

УДК 664.95

Е.Г. Тимчук

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
690087, г. Владивосток, ул. Луговая, 52б

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ДЛЯ БЕЗДЫМНОГО КОПЧЕНИЯ КАЛЬМАРА

Приведены результаты исследований, посвященных созданию высокоэффективных способа и устройства для бездымного копчения, установлено влияние параметров процесса обработки кальмара коптильным препаратом на формирование технологических свойств готового продукта.

Ключевые слова: кальмар, копчение, способ и устройство для бездымного копчения, параметры процесса, технологические свойства.

E.G. Timchuk

WAY AND THE DEVICE FOR SMOKELESS SMOKING SQUID

Results of the researches devoted to creation of highly effective of a way and the device for smokeless smoking are given in article, influence of parameters of process of processing of a squid by a smoking preparation on formation of technological properties of a finished product is established.

Key words: a squid, smoking, a way and the device for smokeless smoking, process parameters, technological properties.

Перспективным направлением совершенствования технологического процесса и получения высококачественного и безопасного копченого продукта является обработка полуфабриката коптильным препаратом в виде мелкодисперсного аэрозоля [1, 2]. В рыбной отрасли технологии, основанные на такой обработке, используются при производстве рыбы горячего и холодного копчения [3]. Кроме того, исчерпывающие данные о влиянии дисперсности коптильной среды на закономерности массообменных процессов и формирования специфических свойств копченых продуктов отсутствуют.

В последнее время все большую популярность у населения приобретает копченая продукция из кальмара, который по структурно-механическим характеристикам и химическому составу сильно отличается от рыбы [4]. Особенностью процесса копчения является обязательное удаление кожи кальмара перед обработкой мелкодисперсной коптильной средой. Это приводит к более быстрому проникновению ингредиентов коптильного препарата в толщу мышечной ткани кальмара по сравнению с процессом проникновения их через кожу рыбы.

Исходя из этого, целью настоящих исследований является создание высокоэффективного способа и устройства для бездымного копчения кальмара.

Задачами исследования являются:

- разработка способа бездымного копчения кальмара;
- обоснование метода регулирования размера дисперсных частиц рабочей коптильной среды;
- создание экспериментальной коптильной установки для бездымного копчения;
- установление закономерностей процесса осаждения дисперсных частиц рабочей коптильной среды на полуфабрикат;
- уточнение роли коптильных компонентов в формировании органолептических характеристик копченого кальмара.

На основании анализа научно-технической литературы, патентной документации и предварительных экспериментов нами был разработан способ обработки кальмара копильным препаратом.

Способ заключается в предварительном нагреве копильного препарата в герметичной емкости до температуры 95-102 °С. Нагретый копильный препарат через гидравлическую форсунку циклично распыляется в копильную камеру в течение 3-5 мин. После каждого распыления кальмар обрабатывается холодным воздухом с температурой 5-10 °С в течение 8-10 мин. Распыление нагретого копильного препарата через гидравлическую форсунку позволяет получать мелкодисперсную рабочую копильную среду с невысокой температурой в пределах 50-65 °С, обеспечивающей щадящий температурный режим обработки кальмара. Циклическое охлаждение полуфабриката холодным воздухом препятствует необратимым денатурационным изменениям белка мышечной ткани кальмара, что снижает потери питательных ингредиентов нативного сырья [5, 6].

Такой способ из-за высокой температуры копильного препарата позволяет получать копильную среду с регулируемым размером частиц дисперсной фазы и управлять процессом осаждения копильных компонентов на полуфабрикат [7, 8].

В качестве сырья в опытах использовали кальмар тихоокеанский мороженный (ГОСТ Р 51495-99), копченая продукция из которого пользуется у населения высоким спросом. В качестве копильного препарата использовали «Жидкий дым “Березовый туман”» (ТУ 2431-001-48289501-02), отвечающий современным требованиям по своим экологическим и технологическим свойствам. Диаметр частиц дисперсной фазы определяли с помощью каскадного импактора, массовый состав органических кислот, карбонильных соединений и фенолов – общепринятыми методами в исследованиях процесса копчения и копченых продуктов [9].

В результате реализации эксперимента установлена функциональная зависимость среднего размера дисперсной фазы копильной среды от давления в емкости с копильным препаратом и диаметра выходного сечения гидравлической форсунки (рис. 1).

