

**Э.Н.Ким, Е.П.Лаптева, Ю.А.Семиряжко
(Дальрыбвтуз)**

НОВОЕ В ТЕОРИИ И ПРАКТИКЕ БЕЗДЫМНОГО КОПЧЕНИЯ

На пороге третьего тысячелетия перед человечеством с особенной остротой возникают все новые и новые экологические проблемы, одна из первых среди них – качество и безопасность питания.

Для производства же сбалансированного и безопасного питания актуальным является создание и использование барьерных технологий, гарантирующих микробиологическую стойкость и сохранение сенсорных свойств продуктов. В области производства копченой продукции к таковым необходимо отнести технологии получения и применения экологически безопасных коптильных препаратов.

В настоящей статье обобщены результаты исследований по различным аспектам копчения, прежде всего по детальной расшифровке химического состава современных коптильных препаратов, идентификации веществ, способствующих образованию в копченых продуктах специфических, свойственных данной продукции, аромата и вкуса, механизму цветообразования копченых продуктов, массо- и теплообменным процессам копчения и др. Проведен анализ результатов работ, направленных на решение вопросов, связанных с созданием и использованием коптильных препаратов, техническими приемами обработки пищевых продуктов коптильными препаратами и оборудованием для этой цели.

За последнее десятилетие разработано к использованию и рекомендовано значительное количество как новых, так и уже известных отечественных и зарубежных коптильных препаратов, обладающих широким диапазоном технологических характеристик. Большинство из них можно разделить на два типа: полученные на основе водных конденсатов коптильного дыма и путем химической и физико-химической деструкции органических компонентов древесины. К наиболее известным препаратам первого типа относятся отечественные “ВНИРО”, “Сквама”, “Аромат копчения”, “Жидкий дым”, препараты зарубежных фирм, прежде всего “O.A.Broste” и “Red Arrow”. Ко второму типу – зарубежный препарат, получаемый путем обработки древесины уксусной кислотой, и отечественный “Амофил”, изготавливаемый на основе экстракции компонентов древесины водой при повышенном давлении и температуре (Мезеннова, 1997; Ким, 1998).

Необходимо отметить различную концентрацию основных коптильных групп веществ в современных коптильных препаратах. Так, в зависимости от способа получения, назначения и степени концентрирования

препаратов содержание фенольных компонентов в них составляет 0,015–50,0 %, органических кислот – 0,06–5,0, карбонильных соединений – 0,26–23,0 %. Такой широкий диапазон указанных показателей объясняется недостаточной полнотой знаний теории химизма копчения и отсутствием единого методологического подхода к проектированию и оптимизации химического состава коптильных препаратов.

Химизм возникновения в копченых изделиях специфического аромата и вкуса является одним из центральных аспектов теории копчения. Принято считать, что возникновение аромата копченых изделий преимущественно связано с попаданием в продукт соединений фенольной фракции коптильного дыма, частично с карбонильными соединениями, а также как результат воздействия на продукт кислотных и других компонентов дыма. Кислоты дыма способствуют также ускорению тех реакций, с которыми связано сохранение цвета копченых продуктов, тогда как карбонильные компоненты, способствуя более устойчивому проявлению аромата, участвуют преимущественно в образовании характерного окрашивания и блеска копченых изделий.

Дополнительные сведения по этому вопросу, полученные авторами при сравнении фракций водных конденсатов дыма из различных видов древесины, показали, что фракции фенолов обуславливают хорошо выраженный аромат копчения без каких-либо оттенков, а фенолы в сочетании с карбонильными соединениями обладают более выраженным ароматом копчения с пряными оттенками. Это хорошо подтверждается результатами корреляционного анализа содержания фракций фенолов, кислот, карбонильных соединений, углеводов в различных видах копченой продукции и оценками ее органолептических показателей (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты парной корреляции содержания групп коптильных компонентов и органолептической оценки копченых продуктов

Table 1

Factors of pair correlation of the contents of groups smoke of components and sensory of an estimation of smoked products

