjából nagy jelentőséggel bír, legfőképp az olyan pszichrotrof fajok esetében, mint a *Listéria monocytogenes* vagy a *Yersinia enterocolitica*, mivel a túlélő sejtek a szaprofitikus flóránál is gyorsabban szaporodnak hűtve tárolás esetében (Gill & Reichel, 1989).

A mikroorganizmusokat érő kedvezőtlen környezeti tényezőket általánosságban stressz hatásnak nevezzük. A hőmérsékleti értékeket tekintve a mikrobák még a 20 °C-ról 40 °C-ra történő növekedést is stressz hatásként érzékelik. A stressz hatást túlélő sejtek a hatás elmúltával képesek lehetnek sérüléseik kijavítására, helyrehozására, bár lehet, hogy szaporodni nem lesznek képesek. Ezek a VNC sejtek különösen nagy figyelmet érdemelnek a mikrobiológiai minőség szempontjából (Deák, 2006).

Nagy a jelentősége annak, hogy megértsük a baktériumok által adott válaszreakciókat, mert a kutatások azt bizonyítják, hogy különböző stresszhatások más stresszekkel szembeni ellenállóképesség-növekedést is okozhatnak, kialakulhat egy általános stresszadaptáció (Farkas, 2001).

A sous-vide technológiával foglalkozó szakembereknek olyan technológiai paramétereket kell meghatározni, amely a stresszadaptáció során megmaradt egyedeket is elpusztítja.

Ebben segítenek a prediktív modellek, hogy megbecsülhessük a cél-mikroorganizmus meghatározott élelmiszer előállításakor egy adott értéktartományon belüli túlélését (Whiting, 1995). Ezek a modellek,

amelyeket a valós élelmiszerek előállításakor mértek, az élelmiszer-feldolgozók számára fontos adatokat nyújtanak a termék elkészítéskor alkalmazott hőkezelés méretezéséhez. Így segítenek abban, hogy a fogyasztó számára biztonságos terméket tudjanak előállítani (Ross & McMeekin, 1994).

A hőkezelés nagysága egyben az eltarthatósági időt is befolyásolja, a 70 °C-on 2 percnyi vagy ezzel ekvivalens hatású hőterhelés 10 nap alatti eltarthatósági időt biztosít (short shelflife termékek), a 90 °C-on 2 perces vagy azzal egyenértékű hőterheléssel az eltarthatósági idő hosszabb, mint 10 nap (long shelflife termékek) (Balla & Siró, 2007b).

A tárolás hőfoka és időtartama

A nem proteolitikus pszichotróf *Clostridium* törzsek már 3,3 °C-on szaporodnak, míg a nem proteolitikus törzsek esetében már a 10 °C alatti hőmérséklet gátolja a szaporodásukat. A *Clostridium botulinum* erős neurotoxint képez. A toxin felhalmozódik az ételben, miközben a baktérium elszaporodik.

A sous-vide feldolgozás során az egyik fő cél, hogy az ételek eltarthatósági idejét növeljék. Ha a pasztörizált sous-vide tasakokat 3,3·°C alatt tartják, akkor biztonságosak és ízletesek maradnak 3-4 hétig (Armstrong & McIlveen, 2000;).

A spóráképző patogének germinációja és toxinképzése az, ami csökkenti az eltarthatósági idő hosszát. Míg az étel műanyagtasakban való tárolása megelőzi az újrafertőződését, a *Clostridium. botulinum*, a *Clostridium perfringens* és a *Bacillus cereus* spórái mind túlélhetik a pasztörizálás során bekövetkező enyhe hőkezelést. Ezért a gyors lehűtést

követően az ételt vagy le kell fagyasztani, vagy hűtőtárolást kell biztosítani:

- 2,5 °C alatt maximum 90 napig
- 3,3 °C alatt kevesebb, mint 31 napig
- 5 °C alatt kevesebb, mint 10 napig
- 7 °C alatt kevesebb, mint 5 napig

ahhoz, hogy megakadályozzuk a nem proteolitikus *Clostridium botulinum* spóráinak a növekedését és halálos neurotoxin termelését (Gould, 1999; Peck, 1997). A tárolási hőmérséklet függvényében a toxin termeléshez szükséges időt mutatja a 3. táblázat. A lazaccal folytatott kísérletek eredményeiből látható, hogy ugyanolyan inokulum esetén, az eltérő tárolási hőmérséklet megduplázza a toxin termeléshez szükséges napok számát.

3. táblázat: „Time to toxin” vizsgálatok (Gould, 1999)

Élelmiszer	<i>Clostridium botulinum</i> Típus	Inokulum /g	Hőmérséklet (°C)	Toxintermeléshez szücs. idő (nap)
Marhahús	B	104	10	6
Lazac	B, E	104	12	4
Lazac	B, E	104	8	8
Pulyka	B, E	103	8	7
Lazac	B, E, F	102	12	6
Lazac	B, E, F	103	8	9
Hering	E	102	10	7
Tőkehal	E	102	10	6
burgonya	E	104	10	11

Modell-tanulmányok, pl. a Food MicroModel alapján semleges körüli pH-n, magas vízaktivitás mellett egy *Clostridium botulinum* pszichrofil spórákra 6 nagyságrendi csökkenést okozó hőkezelés mellett az eltarthatósági idő 10 nap 5 °C-on, 5 nap 7 °C-on, 4 nap 8 °C-on, ha egyéb tartósító eljárást nem alkalmaztak. Ezen adatok alapján becsülni lehet egy olyan hőmérsékletet, ahol az élő sejtszám százszorosra nő. Bár az adatok indikatívak, biztonságosnak tekinthetők, mivel nem számolnak egyéb spóraszám-csökkentő tényezővel. A „time to toxin” jellegű vizsgálatok e modelleket megerősítik (Gould, 1999).

A nyersanyag összetétele, rétegvastagsága

„A hőtűrésre ható tényezők közül legfontosabb magának az élelmiszernek az összetétele, különösen pedig a vízaktivitása és a pH-ja” (Deák, 2006). A mikrobák hőellenállását jelentősen fokozza a vízaktivitási érték (a_w) kismértékű csökkenése is. A savas közeg, a 4-5pH érték viszont jelentősen csökkenti (Deák, 2006). A legnagyobb hőrezisztencia általában a pH=6,0–8,0 tartományban van. A pH-érték mellett magának a savnak a fajtája is szerepet játszik: ásványi savak ugyanolyan pH mellett jobban csökkentik a hőrezisztenciát, mint a szerves savak.

A fehérjék, a zsiradékok és cukrok általában védik a mikroorganizmusokat a hővel szemben. A zsiradékok védőhatását a 2. táblázat adatai is mutatják. A védőanyagok közül például a cukrok védőhatásukat a vízaktivitás csökkentésével fejtik ki, míg a zsiradékok védőhatása hidrofób tulajdonságukon alapszik. A zsírszemcsébe ágyazódott sejttel vagy spórával szemben csak száraz hőhatás alakul ki,

amivel szemben a hőrezisztencia jóval nagyobb, mint a nedves hővel szemben.

A hőrezisztencia a sejtek korától és állapotától is függ: a fiatal sejtek hőérzékenyebbek, mint az idősök.

A sous-vide termékek hőkezelése általában nagy csomagolási egységekben történik (0,5-1·kg), viszonylag lassú hőmérséklet-emelkedéssel lehetséges a hőadaptációs stresszválasz indukálása a patogénekben. Kísérleti úton meg kell határozni azt az elfogadható rétegvastagságot, amely esetében a leghatékonyabb a hőátadás a hőkezelés és a gyors hűtés során.

Egy 20 mm vastag marhahús szelet esetében 60,5 °C-on 41 perces hőkezelési idővel biztosított a termék mikrobiológiai biztonsága, elérhető a 6D pusztulási mérték is a *Listéria monocytogenes* tekintetében (Gould, 1999).

2.3.4. A sous-vide termékek mikrobiológiai biztonságát javító tényezők

A sous-vide technológia nagy előnye, hogy tartósítószer mentes termékeket állít elő. A hőmérséklet szabályozási kontroll azonban önmagában nem elegendő a termék mikrobiológiai biztonságának a garantálásához, mert a hőmérséklet-idő indikátor alkalmazása nem valósul meg a teljes kereskedelmi láncban. A mikrobiológiai minőség biztosítása, a patogén és a szaprofita mikroorganizmusok szaporodásának megakadályozása folyamatos feladat a technológiával foglalkozó szakembereknek. A baktericid és a bakterosztatikus hatás növelhető a

sous-vide termékekben az úgy nevezett „gát elv” alkalmazásával. A gát elv az alapja kombinált tartósítási módoknak is.

A „gát elv” fogalmát Lothar Leistner vezette be az 1980-as években. A gát hasonlat szerint, ha a mikroorganizmusoknak több tartósító tényező gátján kell átjutni ahhoz, hogy a termékben szaporodni tudjanak vagy életben maradjanak, közösen nagyobb tartósító hatást eredményeznek, mint külön-külön. A tényezők együttes hatása additív esetenként akár szinergens is lehet (Deák, Farkas & Incze, 1981).

A „gát elv” alkalmazásának módjai a sous-vide termékek esetében:

A baktériumok elhalásának üteme számos faktortól függ, pl. hőmérséklet, húsfajta, izomtípus, zsírtartalom, savasság, sótartalom, bizonyos fűszerek és a víztartalom. Savak, sók vagy fűszerek hozzáadásával tovább csökkenthető a patogének száma. Az élelmiszeriparban gyakran használnak vegyszereket, mint a nátrium-laktát vagy a kalcium-laktát, hogy csökkentsék a spóráképző patogének (*Clostridium* fajok és *Bacillus cereus*) nyújtotta veszélyt (Aran, 2001; Rybka-Rodgers, 2001).

A *szerves savak* hatását sous-vide sertéshúsban Prabhu tanulmányozta 1988-ban. A húst 1%-os ecetsav oldatba mártották, vákuumcsomagolták, majd 66 °C-on hőkezelték. 48 órát tartották 24-25 °C-on. Azt tapasztalták, hogy az ecetsav hatékonyan elnyomta a *Clostridium* spórák növekedését (Farber & Dodds, 1995).

A *kalcium laktát* hatását vizsgálták, azt mérték, hogy a különböző koncentrációk hogyan befolyásolják a *Bacillus cereus* és a *Clostridium perfringens* spóráinak növekedését. Vákuumcsomagolt, pasztörözött

marhagulyást kezeltek 0m/m%-os, 1,5m/m%-os és 3m/m%-os kalcium-laktát oldattal. A spóranövekedést a *Bacillus cereus* esetében 10-15-20 °C-on, míg a *Clostridium perfringens* esetében 15-20-25 °C-on nézték. A 3m/m%-os oldat 10 °C-on teljesen elnyomta a *Bacillus cereus* növekedését, ha a pH érték 6 alatt volt. 15 °C-on egy nagyságrendű növekedést tapasztaltak egy hét alatt. A 1,5m/m%-os kalcium laktát elnyomta a *Clostridium perfringens* növekedését minden hőmérsékleten. Megállapítható, hogy a kalcium laktát erősebben gátolja a *Cereus* spórák növekedését, mint a *Clostridium perfringens*ét (Aran, 2001).

Az 10-50 kGry ionizáló sugárzásnak endospóra pusztító hatása van (Deák, 2006). Besugárzással növelhető a sous-vide termékek mikrobiológiai biztonsága. A fogyasztók azonban idegenkednek a sugárkezelt termékektől, ezért az ionizáló sugárzás használata nem terjedt el.

A fűszerek antimikrobás hatóanyagai hatást gyakorolhatnak a sous-vide termékek tartósságára. Az illóolajok antibakteriális hatását számtalan humánpatogén (pl. *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, *Proteus mirabilis*; *Streptococcus pyogenes*, stb.), élelmiszer eredetű megbetegedést okozó (pl. *Salmonella spp.*, *Esheria coli*, *Clostridium botulinum*, *Shigella sonnei*, *Shigella flexneri*, stb.) és élelmiszerromlást okozó (pl. *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Serratia marcescens*, stb.) baktérium ellen vizsgálták már (Bagamboula, Uyttendaele & Debevere, 2004; Daifas et al., 2004; Mihajilov-Krstev et al., 2009; Rasooli et al., 2002). Az illóolajokra a Gram-pozitív baktériumok érzékenyebben reagálnak, mint a Gram-negatívak (Burt, 2004).

A fahéjolaj és a köményolaj különösen a gombákra erős gátló hatású. A mustárolaj az élesztőgombák ellen hatásos, azonban baktériumok ellen gyakorlatilag hatástalan. A szegfűolaj és a fahéjolaj viszont erős antibakteriális hatással rendelkezik. A hús pácolásakor alkalmazott fűszerek nem csak a termék organoleptikus tulajdonságait befolyásolják kedvezően, hanem fitoncidjaik révén bakteriosztatikus és baktericid hatásuk is van. A fitoncidok mikrobagátló hatásának azonban eltérő a hatásspektruma, a hatás-specifikussága és hatékonysága. Erős antimikrobás hatású allicin a fokhagymában, az allil-izocianát a mustárban, az oleuropein az olivában vagy az eugenol a szegfűszegben található. Erős ízük miatt azonban a felhasználható mennyiségük korlátozott (URL⁶).

A felsorolt lehetőségeket kombinálva növelhetjük a sous-vide termékek biztonságát. A kombinált hatásokra azonban a mikrobák is eltérő válaszokat adhatnak az eddig ismertektől.

Egyre több a tapasztalat arra vonatkozóan, hogy a stresszhatások olyan adaptációkat, válaszreakciókat indukálhatnak a baktériumokban, amelyek növelik az ellenálló képességüket az őket ért antimikrobás hatásokkal szemben. Legismertebb a hőadaptáció és a savadaptáció, amelyek a kíméletes technológiák hatékonyságának szempontjából érdemelnek figyelmet (Farkas, 2001).

2.3.5. A sous vide készítmények HACCP rendszere

A feldolgozó műveletek és a tartósító eljárások mikroökológiai szempontból külső tényezőknek tekinthetők, jóllehet lényegesen módosítják a termék belső, összetételbeli és szerkezeti tulajdonságait is (Deák, Farkas & Incze, 1981).

Az élelmiszer-feldolgozás mikrobiológiai alapelve, hogy jó minőségű, teljes biológiai és tápértékű, biztonságosan eltartható és egészségügyi kockázattól mentes élelmiszert csak kifogástalan alapanyagból, jó gyártási gyakorlattal lehet előállítani. Az alapanyag minősége, a technológiai fegyelem, a higiéniai tisztaság egyértelműen meghatározza az élelmiszer mikrobiológiai minőségét (Deák, Farkas & Incze, 1981; Százados, 1996, 1997).

A FAO/WHO Codex Alimentarius bizottsága a HACCP rendszert ajánlja az élelmiszerbiztonság megfelelő szintjének eléréséhez. A HACCP rendszer tudományos megalapozottságú, amely a késztermék vizsgálata helyett magát a folyamatot tartja szabályozás alatt. A HACCP rendszer (Hazard Analysis and Critical Control Points, magyarul: Veszélyelemzés és Kritikus Ellenőrzési Pontok) a termelés teljes folyamatára alkalmazható a termőföldtől az asztalig (Rodler, 2008).

A sous-vide rendszer mikrobiológiai biztonsága csak szigorú előállítási és forgalmazási feltételek betartásával lehetséges, ezért a technológia során a következő alapelveket kell betartani:

Nyersanyagok tárolása, előkészítése

A sous-vide termékek mikrobiológiai minőségének biztosítása már az alapanyagok hűtőtárolásával kezdődik, hiszen a kiindulási inokulum kihatással lehet a végtermékre is. Ezért javasolt a nyersanyagok +3,0 °C alatti tárolása, de a +10 °C-ot semmiképp nem haladhatja meg. Az előkészítő műveletek egy-egy része a tradicionális konyha technológiájához hasonlóan történik, pl. a tisztítás, a mosás, a darabolás. A húsok esetében azonban egy felületi sterilizést is alkalmaznak, rövid nagyon magas hőmérsékletű hőbehatással, amely a

kezelt anyag textúráját nem változtatja meg. A sterilizést sokkoló hűtésnek kell követni.

Vákuumcsomagolás

A termék vákuumcsomagolása több célt szolgál. Azon túl, hogy csökkenti a lé kiválást és megőrzi az íz anyagokat, az aerob patogének túlélését is megakadályozza, ezzel növeli az élelmiszer biztonságát. Csomagolás után a főzést azonnal meg kell kezdeni, vagy hűtő tárolást kell biztosítani. A vákuum nagysága 12 kPa, a tökéletes zárást ellenőrizni kell, mert a hőkezelés során felpúposodott tasak minőségromlást okoz.

Hőkezelés

A hőfok-idő paraméter pár megválasztásánál a 6D elv érvényesüljön, vagyis a *Clostridium* spórák száma 6 nagyságrenddel csökkenjen.

Hűtés

A hőkezelés után intenzív hűtés elengedhetetlen a mikrobiológiai minőség biztosítása miatt, ezért a terméket 50 °C alá kell hűteni 1-2 órán belül és 12 °C alá 1-1,5 órán belül (Balla & Siró, 2007b). Az intenzív gyors hűtés meggátolja a kritikus hőmérsékleti tartományban a spórák baktériumok spulurációját és germinációját. Az utószennyeződés elkerülése érdekében a termék a tasakban marad.

Tárolás

A 3 °C alatti tárolás és szállítási hőmérséklet ajánlott, amennyiben a termék hőmérséklete meghaladja a 10 °C –t, meg kell semmisíteni.

Felmelegítés:

Ha felmelegítjük, vagy újra lehűtjük az ételt, fontos hogy megelőzzük a *Clostridium botulinum* és a *Bacillus cereus* toxinjainak

képződését, valamint a *Clostridium perfringens* szaporodását, mivel a pasztörizálás során elvileg megszabadult az összes nem-spóráképző patogéntól. Általában a maghőmérséklet 54,4 °C-ra melegítését 6 órán belül ajánlják (URL⁵).

Akár nagyüzemi, akár éttermi gyártástechnológiáról beszélünk, meg kell határozni a kritikus pontokat. Minden termék esetében írásban kell megadni a kritikus szabályozási paramétereket és azok tűréseit, és ezt a dolgozók számára hozzáférhetővé kell tenni. A technológiai folyamat minden rész folyamatát dokumentálni kell, minden termék esetében.

2.4. A hús minősége

Tágabb értelemben az állati szervezet vázizomzatának különböző részeit, amelyek emberi fogyasztásra alkalmasak, összefoglalóan húsnak nevezzük. A hús általában melegvérű, tenyésztett házi állatokból származik, de ide tartoznak a vadon élő állatok és a változó testhőmérsékletű állatok fogyasztható részei is (Deák, 2006).

Szűkebb értelemben a hús harántcsíkos izomszövet, kötőszövettel, vérerekkel és idegekkel együtt. A hús kémiai összetételét tekintve vízből, fehérjéből, zsírból, vitaminokból és ásványi anyagokból áll. Víz tartalma 60-75% között változik, amelynek csak 3-5%-a kötött víz, ezért a húsok magas víz aktivitású ($a_w=0,98$) élelmiszerek közé tartoznak (Galambosné, 2009).

A szárazanyag összetevői közül a fehérje viszonylag nagy arányban fordul elő (átlagosan a szárazanyag 89%-a) – azonban ez az érték a zsírtartalom nagy varianciája miatt jelentős szóródást mutat. A

hús kémiai összetétele függ a genetikai tényezőktől (faj, fajta), a takarmányozástól, kortól, nemtől, és a karkaszon belül is változó. (Csapó & Vargáné, 2011)

4. táblázat A húsminőség komplex jellemzése (Vadáné, 1999)

Táplálkozás- élettani tulajdonságok	Érzékszervi tulajdonságok	Élelmiszer- biztonsági tulajdonságok	Technológiai tulajdonságok
Fehérjék	Szín	Maradékanyagok	Szín
Zsírok	Szag	Szennyezőanyagok	Állomány
Vitaminok	Íz	Adalékanyagok	pH
Ásványi anyagok	Márványozottság	Mikroorganizmusok	Víztartalom
Emészthetőség	Porhanyósság	Vízaktivitás	Vízkötőképesség
Biológiai érték	Lédűsság	Toxinok	Fehérje-, Zsír- minőség

A 4. táblázatban feltüntetett tulajdonságok közül a sous-vide termékek esetében a következő tulajdonságokat kell kiemelni: a mikrobiológiai biztonságot, valamint az érzékszervi tulajdonságok közül a színt és az állományt. A technológiával szemben támasztott alapvető követelmény az egyensúly megteremtése a mikrobiológiai biztonság és az organoleptikus tulajdonságok között.

2.4.1. A hús mikrobiológiai biztonsága

A hús szövetei az egészséges állatokban sterilek, az elsődleges feldolgozás során kontaminálódhatnak szaprofita és patogén mikroorganizmusokkal, melyek a felületen megtelepednek és kolonizálódnak.

A hús szennyeződésének két forrása van, az egyik a test kültakarója, a másik a béltraktus, mind a kettőn nagyszámú mikroba található. A kültakarón elsősorban *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Micrococcus* nemzetségek valamint élesztő és penészgombák fordulnak elő. Az enterális eredetű mikrobák közül nagyobb számban a szaprobionta fajok a jellemzőek, a Gram-negatív pálcák, az *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Moraxella* nemzetségek, pseudomonaszok valamint enterobaktériumok és Gram-pozitív kokkusok, *Micrococcus* és a *Staphylococcus* fajok. Az élesztőgombák közül a *Candida* és a *Rhodotorula* nemzetség, a penészgombák közül a *Penicillium* a *Mucor* és *Cladosporium* jelenlétével számolhatunk. Az enterális patogének közül *Salmonella enteritica*, a *Yersinia enterocolitica*, a *Listéria monocytogenes*, *Escherichia coli* törzsei lelhetők fel, valamint a *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aerus*. Az, hogy a kezdeti mikrobiotából melyik faj válik dominánssá, a feldolgozástól és a tárolási körülményektől függ (Deák, 2006).

A hús patogén mikrobái közül kiemelném az általunk vizsgált baktériumokat, a spórások közül a *Clostridium perfringenst* és az enterobaktériumok közé tartozó *Salmonella* Enteritidist.

2.4.1.1. A hús patogén mikroorganizmusai a *Clostridiumok*

A biológiai körforgás részesei anaerob fehérjebontásuk révén. A fehérje és más nitrogén tartalmú anyagok lebontása kellemetlen szagú zsírsavak és különböző gázok képződésével jár. A talajban, a szennyvízben, tengeri üledékben, rothadó növényi és állati tetemekben, valamint az emberi és az állati bélflórában is megtalálhatók. Spóraképző baktériumok, a spórák a beszáradt szövetekben és váladékokban évekig életképesek maradnak.

A *Clostridiumok* a Firmicutes törzs Clostridiales rendjébe és a Clostridiaceae családjába tartoznak. Az eddig ismert 200 faj osztályozása még nem megoldott. A *Clostridiumok* közt több mint 20 filogenetikai vonal körvonalazható.

Clostridium botulinum

Közülük az egyik legveszélyesebb patogén a szaprofita életmódot folytató *Clostridium botulinum*, melynek toxinja a botulotoxin halálos idegméreg: 1-10 µg-ja már végzetes lehet. Az ideg-izom szinapszisokban az acetil-kolin képződését irreverzibilisen gátolja, ami petyhüdt bénuláshoz és fulladásos halálhoz vezet. A neurotoxin hőérzékeny, 80 °C-on 10 perces forralással inaktiválható.