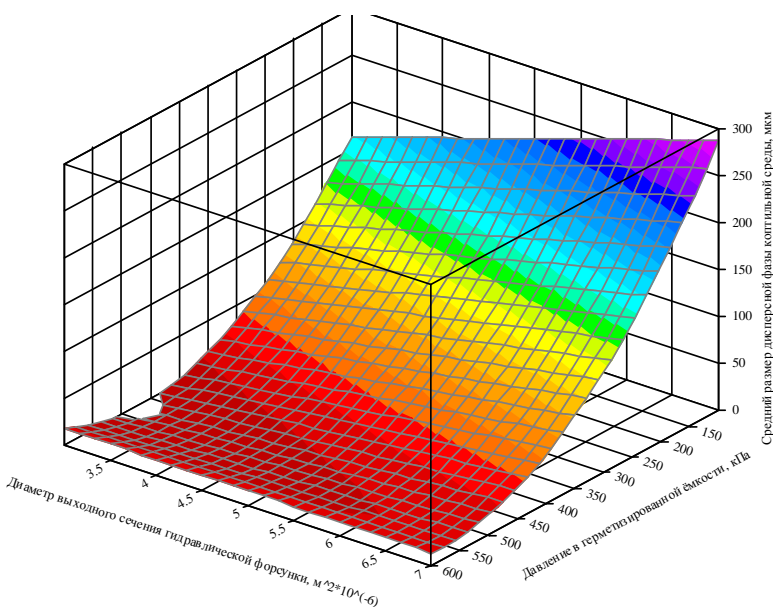


Рис. 1. Зависимость среднего размера дисперсной фазы копильной среды от давления в емкости с копильным препаратом и диаметра выходного сечения гидравлической форсунки
 Fig. 1. Dependence of the average size of a disperse phase of the smoking environment on pressure in capacity with a smoking preparation and diameter of target section of a hydraulic nozzle

Математическая обработка экспериментальных данных позволила представить установленную зависимость в виде уравнения регрессии:

$$Y = 145,78 - 0,92X_1 + 38,92X_2 + 0,001X_1^2 - 0,08X_2^2 - 0,07X_1X_2, \tag{1}$$

где Y – средний размер дисперсной фазы копильной среды, мкм; X_1 – давление в емкости с копильным препаратом, кПа; X_2 – диаметр выходного сечения гидравлической форсунки, $\text{м}^2 \cdot 10^{-6}$.

Достоверность аппроксимации составила $R^2 = 0,95$.

Полученные зависимости позволяют изменением давления в емкости с копильным препаратом и диаметром выходного сечения форсунки регулировать средний диаметр дисперсных частиц рабочей копильной среды.

Для реализации экспериментальных исследований разработана и изготовлена установка, представленная на рис. 2.