Фракция	Значения коэффициентов парной корреляции		
	Вкус копчения	Аромат копчения	Цвет поверхности
Фенольная	0,35–0,89	0,20–0,92	0,37–0,51
Карбонильная	0,43–0,74	0,16–0,58	0,06–0,65
Кислотная	0,83–0,86	0,14–0,57	0,04–0,63
Углеводная	–0,05	–0,29	0,85

Развитие высокоточных физико-химических методов анализа позволило получить ряд новых данных по химическому составу современных коптильных препаратов, дополнительно идентифицировать индивидуальные компоненты и в конечном итоге развить и углубить теорию химизма копчения. В связи с этим особый интерес представляют данные, полученные авторами методом хромато-масс-спектрометрии, о содержании индивидуальных веществ в эфирорастворимой части водных конденсатов коптильного дыма и их сенсорная характеристика (табл. 2).

Некоторые компоненты эфирорастворимой части водных конденсатов дыма обладают отдельными оттенками, характерными для копченых мясных или рыбных продуктов. Однако ни одно индивидуальное веще-

ство не обеспечивает полную гамму аромата копчения. Это подтверждает ранее сделанное предположение о том, что аромат копчения является результатом сочетания ряда факторов, определяющие среди которых – суммарное воздействие отдельных компонентов копильного дыма с ярко выраженными оттенками запаха, наличие пахучих компонентов самого обрабатываемого продукта, а также продуктов взаимодействия компонентов дыма и обрабатываемого сырья (Курко, 1984; Ким, 1998).

Таблица 2

Характеристика компонентов копильного ароматизатора

Table 2

The characteristic of components smoke aroma			
№	Наименование вещества	Порог распознавания, млн ⁻¹	Характеристика запаха
1	1,2-циклопентадион	0,05	Сложный с оттенком запаха копченых мясных продуктов, сладким, карамельным оттенком
2	о-крезол	0,014	Крезоловый со слабым оттенком пряного
3	2-фуранкарбоновая кислота		Не определялась
4	п-крезол	0,001	Крезоловый с пряным оттенком
5	Гваякол	0,03	Фенольный с приятным пряным оттенком
6	2-циклопентен-1-он		Не определялась
7	2,4-ксиленол	20,0	Химический с оттенком пресного хлеба и пивного сусла
8	Пирокатехин	28,0	Смешанный, пряный, гвоздичный со слабым карболово-крезоловым оттенком
9	4-метилгваякол	0,09	Пряный, гвоздичный с нерезко выраженным фенольным оттенком
10	3-метилпирокатехин	3,2	Сложный, пряно-дымный, с цветочным оттенком
11	4-метилпирокатехин	1,2	То же
12	2-метокси-3-пропенилэвгенол	0,5	Смешанный цветочно-карболово-крезоловый
13	Резорцин	12,0	Химический с оттенком несвежего сена
14	Вератрол	0,14	Цветочно-травянистый
15	Диметиловый эфир гидрохинона	0,06	Пряный с цветочным оттенком
16	п-этилфенол	0,07	Крезоловый
17	Гидрохинон	8,0	Химический с цветочным оттенком
18	5-изопропилпирокатехин	25	Химический с цветочным кисловатым оттенком
19	2,3,5-триметилфенол	1,0	То же
20	Ванилин	0,02	Специфический ванильный
21	Ацетосирингон	40	Сладкий, ванильный
22	Ацетованилон	40	"
23	Бензойноуксусная кислота		Не определялась

№	Наименование вещества	Порог распознавания, млн ⁻¹	Характеристика запаха
24	Бензойная кислота		Не определялась
25	Бензальдегид		Миндаля
26	Сиреневый альдегид		Неопределенный
27	2-ацетилфуран		Запах чернослива и хлебных корочек с оттенком бензола и петролейного эфира
28	α -амино-3-гидрокси-4-метоксиэтанон		Не определялась
29	4-гидрокси-3-метобензойноуксусная кислота		"
30	Метоксигидрохинон		"
31	3-(гидрокси-4-метоксифенил)-1-аланин		"
32	β -(гидрокси-3-метокси)-бензойноуксусная кислота		"
33	1,2-бифенил		"
34	β -нафтолом		"

