

AGNIESZKA LESZCZUK-PIANKOWSKA, BOGUSŁAW PAWLIKOWSKI,  
PIOTR BYKOWSKI, JUSTYNA FRANKOWSKA

### OPTIMALIZACJA PROCESU STERYLIZACJI CIEPLNEJ KONSERW RYBNYCH

#### Streszczenie

Celem pracy była optymalizacja procesu cieplnej sterylizacji konserw rybnych na podstawie określenia rozkładu temperatury w autoklawach wodno-natryskowych. Testowano autoklawy stosowane w warunkach przemysłowej produkcji konserw rybnych.

Pierwszym etapem w procesie optymalizacji jest zbadanie rozkładu temperatury w autoklawach przemysłowych. Podczas tego etapu określa się pole temperaturowe w przestrzeni wewnętrznej zbiornika autoklawu z koszami sterylizacyjnymi wypełnionymi konserwami. Wyznaczenie najwolniej ogrzewającej się strefy autoklawu jest konieczne do dalszego prowadzenia badań penetracji ciepła w konserwach rybnych, a tym samym do wyznaczenia minimalnych czasów prowadzenia procesu sterylizacji w zadanej temperaturze do poziomu bezpiecznej (ze względów mikrobiologicznych) wartości sterylizacyjnej  $F_0$  minimum 3 min. Symbol  $F_0$  jest przyjętą jednostką działania temperatury referencyjnej 121 °C w danym czasie procesu sterylizacji cieplnej i jest wskaźnikiem określającym skuteczność inaktywacji mikroorganizmów. W trakcie badań dystrybucji temperatury porównywano czas ogrzewania przestrzeni wewnętrznej poszczególnych typów autoklawów do zadanej temperatury sterylizacji właściwej w najchłodniejszym punkcie zbiornika autoklawu w zależności od temperatury początkowej konserw rybnych. Porównywano także rozkład temperatury w poszczególnych typach autoklawów po 1, 3 i 5 min sterylizacji właściwej. W badaniach rozkładu temperatury przeprowadzonych w dziewięciu różnych autoklawach dowiedziono, że czas potrzebny do osiągnięcia temperatury sterylizacji właściwej  $\geq 115$  °C wynosi od 17 do 23 min. W warunkach produkcji przemysłowej, w której konieczne jest organizacyjne zoptymalizowanie procedury sterylizacji i ustanowienie jednego standardu tego procesu dla różnych autoklawów, oznacza to konieczność przyjęcia minimalnego czasu etapu grzania na poziomie 23 min.

Podstawowym celem procesu sterylizacji cieplnej jest bowiem zapewnienie bezpieczeństwa mikrobiologicznego produktu spożywczego przy uwzględnieniu najtrudniejszych warunków wymiany ciepła w procesie.

**Słowa kluczowe:** konserwy rybne, autoklaw, sterylizacja, bezpieczeństwo mikrobiologiczne

---

*Dr inż. A. Leszczuk-Piankowska, mgr J. Frankowska, Graal S.A., ul. Zachodnia 22, 84-200 Wejherowo, dr inż. B. Pawlikowski, Morski Instytut Rybacki – PIB, ul. Kollątaja 1, 81-332 Gdynia, prof. dr hab. inż. P. Bykowski, Katedra Zarządzania Jakością, Wydz. Zarządzania i Nauk o Jakości, Uniwersytet Morski w Gdyni, ul. Morska 81-87, 81-225 Gdynia. Kontakt: aleszczuk@graal.pl*

## **Wprowadzenie**

Proces sterylizacji cieplnej konserw to inaczej obróbka termiczna żywności w hermetycznie zamkniętym opakowaniu, np. w puszcze, przeprowadzana w urządzeniu ciśnieniowym zwanym autoklawem w określonym czasie, przy zadanym ciśnieniu i temperaturze powyżej 100 °C. Obróbkę termiczną konserw rybnych przeprowadza się w celu ich utrwalenia oraz nadania im tzw. gotowości kulinarnej. Oznacza to zapewnienie bezpieczeństwa mikrobiologicznego, czyli brak rozwoju drobnoustrojów, w tym mikroorganizmów beztlenowych i zahamowanie procesów zmian enzymatycznych podczas kilkuletniego (2 - 5 lat) terminu przydatności do spożycia oraz gotowość do konsumpcji bez potrzeby zastosowania dodatkowych zabiegów kulinarnych [2, 3, 12].