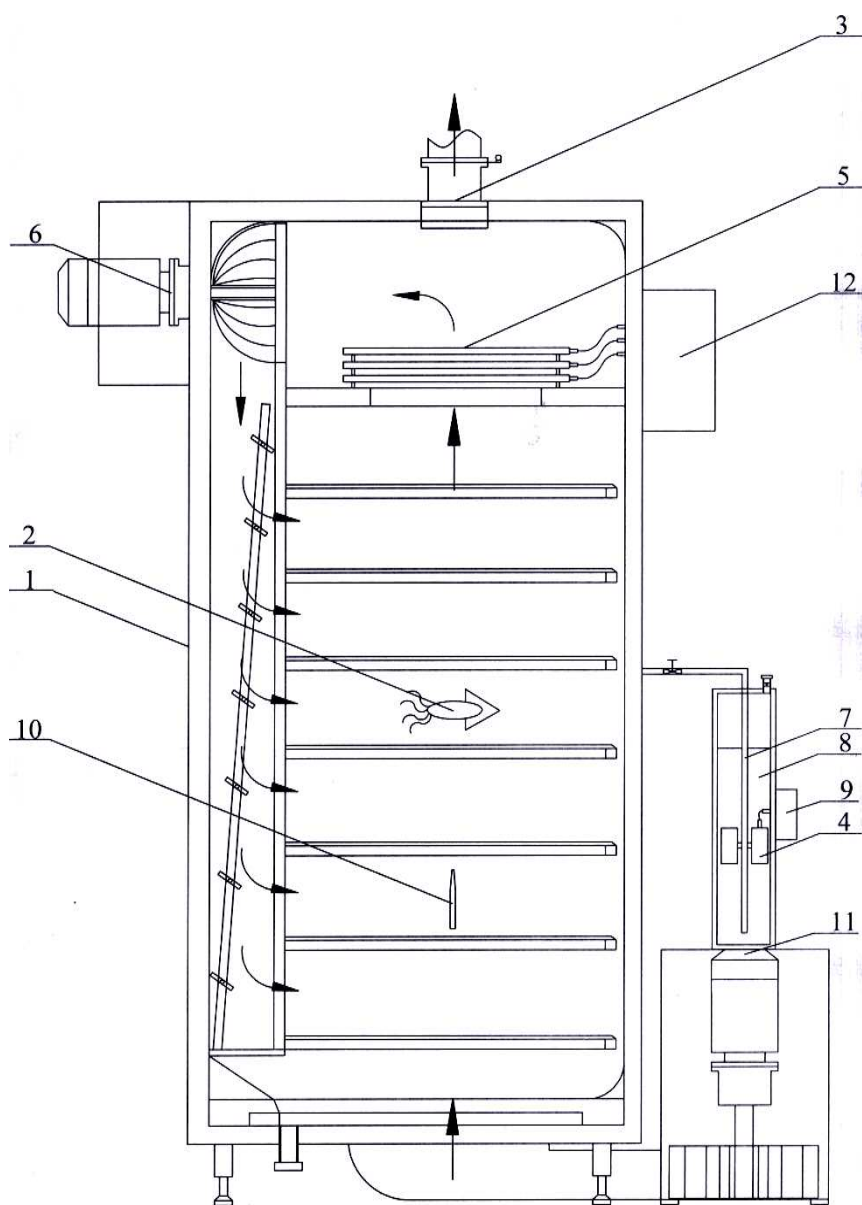


Рис. 2. Схема экспериментальной копильной установки:
 1 – камера; 2 – кальмар;
 3 – трубопровод;
 4, 5 – нагревательный элемент, 6 – вентилятор;
 7 – патрубок; 8 – емкость с копильным препаратом;
 9 – устройство регулирования температуры нагревательных элементов;
 10 – гидравлическая форсунка;
 11 – кондиционер;
 12 – блок питания

Fig. 2. Scheme of experimental smoking installation: 1 – chamber; 2 – squid; 3 – pipeline; 4, 5 – a heating element, 6 – the fan; 7 – branch pipe; 8 – capacity with smoking preparation; 9 – device of regulation of temperature of heating elements; 10 – hydraulic nozzle; 11 – conditioner; 12 – power unit

Экспериментальная копильная установка позволяет варьировать параметры обработки: относительная влажность рабочей копильной среды 20-100 %, температура 2-150 °С, скорость до 20 м/с.

Результаты исследования массообмена представлены на рис. 3.

