

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРВАТЕЛНИ СИСТЕМИ ПРИ ТОПЛИННАТА СТЕРИЛИЗАЦИЯ НА ХРАНИ

Стоянка Маджарова, Захари Велчев, Рада Динкова

Университет по хранителни технологии – Пловдив, бул. Марица № 26, гр. Пловдив, 4000, България, e-mail: nitani@abv.bg

INFORMATION AND MEASURING SYSTEMS FOR HEAT FOOD STERILIZATION

Stoyanka Madzharova, Zahari Velchev, Rada Dinkova

University of Food Technologies – Plovdiv, 26 Maritsa Blvd., Plovdiv, 4000, Bulgaria, e-mail: nitani@abv.bg

ABSTRACT

There is a short overview of the state of the problem in heat sterilization of products in the food industry enterprises. The emphasis is on existing control methods, theoretical basis for control of safety and technical implementation of control systems. Provided are methods for process control in industrial sterilizers cyclic action and methods for determining the thermal regime guaranteeing sterilization effect at the point with the slowest heating.

Key words: sterilization, food, measuring systems

ВЪВЕДЕНИЕ

През последните години значителен интерес представлява разработването на храни тип „ready-to-eat”, удобни за транспортиране и дистрибуция, с максимална трайност. Технологиите в хранителната индустрия адекватно се развиват в това отношение с внедряването на нови методи и техника за обработка, консетвиране и стерилизация. Внедряват се системи за качество, лабораторен и вътрешен контрол, основна цел на които е производство на безопасни храни. Един от методите за продължително съхранение на хранителни продукти, осигуряващ безопасността им е термичната стерилизация. Конвенционалните операции в консервната промишленост, обаче, създават постоянни промени в хранителните и органолептични качества на храните. Следователно, последните разработки по отношение процесите за преработка на храни са насочени към технологии, които имат потенциала да намалят значително загубите и промените на хранителни вещества и сензорни компоненти чрез намиране на подходящ време-температурен режим на топлинна обработка [3].

Постигането на възможно най-добро качество на продукта при преработката на суровини в хранително-вкусовата промишленост представлява оптимизационна технико-технологична задача, която се решава индивидуално и конкретно при отделните видове храни (Моллов, 2013).

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СТЕРИЛИЗАЦИОННИЯ ЕФЕКТ. ОБЩИ ПОЛОЖЕНИЯ

Учените *Esty* и *Meyer* въз основа на установената от тях термоустойчивост на *Clostridium botulinum* въвеждат понятието “минимален термичен ефект” – комбинация от време и температура, гарантиращи унищожаването на спорите на *Cl.botulinum*. Хранителният ботулизъм се дължи на приемане на ботулиновия токсин с храната. Токсинът обикновено попада в храната в резултат на заразяването ѝ с *Clostridium botulinum*. Самата бактерия е сравнително чувствителна на топлинна обработка и лесно умира. Произведеният от нея токсин обаче е изключително устойчив. Поради това *Cl.botulinum* служи като еталонен микроорганизъм при определяне на време-температурните режими за

стерилизация на продуктите. Спорите на *Cl.botulinum* са с висока термоустойчивост, при температура 100°C те издържат 5,5 часа. Термичната обработка на консервирани продукти с $pH > 4,5$ трябва да бъде най-малко 3 минути при температура 121,1°C или при еквивалентно нагряване при други температури, ниски стойности на pH (химичен състав на средата) и водната активност (aw), гарантират унищожаването на евентуални спори на *Cl.botulinum* [23, 24].