Az antigén-specifitása alapján a *Clostridium botulinum*nak hét szerotípusa ismert, amely toxint termel, az A, B, C, D, E, F és G törzsek képeznek toxinokat. Az A, C, és D típusok a legtöbb esetben állatoknál okoznak botulizmust. Az A, B, E, F és G, típusok okozzák a humán botulizmust, amely hurka vagy kolbászmérgezősként ismert, amit a nem kellően hőkezelt ételek illetve feldolgozott termékek, pl. hurka, kolbász, disznósajt, házi, növényi készítmények, saláták, savanyúságok

fogyasztása okoz. A toxinok az emésztőenzimeknek ellenállnak, így az emésztőcsatornából felszívódva a keringésbe jut. Az embert megbetegítő toxintermeléshez legalább 10^5 - 10^6 sejt/g koncentrációjú inokulum szükséges.

A botulizmus mindig is az élelmiszermérgezők klasszikus példája volt, az 1920-ban a konzervek sterilizálásának mértékét a *Clostridium botulinum* spóráinak a hőtűréséhez viszonyítva határozták meg. Az állati és a növényi eredetű élelmiszerek tartósításakor alkalmazott technológiai paraméterek meghatározásakor ma is élelmiszer-mikrobiológiai alapkövetelmény, hogy minden olyan esetben, amikor a *Colstridium botulinum* szaporodásával és spóráképződésével lehet számolni, a hőkezelés mértéke *botulinum* spórák 12 nagyságrendű pusztulását okozza.

Az új típusú kéméletes élelmiszerfeldolgozó technológiák estében azonban kizárt ekkora mértékű hőkezelés, ezért a baktérium szaporodási hőmérsékleti tartománya az, amelyet figyelembe kell venni a hőmérséklet-idő paraméter pár meghatározásakor. Biokémiai aktivitásuk szerint megkülönböztetünk proteolitikus, illetve fehérjéket nem bontó, szacharolitikus törzseket. A proteolitikus törzsek A, B, és az E szerotípusainak a szaporodási hőmérsékleti maximuma $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, a minimuma $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. A nem proteolitikus törzsek C, D és az F valamint a G szerotípusának maximuma $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, a minimuma $3,3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A *Clostridium botulinum* szaporodását nyers vagy pasztőrözött állati eredetű élelmiszerekben gátolni lehet a következő tényezők kombinációjával:

- a tárolási hőmérséklet (minimális szaporodási hőmérséklet: A és B típusnál: 10·°C, E típusnál: 3.3·°C, F típusnál: 4·°C,
- a szaporodáshoz szükséges minimális pH-érték: 4,7 Az alacsony pH csökkenti a spórák hőellenállását, savanyított élelmiszereknél nem kell vele számolni.
- a szaporodáshoz szükséges minimális vízakaktivitás érték *Clostridium botulinum* A és B típusnál >0,93, E típusnál >0,965. Célszerű 0,91 alatt tartani.
- Hústermékekben a pácolás során adagolt nátrium-nitrit hatására a botulinum toxin képződésének valószínűsége csökken. (156 mg nitrit kilógammonként a konzervekbe)
- A spórák elpusztításához 2,52 percnyi 121,1 °C-os hőkezelés szükséges.

Az élelmiszereket olyan nagyságrendű hővel kezelik, vagy vetik alá besugárzásnak, amelyek a spórák 12 nagyságrendű csökkenését eredményezik

- Az élelmiszeripari üzemekben a GMP, GHP és HACCP rendszerek átfogó alkalmazásával megfelelő védelmet kell nyújtani a fogyasztók részére (Balla & Siró, 2007b).

Clostridium perfringens

A *Clostridium botulinum*hoz hasonlóan a talaj, víz, szennyvíz por, fűszerek, ember és állat bélcsatornájában található. A *Clostridium perfringens* kevésbé veszélyes, mint a *Clostridium botulinum*, de az 5 leggyakoribb ételmérgezést kiváltó baktériumok egyike.

A *Clostridium perfringens* először Welch írta le 1892-ben és *Bacillus aerogenes capsulatus*-nak nevezte el, később a *Bacillus phlegmonis emphysematosae* vagy Frankel-bacillus nevet kapta (Alföldy, Ivanovics & Rauss, 1963).

1895-ben Klein azonosította, mint hasmenést okozó kórokozót. Az első étel a rizspuding volt, amiből Andrewes 1899-ben kimutatta. 1915-ben Simmonds összefüggésbe hozta a bélben képződő spórákat a bélzavarokkal. 1945-től váltak egyre gyakoribbá a *Clostridium perfringens* által okozott ételmérgezések.

Hall és Angelotti 1965-ben egy kísérletsorozatban feldolgozott és nyers szarvasmasha, borjú, bány, sertés és csirkehús mintákat vizsgáltak. A minták 43,1%-ban mutattak ki *Clostridium perfringens*-t.

A nyers baromfihús 10-80%-ban fordult elő (Waldroup, 1996). 1987-ben Dunham a spóra hőtűrését vizsgálta.

Clostridium perfringens jellemzése

A vegetatív sejtek hőmérsékleti optimuma 43-47 °C, a szaporodáshoz szükséges hőmérsékleti tartomány széles, 12-50 °C. A pH optimuma 5,0 illetve 6,0-7,5. Sav- és sótűrő képessége alacsony, 6%-os NaCl jelen léte már gátolja a szaporodásukat. Vízáktívítási igényük nagyobb, mint 0,97. Hőrezisztenciája hasonló más baktérium vegetatív sejtjéhez, 60 °C-on pár perc a D érték (Lacay, 2008).

Biokémiai tulajdonsága, hogy a nitrátot nitritté redukálja, a fehérjét nem támadja meg, kataláz és lipáz negatív, valamint lecitináz pozitív (Kovács, 1997). A szulfitokat és vasat tartalmazó táptalajokban a szulfitok redukciója következtében fekete csapadékot képez (Weenk, Fitzmaurice & Mossel, 1990).

Spóráképző baktérium, spórái általában centrálisan, ritkán excentrikusan helyezkednek el (Kovács, 1997; Rahman, 1978). A spóra hőtűrőképessége magas, 100 °C-on néhány perces forralással pusztítható el.

A spórák baktériumok között a legnagyobb mennyiségben termel exotoxint és nagyszámú invazív faktorral rendelkezik. A *Clostridium perfringens* által okozott betegségek esetében toxikoinfekcióról beszélhetünk, mert már az élelmiszerben elszaporodott sejtek nagy mennyiségű toxint termelnek, majd a vékonybélbe jutott vegetatív sejtek sporulálódnak, miközben további toxint állítanak elő. A spóráképzés szempontjából kedvező körülmények az enterotoxin termelést is elősegítik (Deák, 2006).

Toxintermelésük alapján öt törzset különböztetünk meg: az A,B,C,D,E törzseket (Sterne & Warrack, 1964; Bíró, 1993; Uzal, 2004). A főbb toxinokat a görög abc betűivel jelölik: α β ϵ ι (Beerens, Sugama & Tahon-Castel, 1965). Az A törzs az ételmérgezésért felelős, α toxint termel, amely gázgangrénát okoz sebfertőzések esetén. A C típusú törzs α toxint és β toxint termel, amely nekrotizáló hatású, ezért szöveti elhalást okoz (Laczay, 2008). Az enterotoxin hőérzékeny, biológiai aktivitását 60 °C-on 25 perc alatt elveszíti. A vékonybélbe kerülve ellenáll az emésztő nedvek tripszin, kimotripszin hatásának, a bélbolyhokhoz tapad, majd a membránba befürödve megváltoztatja az epiteliális sejtek áteresztőképességét, hatására a víz, Na⁺ és a Cl⁻ felvétel visszajára fordul és a sejt működése megszűnik.

Az ételmérgezés kialakulásához 10^6 - 10^7 sejt/g étel mennyiségben kell elszaporodnia kórokozónak (McNamara & Lattuade, 1998). Az ételmérgezés tünetei, a hasmenés, hasi fájdalmak és a hányinger az étel elfogyasztását követően 8-14 órával jelentkeznek és 1-2 napon belül elmúlnak (Hobbs et al., 1953). A betegség enyhe lefolyása miatt legtöbbször nem kerül bejelentésre az egészségügyi hatóságokhoz.

Leggyakrabban a hús eredetű élelmiszerek fogyasztása miatt alakul ki az ételmérgezés. A húsba kerülhet, ha a vágás előtt kíméletlenül bántak az állattal, valamint a levágott állat bélrendszeréből, a technológiai folyamat során az eszközökről és a dolgozókról, porból származó szennyeződésből. Ételmérgezést akkor okoz, ha a húst a hőkezelés után nem megfelelően tárolják. Különösen kedvez a baktérium gyors szaporodásának a 30-50°C közötti hőmérsékleti tartomány. Az oxigénszint olyan mértékben redukálódik a hőkezelés során, amely kedvez az obligát anaerob *Clostridiumok* elszaporodásának. (Farkas et al., 1978)

Az élelmiszerek 6%-a tartalmaz endospórát, ezen belül a nyers húsok 14-24%-a. A kiskereskedelmi forgalomban előforduló főtt és fagyasztott élelmiszerek 50%-ában találtak vegetatív sejteket, 15%-ában endospórát, ezért a toxoinfekció megelőzésére az alábbi megelőző intézkedéseket ajánlott tenni. húsok hőkezelésénél (pl. sütés) a belső maghőmérséklet minimum 74 °C, vagy magasabb biztosítása. A nyers hússal érintkezésbe került eszközök tökéletes mosása és fertőtlenítése. Egyszer használatos, eldobható műanyag kesztyűk alkalmazása a kicsontozásnál, jégtelenítésnél. A hús különválasztása a húslétől hűtés előtt. A hús főzés utáni gyors hűtése. Újrafelhasználás előtt, vagy

közbenső tárolás után a hús és a húslé ismételt hőkezelése (átsütés, forralás stb.) minimum 74 °C-on.

2.4.1.2. A hús patogén mikroroganizmusai a *Salmonellák*

A *Salmonellák* az állati és az emberi tápcsatorna lakói. Szerotípusai közül bármilyen élő szervezetben előfordul például a *Salmonella* Typhimurium vagy a *Salmonella* Enteritidis, míg mások csak a gazdaszervezetre jellemzően, például a *Salmonella* Typhi az emberben, *Salmonella* Typhisuis a sertésben él.

A kórokozó baktériumot a beteg állatokból 1885-ben Salmon észlelte, akiről a nemzetséget elnevezték (Deák, 2006). A „szalmonella kórokozót” Eberth izolálta 1902-ben, Castellani módszere lehetővé tette a szalmonellák szerotipizálását. Kaufmann 1933-ban tette közzé a Kaufmann-White sémát (diagnosztikai jelentőségű antigéneket tünteti fel), ezen a rendszeren azóta sem kellett lényegében változtatni (Rodler, 2008).

A WHO 2004-es adata szerint már több mint 2500 szerotípusát különböztetik meg a 3 fő antigén szerint. A szerotípusok többségét a faji elnevezéshez hasonlóan kettős latin elnevezéssel látják el. A szakértők 2002-ben egyeztek meg arról, hogy egyetlen fajként jegyzik a szalmonellát, *Salmonella enterica* néven vagy *Salmonella* spp. jelölést alkalmazunk.

Az Enterobacteriaceae családjába tartozó baktériumok Gram-negatívak, 2-5- μ m hosszúságúak, többnyire csillós pálcák. Szaporodási feltételeik: a pH optimum 7, de a 3,8-9,5-es értékek is megfelelőek. A

szaporodáshoz szükséges hőmérsékleti tartomány 6-47 °C között van. Vízáktívítási értékük 0,94-nél nagyobb. Hőtűrő képességük alacsony, $D_{60\text{°C}} = 0,1\text{-}2\text{ perc}$. Üzemi körülmények között a csíra mentesítéséhez 7D érték elég, ami 70 °C-on 1 perc hőntartást jelent (Laczay, 2008).

Biokémiai tulajdonságaikat tekintve a tejcukrot és a szacharózt nem, de a glükózt és az egyszerű cukrokat gázképződés mellett bontja.

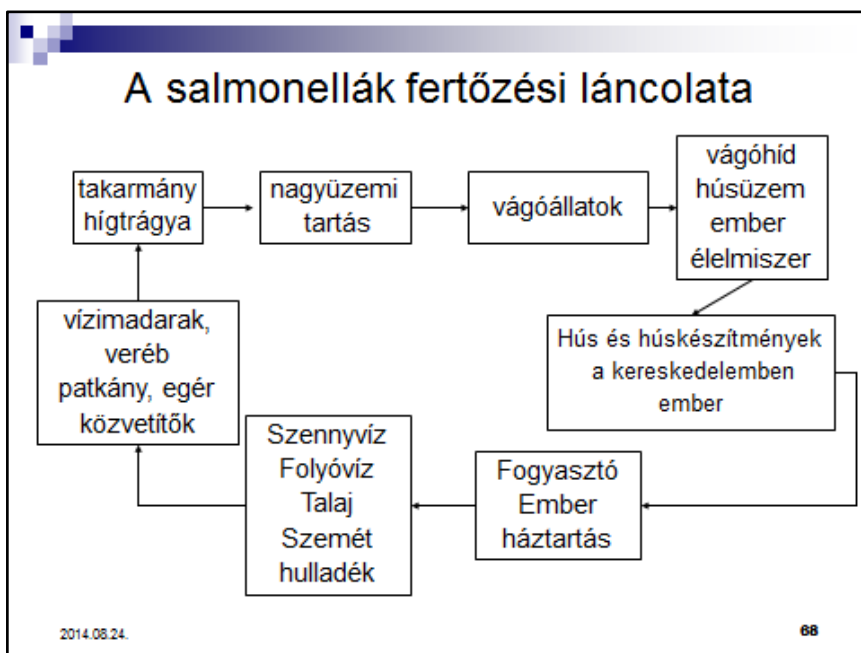
Az ételfertőzés oka két toxinra vezethető vissza, az egyik egy enterotoxin, amelyik hasonló az *Escherichia coli* és a cholera toxinjához. A másik citotoxin, amelyik a bélnyálkahártya sejteinek elhalását okozza. Az enterotoxin állandósult szaporodási fázisban termelődik 37 °C-on, 6-7pH mellett, amely 10 perces forralással inaktiválható.

A fertőzéshez először az ételben kell elszaporodni a vegetatív sejteknek. A betegség kialakulásához $10^3\text{-}10^5$ sejt/g étel élő sejtszám szükséges. Az étel elfogyasztása után a vékonybélben szaporodnak el és az epitelsejtekhez kötődnek. Az epitéliumon át a bél lumenébe kerülnek, ahol szabaddá válik az enterotoxin és a cittotoxin, amelyek bélgyulladást és hasmenést okoznak. A nyirok és a véráram útján szisztémás fertőzést és septikaemiát is okozhatnak (Laczay, 2008).

Az 1980-as évek közepétől minden országban ugrásszerűen megnövekedett az élelmiszer eredetű ételmérgezőések száma. Hazánkban ez a tendencia pár évvel később mutatkozott (Rodler, 2008).

A leggyakoribb közvetítő élelmiszer a tojás és a tojástermékek voltak, melyek az események 17,8%-ában játszottak szerepet kimutatható módon. Ezeket követte a hús, hal és a tejtermék (10,3%; 4,6%; 3,2%). A mikrobiológiai eredetű események kórokozó szerinti megoszlását vizsgálva megállapítható, hogy kóroki tényezőként a *Salmonellák* állnak

az első helyen, ezen belül is a *Salmonella Enteritidis* abszolút túlsúlya jellemző. 2006-ban az összes bakteriális megbetegedések 93,0%-át tették ki a *Salmonellózisok*, ezek 93,8%-át a *Salmonella Enteritidis* okozta (Szeitzné et al., 2008).



5. ábra: A *Salmonella* fertőzési lánc (URL⁷)

Az 5. ábra a *Salmonella* fertőzési láncot mutatja be. Ahhoz, hogy az állatállományok tartósan hordozzák a baktériumot állandó újrafertőzés szükséges. A lánc megszakításnak a lehetősége a vágóhidakon van. Az ember, mint közvetítő a feldolgozás során okozhat fertőzést.

A szalmonellózis elleni védekezés 3 fő irányvonala:

- *A Salmonella gátlása az élelmiszerek nyersanyagaként szolgáló állatoknál*

A *Salmonella* a szárnyasoknál fordul elő leggyakrabban, ezért az Európa Tanács 1992. november 17-én kelt 92/117/EEC számú irányelve rendelkezik a specifikus, emberre is áterjedő állatbetegségek, illetve azok élőállatokban és állati termékekben előforduló hordozóközegei elleni védekező intézkedésekről a humán fertőzések és mérgezések elkerülése érdekében.

- *A Salmonella gátlása a vágási és feldolgozási higiénia javításával*

A higiénia a vágási folyamat során kritikus fontosságú, mivel a gasztrointesztinális traktus tartalma és a bőr könnyen szennyezheti a vágott testet *Salmonella*-val. A higiéniai szabályok – amelyeket a következő rövidítésekkel jelölnek: GMP (Good Manufacturing Practice) / Helyes Gyártási Gyakorlat (HGYGy) GHP (Good Hygienic Practice) / Helyes Higiéniai Gyakorlat (HHGY) – különösen a rovarmentesítés, és a fertőtlenítés művelete, nagyon fontos tényezők a húsok és hústermékek vágóhídi és feldolgozó-üzemi környezetből származó *Salmonella*-val való szennyeződés elkerülésére.

- *A Salmonella gátlása a higiénia javításával*

Az élelmiszert előállító üzemekben a HACCP (Veszélyelemzés és Kritikus Szabályozási Pontok) átfogó alkalmazásának és/vagy a minőségbiztosítást szolgáló más rendszereknek szignifikáns módon kell javítania a fogyasztók védelmét a *Salmonella* és más specifikus patogének ellen (URL⁷).

2.4.2. A hús érzékszervi tulajdonságainak alakulása hő hatására

A kíméletesebb kezelés, a „láthatatlan” feldolgozottság (minimal processing) meghatározza a sous-vide termékek érzékszervi tulajdonságait. A sous-vide termékek minőségét a mikrobiológiai biztonság mellett az érzékszervi tulajdonságok adják. A nyersanyag textúrájának, a színének megőrzése ugyanolyan fontos, mint a termék mikrobiológiai biztonsága. A sous-vide technológiával készült húsok organoleptikus tulajdonságait a hús fizikai tulajdonságai közül az állománya, a víztartó képessége, valamint a színe határozza meg.

2.4.2.1. A hús állománya és víztartó képessége

Az érzékszervi tulajdonságok közül a húsok esetében kiemelkedő szerepe van az állománynak, ami a hús fehérjéinek állapotától függ.

A hús állománya, „levesessége” a fehérjék vízmegkötő és vízmegtartó képességén múlik. A fehérjék vízmegtartó képessége pedig azon alapszik, hogy a miofibrilláris fehérjeszálak közötti térben mennyi víz halmozódik fel. Ennek a víztartalomnak egy része kiszorul a sejtek közötti térbe, ha fehérjeszálak zsugorodni kezdenek, majd onnan a felületre szivárog és csepegési veszteség formájában távozik (Vadáné, 1991).

Ez a folyamat játszódik le hő hatására is. Hő hatására a fehérjék denaturalódnak, amelynek mértéke elsősorban hőfokfüggő, az időtényező kevésbé játszik szerepet a folyamatban.

A húspan lévő fehérjét három csoportra osztjuk, 50-55% a miofibrilláris fehérje, amely aktinból és miozinból áll, a szarkoplazma fehérjék, amelyek enzimek és a színt adó mioglobint 30-34%, valamint a kötőszöveti fehérjék 10-15%. A kötőszöveti fehérjék fő tömegét a kollagén adja (McGee, 2004). A kollagén az emlősök fehérjekészletének mintegy 20-25%-át teszi ki (Csapó & Vargáné, 2011).

A hőmérséklet-emelkedés hatására az egyes fehérjék másképpen reagálnak. A miofibrilláris fehérjék közül a miozin denaturációja 40 °C - 60 °C, az aktiné 66 -73 °C-on megy végbe. A szilárd összetartás csökken a kötőszöveti fehérje, a kollagén denaturációjával, amely 56 °C -62 °C között következik be. A teljes szerkezeti változás 60-67 °C fokon megy végbe (Martens, Stabursvik & Martens, 1982).

A sous-vide húsok állományának kialakulásában jelentős szerepe van annak a folyamatnak, hogy a kollagén hő hatására zselatinná alakul.

Az intakt kollagén hő hatására zsugorodik. Mikor a hőmérséklet meghalad egy határt, a kollagén fibrózus szerkezete random coil szerkezetté alakul, és az oldhatóság megnő. A zselatinizációnak (a kollagén zselatinná alakulásának) mértéke a hús főzése és sütése során függ az állat korától (a kollagén keresztkötések mértékétől); valamint a kezelés során alkalmazott körülményektől (hőmérséklet, idő, nyomás (Csapó & Vargáné, 2011).

Nem egyetlen hőmérsékleti pont, amelyen a kollagén denaturálódik, a denaturálódás mértéke exponencionálisan nő a magasabb hőmérsékletekkel. Biztonsági okokból az 55 °C-ot, mint praktikus hőmérsékletet alkalmazzuk a kollagén denaturálására (URL⁵).

A szarkoplazma fehérjék gélesedése 40 °C -60 °C közt történik. A kötőszöveti fehérjék 60 °C -65 °C-on oldhatóvá válnak (McGee, 2004).

Az úgynevezett „megfelelő hőkezelési hőmérséklet” definiálásakor ezeket a biokémiai folyamatokat kell figyelembe venni ahhoz, hogy a fogyasztók által elvárt állomány alakuljon ki.

A biokémiai folyamatok mellett számos egyéb tényező befolyásolja a „megfelelő hőkezelési hőmérsékletet”, többek között az állat, kora, faja és a hús zsírtartalma.

Bouton és Harris 1981-ben kimutatta, hogy 0-4 év közötti állatok sütésekor a hús legpuhábbá 55-60 °C között válik. Marhahúst is, ha 24-órásig sütünk ilyen hőmérsékleten, jelentősen megpuhul. Valójában a kollagén 50-55 °C felett válik zselatinná (This, 2006). Ráadásul a szarkoplazmikus protein enzim 60 °C alatt marad aktív és a jelentősebb puhító hatása 6 óra után következik be. Ez azt jelenti, hogy ha pl. egy tarját 55-60 °C-on, 24-48-órán keresztül sous-vide kádban hőkezelünk, olyan puha lesz, mint egy angol bélszín (URL⁵).

Manapság a szárnyasból előállított hús, hasonlóan a sertéshúshoz, soványabb és fiatalabb, mint régen. Ezért fordulhat elő, hogy a hagyományos főzési eljárásokkal gyakran száraz és ízetlen szárnyas étel készül.

A szárnyasok elkészítése nagyon hasonlít a sertésekéhez. Mind a sovány szárnyas hús, mind a sertéshús akkor lesz telt és szaftos, ha főzés közben a hőmérséklet nem emelkedik 60-65 °C fölé, lásd a 2.2 bekezdésben. A vastagabb és zsírosabb szeleteket mind a baromfinál és a sertésénél magasabb hőmérsékleteken is főzhetjük, szaftosak maradnak, mivel az olvadt zsír olajozza a soványabb húst (McGee, 2004).

A csirke és pulykamellek például sokkal nedvesebbek, teltebbek és szaftosabbak, ha 58–63 °C között pasztörizáljuk. A sötétebb szárnyashúst – mint az alsó és felső combokat – általában 70–80 °C között főzik addig, amíg szét nem esnek, nagyjából 4–6 órát 80 °C-on és 8–12 órát 70 °C-on (URL⁵).