Использование корреляционного анализа содержания индивидуальных компонентов копильного дыма в продукте с органолептической оценкой позволило ранее установить основную группу веществ фенольного характера, оказывающих наибольшее влияние на образование аромата копчения: циклотен, вератрол, *n*-этилфенол, гваякол, метилгваякол, пропилгваякол, метилсирингол (Ким, 1998). Указанные фенольные компоненты относятся к группе главных веществ, участвующих в создании острого специфического оттенка запаха. Фенольные вещества другой группы, такие как *o*-, *m*-, *p*-крезолы, изоэвгенолы, сирингол и его гомологи, судя по полученным данным, также принимают участие в образовании аромата копчения. По своим свойствам эти соединения можно отнести к группе дополнительных или замещающих веществ. А такие компоненты, как сиреневый альдегид, ацетованилон, ацетосирингол, не оказывают прямого влияния на аромат копчения, но могут быть полезны из-за других функциональных свойств, например, как стабилизаторы окислительной и микробиальной порчи копченых продуктов при их хранении.

Окрашивание поверхности копченых изделий в коричневые или золотистые тона является неотъемлемой частью эффекта копчения, не только придающей готовому продукту приятный и привычный для потребителя внешний вид, но и служащей в определенной степени критерием контроля самого процесса копчения. В производственной практике интенсивность окрашивания обычно служит приближенным показателем степени прокопченности обрабатываемого изделия.

Согласно распространенному представлению и исследованиям авторов, характерное окрашивание копченого продукта возникает в результате окислительно-восстановительного процесса по типу реакции Майяра, при котором свободные группы аминокислот, пептидов, белков

вступают во взаимодействие со свободными карбонильными группами веществ углеводного характера, находящимися в копильной среде (Курко, 1984; Горохов, 1986).

Данные табл. 1 показывают, что окрашивание поверхности рыбы, особенно при холодном копчении, тесно взаимосвязано с концентрацией в копильном препарате фракции углеводов. Такая фракция содержит в основном вещества типа левоглюкозана, оксикислот и их лактонов, продуктов карамелизации сахаров, образующихся при термической деструкции целлюлозы. Эти вещества являются гидрофильными соединениями, после экстрагирования копильного препарата органическими растворителями остаются в водном растворе. Такой раствор имеет слабый кисловатый запах горелого дерева и жженого сахара, обладает исключительно высокой красящей способностью (Курко, 1984).

Ранее было доказано (Горохов, 1986), что яркость окраски поверхности в соответствии с законом Бугера–Ламберта–Бера является функцией концентрации окрашенных соединений в поверхностном слое копченого продукта:

$$I = I_0^* \exp(-ncL),$$

где I_0 – интенсивность падающего света; I – интенсивность отраженного света; n – константа, зависящая от длины падающего света; c – концентрация окрашенных соединений; L – толщина поглощенного слоя.

Скорость изменения яркости окраски поверхности продукта в процессе копчения может быть описана с помощью уравнения кинетики второго порядка (Горохов, 1986):

$$Y - Y_{\text{равнов}} = \frac{Y_0 - Y_{\text{равнов}}}{1 + K(\tau - \tau_0)},$$

где Y_0 – начальная яркость окраски поверхности перед копчением; Y – яркость окраски поверхности после копчения; $Y_{\text{равнов}}$ – равновесная яркость окраски поверхности; t_0 и t – начальное и текущее время; K – константа скорости реакции.

Константа скорости реакции цветообразования может быть рассчитана по уравнению Аррениуса:

$$K = A \exp(-E_a/RT),$$

где A – константа Аррениуса, с^{-1} ; E_a – энергия активации, Дж/моль; R – универсальная газовая постоянная Больмана; $R = 8,314$ кДж/моль $^{\circ}\text{К}$; T – температура, $^{\circ}\text{К}$.