W przemysłowej produkcji konserw rybnych bardzo ważne jest zapewnienie powtarzalności procesu obróbki cieplnej, a tym samym jego walidacja i optymalizacja, by zapewnić z jednej strony bezpieczeństwo zdrowotne produktu, a z drugiej – wysoką jakość sensoryczną. Walidację procesu sterylizacji przeprowadza się poprzez badania dystrybucji temperatury w autoklawie, a następnie testy penetracji ciepła w konserwach. Testy dystrybucji temperatury prowadzi się w celu ustalenia rozkładu temperatur w przestrzeni zbiornika roboczego autoklawu. Na podstawie tych testów ustala się najwolniej ogrzewające się punkty (strefy autoklawu) w trakcie procesu sterylizacji cieplnej. Testy dystrybucji temperatury pozwalają na określenie procedur odpowietrzania autoklawów parowych lub procedur grzania autoklawu do uzyskania możliwie wyrównanego pola temperaturowego w autoklawach, np. wodnych, natryskowych lub kaskadowych. Wyniki testów dystrybucji temperatury pozwalają na ocenę stanu technicznego pracy autoklawu i optymalizację jego funkcjonowania [4, 5, 7]. Przeprowadzanie testów dystrybucji temperatury jest wymagane przepisami prawa, np. w Stanach Zjednoczonych, co oznacza, że każdy importer konserw rybnych winien posiadać udokumentowane dowody ich przeprowadzenia [1, 4, 11].

Celem pracy była optymalizacja procesu cieplnej sterylizacji konserw rybnych na podstawie określenia rozkładu temperatury w autoklawach wodno-natryskowych.

## **Material i metody badań**

W pracy testowano autoklawy przemysłowe stosowane w zakładach przemysłu przetwórczego do sterylizacji cieplnej konserw rybnych. Wielkość wsadu w autoklawie 4-koszowym wynosiła średnio 1 436 kg masy konserw, a w 5-koszowym – 1 795 kg masy konserw. W tab. 1. przedstawiono warunki techniczne wraz z procedurą grzania przyjętą podczas badań dystrybucji ciepła w poszczególnych autoklawach.

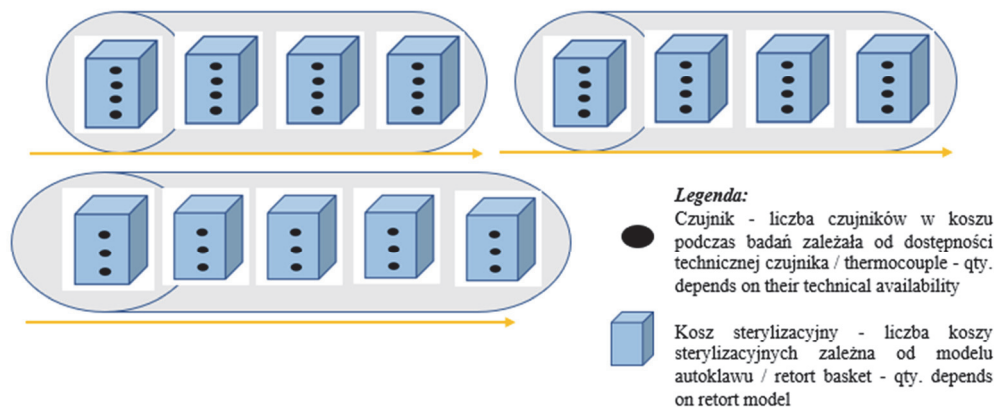
Tabela 1. Warunki techniczne prowadzenia testów dystrybucji ciepła w autoklawach

Table 1. Technical conditions during heat distribution tests conducted in retorts

Oznaczenie autoklawu Retort number	Liczba koszy sterylizacyjnych Quantity of sterilisation baskets	Wyposażenie Equipment	Liczba punktów pomiarowych temperatury Quantity of thermocouples	Liczba testów Number of tests
1	4	Dysze natryskowe Spray nozzles	26	2
2	4	Dysze natryskowe Spray nozzles	12	1
3	4	Dysze natryskowe Spray nozzles	12	1
4	4	Dysze natryskowe Spray nozzles	12	1
5	4	Płyta natryskowa Shower plate	16	1
7	5	Dysze natryskowe Spray nozzles	15	1
8	5	Płyta natryskowa Shower plate	16	1
9	5	Płyta natryskowa Shower plate	15	1
10	4	Płyta natryskowa Shower plate	16	1