Sok szakács angolosra készíti el a lazacot és a tavi saiblinget 42 °C-on, a többi halat és tengergyümölcsseit közepesen átfőttre 49 °C-on 15–20 percig (Norén & Arnold, 2009).

Ghazala és munkatársai 1996-ban kimutatták, hogy a sous-vide módszerrel elkészített halban több omega-3 zsírsav van, ill. magasabb a tápanyagértéke, mint a hagyományos módon elkészített halnak.

2.4.2.2. A hús színe

A hús színének kialakulásában két vastartalmú pigment, a hemoglobin és a mioglobin koncentrációja játszik szerepet (Warner, Kaufmann & Greaser, 1997).

A mioglobin bíborvörös színű pigment, ami csak nagyon kis O₂ koncentráció mellett fordul elő. A származékai között megkülönböztetünk dezoximioglobint, oximioglobint és metmioglobint. A három forma egymásba nagyrészt reverzibilisen átalakulhat, egymással dinamikus egyensúlyban áll. A színt konkrétan a hembe foglalt vasatom oxidációs száma határozza meg. A kétértékű vas élénkpiros színű, az oximioglobin cseresznyepiros színű, míg a metmioglobin szürkés-barnás elszíneződést okoz (Incze, 1996).

Nyers állapotban a mioglobinnal piros színe az átjárható szarkoplazmán keresztül áttűnik. Hő hatására a szarkoplazma fehérjéi denaturálódnak, ezáltal egy fehér áttetsző filmréteg képződik a miofibrilláris fehérje és a mioglobin köré. Ezáltal a húst először rózsaszínűnek, majd szürkés-barnának látjuk. Ez a színváltozás 56 °C és 68 °C között játszódik le. Az angolosan sült hús (56 °C és 58 °C) esetén a szín nem változik. Ezt a húst franciául „saignant”-nak, angolul „rare”-nek nevezik.

60 °C felett a mioglobin molekula elveszíti oxigénkötő képességét és a fehérje központjában lévő vas egy elektront veszít (oxidálódik). Kialakul a barna színű, hemichromnak nevezett forma, ami a félig átsült, angolul „medium”, franciául „point” steaket 70 °C jellemzi.

Ha a hús belső hőmérséklete eléri a 75 °C-t a hemichromból az átsült „well done”, franciául „bien cuit” steak barnás-szürke színét adó metmioglobin válik.

Megállapíthatjuk, hogy a mioglobin lebomlása a sous-vide kezelés idejének szabályozásával befolyásolható. Ha összehasonlítjuk más főzési módszerrel készült marhahús színét a sous-vide kezeléssel készült a marhahús színével (hőmérsékleti értékek megegyezők) akkor azt tapasztaljuk, hogy a sous-vide alkalmazásánál a marhahús vörös színe maradandóbb (Powell, Dikeman & Hunt, 2000).

A szakirodalom tanulmányozása során azt tapasztaltam, hogy a sous –vide technológiával előállított hús alapanyagú termékek vizsgálata elsősorban az érzékszervi tulajdonságokra (állomány, szín, íz) irányult. Ugyanakkor az alacsony hőkezelési hőmérséklet miatt a sous-vide

termék mikrobiológiailag nem stabil, ezért a technológia elterjedésnek és biztonságos használatának alapvető követelménye, hogy pontosan ismerjük az ételmérgezést vagy ételfertőzést okozó baktériumok hőpusztulási paramétereit. Kutatásaim ezen kevésbé kutatott területre irányultak, illetve a sous-vide technológiára jellemző vákuumsomagolás hatására a termékek mikrobiológiai biztonságának szempontjából.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálataimat a Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Karának Élelmiszertudományi Intézetében működő akkreditált (NAT-1-1674/2012) Élelmiszer és Vízvizsgáló laboratóriumában végeztem. A kísérletek során *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T és *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 törzsek hőrezisztenciáját vizsgáltam modell tápközegben és csirkehúsos modellközegben légköri nyomáson és vákuumcsomagolásban.

3.1. Anyagok

3.1.1. Tápközegek

A vizsgálatok során alkalmazott tápközegek összetételét rövid elnevezésük alapján betűrendbe szedve mutatom be. Az összetevők g/dm³ mennyiségre vonatkoznak.

Reinforced Clostridium Medium (RCM)

Húskivonat 10;
Pepton 5,0;
Élesztő kivonat 3,0;
D(+) glükóz 5
Keményítő 1,0;
Nátrium-klorid 5,0;
Nátrium-acetát 3,0;
L-cisztein-hidroklorid 0,5;
Agar-agar 0,5;

Tripton-szója agar (TSA)

Pepton kazein 15,0;
Pepton szója 5,0;

Nátrium- klorid 5,0;
Agar-agar 15,0;

XLD (xilóz-lizin-dezoxikolát)

Élesztőkivonat 3,0;
Nátrium-klorid 5,0;
D(+)-xilóz 3,5;
Laktóz 7,5;
Szacharóz 7,5;
L(+)-lizin 5,0;
Nátrium-dezoxikolát 2,5;
Nátrium-tioszulfát 6,8;
Ammónium-vas(III)-citrát 0,8;
Fenolvörös 0,08;
Agar-agar 13,5;

3.1.2. Baktérium törzsek

Clostridium perfringens

Liofilezett, vákuumzárás, dupla ampullában a *Clostridium perfringens*, az azonosítási száma: NCAIM B01417^T. A törzs eredete ATCC13124 Corvinus Egyetem.

Rendszertani besorolása a 18S rRNS részleges szekvencia elemzés alapján.

Domén: Baktériumok

Törzs: Firmicutes

Osztály: *Clostrida*

Rend: *Clostridiales*

Család: *Clostridiaceae*

Nemzetség: *Clostridium*

Faj: *Clostridium perfringens*

Salmonella Enteritidis

A *Salmonella Enteritidis* ATCC-13076 liofilizált, tamponban tárolt törzs volt, amelyet az American Type Culture Collection forgalmazótól szereztem be.

Domén: Baktériumok

Törzs: Proteobaktériumok

Osztály: *Gammaproteobactéria*

Rend: *Enterobacteriales*

Család: *Enterobacteriaceae*

Nemzetség: *Salmonella*

Faj: *Salmonella Enteritidis*

3.2. Eszközök

Kutatómikroszkóp G/433617 (Karl Zeiss AG, Germany)

A tenyészetek jellegzetes telepeiből készített preparátum mikroszkópos vizsgálatát, valamint a spórák jelenlétének ellenőrzését 40x nagyítású száraz, illetve 120x nagyítású immerziós objektívvel végeztem.

Termosztát WTB Binder KB-53 (Binder GmbH, Germany)

A szintenyészetek előállításához és a kísérletekhez szükséges friss tenyészetek szaporításához (30 °C).

Webeco autokláv (Webeco, Bad Schwartau, Germany)

A táptalajok, hígító folyadékok, valamint a sterilizálásához (121 °C, 15 min).

Densimat (bioMérieux[®], France) Optikai denzitás mérést 550 nm-en végeztem.

Vákuumozó: Model: SQUARE450

Temperáló termosztát a sous-vide termékek elkészítésére: FUSION CHEF DT100 RS232 MODEL: DIAMOND M SCHUTZART/DEGREE OF PROTECTION: IPX4



3.3. Módszerek

3.3.1. A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 hőrezisztenciájának vizsgálati módszerei

Mintaelőkészítés

A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 törzsét az American Type Culture Collection forgalmazótól szereztem be.

A kísérlethez használt *Salmonella* Enteritidis liofilizált tenyészetét tartalmazó dupla műanyag ampullát megtörve az előírásoknak megfelelően a kit részét képező hígító vízbe oldottam, majd XLD (Xilóz-Lizin-Dezoxikolát) agar felületére szélesztettem. 37 °C-on 24-48 órás inkubálást követően a tiszta tenyészetből Densimat® (BioMerieux) készülék segítségével 0,5 McFarland ($1,5 \times 10^8$) töménységű szuszpenziót állítottam elő, melyet steril pufferolt peptonvízbe adagolva kialakítottam a végleges minta koncentrációkat, amely 10^8 nagyságrendű volt. A szuszpenzióból steril, hőálló műanyag zacskókba 50 cm³-es egységeket készítettem a mintavételek számának megfelelően, majd egyik felét – modellezve a sous-vide technológiát – vákuumcsomagoltam (99%-os vákuum).

Hőtűrési vizsgálatok modellközegben

A vákuumcsomagolt és a kontrol mintákat egyszerre helyeztem a cirkulációs temperáló vízfürdőbe, majd hőkezelttem. A hőmérséklet alakulását a sous-vide készülékhez tartozó maghőmérővel ellenőriztem. A mintavétel során mindkét mintacsoportból egy-egy hőkezelt műanyag tasakot meghatározott időközönként kiemelve kaptam a leoltások alapját

képező mintaegységet. Ez biztosította a folyamatos és gyors mintavételt, amely az azonnali feldolgozások miatt elengedhetetlen és csökkenti a hőtűrési vizsgálatok időtényezőjéből eredő pontatlanságot. A mintavételek gyakorisága 55 °C-on öt·perc, 60 °C-on egy·perc, 65 °C-on fél perc volt a légköri nyomáson és a vákuumcsomagolt minták esetében is. A hőkezelt szuszpenziókból decimális hígítási sort készítettem 10^8 tagig, majd lemezöntéses módszerrel határoztam meg a sejtszámot.

Hőtűrési vizsgálatok csirkehúsos modellközegben

A *Salmonella* Enteritidist XLD (Xilóz-Lizin-Dezoxikolát) agaron előállított 24 órán aerob körülmények között inkubált tiszta tenyészetéből 0,5 és 1,0 közötti McFarland egységre (10^8 CFU/ml) beállított szuszpenziót készítettem. A felületileg hővel sterilizett, darált csirkemell 10 g-jához 80 cm^3 BPW-t és 10 cm^3 szuszpenziót adagoltam. Az így kapott keverékekből a mintavételi gyakoriságnak megfelelő számú mintát állítottam elő, majd az egyik felét vákuum csomagoltam. A mintavételek gyakorisága 55 °C-on öt perc, 60 °C-on öt perc, 65 °C-on fél perc volt a légköri nyomáson és a vákuumcsomagolt minták esetében is. A modell kísérletekhez hasonlóan a hőkezelt szuszpenziókból decimális hígítási sort készítettem 10^8 tagig, majd lemezöntéses módszerrel határoztam meg a sejtszámot.

3.3.2. A *Clostridium perfringens* hőrezisztenciájának NCAIM B 01417^T vizsgálati módszerei

Mintaelőkészítés

A *Clostridium perfringens*, a NCAIM B 01417^T törzset vákuumzárásos, dupla ampullás liofilezett preparátum formájában szereztem be a Mezőgazdasági- és Ipari Mikroorganizmusok Nemzeti Gyűjteményéből. Protokoll szerint a liofilezett tenyésztetre felbontás után steril fiziológiás sóoldatot pipettáztam és 20 percig rehidratáltam, majd a certifikációban ajánlott RCM (Reinforced Clostridial Medium) táplevesbe oltottam és 37 °C-on 24-72 órát anaerob körülmények között inkubáltam. A kísérletek későbbi reprodukálhatósága érdekében a törzset Microbank® rendszerben is prezerváltam. A beoltott és zavarosodást mutató táplevesből ritkító szélesztéssel egy kacsnyit TSA (Trypton-Soya Agar) tápagar felületére oltottam, melyet 37 °C-on 72 óráig anaerob módon tenyésztettem. Az így kapott tiszta tenyészetből a vizsgálati szuszpenzió beoltásához 0,5 McFarland ($1,5 \times 10^8/\text{cm}^3$) töménységű oldatot készítettem.

Hőtűrési vizsgálatok modellközegen

A kísérleti minták előállítása során a szuszpenzióval beoltott 50 cm³-nyi RCM táplevest steril körülmények között, vákuumozható polietilén tasakba pipettáztam. Ugyanezen mintákat előállítottam oly módon is, hogy a tasakokat 99%-osan vákuumoztam a sous-vide technológiához ajánlott vákuumozó berendezésben. Az elkészítendő minták darabszámát a hőpusztulási hőmérsékletek és a mintavétel gyakorisága alapján

határoztam meg. A hőkezeléseket sous-vide technológiához ajánlott cirkulációs, hőntartó berendezésben végeztem 55 °C-on 60 °C-on és 65 °C-on mind a léghő, mind pedig a vákuumozott minták esetében. A hőkezelés eszköze egytized celsius fok pontosságú volt. A mintavétel gyakorisága hőfokfüggő volt, 55 °C-on tíz perc, 60 °C-on öt perc 65 °C-on fél perc volt. Mindkét esetben a hőkezelt szuszpenziókból lemezöntéses módszerrel határoztam meg a sejtszámot

Hőtűrési vizsgálatok csirkehússal

Annak érdekében, hogy a sous-vide technológia csírapusztító hatását minél jobban modellezem, kísérleteimet hirtelen átsütött, ledarált majd befertőzött csirkehúsos modellközegben is megismételtem. 10 g-nyi mennyiséget 80 ml fiziológiás sóoldattal engedtem fel és speciális, steril, levegőt át nem eresztő, hőtűrő műanyag tasakba adagoltam, a tasakok felét vákuumoztam, majd hőkezelt az összes tasakot. A mintavételek gyakorisága 55 °C-on 10 perc, 60 °C-on 5 perc, 65 °C-on 1 perc volt a léghő nyomáson és a vákuumsomagolt minták esetében is.

3.3.3. Tenyésztési mikrobiológiai vizsgálatok

Mind a modell, mind pedig a csirkehúsos modellközeg vákuumsomagolt és léghő nyomáson csomagolt mintáit a hőkezelések után azonos módon dolgoztam fel. A mintákból elkészítettem a decimális hígítási sorokat 10^8 tagig, melyekből 1-1 cm³-nyi mennyiséget steril Petri-csészébe pipettáztam, majd TSA táptalajjal agar lemezeket öntöttem, amelyeket szilárdulás után *Clostridium perfringens* esetében 37 °C-on 72 óráig anaerob, *Salmonella* Enteritidis esetében pedig 37 °C-

on 24·óráig inkubáltam. Minden hígítás esetében két párhuzamos leoltást végeztem. Az értékelésbe azon hígítási szinteket vontam be, amelyek lemezein a kifejlődött telepek száma 10 és 300 közé esett. A hőkezelést túlélő sejtek számát az értékelhető lemezeken megszámlált telepszámok súlyozott átlagaként adom meg a hígítási fok figyelembe vételével az alábbi képlet alapján:

$$\bar{c} = \frac{\sum c}{(n_1 + 0,1n_2)Vd}$$

ahol:

\bar{c} = a telepszám súlyozott középértéke

$\sum c$ = a számításba bevont valamennyi lemez telepeinek összege

n_1 = az első kiértékelhető hígítási fokhoz tartozó lemezek száma

n_2 = a második kiértékelhető hígítási fokhoz tartozó lemezek száma

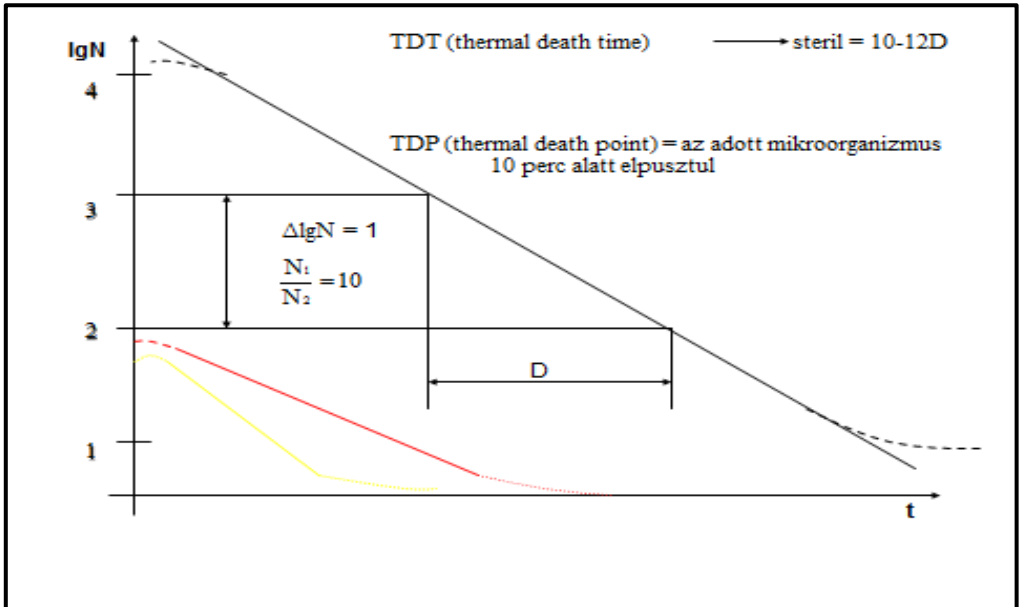
d = az első kiértékelt hígítási szint hígítási foka

V = a lemezekre vitt kultúra mennyisége

3.3.4 A hőpusztulási paraméterek meghatározása

Tizedelési idő: „t” időtartam alatt a túlélő sejtek számának tizedére csökkenését tizedelési időnek nevezzük. Jele: D.

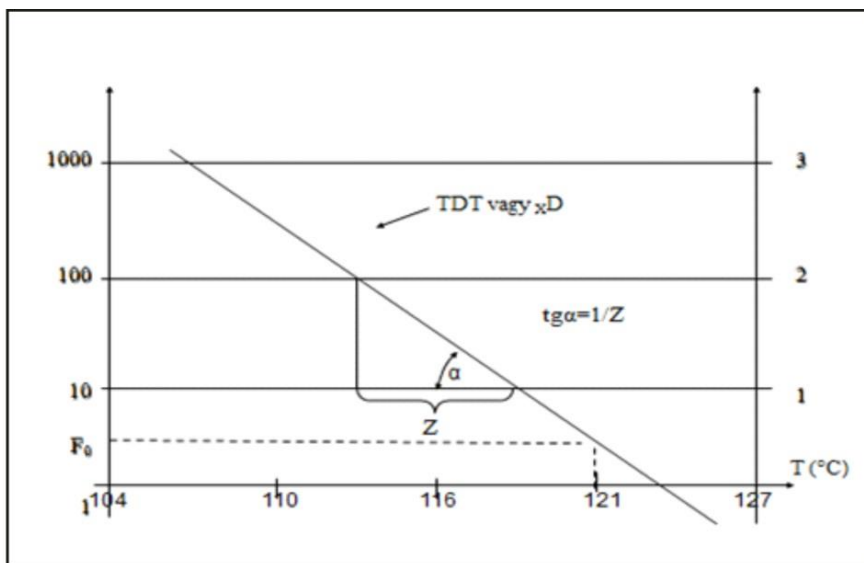
A túlélő sejtek logaritmusát az idő függvényében ábrázolva a túlélési görbéhez jutunk, amelynek iránytangenséből a tizedelési idő számítható. A lineáris túlélési görbe a 6. ábra szerint minden D időtartam alatt a sejtek 90%-a pusztul el, 2D alatt 99,9%, 3D alatt 99,99%, stb.



6. ábra A mikroorganizmusok túlélési görbéje, állandó hőmérsékleten, zárt rendszerben (URL¹)

A z érték: a hőpusztulási idő hőmérsékleti összefüggését adja meg, miszerint a z érték a hőpusztulási görbe irántangensének negatív reciproka, vagyis az a hőmérsékletnövekedés (°C-ban), amely az előírt pusztulási arányhoz tartozó hőpusztulási időt pontosan 1 nagyságrenddel csökkenti.

Ha a tizedelési idő (D érték) logaritmusát a különböző hőmérsékletek függvényében ábrázoljuk, akkor a hőrezisztencia görbét kapjuk (7. ábra). A rezisztencia görbe 12D értékkel történő eltolásával a többségi pusztulási görbéhez jutunk. A görbe meredeksége jelzi a mikroorganizmus rezisztenciájának változását a pusztító hőhatás erősségének függvényében, irántangenséből a „z” érték meghatározható.



7. ábra A hőpusztulási görbe z és F értéke (URL¹)

A hőmérsékleti együttható Q_{10} : a hőpusztulási görbe meredekségéből határozható meg:

$$\tan \alpha = -\frac{1}{z} = \frac{\log Q_{10}}{10}$$

$$Q_{10} = 10^{\frac{10}{z}}$$

A relatív pusztulási sebesség, RPS: A relatív pusztulási sebesség kiszámításánál a T hőmérsékleten szükséges pusztulási időt a P-érték törtrészeként fejeztem ki.

$$RPS = \frac{P}{t} = 10^{\frac{T-T_{ref}}{z}}$$

ahol

RPS= relatív pusztulási sebesség

T= geometriai középpont hőmérséklete

T_{ref} = referencia hőmérséklet (70°C)

A relatív pusztulási idő, RPI : a relatív pusztulási sebesség reciprokaként fejezhető ki:

$$RPI = \frac{1}{RPS}$$

3.3.5. A kiértékelésben alkalmazott statisztikai módszerek

A léghőköri és a vákuumsomagolt minták hőkezelése során nyert élő sejtszámokat hasonlítottam össze. A hipotéziseim a következők voltak:

Null hipotézis: A hőkezelés csírapusztító hatása megegyező mértékű azonos hőfok és azonos időtartamok mellett a léghőköri és a vákuumsomagolt mintákban.

Alternatív hipotézis: A hőkezelés csírapusztító hatása a vákuumsomagolt mintákban nagyobb mértékű azonos hőfokon és azonos időtartamok mellett, mint a léghőköri mintákban.

Az élő sejtszámok mintaátlagai és a szórásai is eltérőek, ezért számításokat végeztem, hogy a pusztulás mértéke ténylegesen nagyobb mértékű-e a vákuumsomagolás hatására minden kezelési hőmérsékleten.

Két kérdést vizsgáltam:

- A két szórás eltérése csak a véletlen műve?
- A két átlag eltérése szignifikánsan különbözik-e?

A két független (léghőköri és a vákuumsomagolt) léghőköriiis eloszlású alapsokaságból származó minták szórásának az egyezését F

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

próbával döntöttem el. A légköri eloszlású sokságok várható értékeinek egyezését a kétmintás **t**-próbával döntöttem el.

A kísérletek adatainak statisztikai feldolgozását és az eredmények ábrázolását Microsoft Excel 2010 szoftver segítségével végeztem.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1. A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 hőrezisztencia vizsgálatainak eredménye

A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 törzsének hőkezelné kívánt mintáit a 3.3.1. alfejezetben leírtak szerint készítettem elő és végeztem el hőkezelésüket. A tenyésztéses vizsgálatokat 3.3.3. alfejezet szerint végeztem.

A hőkezelési hőmérsékletek kiválasztásánál azt vettem figyelembe, hogy a sous-vide technológia alkalmazása során a húsok esetében melyek a leggyakrabban alkalmazott hőfokok, ezeket alkalmaztam a modell kísérletek során is. A technológia célja a fehérjék denaturációjának megakadályozása, ezért a hőkezeléseket 55-60-65°C-on végeztem. A kísérletek párhuzamosan folytak a légköri és a vákuumcsomagolt minták esetében. Minden hígítás esetében két párhuzamos leoltást végeztem. A hőpusztulási-vizsgálatokat 3-3 független kísérletben ismételt meg, mindkét módszer esetében a hőkezelt szuszpenzióból lemezöntéssel meghatároztam a túlélő sejtek számát.

