

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ МЯСОПРОДУКТОВ

Ю.А.ИВАШКИН, И.И.ПРОТОПОПОВ и Ю.Г.КОСТЕНКО

Московский технологический институт мясной и молочной промышленности, Москва, СССР

Е.Ф.ОРЕШКИН и В.К.ПРИЗЕНКО

Всесоюзный научно-исследовательский институт мясной промышленности, Москва, СССР

В настоящее время технологические процессы производства мясопродуктов характеризуются сложностью структуры и многомерностью сырья, а также оборудования, многоэтапностью, нелинейными зависимостями между параметрами и случайным характером их изменения, т.е. обладают всеми свойствами сложных систем, распределенных по времени и пространству. Следовательно, можно считать, что процесс формирования качества мясопродуктов также распределен во времени и пространстве.

Одной из основных задач современного мясоперерабатывающего производства является выработка готовой продукции с заданным уровнем качества. Для реализации данной задачи необходимо формализовать процесс формирования качества с учетом его распределения по производственным участкам:

$$Q = Q_1 + \dots + Q_i + \dots + Q_N = \sum_{i=1}^N Q_i; \quad i = 1, N \quad (1)$$

где Q - уровень качества реализации ТП;

Q_i - уровень качества реализации ТП на i -ом участке;

N - число участков ТП.

В свою очередь Q_i складывается из удельного веса i -го участка (A_i) в структуре всего ТП, удельных весов каждого из j параметров (B_{ij}) и численного значения параметров участка (C_{ij}), т.е. выражается зависимостью:

$$Q_i = A_i \sum_{j=1}^{K_i} B_{ij} \cdot C_{ij}; \quad i = 1, N; \quad j = 1, K_i \quad (2)$$

где K_i - общее число параметров i -го участка.

Таким образом, математическое описание обобщенного функционала качества мясопродуктов имеет вид:

$$Q = \sum_{i=1}^N A_i \sum_{j=1}^{K_i} B_{ij} \cdot C_{ij}, \quad (3)$$

причем должны соблюдаться условия $\sum_{i=1}^N A_i = 1$ и $\sum_{j=1}^{K_i} B_{ij} = 1$.

Величина C_{ij} расчитывается по зависимости:

$$C_{ij} = \frac{|\mathcal{D}T_{ij} - \mathcal{D}Z_{ij}|}{\Delta \mathcal{D}Z_{ij}} \quad (4)$$

где $\mathcal{D}T_{ij}$ - текущее (измеренное) значение j -го параметра i -го участка ТП;

$\mathcal{D}Z_{ij}$ - заданное значение j -го параметра i -го участка ТП;

$\Delta \mathcal{D}Z_{ij}$ - наибольшее или наименьшее допустимое отклонение j -го параметра i -го участка от его заданного значения.

На основании этого математической модель процесса контроля качества мясопродуктов в ходе реализации ТП будет иметь вид:

$$Q = \sum_{i=1}^N A_i \sum_{j=1}^{K_i} B_{ij} \left| \frac{\mathcal{D}T_{ij} - \mathcal{D}Z_{ij}}{\Delta \mathcal{D}Z_{ij}} \right| \quad (5)$$

Анализ модели позволяет сделать вывод о том, что при нормальном ходе ТП будут выполняться условия $0 \leq Q \leq 1$ и $0 \leq C_{ij} \leq 1$. При нарушении хода ТП, т.е. когда $Q > 1$, необходимо анализировать величину C_{ij} на каждом участке ТП для совокупности всех параметров участка.

Следовательно, математическое описание функционалов выражается суммой нормированных независимых показателей качества ТП и продукции с учетом их значимости на выделенных участках предшествующего уровня обобщения технологического процесса.

Количественные значения величин $\mathcal{D}Z_{ij}$ и $\Delta \mathcal{D}Z_{ij}$ определяются из принятой технологической схемы [5], величины $\mathcal{D}T_{ij}$ периодически вводятся в ЭВМ от датчиков технологических процессов через устройство связи с объектами. Весовые коэффициенты A_i и B_{ij} алгоритмически определяются из матричной информационной модели, отражающей принадлежность и вес нормированных показателей на отдельных стадиях и участках детализированной структуры процесса.

Апробация вышеизложенной модели формирования функционала качества мясных продуктов была проведена применительно к производству мясных консервов, так как этот вид продукции занимает большой удельный вес среди выпускаемой пищевой продукции и характеризуется многостадийностью процесса формирования качества и многообразием связей между характеризующими его параметрами. В частности, исследовали процесс производства деликатесных консервов - одного из высокопитательных видов продукции.

Исходные данные для информационной матричной модели получены с помощью метода экспертных оценок зависимости качества готового продукта от сырья и технологических условий его изготавления. С этой целью была составлена анкета, в которой учитывались все органолептические показатели готового продукта и их взаимосвязь с качеством сырья и технологическими параметрами его обработки. Показатели качества готового продукта оценивали по 100-балльной системе /1-3/. Разброс технологических параметров (табл.1) для указанного вида консервов установлен на основе литературных и практических данных /4,6/.

В экспертизе приняли участие специалисты мясной промышленности. Целью экспертизы было установление связей между показателями качества деликатесных консервов и параметрами технологического процесса их производства.