Полученные за последние годы новые данные по теории химизма образования аромата и вкуса копчения, окрашивания поверхности копченых продуктов позволили создать ряд новых высокоэффективных копильных препаратов, обладающих заданными технологическими свойствами и не вносящих в обрабатываемый продукт токсичных и канцерогенных веществ.

К таким препаратам необходимо прежде всего отнести большую группу копильных препаратов датской фирмы "О.А. Broste" и американской "Red Arrow", а также ряд отечественных копильных препаратов для обработки гидробионтов.

Датская фирма "О.А. Broste" производит серию копильных препаратов под торговой маркой "Scansmoke". Базовый препарат был разработан в Польском институте мясной и жировой промышленности в

Варшаве и более известен как препарат "PDW". В 1969 г. компания "O.A.Broste" выкупила лицензию и зарегистрировала торговую марку. Институт и компания тесно взаимодействуют в направлении расширения ассортимента и совершенствования технологии копченых продуктов.

Коптильные препараты серии "Scansmoke" – PB 1060, PB 1110, PB 1130, PB 1145, PB 2060, PB 2110, PB 2060 4,8 – представляют собой водные конденсаты дыма, изготовленные на основе твердолиственных пород древесины, преимущественно бука. Технология получения препаратов включает последовательное измельчение и сушку древесины, ее пиролиз при температуре не выше 500 °С, конденсацию продуктов пиролиза, очистку водного конденсата органическим растворителем и концентрирования. Последние три цифры в индексе препарата указывают на эффективность препарата в окрашивании продукта, цифра 2 означает хорошую растворимость препарата в воде, а 4,8 соответствует pH препарата.

Эти препараты предназначены для использования преимущественно иммерсионным способом путем распыления в коптильной камере или окунания продукта. Препарат PB 2060 4,8 предназначен также для добавления в посольные растворы, а также мясные фарши при куттеровании.

Коптильные препараты "Scansmoke crackers", "Scansmoke sult", "Scansmoke SO", "Scansmoke SP", "Scansmoke SPD", "Scansmoke SEF 1000", "Scansmoke Smokeoil DV" производят на основе базового препарата PB 1060.

"Scansmoke sult" используется как специи путем дозировки при составлении, например, фаршевых смесей. "Scansmoke crackers" используется аналогичным способом при производстве консервированных супов. "Scansmoke SO", "Scansmoke SP", "Scansmoke SPD" хорошо растворимы в масле, вместе с "Scansmoke Smokeoil DV" используются при производстве рыбных консервов. "Scansmoke SEF 1000" предназначен для создания ароматических и функционально-ароматических смесей.

Основные показатели некоторых препаратов серии "Scansmoke" приведены в табл. 3.

Коптильные препараты обычно применяются путем распыления в специализированных камерах типа Smoke-A-Matic, которые позволяют автоматизировать процесс копчения. Препарат Scansmoke PB 2110 предварительно разбавляют водой в соотношении от 1: 3 до 1: 9. Дозировка коптильных препаратов PB 2110 и PB 2060 4,8 обычно составляет от 0,5 до 2,0 г на 1 кг готовой продукции в зависимости от степени разбавления.

Коптильный препарат "Smokeoil DV" обычно используют для ароматизации масляных заливок консервов и пресервов, а также для внесения в фаршевые изделия. Дозировка препарата составляет от 2 до 3 г на 1 кг готовой продукции в зависимости от требуемой интенсивности аромата и вкуса копчения.

Американская фирма "Red Arrow" выпускает большую серию коптильных препаратов, предназначенных для производства разнообразных продуктов с признаками копчености. Ниже приведены некоторые марки препаратов этой серии и рекомендации к их использованию (табл. 4).