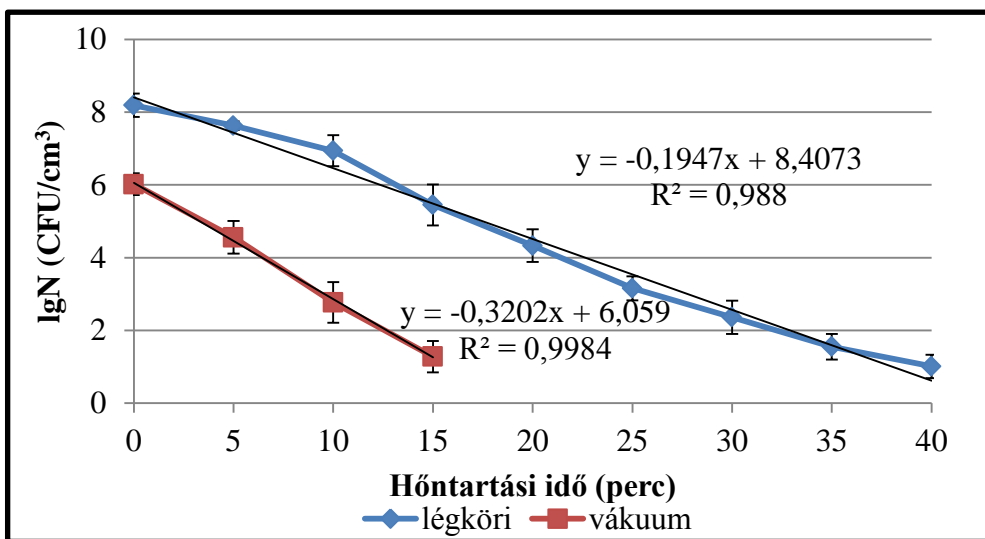
4.1.1. A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 törzs modellközegben történő hőrezisztencia vizsgálatainak eredménye.

Először a tenyésztéses sejtszám-meghatározások eredményeit dolgoztam fel. Kiértékelésnél azokat a lemezeket vontam be az értékelésbe, ahol a lemezeken kifejlődött telepek száma 10-300 között volt. A vegetatív sejtszámot az értékelhető lemezeken megszámoltam

telepszámok súlyozott átlagaként adtam meg a hígítási fok figyelembe vételével. A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 törzs léghőri és a vákuumcsomagolt mintáinak élő sejttségát, a mintavételek gyakoriságát a különböző hőmérsékleten az M1.számú melléklet táblázata mutatja be.

4.1.1.1. Túlélési görbék

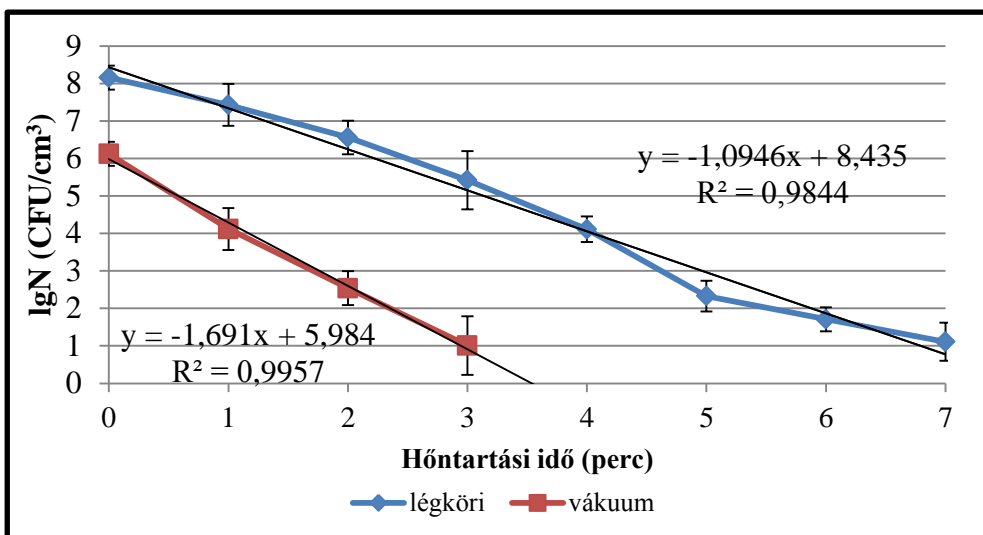
Ha a hőkezelés hatására bekövetkező élő sejttség tízes alapú logaritmusának ($\lg N$ CFU/cm³) változását az idő függvényében ábrázoljuk, akkor a túlélési görbét kapjuk. A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 törzs mintáinak 55-60-65 °C-on történő hőkezelés hatására bekövetkező vegetatív sejttség változását a 8-10. ábrák szemléltetik.



8. ábra: A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 túlélési görbéi 55 °C-on modellközegben

A 8. ábra túlélési görbéi alapján elmondható, hogy a léghőri csomagolású minták és a vákuumcsomagolt minták között a 0. percben két nagyságrend élő sejttség különbség van. A vákuumcsomagolt

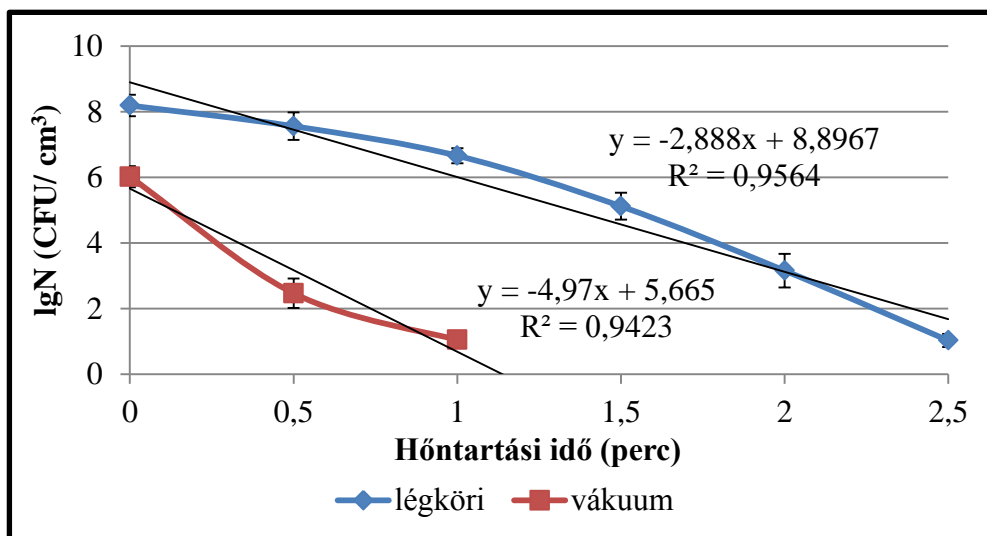
mintákban a 20. percen már a kimutathatósági határ alatt volt élő sejtek száma. A légkőri minták esetében az 40. percen még volt kimutatható élő sejt, log 1,01 CFU/cm³ mennyiségben. Ezekben a mintákban összesen hét nagyságrend élő sejtszám csökkenés következett be 40 perc alatt, míg vákuumsomagolt minták esetében öt nagyságrend csökkenés 15 perc alatt.



9. ábra: A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 túlélési görbéi 60 °C-on modellközegben

A 60 °C-on történt hőkezelés túlélési görbéi a 9. ábráról olvashatók le, amely alapján a következő megállapításokat tehetjük. A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 törzs légkőri és vákuumsomagolt mintái között a 0. percen két nagyságrend különbség van. Ez a különbség a hőkezelés harmadik percében már négy nagyságrendre nő, mert a vákuumsomagolt minták esetében nagyobb mértékű volt az élő sejtszám

csökkenés. Ezután a vákuumcsomagolt mintában már nincs kimutatható élő sejt. A nyolcadik percben nem volt kimutatható élő sejt a légekőri mintákban sem. Ez a légekőri minták esetében hét nagyságrendi csökkenést jelent hét perc alatt, míg a vákuumcsomagolt minták esetében három perc alatt öt nagyságrendű csökkenés következett be a hőkezelést túlélő sejtek számában.

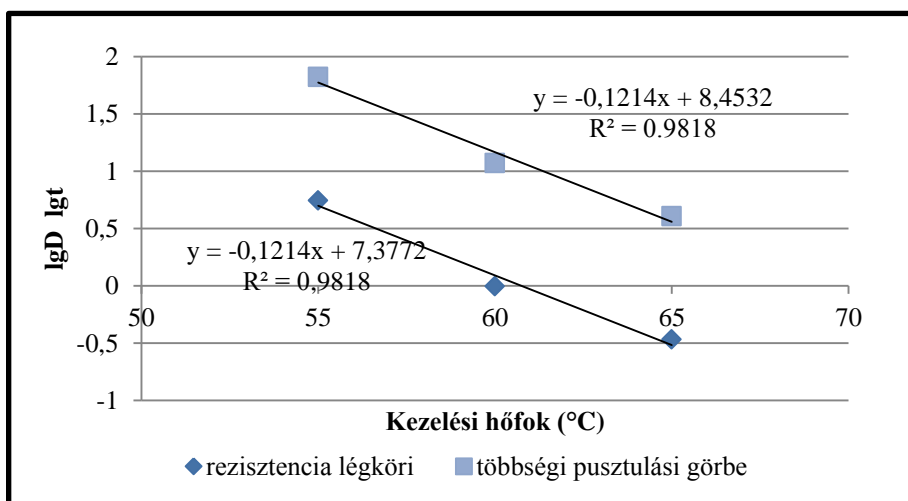


10. ábra: A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 túlélési görbéi 65 °C-on modellközegben

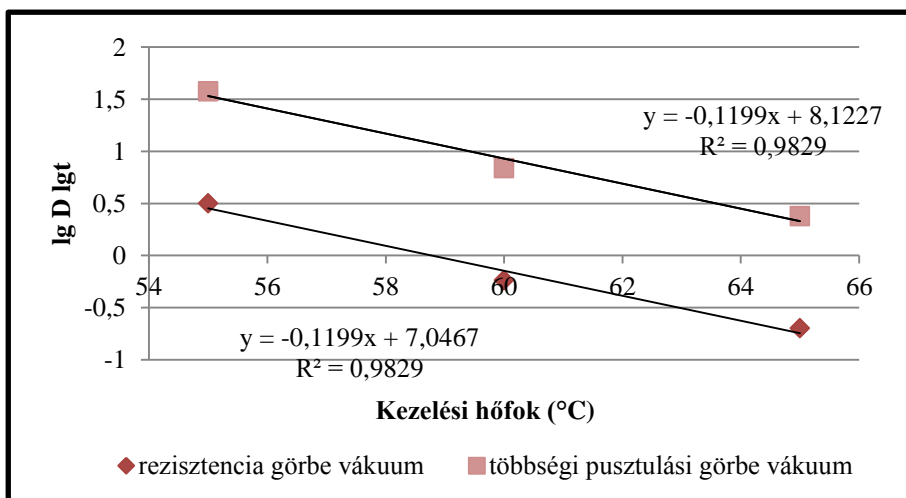
A 10. ábra túlélési görbéi alapján a légekőri és a vákuumcsomagolt minták között két nagyságrendnyi különbség volt a 0. percben. A légekőri minták esetében hét nagyságrendnyi csökkenés következett be 2,5 perc alatt, míg a vákuumcsomagolt minták esetében öt nagyságrendnyi csökkenés egy perc alatt. 1,5 perc után nem volt kimutatható élő vegetatív sejt a hőkezelt vákuumcsomagolt mintákban.

4.1.1.2. Hőpusztulási paraméterek

Ha a túlélési görbék meredeksége alapján meghatározott tizedelési idők logaritmusait a hőfokok függvényében ábrázoljuk a hőrezisztencia és a többségi pusztulási görbéket kapjuk.



11. ábra A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 léghő minták rezisztencia és többségi pusztulási görbéi



12. ábra A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 vákuumcsomagolt minták rezisztencia és többségi pusztulási görbéi

A 11-12. ábra hőrezisztencia és a többségi pusztulási görbék alapján meghatároztuk a „z” értéket, a hőpusztulási együttható (Q_{10}) értékét, valamint a relatív pusztulási sebességet (RPS) és a relatív pusztulási időt (RPI).

5. táblázat A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 légköri mintáinak hőpusztulási paraméterei

Hőfok	Tizedelési idő (perc)	log D	log t	z érték °C	Q_{10}	RPS (1/min)	RPI (min)
55°C	5,57	0,74	1,82	8,23	16,36	0,015	66,22
60°C	0,99	-0,004	1,07			0,061	16,37
65°C	0,34	-0,468	0,60			0,24	4,05

A 5. táblázatból megállapítható, hogy a légköri nyomáson csomagolt mintákban a *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 esetében 55°C-on a RPS=0,015, míg az RPI= 66,22 perc, ami azt jelent, hogy a mikrobapusztítás sebessége 0,015-od része a 70 °C-on mérhetőnek, így ahhoz, hogy azonos mértékű pusztítást érjünk el, 66,22 percig kell hõn tartani. A „z” érték 55 °C és 65 °C között 8,23 °C volt, ez azt mutatja meg, hogy 8,23 °C hőmérséklet-emelkedés szükséges ahhoz, hogy a tizedelési időt egy nagyságrenddel csökkentsük. A Q_{10} értéke 16,36, amely azt jelenti, hogy a hőmérséklet 10 °C-kal való emelése 16-szorosára növeli a törzspusztulási sebességét.

6. táblázat A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 vákuumcsomagolt mintáinak hőpusztulási paraméterei

Hőfok	Tizedelési idő (perc)	log D	log t	z érték	Q ₁₀	RPS (1/ min)	RPI (min)
55°C	3,16	0,49	1,58	8,34	15,81	0,01590	62,88
60°C	0,58	-0,23	0,84			0,06324	15,81
65°C	0,2	-0,69	0,38			0,25147	3,98

A 6. táblázatból megállapítható, hogy a vákuumcsomagolt mintákban a *Salmonella* Enteritidis (ATCC-13076) esetében 55 °C-on a RPS=0,015, míg az RPI= 62,88 perc, ami azt jelent, hogy a mikrobapusztítás sebessége 0,015od része a 70 °C-on mérhetőnek, így ahhoz, hogy azonos mértékű pusztítást érjünk el, 62,88 percig kell hõn tartani. A z érték 55 °C és 65 °C között 8,34 °C volt, ez azt mutatja meg, hogy 8,34 °C hőmérsékletemelkedés szükséges ahhoz, hogy a tizedelési időt egy nagyságrenddel csökkentsük. A Q₁₀ értéke 15,81, amely azt jelenti, hogy a hőmérséklet 10 °C-kal való emelése 16 szorosára növeli a törzspusztulási sebességét. A 7. táblázat a szakirodalomban található tizedelési időket mutatja.

7. táblázat *Salmonella* Enteritidis különböző hőmérsékleten mért **D** értékei

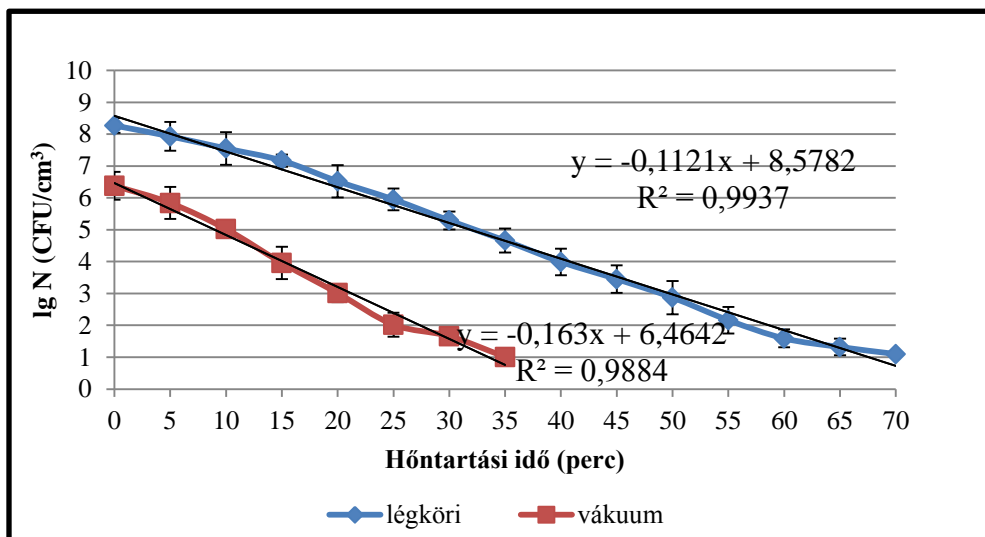
Szerző és a közlés éve	D (perc)
Juneja 2001	5,74 D ₅₅
Humphrey 1990	7,8-8,5 D ₅₅
Juneja 2001	0,89 D ₆₀
Anellis 1954	0,14-2,2 D ₆₀
Baker 1990	0,31-0,69 D ₆₀
Laczay 2008	0,1-2 D ₆₀
Juneja 2001	0,39 D ₆₂
Laczay 2008	0,02-0,3 D _{65,5}

4.1.2. A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 törzs csirkehúsos modellközegben történő hőrezisztencia vizsgálatának eredménye.

A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 törzs vegetatív sejtjeivel befertőzött csirkehús léggöri és a vákuumcsomagolt mintáit a 3.3.1. pontban leírtak szerint készítettem elő, majd hőkezelttem. A hőkezelt mintákból a 3.3.3. pontban ismertett tenyésztéses vizsgálatok során kapott sejtszámokat, valamint a kezelési hőmérsékleteket és a hőtartási időket az M2.számú mellékletben található táblázatban foglaltam össze.

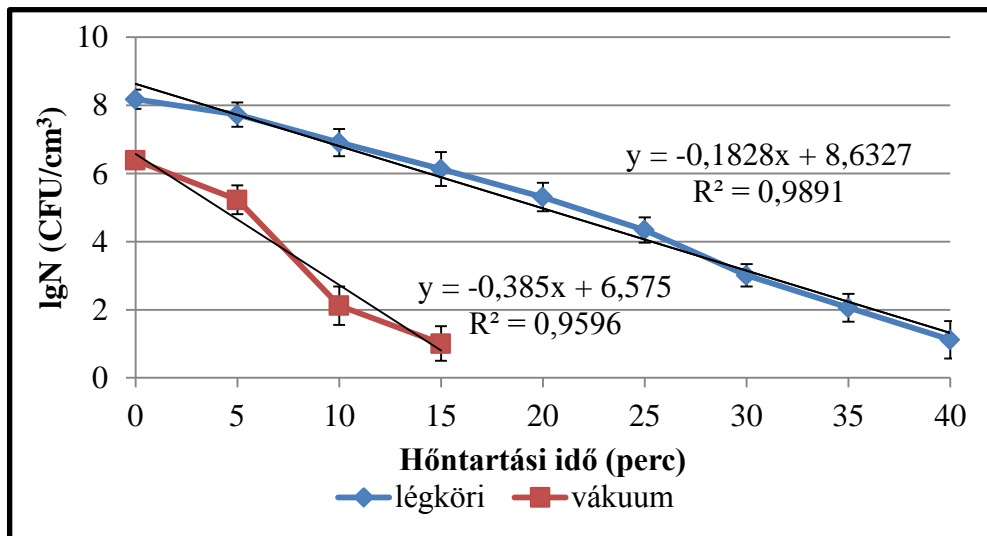
4.1.2.1. Túlélési görbék

A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 törzs csirkehúsos modellközeg mintáinak hőkezelés hatására bekövetkező vegetatív sejtszám változását az 13-15. ábra szemlélteti.



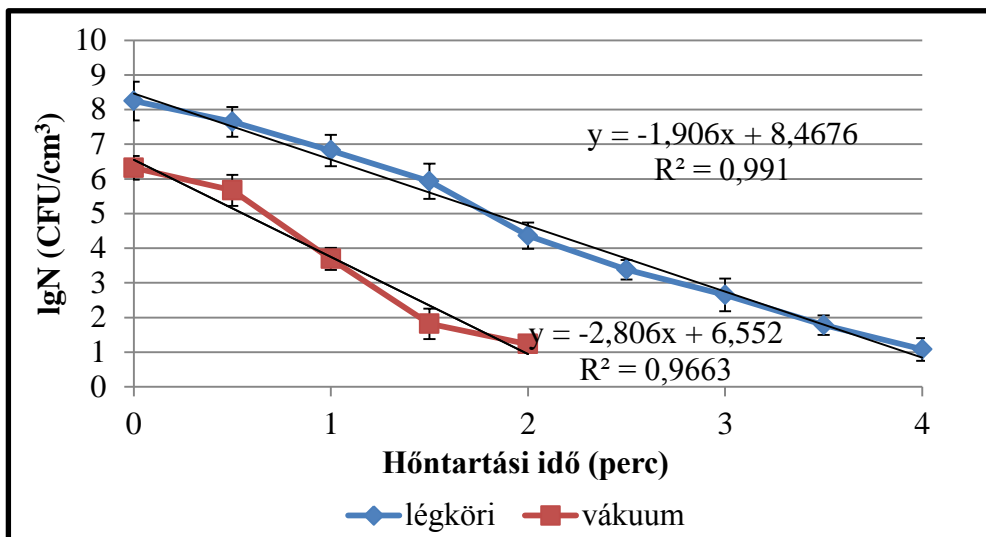
13. ábra A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 túlélési görbéi 55 °C-on csirkehúsos modellközégben

A 13. ábrán látható túlélési görbékről leolvasható, hogy a 0. percben vett minták esetében két nagyságrend különbség volt a vákuumsomagolt és a légköri minták között a vegetatív sejtek számában. Az 70. percre hét nagyságrendi csökkenés következett be az élő sejtek számában a légköri minták esetében, így 1,22 log CFU/cm³ élő sejtszámot mértem. A vákuumsomagolt mintákban az élő sejtszám csökkenés öt nagyságrendű volt 35 perc alatt. A kimutathatósági határ alatti élő sejtszám csökkenéshez 40 percre van szükség.



14. ábra: A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 túlélési görbéi 60 °C-on csirkehúsos modellközegben

Az 14. ábra alapján a túlélési görbékről leolvasható, hogy a 0. percben vett minták esetében 1,8 nagyságrend különbség volt a vákuumcsomagolt és a légkörü minták között a kimutatható élő sejtek számában. A 40. percben a légkörü mintákban 1,12 log CFU/cm³ volt a kimutatható élő sejt. A légkörü mintákban a hőkezelés 45. percében, míg a vákuumcsomagolt minták esetében a 20. percben csökkent a vegetatív sejtek száma a kimutathatósági szint alá. A légkörü mintákban 40 perc alatt hét nagyságrendű élő sejszám csökkenés következett be, míg a vákuumcsomagolt mintákban 15 perc alatt öt nagyságrendi csökkenést tapasztaltam.