Разработени и приложени са математически методи за изчисляване ефективността на стерилизационните процеси, чрез интегриране на леталното действие при температури установени в най-бавно загряваната точка в консервата: Общ метод на Bigelow – 1920 г., метод с формули на Ball [3, 4], “нови методи” на Stumbo [13], опростени математически изчисления на Olson и Stevens [3], графически метод на Taggart и Farrow – 1942 г., номограми на Townsend – 1955 г. Методи описващи загряването на микроорганизмите в следствие на температурното загряване във функция на времето се използват широко при определяне на режимите на стерилизация. Количествено тези процеси могат да се представят с логаритмични или показателни функции. Представяват графично интегриране на всяка точка от кривата на загряването и охлаждането, характеризираща температурата в центъра на опаковката и времето на загряване (охлаждане), съответстващо на определено смъртно време за даден микроорганизъм. Hayakawa, предлага по отношение на кондуктивно загрявани продукти набор от емпирични формули [9, 5]. С помощта на време-инерционните коефициенти (E, s) при известни стойности на температурите на загряващия и охлаждащия флуид, топлофизичните характеристики на продукта и неговата начална температура могат да се изчислят температурите в най-бавната точка на загряване в опаковката по време на процеса, а също и F -ефектът. Решението за измерване, изчисляване и предсказване на време-температурни стойности за най-бавната точка на загряване в опаковката при различни начини на загряване и различни видове опаковки е било предложено от редица автори. Представени са математически методи за решение на задачите с или без използване на компютър [1, 2, 6, 20]. Приложението на всички методи за изчисляване на леталния и стерилизационен F ефект винаги е свързано с използването на стойности като D, z, T_e . Стойностите на z се избират спрямо микроорганизъм, който може да причини евентуална развала на консервата или може да е опасен за човешкия организъм.

В момента у нас режимите на стерилизация на различните консерви се упоменават в Технологичните инструкции или Техническите спецификации. Тяхното установяване става на базата на натрупания през годините практически опит. За ефективността им се съди по резултатите от провеждания микробиологичен контрол на произведените консерви в процеса на съхранението и наблюденията над партидите. С развитието на технологиите се развиват системи за управление на процесите на стерилизация, базирани на контролери, които поддържат температура и налягане в съответствие с предварително зададен профил, съобразен с големината на опаковката, вида на продукта, който да гарантира достатъчност на температурната обработка. Едновременно с това, част от системите осигуряват възможност за записване на данните, за протичане на процеса по отношение на температурата на топлоносителя, а понякога и чрез поставяне на датчик във вътрешността на опаковката. На тази основа Динков предлага бърз метод за определяне и корекция на режимите на стерилизация [7], има разработена Електронна система за измерване, регистриране и архивиране на технологични параметри[23].

КАЧЕСТВО И БЕЗОПАСНОСТ НА ХРАНИТЕ

Качеството на храните е динамична величина и се променя в зависимост от влиянието на различни технологични и човешки фактори. В отделните производствени партии за

всеки продукт се наблюдават определени отклонения на основните показатели около предварително зададените стойности, дължащи се на качеството на суровините, различни технологични параметри, условията на съхранение и др. Тези нива на отклонение в характеристиките и състава на продуктите предполагат известна сложност при управлението на качеството им [25].

Подобренията в качеството и безопасността на преработените храни се постига чрез регулаторни изисквания на производителите, както и на националните и международни органи, които препоръчват или налагат стандарти за изпълнение и методи за постигане на безопасност и осигуряване на качеството [3]. През 2014 г., US Food and Drug Administration издава Насоки за производителите на кисели и слабо-кисели консервирани храни. Федералният регулатор изисква производителите на дълготрайни подкиселени храни и слабо-кисели консервирани храни в херметически затворени съдове за продажба в Съединените щати, да регистрират всеки обект и посочат планираните процеси в Администрацията по храните и лекарствата за всеки продукт, тип продукт, размер на опаковката, и вид и начин на обработка (21 CFR 108).

Съгласно Регламент 852/2004, главната отговорност за безопасността на дадена храна носи този, който я произвежда. Задължение на производителите на храни е да гарантират, че всеки етап на производството, преработката и разпространението на храни под техен контрол, отговаря на изискванията установени в регламента.

Производителите и търговците на храни са длъжни да въведат, прилагат и поддържат постоянни процедури за управление на безопасността на храните, които се основават на принципите на анализ на опасностите и критични точки за контрол НАССР. През 1974 г. в Управлението по храните и лекарствата САЩ FDA регламентира прилагането на НАССР при производството на слабо-кисели консервирани храни. Подходът НАССР е възприет в официално в Европейския съюз през 1993 г. Той се основава на 7 основни принципа:

- Анализ на опасностите
- Критични точки за контрол
- Критични параметри и критични граници
- Мониторинг на ККТ
- Коригиращи действия
- Валидиране и верифициране
- Съхранение на записи.