Procedura grzania autoklawu do zadanej sterylizacji właściwej w temp. 115 °C:  
 Procedure of heating retort up to true sterilisation set at temperature of 115 °C:  
 – do temp. 118 °C w ciągu 14 min / up to 118 °C during 14 min,  
 – do temp. 117 °C w ciągu 13 min (efekt przegrzania) przed sterylizacją właściwą w temp. 115 °C  
 up to 117 °C during 13 min (overheating effect) prior to true sterilisation at 115 °C

Do rejestracji zmian temperatury w czasie używano mikroprocesorowego miernika temperatury TM 9616 (Ellab, Dania), wyposażonego w oprogramowanie ValSuite umożliwiające archiwizację danych. Czujniki temperatury zlokalizowane były pomiędzy puszkami znajdującymi się w koszu sterylizacyjnym na perforowanych przekładkach. Temperatura początkowa konserw załadowanych do koszy wynosiła od 18,2 do 34,9 °C. Lokalizacje czujników w koszach sterylizacyjnych przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Lokalizacja czujników w koszach sterylizacyjnych

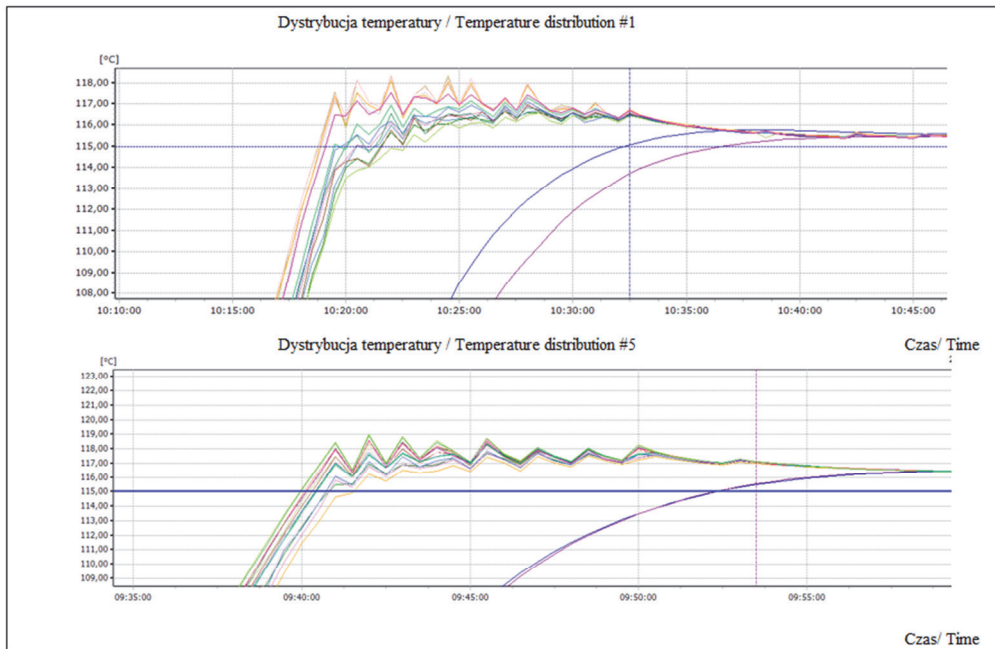
Fig. 1. Place of thermocouples in retort baskets

## Wyniki i dyskusja

Dane pomiarowe zmian temperatury w czasie procedury grzania w każdym badanym autoklawie zapisywano w postaci wykresów. Na rys. 2. przedstawiono przykładowy zapis dystrybucji temperatury w autoklawach 1. i 5., wyposażonych odpowiednio w dysze natryskowe i w płytę natryskową.