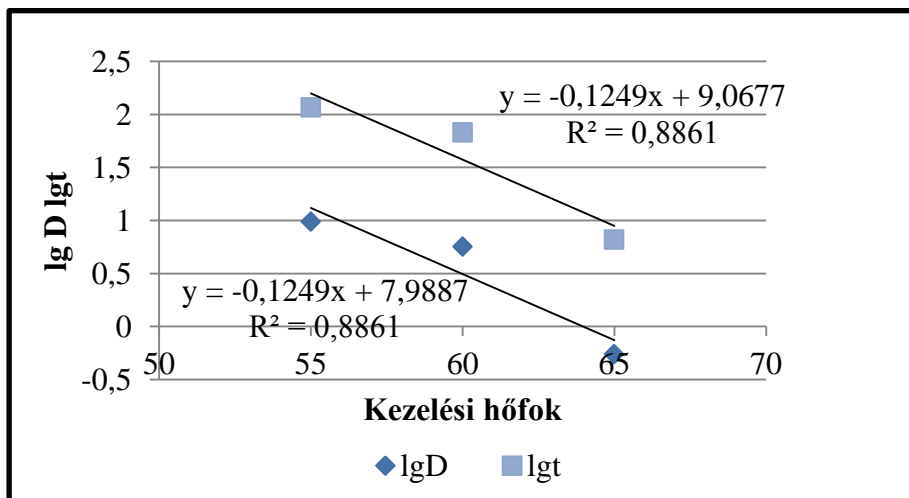


15. ábra: A *Salmonella Enteritidis* ATCC-13076 túlélési görbéi 65 °C-on csirkehúsos modellközegben

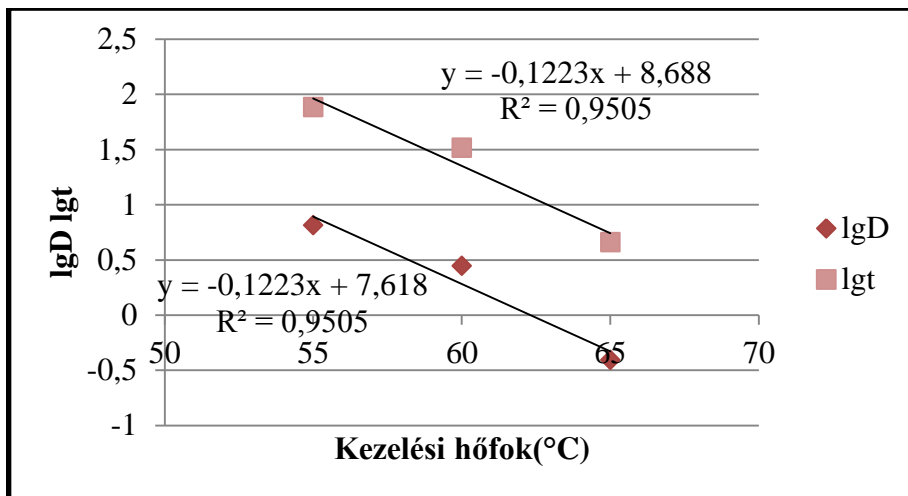
A 15. ábra azt mutatja, hogy két nagyságrendű különbség volt a vákuumsomagolt és a légköri minták élő sejtszámai között a mintavétel 0.percében. A légköri minták esetében hőkezelés 4. percére hét nagyságrenddel csökkent az élő sejtek száma, míg a vákuumsomagolt mintákban 1,5 perc után 4,5 nagyságrend volt a élő sejtszám-csökkenés. Két perces hőntartási idő után már nem volt kimutatható élő sejt a vákuumsomagolt mintákban.

4.1.2.2. Hőpusztulási paraméterek

A túlélési görbék meredeksége alapján meghatároztam a tizedelési időket. A tizedelési idők logaritmusait a kezelési hőmérsékletek függvényében ábrázolva a hőrezisztencia és a többségi pusztulási görbékhez jutunk, amelyek a 16-17. ábrán láthatók.



16. ábra *Salmonella Enteritidis* ATCC-13076 léghőri minták rezisztencia és többségi pusztulási görbéi



17. ábra A *Salmonella Enteritidis* ATCC-13076 vákuumsomagolt minták rezisztencia és többségi pusztulási görbéi

A 16-17. ábra alapján meghatároztam a hőkezelés paramétereit, a „z” értéket, a Q_{10} a hőpusztulási együttható értékét, a relatív pusztulási sebességet (RPS) és a relatív pusztulási időt (RPI). A paramétereket a 8-9. táblázatokban foglaltam össze.

8. táblázat: A *Salmonella Enteritidis* ATCC-13076 léghő mintáinak hőpusztulási paramétereit

Hőfok	Tizedelési idő (perc)	log D	log t	z (°C)	Q_{10}	RPS (1/min)	RPI (min)
55°C	9,76	0,96	2,04	8,1	16,7	0,0145	74,73
60°C	5,66	0,75	1,83			0,0597	17,74
65°C	0,55	-0,25	0,81			0,2443	4,21

A 8. táblázatban látható paraméterek alapján a következő megállapításokat tehetjük: a léghő mintákban a *Salmonella Enteritidis* ATCC-13076 törzs 55 °C-on a RPS=0,0145, míg az RPI= 74,73 perc, ami azt jelent, hogy a mikrobapusztítás sebessége 0,0145-od része a 70·°C-on mérhetőnek, így ahhoz, hogy azonos mértékű pusztítást érjünk el 74,73 percig kell hőn tartani. A „z” érték 55 °C és 65 °C között 8,1 °C volt, ez azt mutatja meg, hogy 8,1 °C hőmérséklet-emelkedés szükséges ahhoz, hogy a tizedelési időt egy nagyságrenddel csökkentsük. A Q_{10} értéke 16,74, amely azt jelenti, hogy a hőmérséklet 10 °C-kal való emelése 16,7- szeresére növeli a törzspusztulási sebességét.

9. táblázat: A *Salmonella Enteritidis* ATCC-13076 vákuumcsomagolt mintáinak hőpusztulási paraméterei

Hőfok	Tizedelési idő (perc)	log D	log t	z°C	Q ₁₀	RPS (1/min)	RPI (min)
55°C	6,51	0,81	1,88	8	16,5	0,015	67,61
60°C	2,78	0,44	1,51			0,060	16,60
65°C	0,39	- 0,40	0,66			0,245	4,07

A 9. táblázatban látható paraméterek azt mutatják, hogy a vákuum-csomagolt mintákban a *Salmonella Enteritidis* ATCC-13076 esetében 55°C-on a RPS=0,015, míg az RPI= 67,61·perc, ami azt jelent, hogy a mikrobapusztítás sebessége 0,018-ad része a 70°C-on mérhetőnek, így ahhoz, hogy azonos mértékű pusztítást érjünk el, 67,61·percig kell hőn tartani. A „z” érték 55 °C és 65 °C között 8 °C volt, ez azt mutatja meg, hogy 8 °C hőmérsékletemelkedés szükséges ahhoz, hogy a tizedelési időt egy nagyságrenddel csökkentsük. A Q₁₀ értéke 16,5, amely azt jelenti, hogy a hőmérséklet 10 °C-kal való emelése 16,5 szerezésre növeli a törzspusztulási sebességét. A szakirodalmi referenciák a 10. táblázatban találhatóak.

10. táblázat *Salmonella Enteritidis* D értékei csirkehúsos modellközegben történt hőkezelése során

Szerző és a közlés éve	D (perc)
Juneja 2001	5,2 D ₆₀
Juneja 2001	7,08 D ₅₈
Juneja 2001	0,59 D ₆₅
Juneja 2012	3,94 D ₆₀
Juneja 2012	0,941 D ₆₅

A *Salmonella Enteritidis* ATCC-13076 törzs számított „z” értéke 55 °C és 65 °C között 8 °C a csirkehús léghő és a vákuumcsomagolt mintái esetében. Ez a „z” érték közel megegyezik a V.K. JUNEJA és munkatársai által 2001-ben közzétett, 58-65 °C között, csirkehúsos modellközegben mért értékkel, ami 8,83 °C volt.

A sous-vide technológiával foglalkozó szakemberek által elfogadott alapelv szerint a mikrobiológiai biztonság alapja a sous-vide termékek esetében a 6D elv, amely olyan hőmérséklet-idő paraméterpár alkalmazását szabja feltételül a hőkezelés során, amely hat nagyságrendi csökkenést idéz elő. A *Salmonella Enteritidis* esetében a csirkehúsos modellközegben végzett vizsgálatok során mért D értékek alapján számolt 6D értékeket a 11. táblázat tartalmazza.

11. táblázat A *Salmonella* Enteritidis 6D értékei csirkehúsos modellközegben

Hőfok °C	légköri		vákuumsomagolt	
	D perc	6D perc	D perc	6D perc
55	9,76	58,56	6,51	39,06
60	5,66	33,96	2,78	16,68
65	0,55	3,3	0,39	2,34

4.2. A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T hőrezisztencia vizsgálatainak eredménye

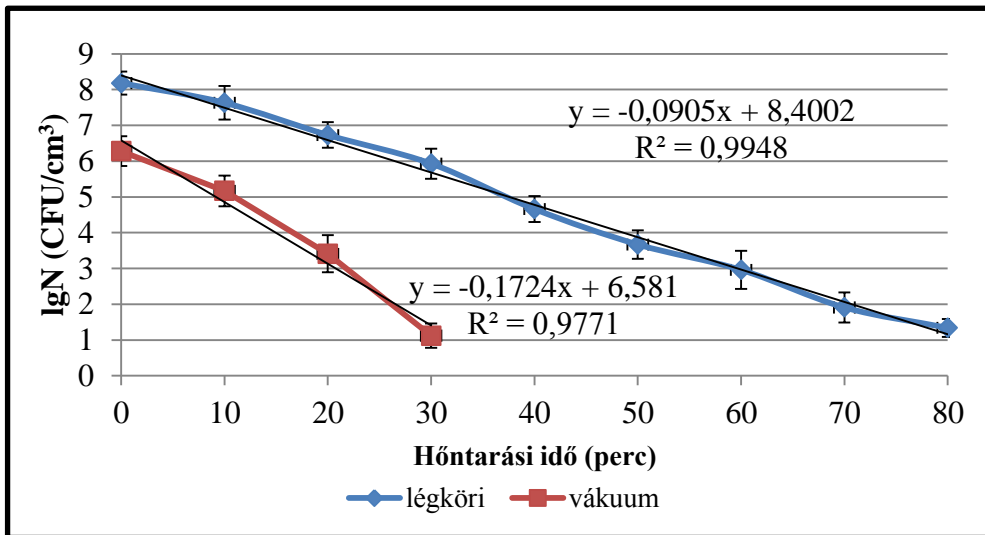
A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T törzs hőkezelt kivánt mintáit a 3.3.2. alfejezetben leírtak szerint készítettem el. A tenyésztési vizsgálatokat 3.3.3. alfejezet szerint végeztem.

4.2.1. *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T törzs modellközegben történő hőrezisztencia vizsgálatainak eredménye.

A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T törzs légköri és a vákuumsomagolt mintáinak a különböző hőmérsékleteken történt hőkezeltése során kapott sejtszámokat, valamint a mintavételek gyakoriságát az M3. számú mellékletben foglaltam össze.

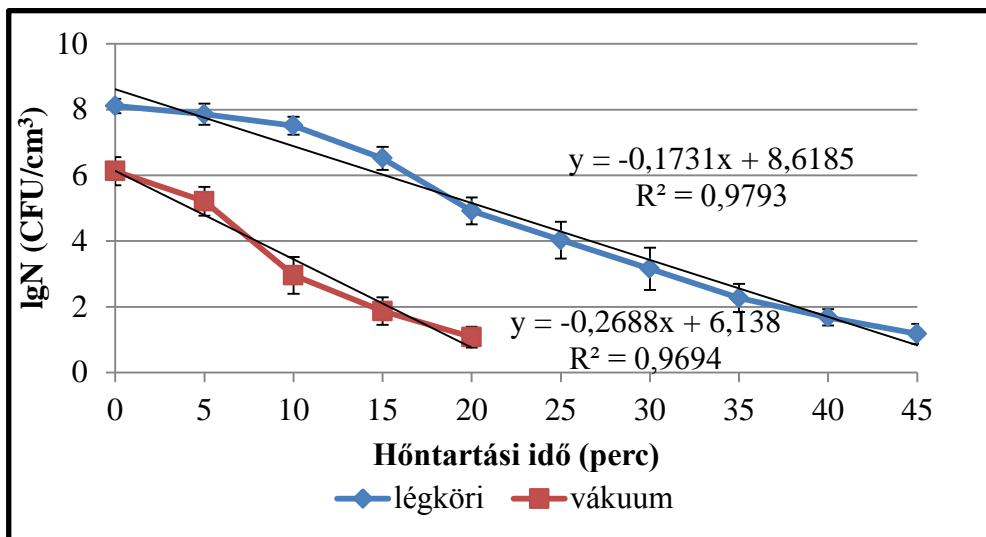
4.2.1.1. Túlélési görbék

A *Clostridium perfringens* NCAIM B01417^T számú törzs mintáinak hőkezeltetés hatására bekövetkező vegetatív sejtszám változását az 18-20. ábra szemlélteti



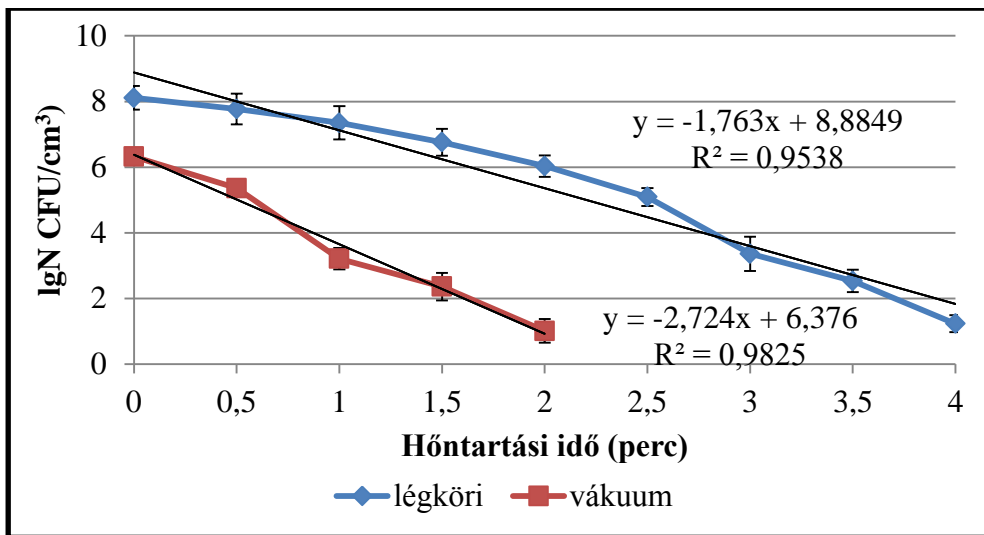
18. ábra A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T túlélési görbéi 55 °C-on modellközegben

A 18. ábrán az 55 °C-os túlélési görbék azt mutatják, hogy két nagyságrend különbség volt a 0. percben a légekőri és a vákuumcsomagolt minták között. A légekőri mintákban 80 perc alatt hét nagyságrendet csökkent a törzs vegetatív sejtjeinek a száma, míg a vákuumcsomagolt minták esetében 30 perc alatt öt nagyságrend csökkenést mértem.



19. ábra A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T túlélési görbéi 60 °C-on modellközegben

A 19. ábrán látható túlélési görbék azt mutatják, hogy a 60 °C-on történt hőkezelés során két nagyságrend élő sejtszám-csökkenés volt a 0. percben a vákuumcsomagolt mintákban. 20 perc hőkezelés hatására öt nagyságrendet csökkent a vegetatív sejtek száma. 25 percre van szükség az élő sejteknek a kimutathatósági határ alá csökkentéséhez. A légköri mintákban 45 perc alatt hét nagyságrend csökkenés következett be, 50 percre van szükség kimutathatósági határ alatti sejtszám csökkenéshez.

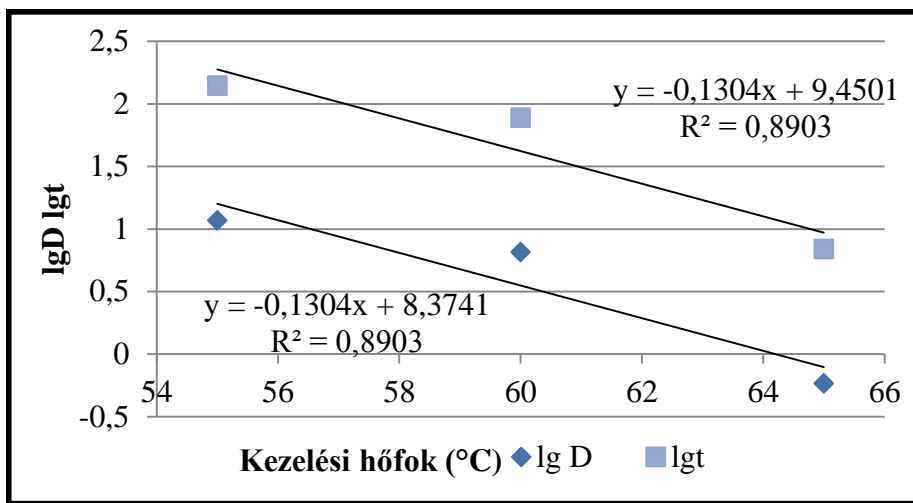


20. ábra: A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T túlélési görbéi 65 °C-on modellközegben

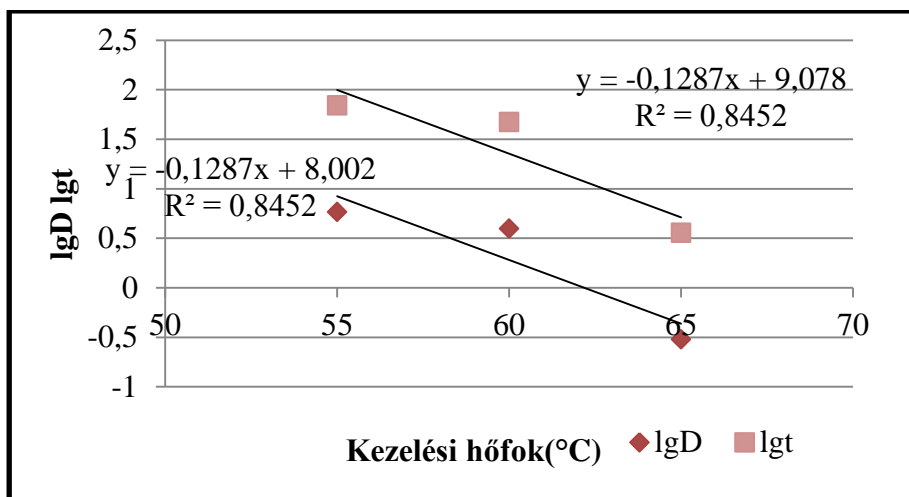
A 20. ábra túlélési görbéi alapján elmondhatjuk, hogy 65 °C-on a légkörü minták esetében négy perc alatt hét nagyságrend csökkenés következett be. 4,5 perc hőkezelésre van szükség a vegetatív sejtek kimutathatósági határ alá csökkentéséhez. A vákuumcsomagolt mintákban két perc alatt következett be az öt nagyságrend élő sejszám-csökkenés. 2,5 perc hőkezelési időre van szükség a kimutathatósági határ alatti sejszám csökkenéshez.

4.2.1.2. Hőpusztulási paraméterek

A túlélési görbék meredeksége alapján meghatározott tizedelési idők logaritmusait a hőfokok függvényében ábrázolva a hőrezisztencia és a többségi pusztulási görbéket ábrázoltam a 21-22. ábrán.



21. ábra A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T légtéri minták rezisztencia és többségi pusztulási görbéi



22. ábra A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T vákuum-csomagolt minták rezisztencia és többségi pusztulási görbéi

Ez alapján meghatároztam a hőkezelés paramétereit, a „z” értéket, a Q_{10} a hőpusztulási együtt ható értékét, a relatív pusztulási sebességet (RPS) és a relatív pusztulási időt (RPI). A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T modellközegben végzett hőrezisztencia vizsgálatok paramétereit a 12-13. táblázat tartalmazza.

12. táblázat *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T légköri mintáinak hőpusztulási paramétereit

Kezelési hőfok	Tizedelési idő (perc)	log D (perc)	log t (perc)	z (°C)	Q_{10}	RPS (1/ min)	RPI (min)
55°C	11,69	1,06	2,14	7,6	20,1	0,0110	90,36
60°C	6,49	0,81	1,88			0,0496	20,13
65°C	0,58	-0,23	0,83			0,2228	4,48

A 12. táblázatból megállapítható, hogy a légköri nyomáson csomagolt mintákban a *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T esetében 55 °C-on a RPS=0,0110, míg az RPI=90,36 perc, ami azt jelent, hogy a mikrobapusztítás sebessége 0,0110-od része a 70 °C-on mérhetőnek, így ahhoz, hogy azonos mértékű pusztítást érjünk el, 90,36 percig kell hőn tartani. A z érték 55 °C és 65 °C között 7,6 °C volt, ez azt mutatja meg, hogy 7,6 °C hőmérsékletemelkedés szükséges ahhoz, hogy a tizedelési időt egy nagyságrenddel csökkentsük. A Q_{10} értéke 20,1, amely azt jelenti, hogy a hőmérséklet 10 °C-kal való emelése 20-szorosára növeli a törzspusztulási sebességét.

13. táblázat *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T vákuumcsomagolt mintáinak hőpusztulási paraméterei

Kezelési hőfok	Tizedelési idő (perc)	log D (perc)	log t (perc)	z (°C)	Q ₁₀	RPS (1/ min)	RPI (min)
55°C	5,81	0,79	1,84	7,6	19,36	0,0117	85,21
60°C	3,96	0,59	1,67			0,0516	19,36
65°C	0,3	-0,52	0,55			0,2272	4,04

A 13. táblázatból megállapítható, hogy a vákuumcsomagolt mintákban a *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T esetében 55 °C-on a RPS=0,0117, míg az RPI=85,21 perc, ami azt jelent, hogy a mikrobapusztítás sebessége 0,017-od része a 70 °C-on mérhetőnek, így ahhoz, hogy azonos mértékű pusztítást érvényesítsünk el, 85,21 percig kell hűtést tartani. A „z” érték 55 °C és 65 °C között 7,6 °C volt, a Q₁₀ értéke 19,36, amely értékek megegyeznek a légköri mintáéval Ezek a paraméterek az adott baktériumra jellemzők a minta csomagolásától függetlenül.

4.2.2. *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T törzs csirkehusos modellközegben történő hőrezisztencia vizsgálatai

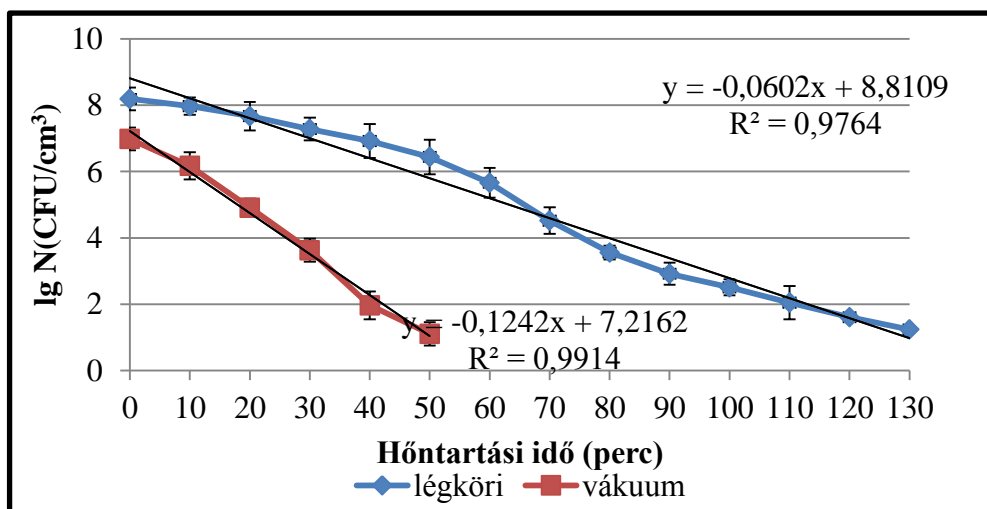
A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T törzsének a 3.3.2. alfejezetben leírtak szerint készítettem el a hőkezelt kívánt mintáit és végeztem el hőkezelésüket.

