

СТЕРИЛИЗУЮЩИЙ ЭФФЕКТ - ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СТЕРИЛИЗАЦИИ КОНСЕРВОВ

В.П. Нино, В.А. Бутник, Ю.В. Клоков, Г.В. Купец - научно-исследовательские организации пищевой индустрии Санкт-Петербурга

Производство пищевых продуктов длительного срока хранения (консервов) определяет качество и главную цель стерилизации - обеспечение безопасности для здоровья человека. Обеспечение безопасности консервов можно гарантировать только с помощью критерия оценки процесса (F_n), который является функцией двух стерилизующих эффектов:

$$F_n = f(F_n^M, F_n^T), \quad (1)$$

где F_n^M - стерилизующий эффект микробиологического процесса; F_n^T - стерилизующий эффект технологического процесса.

Микробиологическая оценка процесса стерилизации есть летальность процесса или нормативный стерилизующий эффект (F_n^M , условных единиц), рассчитываемый согласно Петрухиной (1999):

$$F_n^M = Z/T, \quad (2)$$

где Z - константа, характеризующая устойчивость устойчивую устойчивость микроорганизмов; T - температура стандартная.

Стерилизующий эффект (F_n^M) согласно (2) является константой, а для разработки стерилизующего эффекта технологического процесса даже для одного вида группы консервов дается диапазон. Так, например, для "натуральных" рыбных консервов $F_n^M = 4,3-6,5$ единиц (Бабарин, 1987). Отсюда цель микробиологических исследований - поиск полинома той степени, который адекватно описывает процесс "набора" стерилизующего микробиологического эффекта уравнением:

$$F_n^M = f(\Phi_i), \quad (3)$$

где Φ_i - микробиологические факторы; i - текущее значение фактора ($i = 1...n$).

До настоящего времени полином (3) имеет вид так называемой, "формулы стерилизации" (τ , мин) (Клоков, Бутник, Таврова, 1991):

$$\tau = A(p_1) - B(p_2) - C(p_3), \quad (4)$$

где A, B, C - продолжительность стадий выхода на рабочий режим собственно стерилизации и охлаждения соответственно, мин; p_1, p_2, p_3 - избыточное давление стадий A, B, C соответственно, Па.

При этом стерилизация, как процесс тепловой обработки пищевых продуктов, начинается со стадии заполнения автоклава паром ("подувка") и осуществляется при тем-

пературе теплоносителя (среды) $T_T = 120$ °С.

Однако неизвестно, адекватно ли происходит реальный процесс стерилизации объекта $F_n^O = \text{var}$ описываемой модели $F_n^{\text{мод}} = \text{const}$, зависящей от начальной температуры (T_{nn} , К), влажности (W_{nn} , %), объемного заполнения объекта (V_{nn} , %) и поля температуры теплоносителя (∇T , К/м).

Этот вопрос возникает в связи с тем, что в настоящее время информация о стерилизующем эффекте приводится в Технологической инструкции (1988), но отсутствует в документах, отражающих фактические измерения на консервных перерабатывающих производствах, а также вероятностью неудовлетворительного качества консервов ("переваренные") или опасного летального исхода ("недоваренные"). Кроме того, согласно классификационного подхода (Клоков, 2000), ассортимент пищевой продукции определяется неограниченным (в количественном понятии) "искусством" создания пищи, что приводит к неразрешенности (временном и финансовом) разработки многочисленных режимов стерилизации. На технологический процесс приготовления консервов влияет и оптимизация процессов нагрева с теплотехнической точки зрения, что приводит еще и к изменению технологических процессов (например, добавление воды в натуральные консервах) не учитываемых "формулой стерилизации".

Отсюда цель технологических исследований - поиск полинома той степени, который адекватно описывает "набор" стерилизующего эффекта технологического процесса уравнением:

$$F_n^T = f(f_n^M, F_n^T). \quad (5)$$

Уравнение (5) является функцией двух составляющих: первая - стерилизующий микробиологический эффект (уравнение 3), вторая - стерилизующий эффект F , определяющийся аспектами технологического процесса. Получение ответа на поставленную главную цель возможно при использовании уравнения (3) и решения эмпирического уравнения:

$$F_n^T = f(T_{nn}, W_{nn}, V_{nn}, T_T), \quad (6)$$

где T_T - поле (трехмерное) температуры теплоносителя, $T_T = T(x, y, z, t)$.