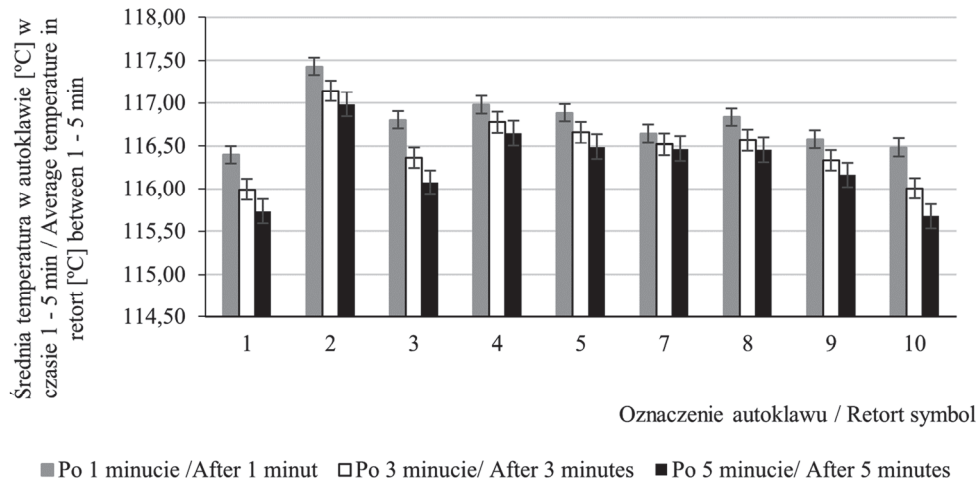
Wyniki badania rozkładu temperatury w autoklawach (rys. 3) potwierdziły, że przyjęta procedura grzania była wystarczająca do uzyskania w zadanym czasie 27 min temperatury sterylizacji właściwej na poziomie równym 115 °C lub wyższym. Należy jednak zaznaczyć, że pomimo tej samej procedury grzania w każdym autoklawie używano różne średnie temperatury środowiska grzejnego po 1, 3 i 5 min etapu sterylizacji właściwej, co związane było z technicznymi warunkami pracy danego układu, np. z liczbą koszy sterylizacyjnych, temperaturą początkową produktu, konstrukcją autoklawu (model) czy też położeniem w układzie linii technologicznej.

Podczas badań dystrybucji ciepła w autoklawach stwierdzono, że wraz z upływem czasu danego etapu sterylizacji właściwej średnia różnica temperatury między najcieplejszym a najchłodniejszym punktem po 1, 3 i 5 min w każdym autoklawie systematycznie malała (rys. 4). Najwyższą średnią różnicę temperatury (0,47 °C) po 1 min odnotowano w autoklawie 1., a najniższą (0,07 °C) – w autoklawie 9. Najwyższą średnią różnicę temperatury (0,23 °C) po 5 min odnotowano w autoklawie 3., a najniższą (0,04 °C) – w autoklawie 9. Autoklawy wyposażone w płytę natryskową osiągały skuteczniejszą dystrybucję temperatury, tzn. niższą średnią różnicę temperatury (0,13 ÷ 0,17 °C) niż autoklawy wyposażone w dysze natryskowe (0,22 ÷ 0,31 °C). Po przeanalizowaniu wyników dystrybucji temperatury w autoklawach wykazano, że przyjęta



Rys. 2. Dystrybucja temperatury w autoklawie 1. i 5.

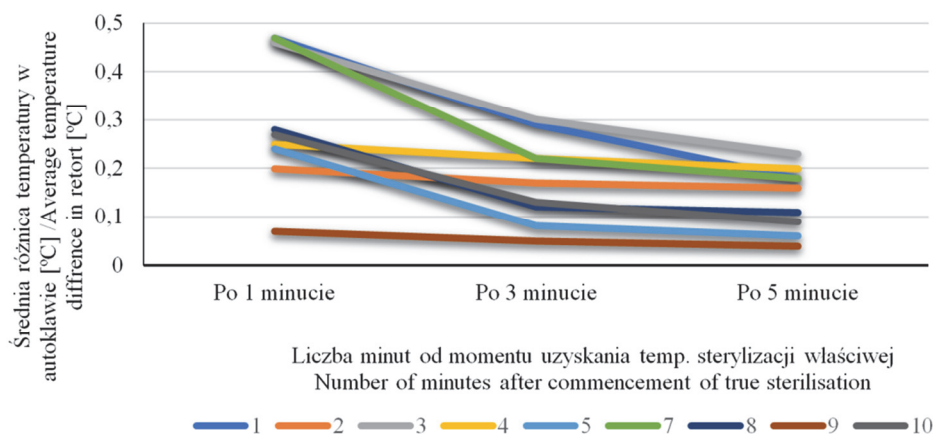
Fig. 2. Temperature distribution in retort 1 and 5