A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T törzs légköri és a vákuumcsomagolt mintáinak a különböző hőmérsékleteken történt

hőkezelés során kapott sejtszámokat, valamint a mintavételek gyakoriságát a M4.számú melléklet táblázatban foglaltam össze.

4.2.2.1. Túlélési görbék

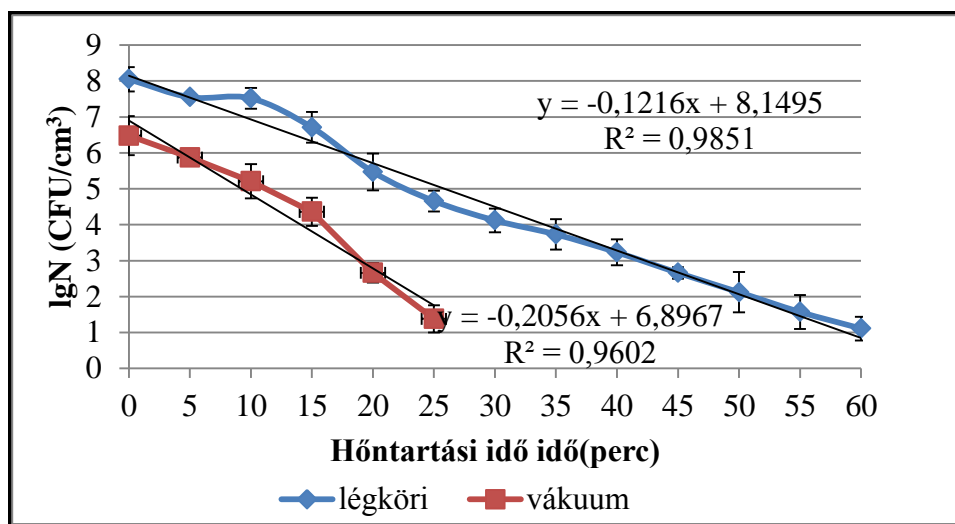
A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T számú törzs mintáinak hőkezelés hatására bekövetkező vegetatív sejtszám változását az 23-25. ábra szemlélteti.



23. ábra A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T túlélési görbéi 55 °C-on csirkehúsos modellközegben

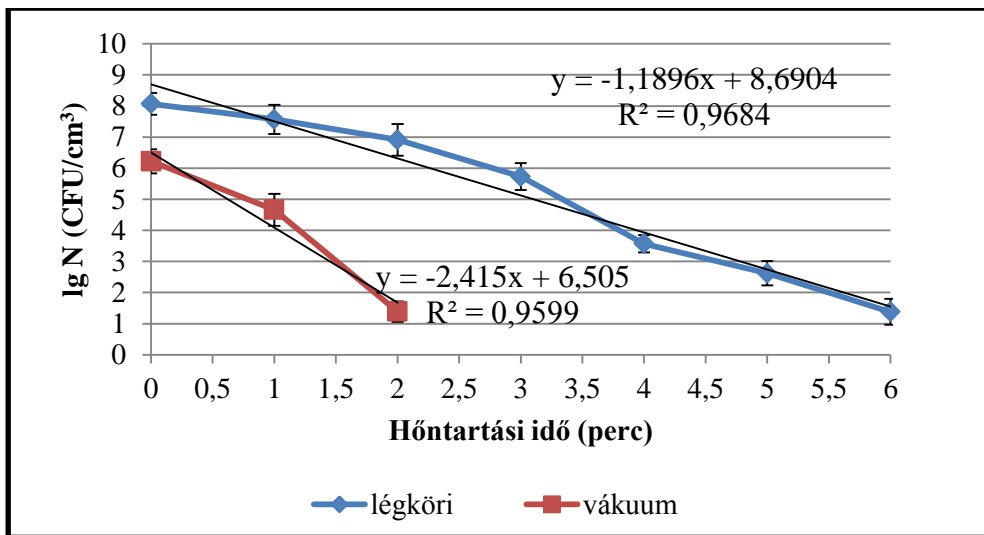
A 23. ábra túlélési görbéiről leolvasható, hogy a 0. percben egy nagyságrend a különbség a légtörli és a légtörli csomagolású minták között, a vegetatív sejtek számában. A légtörli mintában a 130. percben még mérhető, 1,24 CFU/cm³ volt az élő sejtek száma. 140 percre van szükség a légtörli minták hőkezelésének 55 °C-on ahhoz, hogy a sejtek

száma a kimutathatósági határszint alá csökkenjen. A vákuumsomagolt mintákban az 50. percben $1,11 \text{ CFU/cm}^3$ az élő sejtszám, ami öt nagyságrend élő sejtszám csökkenést jelent. A kimutathatósági határ eléréséhez 60 percre van szükség.



24. ábra A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T túlélési görbéi 60 °C-on csirkehúsos modellközegben

A 24. ábra a 60 °C-on hőkezelt két mintasorozat túlélési görbéit ábrázolja, amelyek szerint a 0. percben 1,5 nagyságrendű különbség van a vegetatív sejtek számában. A légkörü minták esetében a 60. percben még volt kimutatható élő sejt $1,11 \text{ CFU/cm}^3$ értékben. Az élő sejtszám kimutathatósági határ alá csökkentéséhez a 65 percre van szükség. A vákuumsomagolt mintákban 30 perc alatt következett be öt nagyságrend csökkenés.

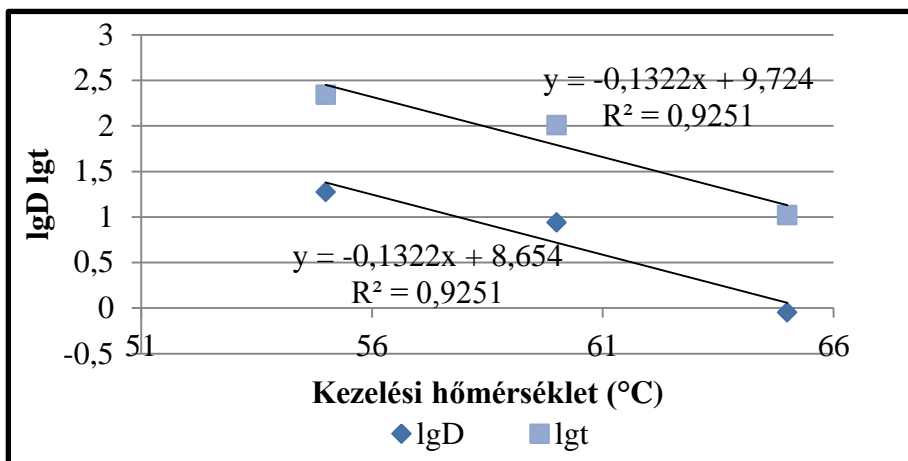


25. ábra A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T túlélési görbéi 65 °C-on csirkehúsos modellközegben

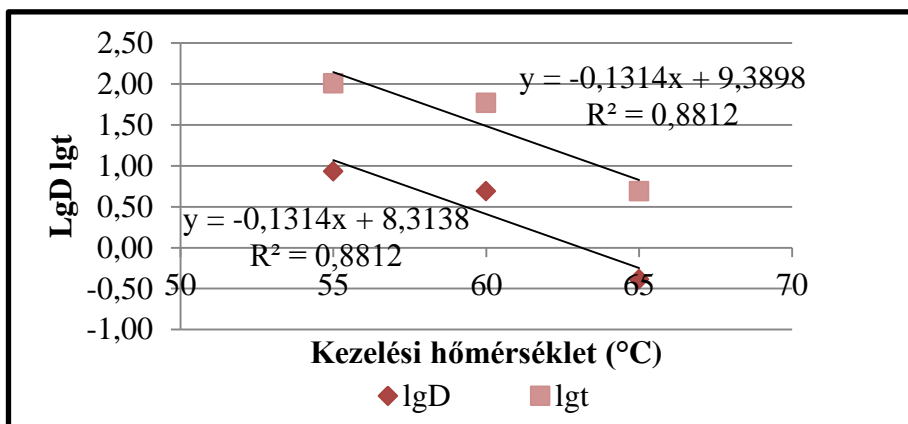
A 25. ábra túlélési görbéi azt mutatják, hogy 65 °C-on a 0. percben két nagyságrend különbség van a két minta között. A vákuumcsomagolt mintákban a kiinduláskor tapasztalt gyors sejtpusztulás üteme megmarad és két perc alatt öt nagyságrendet csökken a vegetatív sejtek száma. A kimutathatósági határ alatti élő sejtszám eléréséhez három perc hőkezelésre van szükség. A légköri mintákban hat perc alatt hét nagyságrendet csökkent a vegetatív sejtek számána.

4.2.2.2. Hőpusztulási paraméterek

A túlélési görbék meredeksége alapján meghatározott tizedelési idők logaritmusait a hőfokok függvényében ábrázolva a hőrezisztencia és a többségi pusztulási görbéket a 26-27. ábrákon ábrázoltam.



26.ábra A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T léghő minták rezisztencia és többségi pusztulási görbéi



27. ábra A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T vákuumsomagolt minták rezisztencia és többségi pusztulási görbéi

Ez alapján meghatároztuk a hőkezelés paramétereit, a „z” értéket, a Q_{10} a hőpusztulási együtt ható értékét, a relatív pusztulási sebességet (RPS) és a relatív pusztulási időt (RPI). A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T csirkehusos modellközegben végzett hőrezisztencia vizsgálatok paramétereit a 14-15. táblázat tartalmazza.

14. táblázat: *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T léghő mintáinak hőpusztulási paramétereit

Kezelési hőfok	Tizedelési idő (perc)	log D (perc)	log t (perc)	z (°C)	Q_{10}	RPS (1/ min)	RPI (min)
55°C	18,7	1,27	2,34	7,5	20	0,010	96,16
60°C	8,64	0,93	2,01			0,048	20,99
65°C	0,89	-0,05	1,02			0,218	4,58

A 14. táblázatból megállapítható, hogy a léghő nyomáson csomagolt mintákban a *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T esetében 55 °C-on a RPS=0,010, míg az RPI=96,16 perc, ami azt jelent,

hogy a mikrobapusztítás sebessége 0,010-od része a 70 °C-on mérhetőnek, így ahhoz, hogy azonos mértékű pusztítást érjünk el, 96,16 percig kell hőn tartani. A z érték 55 °C és 65 °C között 7,5 °C volt, ez azt mutatja meg, hogy 7,5 °C hőmérsékletemelkedés szükséges ahhoz, hogy a tizedelési időt egy nagyságrenddel csökkentsük. A Q₁₀ értéke 20, amely azt jelenti, hogy a hőmérséklet 10 °C-kal való emelése 20-szorosára növeli a törzspusztulási sebességét.

15. táblázat: *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T vákuumcsomagolt mintáinak hőpusztulási paraméterei csirkehúsos modellközegben

Kezelési hőfok	Tizedelési idő (perc)	log D	log t	z (°C)	Q ₁₀	RPS (1/ min)	RPI (min)
55°C	8,45	0,93	2,00	7,6	20	0,010	93,54
60°C	4,9	0,69	1,77			0,048	20,6
65°C	0,41	-0,39	0,69			0,22	4,05

A 15. táblázatból megállapítható, hogy a vákuumcsomagolt mintákban a *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T esetében 55 °C-on a RPS=0,010, míg az RPI=93,54 perc, ami azt jelenti, hogy a mikrobapusztítás sebessége 0,014-od része a 70 °C-on mérhetőnek, így ahhoz, hogy azonos mértékű pusztítást érjünk el, 93,54 percig kell hőntartani. A z érték 55 °C és 65 °C között 7,6 °C volt, ez azt mutatja meg, hogy 7,6 °C hőmérsékletemelkedés szükséges ahhoz, hogy a tizedelési időt egy nagyságrenddel csökkentsük. A Q₁₀ értéke 20 amely azt jelenti, hogy a hőmérséklet 10 °C-kal való emelése 20-szorosára növeli a törzspusztulási sebességét.

A 16. táblázatban a szakirodalomban található referenciákat láthatjuk.

16. táblázat A *Clostridium perfringens* D értékei húsban

Szerző, közlés éve	D (perc)
Juneja, 2006	17,5(D ₅₅)
B. Byrne	0,8 (D ₆₅)
B. Byrne	8,5 (D ₆₀)
B. Byrne, 2006	16,3(D ₅₅)

A „z” érték vizsgálataim alapján 55 °C és 60 °C között 7,6 °C, B. Byrne és munkatársai 2006-ban 7,7 °C-kal publikáltak.

A sous-vide technológiával foglalkozó szakemberek által elfogadott alapelv szerint a mikrobiológiai biztonság alapja a sous-vide termékek esetében a 6D elv, amely olyan hőmérséklet-idő paraméterpár alkalmazását szabja feltételül a hőkezelés során, amely 6 nagyságrendi csökkenést idéz elő. A *Clostridium perfringens* esetében a csirkehúsos modellközegben végzett vizsgálatok során mért D értékek alapján számolt 6D értékeket a 17. táblázat tartalmazza.

17. táblázat A *Clostridium perfringens* 6D értékei csirkehúsos modellközegben

hőfok °C	légköri		vákuumcsomagolt	
	D perc	6D perc	D perc	6D perc
55	15,3	91,8	8,63	51,78
60	8,64	51,8	4,9	29,4
65	0,89	5,34	0,41	2,46

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A túlélési görbék elemzése:

1. A 15-18. táblázatból leolvasható, hogy a *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 törzs és a *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T törzs vákuumcsomagolt mintáinak 55 °C, 60 °C és 65 °C-on végzett hőkezelése során, a hőkezelés 0. percében vett mintából, két nagyságrenddel kisebb élő sejtszámot mutattam ki a légköri mintákhoz viszonyítva. Ennek - a hő hatására bekövetkező sejtpusztulás mellett - az az oka, hogy a nyomásváltozást kevésbé toleráló sejtek elhalása ebben a szakaszban fokozottabb.

A táblázatokból az is megállapítható, hogy mind a három hőmérsékleten mind a két baktérium törzs esetében a légköri mintákban 7 nagyságrend élő sejtszám-csökkenés következett be a hőkezelés utolsó percéig. A vákuumcsomagolt mintákban 5 nagyságrend élő sejtszám csökkenést tapasztaltunk minden kezelési hőmérsékleten, mind a két baktérium esetében. A vákuumcsomagolt termékek esetében az 5 nagyságrendű élő sejtszám-csökkenéshez kevesebb időre volt szükség, mint a légköri minták esetében a 7 nagyságrend csökkenéshez.

18. táblázat *Salmonella Enteritidis* ATCC-13076 élő sejtszám változása hőkezelés során modellközegben

	CFU/cm ³					
	55°C		60°C		65°C	
Hőntartási idő (perc)	légköri	vákuum	légköri	vákuum	légköri	vákuum
0.	8,19±0,32	6,02±0,3	8,16±0,37	6,12±0,42	8,18±0,33	6,02±0,29
Befejező időpontja	1,01±0,32 40.perc	1,28 ±0,4 15. perc	1,11±0,51 7. perc	1,01±0,1 3. perc	1,03±0,2 2,5. perc	1,05±0,23 1. perc

19. táblázat *Salmonella Enteritidis* ATCC-13076 élő sejtszám változása hőkezelés során csirkehúsos modellközegben

	CFU/cm ³					
	55°C		60°C		65°C	
Hőntartási idő (perc)	légköri	vákuum	légköri	vákuum	légköri	vákuum
0.	8,27±0,23	6,38±0,44	8,18±0,37	6,39±0,26	8,25±0,56	6,32±0,34
Befejező időpontja	1,1±0,57 70.perc	1,01±0,35 35. perc	1,12±0,50 40.perc	1,01±0,42 15. perc	1,08±0,33 4. perc	1,23±0,36 2. perc

20. táblázat *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T élő sejtszám változása hőkezelés során modellközegben

	CFU/cm ³					
	55°C		60°C		65°C	
Hőntartási idő (perc)	légköri	vákuum	légköri	vákuum	légköri	vákuum
0.	8,18±0,32	6,28±0,42	8,11±0,22	6,13±0,43	8,11±0,36	6,32±0,24
Befejező időpontja	1,34±0,25 80.perc	1,12±0,34 30.perc	1,18±0,30 45.perc	1,08±0,32 20. perc	1,23±0,26 4. perc	1,01±0,36 2. perc

21. táblázat *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T élő sejtszám változása hőkezelés során csirkehúsos modellközegben

	CFU/cm ³					
	55°C		60°C		65°C	
Hőntartási idő (min)	légköri	vákuum	légköri	vákuum	légköri	vákuum
0.	8,19±0,34	7,03±0,34	8,05±0,34	6,48±0,54	8,07±0,35	6,22±0,39
Befejező időpontja	1,24±0,20 130. perc	1,11±0,35 50. perc	1,11±0,33 60. perc	1,38±0,38 25. perc	1,38±0,42 6. perc	1,39±0,20 2. perc

2. A *Salmonella Enteritidis* ATCC-13076 törzs és a *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T törzs túlélési görbéinek meredekségét a három kezelési hőmérsékleten a 19-22. táblázat mutatja. A görbék meredeksége minden hőfokon a vákuumcsomagolt minták esetében nagyobb, ami azt jelenti, hogy a sejt pusztulás intenzívebb a vákuumcsomagolt termékekben.

22. táblázat *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 túlélési görbéinek meredeksége modellközegben

A túlélési görbék meredeksége					
55°C		60°C		65°C	
légköri	vákuum	légköri	vákuum	légköri	vákuum
-0,19	-0,32	-1,09	-1,69	-2,88	-4,97

23. táblázat *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 túlélési görbéinek meredeksége csirkehúsos modellközegben

A túlélési görbék meredeksége					
55°C		60°C		65°C	
légköri	vákuum	légköri	vákuum	légköri	vákuum
-0,11	-0,16	-0,18	-0,38	-1,90	-2,80

24. táblázat *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T túlélési görbéinek meredeksége modellközegben

A túlélési görbék meredeksége					
55°C		60°C		65°C	
légköri	vákuum	légköri	vákuum	légköri	vákuum
-0,09	-0,17	-0,17	-0,26	-1,76	-2,72

25. táblázat *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T túlélési görbéinek meredeksége csirkehúsos modellközegben

A túlélési görbék meredeksége					
55°C		60°C		65°C	
légköri	vákuum	légköri	vákuum	légköri	vákuum
-0,06	-0,12	-0,12	-0,20	-1,18	-2,41

Élő sejtszám elemzése statisztikai módszerekkel

Az eredménykiértékelést a statisztikai módszerek közül 3.3.5. fejezetben leírt módszerekkel végeztem.

Az F próbák eredményeit a M5-M8. mellékletek tartalmazzák, amelyekből jól látható, hogy minden hőmérsékleten a számított F érték

kisebb lett a táblázatbeli F értéknél, ezért 95%-os biztonsági szinten elfogadtam, hogy a két szórás megegyezik (az eltérés csak a véletlen műve).

A független, légköriis eloszlású sokságok várható értékeinek egyezését a kétmintás **t**-próbával döntöttem el. Minden hőfokon a számított **t** érték nagyobb a táblázatbeli **t** értéktől, ami azt jelenti, hogy a két minta átlaga 95%-os megbízhatósági szinten szignifikánsan eltér.

A túlélő hőrezisztens sejtek számának **t**-próbával végzett összehasonlítása eredményeként a *null hipotézist* – miszerint a sejtszámok átlagértékei megegyeznek – elvetem és az *alternatív hipotézist* fogadom el, amely szerint a két minta átlaga nem véletlenül különbözik egymástól: a nagyobb mértékű csírapusztító hatás azonos feltételek mellett a vákuumcsomagolás hatására következett be.

Összegzésképpen a célkitűzések tekintetében a következő megállapításokat teszem:

1. A vákuumcsomagolás hatása:

A sous-vide technológiával készült húsokat vákuumcsomagolják a hőkezelés megkezdése előtt, ezért a kísérleti minták egy részét így csomagoltam, míg ezzel párhuzamosan kontroll mintákat készítettem, amelyeket hagyományosan zártam le és légköri mintáknak neveztem el. Kísérleteim eredménye alapján megállapíthatjuk, hogy a technológia során alkalmazott vákuumcsomagolás a - *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 törzs és a *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T törzs esetében is - már önmagában jelentős csírapusztító hatással bír, mert a 0. percben vett mintákban a

túlélő vegetatív sejtek száma általában 2 nagyságrenddel alacsonyabb volt a vákuumcsomagolt termékekben, mint a légköri mintákban.

A vákuumcsomagolásnak a hőkezelés folyamán is jelentős a szerepe, mert mind a két baktérium esetében, az általunk vizsgált hőfokon (55 °C, 60 °C és 65 °C) a túlélési görbék meredeksége a vákuumcsomagolt mintáknál volt nagyobb, amely intenzívebb hőpusztulást jelent. A görbék alapján azt is elmondhatjuk, hogy a vákuumcsomagolt termékeknél lényegesen rövidebb idő alatt csökken a vegetatív élő sejtek száma a kimutathatósági szint alá, tehát a patogén csírák elpusztításához kevesebb időre van szükség a sous-vide termékek esetében, mint a kontroll, az az a légköri mintáknál.

A statisztikai próbák szignifikáns különbséget igazoltak a két mintacsoport között a baktériumsejtek hőpusztulásban, ami egyértelműen a vákuumcsomagolás eredménye.

Ezek alapján kijelenthetjük, hogy a sous-vide technológia vákuumcsomagolása egyértelműen javítja sous-vide termékek mikrobiológiai minőségét, rövidebb idő alatt nagyobb mértékű csírapusztító hatás következik be a hőkezelés folyamán.

2. Az optimális hőpusztulási paraméterekre a következő ajánlásokat tehetjük:

A sous-vide technológiával készített, vákuumcsomagolt csirke húсок esetében a *Salmonella Enteritidis* ATCC-13076 törzs

kimutathatósági határ alatti sejtszámának eléréséhez 55·°C-on 40 perc, 60 °C-on 20 perc, 65 °C-on 2,5 perc hőtartási idő szükséges. A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T törzs estében 55 °C-on 60 perc, 60°C-on 30 perc, 65·°C-on 3 perc hőkezelési időtartamokat javasolunk.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Sous-vide technológiát csirkehúsos modellközegben alkalmazva a *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 törzs 55 °C-on 40 percig, 60 °C-on 20 percig, és 65 °C-on 2,5 percig végzett hőntartása mellett, vákuumcsomagolást alkalmazva szignifikánsan nagyobb csírapusztítás érhető el a légköri nyomáson csomagolt, légköri nyomáson csomagolt minta hőkezeléséhez képest.

Sous-vide technológiát csirkehúsos modellközegben alkalmazva a *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T törzs esetében 55 °C-on 60 perc, 60 °C-on 30 perc, 65 °C-on 3 perc végzett hőntartása mellett, vákuumcsomagolást alkalmazva szignifikánsan nagyobb csírapusztítás érhető el a légköri nyomáson csomagolt minta hőkezeléséhez képest.