Таблица 3

Характеристика коптильных препаратов фирмы "O.A.Broste"

Table 3

The characteristic smoke of preparations of firm "O.A.Broste"

Показатель	Препарат		
	PB 2110	PB 2060 4,8	"Smokeoil DV"
Содержание кислот (в пересчете на уксусную кислоту), %	7,5–11,5	2–5	–
Карбонильные соединения, %	15–23	3–7	–
pH	2,1–2,9	4,5–5,1	–
Стабилизатор (Е 433), %	9	9	–
Антиэмульгатор (Е 900), %	0,1	0,1	–
Бензо(а)пирен, мкг/кг, не более	10	10	10
Бензо(а)антрацен, мкг/кг, не более	20	20	20
Ртуть, мг/кг, не более	0,04	0,05	–
Свинец, мг/кг, не более	0,4	0,4	–
Мышьяк, мг/кг, не более	0,05	0,05	–
Кадмий, мг/кг, не более	0,01	0,01	–
Содержание масла, %	–	–	99,7

Таблица 4

Коптильные препараты фирмы «Red Arrow»

Table 4

Smoke preparations of firm «Red Arrow»

Марка	Характеристика и назначение
Коптильные жидкости	
SmokeEz C&H-6	Используется для приготовления соусов к мясным блюдам
SmokeEz C&H-10	Используется для приготовления соусов и майонезов к мясным блюдам, а также в сухих смесях приправ
SmokeEz Poly C&H-10	Используется методом орошения с предварительным разбавлением водой. Дозировка 0,1–0,5 % от массы готового продукта
SmokeEz Supreme C&H	Используется методом распыления в специализированных камерах. Идеален для холодного копчения. Дозировка 0,1 % от массы готового продукта
SmokeEz Supreme Poly C&H	Используется методом орошения продукта, для обработки колбасных оболочек
SmokeEz LFG C&H-6	Имеет умеренный аромат дыма, но обладает сильно выраженной красящей способностью. Предварительно разбавляется водой
SmokeEz LFG Supreme C&H-6	Используется методом орошения продукта и распыления в специализированных камерах. Имеет умеренно выраженный аромат копчения.
SmokeEz LFBN	Нейтрализованный водный раствор компонентов коптильного дыма. Используется в рассолах для введения в бекон
SmokeEz Enviro 22LP	Имеет выраженный аромат копчения и слабые красящие свойства. Используется методом орошения

Марка	Характеристика и назначение
SmokeEz Enviro 23P	Имеет наиболее выраженный аромат копчения и слабые красящие свойства. Используется методом орошения
SmokeEz Enviro 24	Имеет наиболее выраженный аромат копчения и слабые красящие свойства. Используется методом распыления в специализированных камерах
SmokeEz Enviro 24P	Имеет наиболее выраженный аромат копчения и слабые красящие свойства. Используется методом орошения
SmokeEz Enviro N-52 Plus	Нейтрализованный водный препарат. Предназначен для обработки жира
Жирорастворимые препараты	
SmokeEz Oil H	Рафинированное масло с базовым запахом копчения. Используется в эмульсиях
SmokeEz Oil H Double Potency	Препарат SmokeEz Oil H двойного концентрирования. Используется в эмульсиях
Aro-Smoke P-50	Используется в солевых растворах для введения в продукт методом инъекции
Solu-Smoke Special H	В два раза меньшая концентрация по сравнению с Aro-Smoke P-50. Экономичный заменитель Aro-Smoke P-50. Имеет слегка более резкий аромат, чем Aro-Smoke P-50
Безводные препараты	
ChaDex H&M	Добавляется в фаршевые смеси, рассолы и сухие продукты, например сухие супы. Дозировка 0,1–0,3 % от массы готового продукта
CharTor H&M	Используется в соусах, смесях ароматов и приправах
CharZyme H&M	Используется для создания аромата копчения в испеченных бобах, орехах, соусах и других продуктах

Коптильные препараты фирм "O.A.Bröste" и "Red Arrow" экологически безопасны и сертифицированы по ISO 9002.

К современным отечественным коптильным препаратам для производства копченых продуктов из гидробионтов необходимо отнести коптильные препараты "ВНИРО", "Сквама", "Амафил", коптильный ароматизатор, разработанный в Дальрыбвтузе, и др. (Ким, 1998).