ТЕХНИЧЕСКИ РЕШЕНИЯ И СИСТЕМИ ЗА КОНТРОЛ И ИЗМЕРВАНЕ

В годините с развитие на изчислителната техника се правят опити за намиране на методи които да разрешат на производителите да коригират процеса докато той е още в ход, така че след нормализация на процеса (при отклонение) да се постигне зададената леталност. Когато това се постига без необоснована преработка или намеса на оператора се отнася към случаите на “интелигентно on-line управление” [10, 11, 12, 17, 18, 19]

Teixeira и Tucker [13, 17] разделят системите според типа на подхода в три групи: системи за работа с температурните данни в реално време, системи с корекция на процесите в реално време, системи основаващи се на математически модели на топлопренасяне.

Подходът и методите за валидиране на системите за контрол на термичната обработка на храните и проверката им чрез системите НАССР са описани добре от Leaper и Richardson [10], които обръщат внимание върху гаранцията на качеството без това да е свързано с прекалено голяма температурна обработка (over-processing), която би довела до нежелана промяна в органолептичните качества на продукта.

Към момента съгласно Закона за храните, се изисква записването и съхранението на данните за термичната обработка. В България съществуват и работят системи за следене и архивиране на данни за температурни режими. Най-често това са системи изградени на базата на стандартни сензори за температура (терморезистори и термодвойки), трансмитери за тях и събирането на данните е от локално измервателно и записващо електронно устройство – DL (Data Logger). Такива системи се предлагат и внедряват от фирми като BioEviBul, Microsyst и др.

Системи със същите функции, но с различна архитектура са тези, които използват сензори за температура от ново поколение - те обединяват функциите на сензора, преобразувателя на данни в цифров вид и комуникационен адаптер със собствен адрес. Това са така наречените 1-wire bus systems. Такъв тип системи разглежда Динков в работата си по същата проблематика [7, 22]. Подобна система предлага фирма Вектор 1 ООД.

Това са най-разпространените системи, намерили приложение към момента. Всички те позволяват наблюдение на процесите, запис и архивиране на данните и тяхното представяне в табличен и графичен вид. И при двата вида системи обработката и архива на данните се реализира в компютърна система и специализиран софтуер. При наличие на температурен сензор в опаковката те могат да изчислят постигнатия F -ефект и да отпечатат протокол на конкретния стерилизационен процес.

ИЗВОДИ:

Няма изградена действаща и обективна цялостна система от правила и методика за дефиниране на изискванията към техническите средства за контрол, измерване и архивиране от гледна точка на функционалните им възможности: дефиниране на входните параметри за начална температура на продукта, z , T_{em} , F_0 , организацията на базата от записи на данни, съпоставимост на заложения и реализирания процес и необходимите реакции от страна на системата при отклонение и т.н., въпреки съществуването на достатъчно изследвания у нас и в световен мащаб, за определяне на необходимата минимална, но достатъчна стойност на F_0 , така че да се гарантира безопасността на продукта. Във връзка с изискванията за безопасност и повторемост се налага необходимостта от разработването на метод, процедури и техническо решение на система за бързо определяне на режимите на стерилизация в промишлени условия, които да гарантират постигнатите в процеса на работа стойности на зададения предварително целеви стерилизационен ефект.

ЛИТЕРАТУРА

1. Akterian, S.G., 1995. Numerical simulation of unsteady heat transfer in canned mushrooms in brine during sterilization processes. *J. Food Eng*, Volume 25, p. 45–53.
2. Akterian, S.G., n.d. Studying and controlling thermal sterilization of convection-heated canned foods using functions of sensitivity. *J. Food Eng.*, Volume Volume 29(3/4), p. 125–143.
3. Awuah, G.B., Ramaswamy, H.S., Economides, A.(2007). . C(2007), n.d. Thermal processing and quality: Principles and overview. *hemical Engineering and Processing* 46, p. 584–602.
4. Ball, C. O. and F. C. W. Olson, 1957. *Sterilization in food technology – Theory, practice and calculations*. s.l.:McGraw-Hill.
5. Ball, C.O., 1923. Determining by methods of calculation the time necessary process canned food. *Bulletin of national researchcouncil* .
6. Bhowmik, S. R. and K. Hayakawa, 1979. A new method for determining the apparent thermal diffusivity of thermally conductive food. *Food Sci.*, Volume 44(2), p. 469–474.
7. Bhowmik, S.R. and S.Tandon, 1987. A method of thermal process evaluation of conduction heated foods in retortable pouches. *J. Food Sci.*, Volume 52(1), p. 202–209.