2. Meghatároztam a *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 törzs hőpusztulási paramétereit, amelyek a következők: vákuumcsomagolt csirkehúsos modellközegben 6,51 perc $D_{(55)}$, 2,78 perc $D_{(60)}$ és 0,39 perc $D_{(65)}$. A „z” érték 55 °C és 65 °C között 8 °C. Az RPS értékek 55 °C-on 0,015, 60 °C-on 0,060, 65 °C-on 0,245. Az RPI értékek 55 °C-on 67,61 perc 60 °C-on 16,06 perc 65 °C-on 4,07 perc.
3. Meghatároztam a *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T törzs hőpusztulási paramétereit, amelyek a következők: vákuumcsomagolt csirkehúsos modellközegben 8,45 perc $D_{(55)}$, 4,9 perc $D_{(60)}$ és 0,41 perc $D_{(65)}$. A „z” érték 55 °C és 65 °C között 7,6 °C. Az RPS értékek 55 °C-on 0,014, 60 °C-on 0,048, 65 °C-on 0,22. Az RPI értékek 55 °C-on 93,54 perc 60 °C-on 20,6 perc 65 °C-on 4,53 perc.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A sous-vide a technológiát az 1960-as években először amerikai és svéd mérnökök dolgozták ki, pasztörözött húsok gyártására. Ma az élelmiszeriparon kívül a vendéglátóiparban is egyre népszerűbb az alkalmazása. A technológia azon kíméletes (mildy process) élelmiszer technológiák közé tartozik, ahol a termék eredeti textúrájának, valamint íz és zamat anyagának megmaradását az alacsony hőmérsékleten végzett hőkezelés biztosítja. A textúra biztosítása különösen fontos a húsok esetében, mert a fehérjék denaturációjának megakadályozása több szempontból befolyásolja a termék minőségét. Azon túl, hogy kiváló organoleptikus tulajdonságot biztosít a terméknek, a fehérjék megőrzik vízmegkötő képességüket és ez gazdasági előnyökkel is jár, mert 5%-ra csökken a termék hőkezelés hatására bekövetkezett súlyvesztése. A hagyományos pasztörözéssel tartósított termékek mikrobiológiai minőségének biztosítását a legalább 65 °C-os hőkezelés biztosítja. A sous-vide technológia azonban figyelembe veszi a fehérjék hődenaturációs hőmérséklet tartományait, ezért a húsok hőkezelési tartománya 55-65 °C. A sous-vide termékek mikrobiológiai minőségét a hőfok–idő paraméter pár helyes megválasztása biztosítja. Mivel a hőfok tartomány behatárolt, ezért csak az időtartam pontos meghatározásával tudjuk a termék mikrobiológiai minőségét biztosítani. Ehhez ismernünk kell a patogén és a romlást okozó mikrobák hőrezisztenciáját.

Dolgozatomban a két leggyakoribb élelmiszer patogén baktérium, a *Salmonella* Enteritidis, a spórák közül a *Clostridium perfringens* hőrezisztenciáját vizsgáltam a sous-vide technológia hőkezelési

tartományában 55 °C, 60 °C és 65 °C-on. A sous-vide technológia a hőkezelés során vákuumcsomagolást alkalmaz, ezért hőrezisztencia vizsgálataimat párhuzamosan végeztem légköri nyomáson csomagolt (kontroll) és vákuumcsomagolt mintákkal modellközegben és csirkehúsos modellközegben.

Vizsgálataimat a Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszer tudományi Karának Élelmiszer- és Vízzvizsgáló Laboratóriumában, a NAT-1-1674/2012 számon nyilvántartott akkreditált mikrobiológiai laboratóriumában végeztem.

A vizsgált baktérium törzsek a *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T törzs, amelyet a Mezőgazdasági- és Ipari Mikroorganizmusok Nemzeti Gyűjteményéből szereztem be és az American Type Culture Collection-ből származó *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 származó törzs volt.

Hőrezisztencia vizsgálatok modellközegben

A törzsekből tiszta tenyészeteket állítottunk elő, amelyekből 0,5 McFarland ($1,5 \times 10^8/\text{cm}^3$) töménységű vizsgálati szuszpenziót készítettem. A kísérleti minták előállításánál során a szuszpenzióval beoltott 50 cm³-nyi RCM táplevest (*Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T törzs esetében), illetve pufferolt peptonvizet (*Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 törzs vizsgálatokor) steril körülmények között, vákuumozható polietilén tasakba pipettáztam. Ugyanezen mintákat előállítottam oly módon is, hogy a tasakokat 99%-osan vákuumoztam. Mindkét mintasor esetében a hőkezeléseket a sous-vide technológiához alkalmazott maghőmérővel ellátott, cirkulációs vízfürdőben, 55 °C-on 60 °C-on és 65 °C-on hőkezelttem, egy tized celsius fok pontossággal. A

mintavétel gyakorisága hőfokfüggő volt, magasabb hőmérsékleten rövidebb, 0,5 perc, míg alacsonyabb hőmérsékleten hosszabb, 10 perc volt. A mintavétel során az azonos módon kezelt minták egységeiből vettem ki egyesével a leoltások alapját képező mennyiségeket.

Hőrezisztencia vizsgálatok csirkehúsos modellközeg

A vizsgált törzsek tiszta tenyészetéből 0,5 és 1,0 közötti McFarland egységre (10^8 CFU/ml) beállított szuszpenziót készítettem, melynek 10 cm^3 -vel inokuláltam a felületileg sterilizett, majd ledarált csirkehúsos modellközeget. Az így kapott keverékekből a hőkezeléseknek megfelelő számú mintát állítottuk elő, majd az egyik felét vákuumcsomagoltam. A hőkezelések során a mintavételeket a modellközegben beállítható képest nagyobb intervallummal terveztem, köszönhetően a húsból található fehérjék és zsírok mikrobák túlélését segítő védőhatásnak.

Tenyésztési mikrobiológiai vizsgálatok

Mind a modell, mind pedig az élelmiszer-mátrixban, vákuumban és légköri nyomáson végzett hőkezelések során vett mintákat azonos módon dolgoztam fel. A mintákból elkészítettem a decimális hígítási sorokat 10^8 tagig, melyekből $1-1\text{ cm}^3$ -nyi mennyiségeket steril Petri-csészébe pipettáztam, majd TSA táptalajjal agar lemezeket öntöttem. Ezeket szilárdulás után *Clostridium perfringens* esetében 37 °C -on 72 óráig anaerob, *Salmonella* Enteritidis esetében pedig 37 °C -on 24 óráig aerob körülmények között inkubáltam. Minden hígítás esetében 2 párhuzamos leoltást végeztünk. A hőpusztulási vizsgálatokat 3-3 független kísérletben ismételtük meg. Az értékelésbe azon hígítási szinteket vontam be, amelyek lemezein a kifejlődött telepek száma 10 és

300 közé esett. A élő sejtszámot az értékelhető lemezeken megszámlált telepszámok súlyozott átlagaként adtam meg a hígítási fok figyelembevételével.

Hőpusztulási paraméterek meghatározása

A hőkezelés hatására bekövetkező aktív élő sejtszámok alapján megszerkesztetem a túlélési görbéket, majd ezek meredekségéből számoltam a tizedelési időket (D), ábrázoltam továbbá a hőrezisztencia görbét és a többségi pusztulási görbéket is. A hőrezisztencia görbék meredekségéből számítottam a „z” értéket, a hőpusztulási együtthatót (Q_{10}), valamint a relatív pusztulási sebességet (RPS) és a relatív pusztulási időt (RPI).

A statisztikai elemzések eredményei

A légköri és a vákuumcsomagolt minták hőkezelés során nyert élő sejtszámainak átlagát hasonlítottam össze. A hipotéziseim a következők voltak:

Null hipotézis: A hőkezelés csírapusztító hatása megegyező mértékű azonos hőfok és azonos időtartamok mellett a légköri és a vákuumcsomagolt mintákban.

Alternatív hipotézis: A hőkezelés csírapusztító hatása a vákuumcsomagolt mintákban nagyobb mértékű az azonos hőfokon és azonos időtartamok mellett kezelt légköri mintákhoz viszonyítva.

Az elemzéseket F próbával és a két mintás t próbával végeztem. Számításaim alapján a null hipotézist elvettem és az alternatív hipotézist fogadtam el, mely szerint a két minta átlaga 95%-os valószínűség mellett nem véletlenül különbözik egymástól, a nagyobb

mértékű csirapusztító hatás azonos feltételek mellett a vákuumcsomagolás hatására következett be.

Javaslatok:

A sous-vide technológiával készített, vákuumcsomagolt csirkehúsok esetében a *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 törzs kimutathatósági határ alatti sejtszámának eléréséhez 55 °C-on 40 perc, 60 °C-on 20 perc, 65 °C-on 2,5 perc hőntartási idő szükséges. A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T törzs esetében 55 °C-on 60 perc, 60 °C-on 30 perc, 65 °C-on 3 perc hőkezelési időtartamokat javasolok.

A megfelelő minőségű termék előállításához a sous-vide technológia alkalmazása során elengedhetetlen az optimális hőkezelési idők meghatározása és betartása az adott hőmérsékleten. Emellett azonban ugyan ilyen jelentőséggel bír a megfelelő minőségű alapanyag, a „helyes gyártási gyakorlat” (GMP), valamint a termelés során alkalmazott „jó higiéniai gyakorlat” (GHP) is.

8. SUMMARY

Enhancement of the microbiological quality of *sous-vide* cook-chill food preservation system

Sous-vide technology was established in the 1960's by American and Swedish engineers for the production of pasteurized meat.

Apart from food industry nowadays it is increasingly popular in catering. The technology belongs to mildly process food technologies, where original texture, taste is preserved by lower temperature heat treatment.

Ensuring of texture is extremely important in meat, due to the fact that limiting heat denaturation of proteins effects product quality from various aspects.

It enhances the organoleptic character of the product, furthermore, the water-binding capacity of proteins remain, thus providing economic advantage, due to the decrease in weight reduction during heat treatment by 5%.

The microbiological safety of traditionally pasteurized products is achieved by a heat treatment at minimum 65 °C.

Sous-vide technology, taking the isoelectric points of proteins into account, uses 55-65 °C heat treatment for meat. Microbiological quality of sous-vide products is ensured the proper choice of by temperature-time parameter pairs.

While temperature range is limited, product microbiological safety is achieved by the accurate determination of treatment time. For

this heat resistance of pathogen and food spoilage microbes should be known.

In this study two of the most common food pathogen, *Salmonella* Enteritidis, and *Clostridium perfringens* among the spore-forming ones were chosen for heat resistance study in the heat treatment range of sous-vide (55 °C, 60 °C and 65 °C).

Sous-vide technology uses vacuum packaging, thus, heat resistance investigations were performed in packing with atmospheric pressure (control) and in vacuum packaging, both in model media and in food matrix. The study was performed in the accredited (NAT-1-1674/2012) Food and Water Test Laboratory of the Institute of Food Sciences at the University of West Hungary, Faculty of Agricultural and Food Sciences. NCAIM B 01417T strain of *Clostridium perfringens* (obtained from the National Collection of Agricultural and Industrial Microorganisms, Hungary) and ATCC-13076 of *Salmonella* Enteritidis (from the American Type Culture Collection) were studied.

Based on the plate counts of the bacteria survived heat treatments, survival curves were obtained, and from the slopes decimal reduction time (D) values were calculated. Heat resistance and majority death curves were plotted. Based on the slope of heat resistance curves, z-value, heat coefficient (Q_{10}), relative thermal death rate (RTDR), relative thermal death time (RTDT) values were calculated.

Results

Zero-hypothesis: heat treatment caused death was the same at the same temperature and time values for atmospheric and vacuum packed samples.

8. SUMMARY

Alternative hypothesis: heat treatment caused death at the same temperature and time values was higher for vacuum packed than for atmospheric samples.

F-probe and 2-sample t-probe was used for the analysis. Based on our results zero-hypothesis was rejected and alternative hypothesis was accepted, by which the average of the two samples showed significant difference ($p < 0.05$), due to vacuum packaging.

Suggestion

Based on our results we can suggest the following in order to maintain the microbiological safety of vacuum packed products in sous-vide technology:

for *Clostridium perfringens* (based on NCAIM B 01417^T strain) at 55 °C 60 min, at 60 °C 30 min, at 65 °C 3 min,

for *Salmonella* Enteritidis (based on ATCC-13076 strain) at 55 °C 40 min, at 60 °C 20 min, at 65 °C 2,5 min heat treatment times are necessary.

For the production of good quality food in the application of sous-vide technology, determination and realization of the optimal heat treatment times is necessary. Furthermore, similarly important are the good quality ingredients, good manufacturing practice (GMP), and good hygiene practice (GHP) applied in the production.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek, **Dr. habil Szigeti Jenő** professzor Úrnak és **Dr. Ásványi Balázs** egyetemi docens Úrnak, akik biztosították számomra a kutatómunka elvégzésének feltételeit, iránymutatásaikkal, tanácsaikkal és dolgozatom javítását szolgáló kritikai észrevételeikkel segítették értekezésem elkészítését. Köszönettel tartozom **Ankhelyi Istvánnénak** és **Göncz Ferencnének** a laboratóriumi munkában nyújtott segítségükért, amellyel jelentős mértékben hozzájárult kísérleteim sikeres elvégzéséhez. Köszönet illeti az Élelmiszertudományi Intézet dolgozóit: **Dr. Varga Lászlót**, **Dr. Farkas Lászlót**, és **Lökösházi Évát** szakmai tanácsaikért és segítőkészségükért. Köszönöm **Nemes Zsolt** informatikusnak és **Törökné Vass Mariann** PhD. ügyintézőnek kitartó munkáját, támogatását, amellyel segítette munkámat.

9. IRODALOMJEGYZÉK

- Abkarian, M., Subramaniam, A. B., Kim, S.-H., Larsen, R., Yang, S.-M. & Stone, H. A.** (2007). Dissolution arrest and stability of armored bubbles. *Physical Review Letters*, 99(18), 1-4.
- Alföldy Z., Ivanovics Gy. & Rauss K.** (1963). *Orvosi Mikrobiológia* (pp. 348-352). Budapest: Medicina Egészségügyi Könyvkiadó.
- Andersson, A., Rönner, U. & Granum, P. E.** (1995). What problems does the food industry have with the spore-forming pathogens *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens*? *International Journal of Food Microbiology*, 28(2), 145–155.
- Anellis, A., Lubas, J. & Rayman, M. M.** (1954). Heat resistance in liquid eggs of some strains of the genus *Salmonella*. *Food Science*, 19(1-6), 377–395.
- Anon** (2005). *Time-temperature tables for cooking ready-to-eat poultry products, 16-05*. Food Safety and Inspection Service. Letöltve: 2015. febr. 5-én: http://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/9ab2e062-7ac8-49b7-aea1-f070048a113a/RTE_Poultry_Tables.pdf?MOD=AJPERES
- Aran, N.** (2001). The effect of calcium and sodium lactates on growth from spores of *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* i a sous-vide beef goulash under temperature abuse. *International Journal of Food Microbiology*, 63(1-2), 117-123.
- Armstrong, G. A. & McIlveen, H.** (2000). Effects of prolonged storage on the sensory quality and consumer acceptance of sous vide meat-based recipe dishes. *Food Quality and Preference*, 11(5), 377–385.

- Arsene, F., Tomoyasu, T. & Bukaua, B.** (2000). The heat shock response of *Escherichia coli*. *International Journal of Food Microbiology*, 55(1-3), 3-9.
- Bagamboula, C. F., Uyttendaele, M. & Debevere, J.** (2004). Inhibitory effect of thyme and basil essential oils, carvacrol, thymol, estragol, linalool and p-cymene towards *Shigella sonnei* and *S. flexneri*. *Food Microbiology*, 21(1), 33–42.
- Baker, R. C.** (1990). Survival of *Salmonella enteritidis* on and in shelled eggs, liquid eggs, and cooked egg products. *Dairy Food Environmental Sanitation*, 10, 273–275.
- Balla Cs. & Siró I.** (2007a). *Élelmiszer-biztonság és -minőség I. Alapismeretek*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
- Balla Cs. & Siró I.** (2007b). *Élelmiszer-biztonság és -minőség II. Élelmiszer-technológiák*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
- Beerens, H., Sugama, S. & Tahon-Castel, M.** (1965). Psychrotrophic clostridia. *Journal of Applied Bacteriology*, 28(1), 36-48.
- Bíró G.** (1993). *Élelmiszer-higiéniá*. Budapest: Agroinform Kiadó.
- Bouton, P. E. & Harris, P. V.** (1981). Changes in the tenderness of meat cooked at 50–65°C. *Journal of Food Science*, 46(2), 475–478.
- Burt, S.** (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223–253.
- Byrne, B., Dunne, G. & Bolton, D. J.** (2006). Thermal inactivation of *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* vegetative cells and spores in pork luncheon roll. *Food Microbiology*, 23(8), 803–808.

- Cano, R. G. & Borucki, M. K.** (1995). Revival and identification of bacterial spores in 25-million-year-old to 40-million-year-old Dominican amber. *Science*, 268(5213), 1060-1064.
- Csapó J. & Vargáné V. É.** (2011). *Élelmiszerkémia*. Kaposvár: Kaposvári Egyetem.
- Daifas, D. P., Smith, J. P., Blanchfield, B., Sanders, G., Austin, J. W. & Koukoutisis, J.** (2004). Effects of mastic resin and its essential oil on the growth of proteolytic *Clostridium botulinum*. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 313– 322.
- Deák T.** (szerk.) (2006). *Élelmiszer-mikrobiológia*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.
- Deák T., Farkas J. & Incze K.** (1981). *Konzerv-, hús-, és hűtőipari mikrobiológia*. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó.
- EFSA (EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY)** (2011). The European Union Summary Report on Trends and Sources of Zoonoses, Zoonotic Agents and Food-borne Outbreaks in 2009. *EFSA Journal*, 9(3), 2090-2468.
- EPINFO** (2014). Hazai járványügyi helyzet általános jellemzése. *Fertőző betegségek adata*, 21(51-52), 625.
- Farber, J. M. & Dodds, K. L.** (eds) (1995). *Principles of modified-atmosphere and sous vide product packaging*. Lancaster: CRC.
- Farkas J.** (2002). Új, nem termikus módszerek élelmiszerek mikrobiológiai biztonságának és minőség-megőrzésének javítására. *Élelmezési Ipar*, 56(6), 164-170.
- Farkas J.** (2001). A baktériumok stresszadaptációja és ennek élelmiszer-biztonsági jelentősége. *A Hús*, 11(3), 139-141.

- Farkas J., Kiss L., Ormay L., Takács J. & Vörös J.** (1978). *Mikrobiológiai vizsgálati módszerek az élelmiszeriparban 2. Minőségi vizsgálatok. A mikroorganizmusok kimutatása* (pp. 115-117). Budapest: Mezőgazdasági K.
- FDA** (Food and Drug Administration) (2011). *Fish and fishery products hazards and controls guidance. Tech. rep.* Gainesville, FL: U.S. Department of Health and Human Services.
- Fellows, P.** (2000). *Food processing technology: principles and practice.* Cambridge: Woodhead Publishing.
- Fernández, P. S. & Peck, M. W.** (1999). A predictive model that describes the effect of prolonged heating at 70 to 90 °C and subsequent incubation at refrigeration temperatures on growth from spores and toxigenesis by nonproteolytic *Clostridium botulinum* in the presence of lysozyme. *Applied and Environmental Microbiology*, 65(8), 3449–3457.
- Galambosné G. E.** (2009). *Élelmiszeripari alapismeretek.* Budapest: Képzőművészeti Kiadó.
- Ghazala, S., Aucoin, J. & Alkanani, T.** (1996). Pasteurization effect on fatty acid stability in a sous vide product containing seal meat (*Phoca groenlandica*). *Journal of Food Science*, 61(3), 520–523.
- Gill, C. O. & Reichel, M. P.** (1989). Growth of the cold-tolerant pathogens *Yersinia enterocolitica*, *Aeromonas hydrophila* and *Listeria monocytogenes* on high – pH beef packaged under vacuum or carbon dioxide. *Food Microbiology*, 6(4), 223–230.
- Gould, G. W.** (1999). „Sous-vide” foods: conclusions of an ECFF Botulinum Working Party. *Food Control*, 10(1), 47–51.

- Hansen, T. B., & Knochel, S.** (1996). Thermal inactivation of *Listeria monocytogenes* during rapid and slow heating in sous vide beef. *Letters in Applied Microbiology*, 22(6), 425-428.
- Hoobs, B. C., Smith, M. E., Oakley, C. L., Warrack, G. H. & Cruickshank, J. C.** (1953). *Clostridium welchii* food poisoning. *The Journal of Hygiene*, 51(1), 75-101.
- Humphrey, T. J., Chapman, P. A., Rowe, B. & Gilbert, R. J.** (1990). A comparative study of the heat resistance of salmonellas in homogenised whole egg, egg yolk or albumen. *Epidemiology and Infection*, 104(2), 237-241.
- Incze Z.** (1996). A nyers hús színe és színtabilitása. In *Húsipari Továbbképző Napok 7. A nyers hús* (pp. 135-146). Budapest: OHKI.
- Juneja V. K., Gonzales-Barron, U., Butler, F., Yadav, A. S. & Mendel, F.** (2013). Predictive thermal inactivation model for the combined effect of temperature, cinnamaldehyde and carvacrol on starvation-stressed multiple *Salmonella* serotypes in ground chicken. *International Journal of Food Microbiology*, 165(2), 184-199.
- Juneja, V. K.** (2006). Delayed *Clostridium perfringens* growth from a spore inocula by sodium lactate in sous-vide chicken products. *Food Microbiology*, 23(2), 105-111.
- Juneja, V. K., Eblen, B. S. & Ransom, G. M.** (2001). Thermal inactivation of *Salmonella* spp. in chicken broth, beef, pork, turkey, and chicken: Determination of d- and z values. *Journal of Food Science*, 66(1), 146-152.
- Juneja, V. K., Whiting, R. C., Marks, H. M. & Snyder, O. P.** (1999). Predictive model for growth of *Clostridium perfringens* at temperatures

- applicable to cooling of cooked meat. *Food Microbiology*, 16(4), 335–349.
- Juneja, V. K. & Marmer B. S.** (1996). Growth of *Clostridium perfringens* from spore inocula in sous-vide turkey products'. *International Journal of Food Microbiology*, 32(1-2), 115-123.
- Knura, S., Gymnich, S., Rembialkowska, E. & Petersen, B.** (2006). Agri-food production chain. In Luning, P. A., Devlieghere, F., Verhe, R. (eds.), *Safety in the agri-food chain* (pp. 19-66). The Netherlands: Wageningen Academic Publishers.
- Kovács Á.** (1997). *Az élelmiszer tudomány alapjai III. Élelmiszerek mikrobiológiája és mikroökológiája* (pp. 148., 199., 327). Pécs: Pécsi Orvostudományi Egyetem Egészségügyi Főiskolai Kar.
- Laczay P.** (2008). *Élelmiszer-higiéniá: Élelmiszerlánc-biztonság* (pp. 32., 29). Budapest: Mezőgazda Kiadó.
- Light, N. & Walker, A.** (1990). *Cook-Chill Catering: Technology and Managment*. London: Elsevier Science Publishers Ltd.
- Lin, Y.-D. & Chou, C.-C.** (2004). Effect of heat shock on thermal tolerance and susceptibility of *Listeria monocytogenes* to other environmental stresses. *Food Microbiology*, 21(5), 605–610.
- Linton, R. H., Webster, J. B., Pierson, M. D., Bishop, J. R. & Cagney, C. R.** (1992). The effect of sublethal heat shock and growth atmosphere on the heat resistance of *Listeria monocytogenes*. Scott A. *Journal of Food Protection*, 55(1), 84–87.
- Mackey, B. M. & Derrick, M. D.** (1990). Heat shock synthesis and thermotolerance in *Salmonella Typhimurium*. *Journal Applied Bacteriology*, 69(3), 373–383.