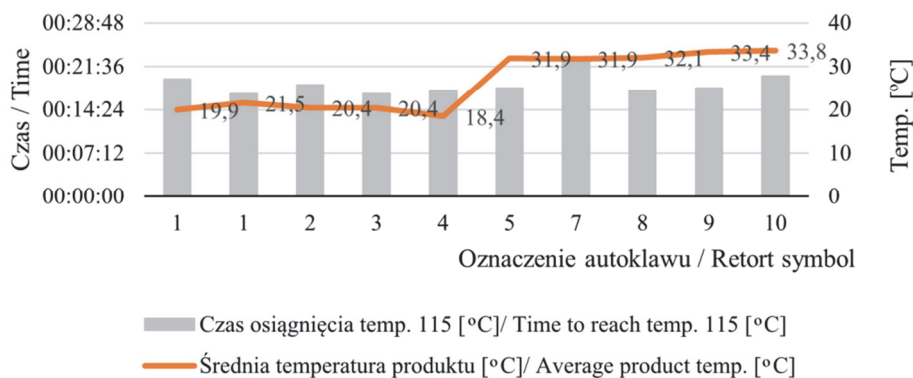
Rys. 3. Średnia temperatura w autoklawie po 1, 3 i 5 min sterylizacji właściwej

Fig. 3. Average temperature in retort after 1, 3 and 5 min of true sterilisation

procedura grzania zapewniała równomierną dystrybucję temperatury w autoklawach przemysłowych, a tym samym spełniony został warunek formalny, aby różnica temperatur na koniec etapu grzania nie była wyższa niż 0,5 °C.



Rys. 4. Średnia różnica temperatury w autoklawach (1 - 10) po 1, 3 i 5 min sterylizacji właściwej  
Fig. 4. Average temperature difference in retorts (1 - 10) after 1, 3 and 5 min of true sterilisation



Rys. 5. Temperatura produktu a czas osiągnięcia temp. 115 °C w autoklawach (1 - 10)  
Fig. 5. Product temperature and time to reach 115 °C in retorts (1 - 10)

Następnie podjęto próbę sprawdzenia, czy średnia temperatura produktu miała wpływ na czas konieczny do uzyskania temperatury sterylizacji właściwej  $\geq 115$  °C przez dany autoklaw (rys. 5). W warunkach produkcji przemysłowej nie stwierdzono istnienia takiej korelacji, co można tłumaczyć tym, że początkowa różnica temperatury konserw w małych płaskich opakowaniach o deklarowanej masie netto produktu 170 g

załadowanych do koszy nie była na tyle istotna, by wpłynąć na czas konieczny do uzyskania temperatury sterylizacji właściwej w najwolniej ogrzewającym się punkcie autoklawu.

Wyniki badań umożliwiały przyjęcie zoptymalizowanej procedury grzania w procesie sterylizacji w różnych typach autoklawów. Oznacza to, że w sytuacji, gdy autoklawy stosowane w jednym układzie sterowania osiągają zadaną temperaturę sterylizacji  $\geq 115$  °C w ciągu  $17 \div 23$  min, za optymalny czas grzania należy uznać ten, który jest najdłuższy. Związane jest to z wymaganiami dobrych praktyk, które zalecają, aby w momencie rozpoczęcia etapu sterylizacji właściwej każdy z punktów autoklawu osiągnął zadaną temperaturę sterylizacji właściwej. Przyjęcie krótszego czasu w procedurze grzania może skutkować tym, że nie we wszystkich autoklawach w najwolniej ogrzewających się punktach uzyskana zostanie temperatura sterylizacji właściwej.

Z uwagi na to, że wyniki dystrybucji temperatury w poszczególnych autoklawach są specyficzne dla danego urządzenia, trudno jest je odnosić do innych wyników publikowanych w literaturze. Elementem wspólnym wszystkich badań i ich wyników było stwierdzenie, że testy dystrybucji temperatury pozwoliły na ocenę i identyfikację warunków pracy urządzenia oraz na optymalizację procedury procesu sterylizacji [6, 8, 9, 10].

## **Wnioski**

1. Badania dystrybucji ciepła w autoklawach pozwoliły na ustalenie różnic temperatury w momencie rozpoczęcia etapu sterylizacji właściwej oraz na wyznaczenie optymalnego czasu grzania tych autoklawów do zadanej temperatury sterylizacji właściwej.
2. Badania dystrybucji ciepła są ważne, gdyż służą projektowaniu procedury grzania autoklawu tak, aby na koniec etapu grzania różnica temperatur między najchłodniejszym a najcieplejszym punktem w autoklawie nie była wyższa niż 0,5 °C.
3. Analiza dystrybucji ciepła umożliwia optymalizację procedur grzania w sytuacji, gdy w danym zakładzie do kierowania pracą autoklawów stosuje się jeden centralny systemem sterowania.
4. Stwierdzono, że jeżeli różnica temperatur w poszczególnych punktach autoklawów przemysłowych jest mniejsza niż 0,5 °C, to urządzenia pracują poprawnie, a ich stan techniczny nie budzi zastrzeżeń.
5. Optymalizacja procedur grzania za pomocą wykonanych testów dystrybucji temperatury stwarza możliwość uzyskania pozytywnego efektu ekonomicznego i środowiskowego związanego z niższym poziomem zużyciem mediów na dany cykl procesu.