8. Dinkov, Hr. et al., 2012. *Computer based measuring and backup systems type I-wire bus in industry and academic activit*, s.l.: ETRAN CONFERENCE Zlatibor- Srbija, RT3.2.
9. Esty, J. and K. Meyer, 1922. The heat of the spores of *Cl.botulinum* and allied anaerobes. *The journal of infections diseases*, Volume 31.
10. Hayakawa, K. et al., 1997. Use of empirical temperature response function for modified Duhamel's theorem application. *Food Eng.*, Volume 34(3), p. 331–353.
11. Richardson, P. S. and S. D. Holdsworth , 1989. Mathematical modelling and control of sterilization processes. *Process engineering in the food industry - Elsevier Applied Science*, p. 169–187.
12. Sablan, S. S. et al., 1997. Neural network modeling of heat transfer to liquid particle mixtures in cans subjected to end-over-end processing. *Food Research Int*, Volume 30(2), p. 105–116.
13. Sablani, S. S. et al., 1995. A neural network approach for thermal processing applications. *Food Processing Preserv*, Volume 19, p. 283–301.
14. Simpson, R. , 2004. Control logic for on-line correction of batch sterilization processes applicable to any kind of canned food. *Proceedings of IFT symposium of thermal processing in the 21st century: Engineering modeling and automation*, p. 78-82.
15. Stumbo, C. et al. , 1983. *Handbook of lethality guides for lowacid canned food*. Florida: Inc. Boca Raton: s.n.
16. Stumbo, C. et al., 1975. Thermal process lethality guide for lowacid foods in metal containers. *J.of food science*, Volume 6.
17. Stumbo, C., 1973. *Thermobacteriology in food processing*. s.l.:Academic Press.
18. Teixeira, A. A. et al., 1992. *Innovations in conduction-heating models for on-line retort control of canned foods*. s.l.:s.n.
19. Tucker, G. and Clark P., 1990. Modelling the cooling phase of heat sterilization processes using heat-transfer coefficient. *Food Sci. Techno*, Volume 25(6), p. 668–681.
20. Tucker, G. and P. Clark, 1989. Computer modelling for the control of sterilization processes. Technical Memorandum. *Campden & Chorleywood Food Research Association*, Volume 529.
21. Tung, M. A. et al., 1989. *Food properties, heat transfer conditions and sterilization considerations in retort processes*. s.l.:Kluwer Academic Publishers.
22. Videv, K., 1972. *Mathematical model of the sterilization process of canned foods during convection heating*. Plovdiv, Bulgaria: Doctoral thesis, Institute of Food and Flavour Industries.
23. Динков, Хр., 2007. *Компютърна система за температурни измервания изградена на базата на цифрови сензори и еднопроводна линия за връзка*, s.l.: Н. тр. на УХТ-Пловдив, т. LIV, св. 3, стр. 186-189.
24. Маслинков, Ив., 2014. Електронна система за измерване и архивиране на технологични процеси. *Наука и Технологии*, Том 4, №4.
25. Моллов, П., 2013. *Качество на храните.Регулиране, контрол, управление*. София: ISBN 978-619-90060-3-0.
26. Флауменбаум, Б. и колектив, 1986. *Основы консервирования пищевых продуктов*. Москва: Агропромиздат.
27. Хайдатов, М., Н. Пенев, Ст. Делкинова, 2005. *Режими на стерилизация , F0 – стойности и тяхното влияние върху безопасността, качеството и енергоемкостта на стерилизирани консерви*. Пловдив: Академ. изд. на УХТ.