"Набор" F_n^O , являющийся суммой коэффициентов летальности (ΣF_n), начинается от температуры объекта $T_{nn} > 100$ °С, согласно понятию существующей "формулы

стерилизации", в течение стадии "собственно стерилизации" без учета температуры объекта в начале стадии, которая может быть $T_{nn} < 100$ °С, а также без учета температуры на стадии "выход на рабочий режим", которая наоборот может быть $T > 100$ °С. Кроме того, "набор" F_n^O происходит и после стадии "собственно стерилизации", т. е. в начале стадии "охлаждение" до тех пор пока $T_{nn} > 100$ °С не уменьшится до $T_{nn} < 100$ °С.

"Набор" F_n^O может происходить и на стадии "выхода на рабочий режим", когда при электрофизических методах нагрева перед стерилизацией $T_{nn} \approx 55$ °С, а при традиционных - $T_{nn} < 18$ °С. Тогда продолжительность стадии до достижения объектом $T_{nn} \geq 100$ °С можно характеризовать как известное понятие "стадия прогрева" пищевого продукта. Отсюда продолжительность процесса стерилизации (τ , мин) будет определяться продолжительностью "набора" $F_n^O - F_n^{\text{мод}}$ из уравнения:

$$\tau = \tau_n + \tau_{np} + \tau_{cc} + \tau_{охл}, \quad (7)$$

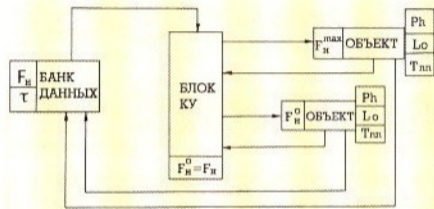
где τ_n - продолжительность стадии заполнения автоклава паром до $T_{nn} = 120$ °С, мин; τ_{np} - продолжительность стадии прогрева пищевого продукта до $T_{nn} \geq 100$ °С, мин; τ_{cc} - продолжительность стадии собственно стерилизации до "набора" F_n^O , мин; $\tau_{охл}$ - продолжительность охлаждения с частичным "набором" F_n^O , мин.

Особый интерес представляет "набор" F_n^O при стерилизации консервов, употребляемых в окружающей среде с разрежением, связанный с термолабильностью пищевых продуктов и недостатками, вызванными термообработкой, которая значительно продолжительнее известных процессов (Скурихин, Волгарев, 1994).

Разработанная система автоматизации процессом стерилизации консервов, построенная на микропроцессорной элементной базе (Нино, Ратников, 2000), позволяет реализовать уравнение (1) процессом по стерилизующему эффекту. Для управления процессом стерилизации необходимы: начальные условия (величины уравнения 6), граничные условия (параметры теплоносителя T_T, P_T).

На рисунке представлена блок-схема

контроля и управления процессом стерилизации консервов. Базируясь на исходных данных объекта (виде консервов R_h , типоразмере банки L_o , начальной температуре $T_{пл}$ пищевого продукта) и банка данных (имеющийся, но не использующийся нормативный эффект F_H – критерий процесса стерилизации) можно блоком контроля и управления (блок КУ) осуществлять обоснованный научно режим процесса стерилизации.



Блок-схема контроля и управления процессом стерилизации

Таким образом, "набор" $F_H^0 = F_H$ обеспечивает промышленную безопасность кон-

сервов, а по полученным в двух объектах стерилизующим эффектам F_H^0 и F_H^{\max} (в области поля температур с максимальной температурой теплоносителя) можно дать заключение об отсутствии "недоваренных" и о наличии "переваренных" консервов как показателе качества и безопасности пищевых продуктов, согласно Федерального закона "О качестве и безопасности пищевых продуктов" (2000).