### Literatura

- [1] Code of Federal Regulation Title 21 – Food and Drug. Part 113 – Thermally processed low-acid foods packaged in hermetically sealed containers.
- [2] Downing D.: A Complete Course in Canning. Vol. 1. Fundamental Information on Canning. 13<sup>th</sup> ed. CTI Publications Inc., Baltimore, Maryland 1996.
- [3] FAO/WHO: Code of hygienic practice for low and acidified low acid canned foods. CAC/RCP 23-1979.
- [4] Institute for Thermal Processing Specialists: Guidelines for Conducting Thermal Process Studies. IFTPS, Guelph 2014.
- [5] Great Britain Department of Health: Guidelines for the Safe Production of Heat Preserved Foods. HMSO, London 1994.
- [6] Ismail I.M., Fahmy A., Azab A., Abadir M., Fateen S.: Optimizing the sterilization process of canned food using temperature distribution studies. IOSR J. Agric. Veter. Sci., 2013, 6 (4), 26-33.
- [7] Kołodziejcki W., Pawlikowski B.: Przemysłowa sterylizacja konserw rybnych. Morski Instytut Rybacki, Gdynia 2005.
- [8] Smout C., Loey V., Hendrickx M.: Non-uniformity of lethality in retort processes based on heat distribution and heat penetration data. J. Food Eng., 2000, 45, 103-110.
- [9] Smout C., Loey V., Hendrickx M.: Role of temperature distribution studies in the evaluation and identification of processing condition for static and rotary water cascading retorts. J. Food Eng., 2001, 48, 61-68.
- [10] Varga Sz., Oliveira J., Smout Ch., Hendrickx M.: Temperature distribution analysis of a water cascading retort in rotary and static modes. Int. J. Food Sci. Technol., 2000, 36, 551-562.
- [11] Wedding L.M., Balestrini C.G., Shafer B.D.: Canned Food. Principles of Thermal Process Control, Acidification and Container Closure Evaluation. 7 ed. GMA Science and Education Foundation, Washington 2007.
- [12] Ziemia Z.: Podstawy cieplnego utrwalania żywności. WNT, Warszawa 1980.

### OPTIMISATION OF THERMAL STERILISATION PROCESS OF CANNED FISH PRODUCTS

#### S u m m a r y

The objective of the research study was to optimise the process of thermal sterilisation of canned fish products on the basis of the determination of temperature distribution in water-spray autoclaves. Tested were retorts used under the industrial production conditions of canned fish.

The first stage of the optimisation process is to study the temperature distribution in industrial autoclaves. At this stage, the temperature field is determined in the inner space of autoclave vessel with the product-filled sterilisation baskets. It is necessary to determine the slowest heating autoclave zone in order to further conduct heat penetration tests in canned fish and thus to determine the minimum duration times of sterilisation at a set temperature so as to reach a level of safe (microbiologically) sterilisation value of  $F_0$  for the minimum 3 min. The  $F_0$  symbol is an assumed unit of operation of 121 °C reference temperature during the given time of thermal sterilisation process and it is an indicator to determine the effectiveness of inactivation of microorganisms. During the temperature distribution analyses, there were compared the duration time of inner space heating in individual autoclaves to the true sterilisation temperature set in the coldest point of a given vessel depending on the initial temperature of canned fish. Also the temperature distribution was compared in the individual autoclaves after the 1, 3 and 5 min of the true sterilization. The



temperature distribution analyses were conducted in nine different autoclaves and their results proved that the time needed to reach a true sterilisation temperature  $\geq 115$  °C was 17 to 23 min. This means that a minimum time of 23 min is required for the heating stage duration under the industrial production conditions, where it is necessary to organisationally optimise the sterilisation procedure and to establish one sterilisation process pattern for several autoclaves. Thus the basic objective of the heat sterilisation process is to ensure microbiological safety of a food product having regard to the most difficult conditions of heat exchange during the process.

**Key words:** canned fish products, retort, sterilisation, microbiological safety 