Таблица 1

Параметры технологического процесса	Диапазон изменения параметров
Температура сырья поступающего из холодильника, °С	1 ± 6
Величина pH сырья	6,0 ± 6,8
Общий белок, %	18 ± 20
Мышечный белок, %	10 ± 12
Усилие на срез, Па	2.10
Влагоудерживающая способность сырья, %	65 ± 75
Температура сырья после обвалки, °С	4 ± 15
Время механической обработки, мин.	5 ± 60
Температура сырья во время механической обработки, °С	6 ± 18
Количество вводимого рассола, %	10 ± 20
Время созревания посоленного сырья, час	18 ± 40
Температура созревания посоленного сырья, °С	4 ± 8
Закладка желе в банку, %	0,5 ± 5
Время тепловой обработки, мин	60 ± 240
Температура в центре банки, °С	80 ± 100

В результате обработки анкет были рассчитаны количественные значения коэффициентов A_{ij} и B_{ij} (таблица 2):

Таблица 2

Участки ТП производства пастеризованных консервов	A_{ij}	Параметры ТП производства пастеризованных консервов	B_{ij}
Участок подготовки сырья	0,09	Температура сырья после обвалки	1
Механическая обработка сырья	0,2	Продолжительность обработки	0,51
		Температура	0,49
Посол	0,25	Состав рассола	0,49
		Концентрация рассола	0,51
Созревание	0,25	Продолжительность	0,53
		Температура	0,47
Закладка в банки	0,06	Емкость банки	0,49
		Содержание желатина	0,51
Тепловая обработка	0,15	Продолжительность	0,5
		Температура в центре банки	0,5

Количественные значения величин ΦZ_{ij} и $\Phi \bar{Z}_{ij}$ были выбраны из принятой технологической схемы на производство пастеризованных консервов 1,51.

Основываясь на результатах экспертизы разработан алгоритм и программное обеспечение реализации модели (5). После чего на ЭВМ выполнено имитационное моделирование процесса производства деликатесных консервов, которое сводилось к изменению текущих значений (ΦT_{ij}) технологических параметров с заданной дискретностью, определенных по результатам экспертизы и принятых качественных показателей готового продукта ($A_{ij}, B_{ij}, \Phi Z_{ij}, \Phi \bar{Z}_{ij}$). Для оценки предельных значений технологических параметров был принят допустимый диапазон

изменения уровня качества Q , рассчитанный на каждом шаге реализуемой модели (5). В результате моделирования определены (табл.3) допустимые диапазоны изменения параметров технологических этапов, а также сформулированы требования к метрологическим характеристикам измерительных приборов и средств автоматизации, которые используются для управления технологическими процессами в реальном масштабе времени.

Таблица 3

Этапы и параметры ТП	ΔD_{3ij}	D_{3ij}	ΔT_{ij} диапазон изме- нений	Рекомендуемые диапазоны из- менения ΔT_{ij}	
				шаг	1
Сырье после обвалки: температура, $^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,02$	+4	4 + 15	0,2	4 + 6
Механическая обработка сырья время, мин	± 5	5	5 + 60	5	5 + 50
температура, $^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,2$	+6	6 + 18	0,2	6 + 8
Посол шприцеванием количество вводимого рассола	± 1	10	10 + 20	1	10 + 18
Созревание посоленного сырья время, час	± 1	18	18 + 40	1	18 + 25
температура, $^{\circ}\text{C}$	$\pm 0,2$	4	4 + 8	0,2	4 + 5
Закладка желатина в банки, %	$\pm 0,1$	0,5	0,5 + 5	0,1	0,5 + 3,8
Тепловая обработка консервов время, мин	± 6	90	60 + 240	6	60 + 170
температура, $^{\circ}\text{C}$	$\pm 1,5$	95	80 + 100		80 + 100

На основе полученных данных установлена возможность оптимизации технологического процесса с применением машинных методов, что позволяет избежать сложных, трудоемких и продолжительных по времени экспериментальных работ на конкретном объекте.

Таким образом, рассмотренная методика имитационного моделирования на ЭВМ позволяет экспериментально определить оптимальные параметры отдельных, наиболее значимых участков технологического процесса, обеспечивающих выпуск продукции с заданным уровнем качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mori L., Pojer C. "Sulla gualita della carne bovina lessata in scatola". Ateneo parm. Ser. 1, 1972, 43, suppl. 1, 81-85.
2. Persson T., Sydow E. "Atoma of canned beef". J.Food Sci, 1973, 38, 3, 377-392.
3. Artioli D., Maggi E. "Sulla cosiddetta "gelatina" della carne bovina lessata in scatola". Ateneo parm. Ser. 1, 1972, 43, Suppl. 1, 55-61.
4. Dalla Torre Giovanni. Il controlle analitico per l'idoneita' dei prodotti alimentari. "Ind. alim." (Ital.), 1973, 12, 4, 71-73.
5. Кроха Ю.А., Орешкин Е.Ф., Костенко Ю.Г., М., "Мясная индустрия", № 2, 1980.
6. Байчев И., Несторов Н. "Производство мясных продуктов типы ветчины из телятины и баранины", XXIII Европейский конгресс работников НИИ мясной промышленности, Москва, 1977 г.