- Mackey, B. M. & Derrick, M. D.** (1987a). Changes in the heat resistance of *Salmonella Typhimurium* during heating at rising temperatures. *Letters in Applied Microbiology*, 4(1), 13–16.
- Mackey, B. M. & Derrick, M. D.** (1987b). The effect of prior shock on the thermoresistance of *Salmonella Thompson* in foods. *Letters in Applied Microbiology*, 5(6), 115–118.
- Mackey, B. M. & Derrick, C. M.** (1986). Elevation of the heat resistance of *Salmonella Typhimurium* by sublethal heat shock. *Journal of Applied Bacteriology*, 61(5), 389–393.
- Martens, H., Stabursvik, E. & Martens, M.** (1982). Texture and colour changes in meat during cooking related to thermal denaturation of muscle proteins. *Journal of Texture Studies*, 13(3), 291–309.
- Martens, T.** (ed.) (1999). Harmonization of Safety Criteria for Minimally Processed Foods. Rational and Harmonization Report. FAIRConcerted Action FAIR CT96-1020. Leuven: Alma University Restaurants.
- McGee, H.** (2004). *On Food and Cooking: The Science and Lore of The Kitchen*. New York: Scribner.
- McNamara, A. & Lattuade, C.** (1998). Examination of meat and poultry products for *Clostridium perfringens*. In *USDA/FSIS Microbiology Laboratory Guidebook. Food Safety and Inspection Services (FSIS)*. Letöltve: 2015. febr. 5-én:
<http://www.fsis.usda.gov/OPHS/microlab/mlgchp13.PDF>
- Mihajilov-Krstev, T., Radnović, D., Kitić, D., Zlatković, B., Ristić, M. & Branković, S.** (2009). Chemical composition and antimicrobial activity of *Satureja hortensis* L. essential oil. *Central European Journal of Biology*, 4(3), 411–416.

- Norén, N. & Arnold, D.** (2009). Cooking issues: The French Culinary Institute's tech'n stuff blog. Letöltve: 2015. márc. 14-én: <http://www.cookingissues.com/>
- Nyati, H.** (2000). Survival characteristics and the applicability of predictive mathematical modelling to *Listeria monocytogenes* growth in sous vide products. *International Journal of Food Microbiology*, 56(2-3), 123–132.
- Peck, M. W.** (1997). Clostridium botulinum and the safety of refrigerated processed foods of extended durability. *Trends in Food Science & Technology*, 8(6), 186–192.
- Powell, T. H., Dikeman, M. E. & Hunt, M. C.** (2000). Tenderness and collagen composition of beef semitendinosus roasts cooked by conventional convective cooking and modeled, multi-stage, convective cooking. *Meat Science*, 55(4), 421-425.
- Rahman, M.** (1978). Free-sporing *Cl. welchii* in ordinary laboratory media and conditions. *Journal of Clinical Pathology*, 31(4), 359-360.
- Rasooli, I., Moosavi, M. L., Rezaee, M. B. & Jaimand, K.** (2002). Susceptibility of microorganisms to *Myrtus communis* L. essential oil and its chemical composition. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 4(3), 127-133.
- Rodler I.** (2008). *Élelmezés- és táplálkozás-egészségtan*. Budapest: Medicina Könyvkiadó.
- Ross, T. & McMeekin, T. A.** (1999). Predictive modelling of the microbiological safety and quality of meat products. In *Predictive microbiology applied to chilled food preservation* (pp. 159-166). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

- Ross, T. & McMeekin, T. A.** (1994). Predictive microbiology. *International Journal of Food Microbiology*, 23(3-4), 241–264.
- Rybka-Rodgers, S.** (2001). Improvement of food safety design of cook-chill foods. *Food Research International*, 34(5), 449–455.
- Sergelidis, D. & Abraham, A.** (2009). Adaptive response of *Listeria monocytogenes* to heat and its impact on food safety. *Food Control*, 20(1), 1-10.
- Snyder, P.** (1995). The Applications of HACCP for MAP and Sous Vide Products. In Farber, J. M. & Dodds, K. L. (Eds.), *Principles of Modified-Atomosphere and Sous Vide Product Packaging* (pp. 325-383). Lancaster: CRC.
- Sterne, M. & Warrack, G. H.** (1964). The types of *Clostridium perfringens*. *Journal of Pathology & Bacteriology*, 88(1), 279-283.
- Százados I.** (1997). Salmonella-előfordulás sütni való kolbászban 1978-1996-ban. *A Hús*, 7(4), 201-204.
- Százados I.** (1996). Szalmonellák előfordulásának vizsgálata vágóhídon a HACCP elvek alapján. *A Hús*, 6(3), 160., 163-165.
- Szeitzné Sz. M., Krisztalovics K., Sréterné L. Zs., Fehér Á. & Cseh J.** (2008). Magyarország mikrobiológiai élelmiszer-biztonsági helyzete. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*, 54(Klsz.), 11-15.
- This, H.** (2006). *Molecular Gastronomy: Exploring the Science of Flavor*. New York: Columbia University Press,
- This-Benckhard, H.** (1999). Kürti Miklós, a molekuláris gasztronómia megalapítója. *Fizikai Szemle*, 49(9), 344-347.
- Uzal, F. A.** (2004). Diagnosis of *Clostridium perfringens* intestinal infections in sheep and goats. *Anaerobe*, 10(2), 135-143.

- Vadáné Kovács M.** (1999). *A húsmínőség alapjai*. Debrecen: Debreceni Agrártudományi Egyetem.
- Vadáné Kovács M.** (1996). Az állatvágás és hűtés fiziológiája, a hús fizikai tulajdonságai. Húsmínőség és előrejelzésének lehetőségei. In *Húsipari Továbbképző Napok 7. A nyers hús* (pp. 103-124). Budapest: OHKI.
- Waldroup, A. L.** (1996). Contamination of raw poultry with pathogens. *World's Poultry Science Journal*, 52(1), 7-25.
- Warner, R. D., Kaufmann, R. G. & Greaser, M. L.** (1997). Muscle protein changes post mortem in relation to pork quality traits. *Meat Science*, 45(3), 339-352.
- Weenk, G., Fitzmaurice, E. & Mossel, D. A. A.** (1990). Selective enumeration of spores of *Clostridium perfringens* in dried foods. *Journal of Applied Bacteriology*, 70(2), 135-143.
- Whiting, R. C.** (1995). Microbial modeling in foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35(6), 467-494.
- URL¹** www.mtk.nyme.hu/~food/int-hu/mikro/segedletek/.../eloadas1
- URL²** <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/prokariotak/ch04s02.html>
- URL³** <http://csuka.mk.uszeged.hu/~rajko/jegyzetek/Hokezeles%20foliak.pdf>
- URL⁴** <http://www.gasztronautakft.hu/>
- URL⁵** Douglas E. Baldwin Sous Vide Cooking: A Review
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878450X11000035>
- URL⁶** oktatas.ch.bme.hu/oktatas/konyvek/mezgaz/.../ELELMIK4_új.DOC
- URL⁷** enfo.agt.bme.hu/drupal/sites/default/files/fakultatív%20anaerob.PPT

**AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN ÍRT TUDOMÁNYOS
KÖZLEMÉNYEK, ELŐADÁSOK**

Tudományos folyóiratban megjelent lektorált közlemények:

Vajda K., Szigeti J., Ásványi B., & Szűcs P. (2015): Sous-vide húsokban előforduló humán patogén baktériumok hőrezisztenciájának vizsgálata, Élelmiszervizsgálati közlemények 2015/3 szeptember 30.

Szűcs P., **Vajda K.,** Szigeti J., Molnár J., Ásványi B.: A Sous-vide, mint kíméletes hőkezelési technológia élelmiszer-higiéniái vonatkozásai
Acta Agraria Kaposváriensis, Befogadó nyilatkozat

Idegen nyelven, lektorált szakfolyóiratban megjelent tudományos közlemény:

Vajda K., Halbritter A., Szűcs P., Szigeti J. & Ásványi B. (2015): Heat resistance of human pathogens in in sous-vide products studied in model nutrition media, Megjelenés várhatóan: Acta Alimentaria 2016. 2. szám (június)

Folyóiratok, tanulmánykötetek

Régaiszné **Vajda Katalin:** A XXI. század konyhája, a molekuláris gasztronómia XIV. Apáczai-napok Tudományos Konferencia (2010) Tanulmány kötet

Régaiszné **Vajda Katalin:** A „sous- vide” cook&chill élelmiszer tartósító rendszer mikrobiológiai minőségének kérdései XV. Apáczai-napok Tudományos Konferencia (2011) Tanulmány kötet

Magyar nyelvű előadás:

1. A sous - vide cook&chill élelmiszertartósító rendszer mikrobiológiája, Magyar Tudomány Ünnepe 2010, BGF – Budapest Konferencia előadás
2. A XXI század turizmusának gasztronómiája és mikrobiológiai minőségének biztosítása, XVII. Apáczai-napTudományos Konferencia (2013) NYME-AK-Győr Konferencia előadás
3. Kíméletes tartósító eljárások, V. Nemzetközi Turizmus Konferencia (2013) NYME-AK-Győr Konferencia előadás
4. Turizmus és gasztronómia, VI. Nemzetközi Turizmus Konferencia (2014) NYME-AK-Győr Konferencia előadás

10. MELLÉKLETEK

M1. A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 élő sejszámának változása, hőkezelés hatására modellközegben

Hőntartási idő (min)	CFU/cm ³					
	55 °C		60 °C		65 °C	
	légköri	vákuum	légköri	vákuum	légköri	vákuum
0	8,19±0,32	6,02±0,3	8,16±0,37	6,12±0,42	8,19±0,33	6,02±0,29
0,5					7,56±0,42	2,47±0,45
1			7,43±0,56	4,12±0,26	6,66±0,23	1,05±0,23
1,5					5,12±0,41	
2			6,56±0,03	2,54±0,41	3,16±0,51	
2,5					1,03±0,2	
3			5,42±0,78	1,01±0,11		
4			4,11±0,34			
5	7,63±0,12	4,56±0,45	2,33±0,34			
6			1,71±0,32			
7			1,11±0,51			
10	6,94±0,43	2,77±0,56				
15	5,45±0,56	1,28±0,43				
20	4,33±0,45					
25	3,16±0,33					
30	2,36±0,46					
35	1,55±0,35					
40	1,01±0,32					

M2: A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 élő sejttségének változása hőkezelés hatására csirkehúsos modellközegben

Hőntartási idő (min)	CFU/cm ³					
	55 °C		60 °C		65 °C	
	légköri	vákuum	légköri	vákuum	légköri	vákuum
0	8,27±0,23	6,38±0,44	8,18±0,37	6,29±0,26	8,25±0,56	6,32±0,34
0,5					7,65±0,43	5,67±0,45
1					6,82±0,45	3,69±0,32
1,5					4,36±0,38	1,82±0,44
2					3,38±0,01	1,23±0,36
2,5					2,65±0,47	
3					1,78±0,28	
4					1,08±0,33	
5	7,93±0,45	5,84±0,5	7,73±0,01	5,23±0,01		
10	7,55±0,51	5,02±0,23	6,91±0,02	2,12±0,03		
15	7,17±0,19	3,96±0,51	6,13±0,01	1,01±0,02		
20	6,52±0,51	3,01±0,28	5,31±0,03			
25	5,95±0,34	2,02±0,38	4,34±0,04			
30	5,29±0,28	1,66±0,25	3,01±0,03			
35	4,66±0,38	1,01±0,28	2,06±0,01			
40	3,99±0,42		1,12±0,01			
45	3,45±0,43					
50	2,87±0,52					
55	2,16±0,34					
60	1,59±0,41					
65	1,32±0,27					
70	1,1±0,2					

M3: A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T élő sejtszámának változása hőkezelés hatására modellközegben

Hőntartási idő (min)	CFU/cm ³					
	55 °C		60 °C		65 °C	
	légköri	vákuum	légköri	vákuum	légköri	vákuum
0	8,18±0,32	6,28±0,42	8,11±0,22	6,13±0,43	8,11±0,36	6,32±0,24
0,5					7,77±0,47	5,36±0,27
1					7,35±0,51	3,21±0,33
1,5					6,76±0,41	2,36±0,42
2					6,03±0,33	1,01±0,36
2,5					5,09±0,27	
3					3,36±0,52	
3,5					2,53±0,34	
4					1,23±0,26	
5			7,86±0,32	5,21±0,44		
10	7,63±0,47	5,17±0,43	7,51±0,27	2,96±0,56		
15			6,52±0,35	1,87±0,42		
20	6,73±0,36	3,41±0,52	4,92±0,41	1,08±0,32		
25			4,03±0,56			
30	5,93±0,42	1,12±0,34	3,16±0,64			
35			2,27±0,43			
40	4,66±0,36		1,68±0,25			
45			1,18±0,3			
50	3,67±0,40					
60	2,96±0,53					
70	1,91±0,42					
80	1,34±0,25					

M4: A *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T élő sejtszámának változása hőkezelés hatására csirkehúsos modellközegeben

Hőntartási idő (min)	CFU/cm ³					
	55 °C		60 °C		65 °C	
	légköri	vákuum	légköri	vákuum	légköri	vákuum
0	8,19±0,34	7,03±0,34	8,05±0,34	6,48±0,54	8,07±0,35	6,22±0,39
1					7,57±0,47	4,66±0,51
2					6,91±0,51	1,39±0,33
3					5,73±0,43	
4					3,57±0,28	
5			7,55±0,29	5,21±0,48	2,62±0,39	
6					1,38±0,42	
10	7,97±0,26	6,17±0,41	7,52±0,43	4,36±0,39		
15			6,71±0,26	2,66±0,27		
20	7,67±0,43	4,91±0,27	5,47±0,51	1,38±0,38		
25			4,66±0,29			
30	7,28±0,34	3,63±0,35	4,12±0,33			
35			3,73±0,42			
40	6,92±0,51	1,97±0,42	3,23±0,36			
45			2,66±0,16			
50	6,44±0,52	1,11±0,35	2,12±0,56			
55			1,57±0,47			
60	5,66±0,45		1,11±0,33			
70	4,52±0,4					
80	3,56±0,21					
90	2,92±0,33					
100	2,51±0,24					
110	2,05±0,33					
120	1,61±0,31					
130	1,24±0,42					

M5: Statisztikai elemzés: A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 modellközegben történt hőkezelése, a vákuum-csomagolt és légköri nyomáson csomagolt minták összehasonlításának eredményei

A 55 °C-os hőkezelés során mért adatok elemzése

Kétmintás F-próba a szórásnégyzetre		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	4,513333333	1,625555556
Variancia	7,194275	5,320427778
Megfigyelések	9	9
df	8	8
F	1,352198601	
P(F<=f) egyszélű	0,339853501	
F kritikus egyszélű	3,438101233	

Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzeteknél		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	4,513333333	1,625555556
Variancia	7,194275	5,320427778
Megfigyelések	9	9
Súlyozott variancia	6,257351389	
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	16	
t érték	2,448920885	
P(T<=t) egyszélű	0,013114668	
t kritikus egyszélű	1,745883676	
P(T<=t) kétszélű	0,026229336	
t kritikus kétszélű	2,119905299	

60 °C-os hőkezelés során mért adatok elemzése

Kétmintás F-próba a szórásnégyzetre		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	4,60375	1,72375
Variancia	7,303084	5,447141
Megfigyelések	8	8
df	7	7
F	1,340719	
P(F<=f) egyszélű	0,354325	
F kritikus egyszélű	3,787044	

Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzeteknél		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	4,60375	1,72375
Variancia	7,303084	5,447141
Megfigyelések	8	8
Súlyozott variancia	6,375113	
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	14	
t érték	2,28128	
P(T<=t) egyszélű	0,019349	
t kritikus egyszélű	1,76131	
P(T<=t) kétszélű	0,038698	
t kritikus kétszélű	2,144787	

65 °C-os hőkezelés során mért adatok elemzése

Kétmintás F-próba a szórásnégyzetre		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	5,286667	1,59
Variancia	7,630627	5,65504
Megfigyelések	6	6
df	5	5
F	1,34935	
P(F<=f) egyszélű	0,37517	
F kritikus egyszélű	5,050329	

Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzeteknél		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	5,286667	1,59
Variancia	7,630627	5,65504
Megfigyelések	6	6
Súlyozott variancia	6,642833	
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	10	
t érték	2,484244	
P(T<=t) egyszélű	0,016154	
t kritikus egyszélű	1,812461	
P(T<=t) kétszélű	0,032307	
t kritikus kétszélű	2,228139	

M6: Statisztikai elemzés: A *Salmonella* Enteritidis ATCC-13076 csirkehúsos modellközegben történt hőkezelése a vákuum- csomagolt és légköri nyomáson csomagolt minták összehasonlításának eredményei

55 °C-os hőkezelés során mért adatok elemzése

Kétmintás F-próba a szórásnégyzetre		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	4,648666667	1,926667
Variancia	6,368998095	5,494824
Megfigyelések	15	15
df	14	14
F	1,159090503	
P(F<=f) egyszélű	0,393120168	
F kritikus egyszélű	2,483725741	

Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzeteknél		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	4,648667	1,926666666 7
Variancia	6,368998	5,49482381
Megfigyelések	15	15
Súlyozott variancia	5,931911	
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	28	
t érték	3,060705	
P(T<=t) egyszélű	0,002416	
t kritikus egyszélű	1,701131	
P(T<=t) kétszélű	0,004831	
t kritikus kétszélű	2,048407	

60°C-os hőkezelés során mért adatok elemzése

Kétmintás F-próba a szórásnégyzetre		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	4,976666667	1,63889
Variancia	6,3344	6,19074
Megfigyelések	9	9
df	8	8
F	1,023206269	
P(F<=f) egyszélű	0,487456287	
F kritikus egyszélű	3,438101233	

Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzeteknél		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	4,97667	1,63889
Variancia	6,3344	6,19074
Megfigyelések	9	9
Súlyozott variancia	6,26257	
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	16	
t érték	2,82936	
P(T<=t) egyszélű	0,00604	
t kritikus egyszélű	1,74588	
P(T<=t) kétszélű	0,01209	
t kritikus kétszélű	2,11991	

65 °C -os hőkezelés során mért adatok elemzése

Kétmintás F-próba a szórásnégyzetre		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	4,655555556	2,081111
Variancia	6,873227778	6,444186
Megfigyelések	9	9
df	8	8
F	1,0665781	
P(F<=f) egyszélű	0,464799654	
F kritikus egyszélű	3,438101233	

Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzeteknél		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	4,655555556	2,081111
Variancia	6,873227778	6,444186
Megfigyelések	9	9
Súlyozott variancia	6,658706944	
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	16	
t érték	2,116385758	
P(T<=t) egyszélű	0,025169103	
t kritikus egyszélű	1,745883676	
P(T<=t) kétszélű	0,050338206	
t kritikus kétszélű	2,119905299	

M7: Statisztikai elemzés: A törzs *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T modellközegben történt hőkezelése, a vákuum-csomagolt és légköri nyomáson csomagolt minták összehasonlításának eredményei

55 °C-os hőkezelés során mért adatok elemzése

Kétmintás F-próba a szórásnégyzetre		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	4,77889	1,77556
Variancia	6,17961	6,33455
Megfigyelések	9	9
df	8	8
F	0,97554	
P(F<=f) egyszélű	0,48646	
F kritikus egyszélű	0,29086	

Kétmintás t-próba nem-egyenlő szórásnégyzeteknél		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	4,77889	1,7755556
Variancia	6,17961	6,3345528
Megfigyelések	9	9
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	16	
t érték	2,54697	
P(T<=t) egyszélű	0,01077	
t kritikus egyszélű	1,74588	
P(T<=t) kétszélű	0,02153	
t kritikus kétszélű	2,11991	

60 °C-os hőkezelés során mért adatok elemzése

Kétmintás F-próba a szórásnégyzetre		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	4,724	1,725
Variancia	7,01123	5,37663
Megfigyelések	10	10
df	9	9
F	1,30402	
P(F<=f) egyszélű	0,34947	
F kritikus egyszélű	3,17889	

Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzeteknél		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	4,724	1,725
Variancia	7,011226667	5,3766278
Megfigyelések	10	10
Súlyozott variancia	6,193927222	
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	18	
t érték	2,694501433	
P(T<=t) egyszélű	0,007411858	
t kritikus egyszélű	1,734063607	
P(T<=t) kétszélű	0,014823716	
t kritikus kétszélű	2,10092204	

65 °C-os hőkezelés során mért adatok elemzése

Kétmintás F-próba a szórásnégyzetre		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	5,35889	2,02889
Variancia	6,10979	6,06479
Megfigyelések	9	9
df	8	8
F	1,00742	
P(F<=f) egyszélű	0,49596	
F kritikus egyszélű	3,4381	

Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzeteknél		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	5,35889	1,99778
Variancia	6,10979	5,62857
Megfigyelések	9	9
Súlyozott variancia	5,86918	
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	16	
t érték	2,94307	
P(T<=t) egyszélű	0,00477	
t kritikus egyszélű	1,74588	
P(T<=t) kétszélű	0,00955	
t kritikus kétszélű	2,11991	

M8: Statisztikai elemzés: A törzs *Clostridium perfringens* NCAIM B 01417^T csirkehúsos modellközegben történt hőkezelése, a vákuum-csomagolt és légköri nyomáson csomagolt minták összehasonlításának eredményei

55 °C-os hőkezelés során mért adatok elemzése

Kétmintás F-próba a szórásnégyzetre		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	4,89571	1,772857
Variancia	6,50233	6,606576
Megfigyelések	14	14
df	13,00000	13
F	0,98422	
P(F<=f) egyszélű	0,48878	
F kritikus egyszélű	0,38806	

Kétmintás t-próba nem-egyenlő szórásnégyzeteknél		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	4,89571	1,7729
Variancia	6,50233	6,6066
Megfigyelések	14	14
Feltételezett átlagos eltérés	0,00000	
df	26,00000	
t érték	3,22725	
P(T<=t) egyszélű	0,00168	
t kritikus egyszélű	1,70562	
P(T<=t) kétszélű	0,00337	
t kritikus kétszélű	2,05553	

60 °C-os hőkezelés során mért adatok elemzése

Kétmintás F-próba a szórásnégyzetre		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	4,5	1,996923
Variancia	5,6961	6,645073
Megfigyelések	13	13
df	12	12
F	0,857191	
P(F<=f) egyszélű	0,396940	
F kritikus egyszélű	0,372213	

Kétmintás t-próba nem-egyenlő szórásnégyzeteknél		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	4,5	1,996923
Variancia	5,6961	6,645073
Megfigyelések	13	13
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	24	
t érték	2,569020	
P(T<=t) egyszélű	0,008420	
t kritikus egyszélű	1,710882	
P(T<=t) kétszélű	0,0168408	
t kritikus kétszélű	2,063898	

65 °C-os hőkezelés során mért adatok elemzése

Kétmintás F-próba a szórásnégyzetre		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	5,121428571	2,025714286
Variancia	6,820214286	6,075261905
Megfigyelések	7	7
df	6	6
F	1,12262062	
P(F<=f) egyszélű	0,445962397	
F kritikus egyszélű	4,283865714	

Kétmintás t-próba egyenlő szórásnégyzeteknél		
	<i>Változó 1</i>	<i>Változó 2</i>
Várható érték	5,121428571	2,025714286
Variancia	6,820214286	6,075261905
Megfigyelések	7	7
Súlyozott variancia	6,447738095	
Feltételezett átlagos eltérés	0	
df	12	
t érték	2,280820981	
P(T<=t) egyszélű	0,02080824	
t kritikus egyszélű	1,782287556	
P(T<=t) kétszélű	0,04161648	
t kritikus kétszélű	2,17881283	