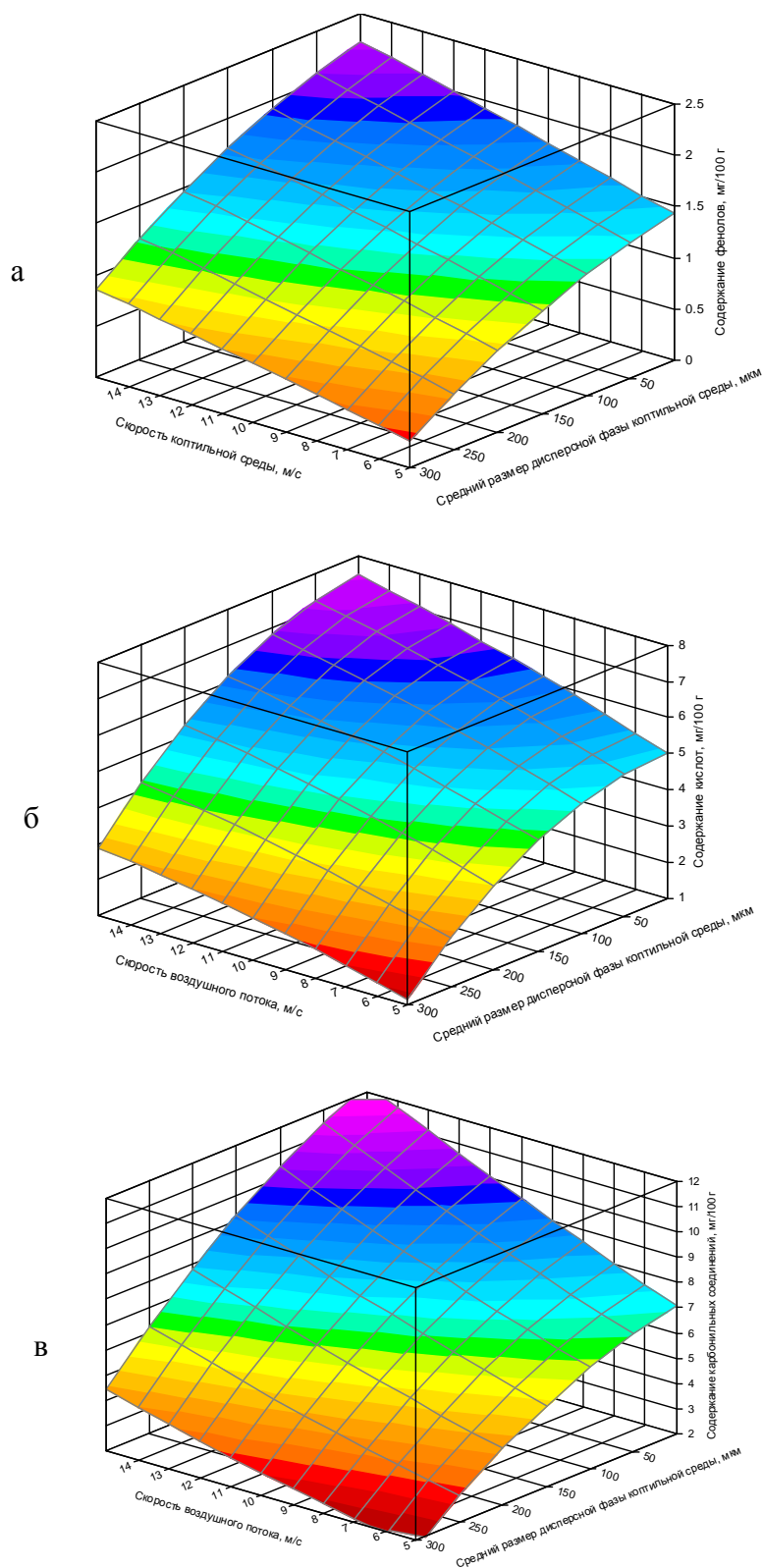


Рис. 3. Влияние скорости воздушного потока и размера частиц коптильной среды на количество осажденных коптильных компонентов: а – фенолов; б – кислот; в – карбонильных соединений
 Fig. 3. Influence of speed of an air stream and the size of particles of the smoking environment on quantity of the besieged smoking components: а – phenols; б – acids; в – carbonyl connections

Математический анализ экспериментальных данных позволил представить полученные результаты в виде следующих уравнений:

$$Y_1 = 0,98 + 0,09X_1 - 0,001X_2 - 6 \times 10^{-4} X_1^2 - 7,4 \times 10^{-6} X_2^2 - 6,67 \times 10^{-5} X_1 X_2, \quad (2)$$

$$Y_2 = 3,31 + 0,37X_1 + 0,002X_2 - 0,006X_1^2 - 4,37 \times 10^{-5} X_2^2 + 0,0003X_1 X_2, \quad (3)$$

$$Y_3 = 4,97 + 0,39X_1 - 0,003X_2 + 0,007X_1^2 - 3,7 \times 10^{-5} X_2^2 + 0,0008X_1 X_2, \quad (4)$$

где Y_1 – содержание фенолов в копченом кальмаре, мг/100 г; Y_2 – содержание кислот в копченом кальмаре, мг/100 г; Y_3 – содержание карбонильных соединений в копченом кальмаре, мг/100 г; X_1 – средний размер дисперсной фазы копильной среды, °С; X_2 – скорость копильной среды, м/с.

Достоверность аппроксимации составила не ниже $R^2 = 0,95$.

Полученные математические зависимости позволяют рассчитывать количество и соотношение основных копильных компонентов копильного препарата в продукте при различных параметрах процесса копчения, тем самым регулировать как единичные показатели качества копченого продукта (вкус, запах и цвет), так и его общее восприятие.

С этой целью были изготовлены образцы копченого кальмара с различным содержанием копильных компонентов и установлена органолептическая оценка их частных показателей качества.

Для более объективной оценки участия фенолов, кислот и карбонильных соединений в образовании специфических свойств копчения были рассчитаны коэффициенты парной корреляции между концентрацией отдельных групп копильных компонентов и органолептической оценкой экспериментальных образцов, обработанных при различных режимах копильным препаратом «Жидкий дым “Березовый туман”», таблица.

**Коэффициенты парной корреляции между концентрацией
копильных компонентов и органолептической оценкой образцов
Factors of pair correlation between concentration of smoking components
and an organoleptic assessment of samples**

Фактор	Коэффициент корреляции		
	Критерий Стьюдента		
	Вкус копчения	Аромат копчения	Цвет поверхности
Фенолы	<u>0,891</u> 4,94	<u>0,924</u> 6,12	<u>0,505</u> 1,59
Кислоты	<u>0,745</u> 4,13	<u>0,783</u> 5,19	<u>0,164</u> 0,52
Карбонильные соединения	<u>0,569</u> 3,15	<u>0,207</u> 1,37	<u>0,821</u> 2,60

Анализ данных таблицы показывает, что содержание фенолов, кислот и карбонильных соединений тесно взаимосвязаны с ароматом, вкусом и цветом копченого кальмара: с увеличением количества данных копильных компонентов улучшается запах, вкус и цвет продукта. На это указывает достаточно высокое значение коэффициентов парной корреляции.

Аналогичные исследования были проведены для рыбных объектов, таких как голец, горбуша и сельдь, установлено влияние параметров копчения на формирование технологических свойств готовых продуктов.

Выводы

1. Разработан способ бездымного копчения кальмара, включающий циклическую попеременную обработку полуфабриката мелкодисперсной коптильной средой при температуре 50-65 °С и холодным воздухом с температурой 5-10 °С.

2. Установлен метод регулирования размера дисперсных частиц рабочей коптильной среды путем изменения давления в емкости с коптильным препаратом в пределах 150-600 кПа и диаметра выходного сечения гидравлической форсунки от 3 до 6,5 м²·10⁻⁶.

3. Разработана экспериментальная коптильная установка емкостью до 5 кг сырья, позволяющая варьировать параметры обработки: относительная влажность рабочей коптильной среды 20-100 %, температура 2-150 °С, скорость до 20 м/с.

4. Получены математические выражения, описывающие зависимость количества осажденных на полуфабрикат фенолов, органических кислот и карбонильных соединений коптильного препарата от скорости потока и размеров дисперсных частиц коптильной среды.

5. Установлена взаимосвязь между количеством осевших на полуфабрикат фенолов, кислот и карбонильных соединений и вкусом, ароматом копчения и цветом поверхности копченого продукта в виде коэффициентов парной корреляции.

Список литературы

1. Курко В.И. Основы бездымного копчения. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1984. – 232 с.
2. Воскресенский Н.А. Посол, копчение и сушка рыбы. – М.: Пищ. пром-сть, 1966. – 548 с.
3. Ким Э.Н. Основы бездымного копчения гидробионтов: монография. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 1998. – 180 с.
4. Кизеветтер И.В. Биохимия сырья водного происхождения. – М.: Пищ. пром-сть, 1973. – 340 с.
5. Пат. Российская Федерация. Установка для бездымного копчения / Э.Н. Ким, Е.Г. Тимчук; № 0095466; опубл. в БИ № 19 от 10.07.2010.
6. Пат. Российская Федерация. Установка для бездымного копчения / Э.Н. Ким, Е.Г. Тимчук; № 0095467; опубл. в БИ № 19 от 10.07.2010.
7. Проскура Ю.Д. Расчет процесса холодного копчения рыбы: учеб. пособие. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 1985. – 75 с.
8. Никитин Б.Н. Основы теории копчения рыбы. – М.: Легк. и пищ. пром-сть, 1982. – 248 с.
9. Курко В.И. Методы исследования процесса копчения и копченых продуктов. – М.: Пищ. пром-сть, 1977. – 157 с.

Сведения об авторе: Тимчук Егор Геннадьевич, младший научный сотрудник, e-mail: gore802@mail.ru.