Коптильный препарат "ВНИРО", разработанный Всероссийским НИИ рыбного хозяйства и океанографии совместно с Дальрыбвтузом, представляет собой рафинированный водный конденсат дыма и предназначен преимущественно для поверхностной обработки рыбы при производстве продукции горячего и холодного копчения, а также копченого полуфабриката для консервов типа "Шпроты" и "Рыба копченая в масле", но может также использоваться для ароматизации растительного масла при производстве рыбных пресервов и консервов. Препарат имеет сбалансированный химический состав и содержит фенолов до 0,2 %,

кислот – до 3,5 %, карбонильных соединений – до 0,5 %. Препарат имеет наиболее широкий спектр фенольных компонентов (более 40 индивидуальных веществ), большую часть которых составляют “ключевые” с точки зрения аромата копчения соединения: циклотен, гваякол, 4-метилгваякол, 2,6-диметоксифенол, эвгенол, ванилин, фенол, *o*-крезол. Препарат “ВНИРО” практически не содержит канцерогенных соединений типа 3,4-бенз(а)пирена, что обеспечивает высокую степень экологической безопасности продуктов, вырабатываемых с его использованием.

Коптильный препарат “Сквама” разработан Мурманским государственным техническим университетом. Препарат представляет собой водный конденсат дыма, получаемый с использованием фрикционного дымогенератора. В соответствии с этим его химический состав значительно отличается от препарата “ВНИРО”. Препарат имеет кислотность около 1 % и содержит фенолов около 0,015 %, карбонильных соединений около 0,26 %. Препарат предназначен преимущественно для ароматизации растительного масла, используемого при производстве рыбных пресервов.

Коптильный препарат “Амафил” разработан АО “Рыбтехцентр”. Препарат представляет собой водный экстракт компонентов древесины, получаемый при повышенных давлении и температуре, поэтому химический состав его отличается от “ВНИРО” и “Сквама”. Содержание фенолов в препарате “Амафил” составляет около 0,06 %, кислот – около 1,0 %, карбонильных соединений – около 0,5 %. Фенольная фракция препарата состоит из достаточно ограниченного набора соединений: фурфурол, 2,5-диметилгексадиен-2, бензальдегид, фенол, метилфурфурол, гваякол, 2,6-диметилфенол, 3,5-диметилфенол, 3,4-диметилфенол. При этом необходимо отметить отсутствие в препарате большинства “ключевых” веществ, обеспечивающих аромат копчения. Данный препарат рекомендуется для добавления в масляную заливку рыбных пресервов.

Коптильный ароматизатор “Жидкий дым” разработан ЗАО “Вихревые технологии”. Ароматизатор представляет собой водный конденсат дыма, полученный при пиролизе твердых пород древесины. Ароматизатор содержит фенолов 0,2–1,0 %, кислот 0,1–4,0 %, карбонильных соединений 0,43–2,88 %. Содержание канцерогенных соединения типа 3,4-бенз(а)пирена в ароматизации нормируется величиной не более 0,05 мкг/кг, метанола – не более 0,3 %. “Жидкий дым” предназначен преимущественно для ароматизации рыбных и мясных продуктов. В отдельных случаях может быть использован для поверхностной обработки полуфабриката.

Коптильный ароматизатор “ВАК”, разработанный в Дальрыбвтузе, по существу, представляет собой эфирорастворимую часть водных конденсатов дыма. Ароматизатор содержит фенолов около 50 %, карбонильных соединений 7–8 %, органических кислот около 15 %. В ароматизаторе идентифицировано 34 индивидуальных компонента, включая большую часть соединений, отвечающих за аромат копчения: циклотен, гваякол, 4-метилгваякол, *o*-, *m*-, *p*-крезолы, эвгенолы, сирингол и его гомологи. Наличие в ароматизаторе большого количества таких высокомолекулярных веществ, как гидрохинон и его производные, пирокатехин и его гомологи, ацетованилон, обеспечивает его антиокислительную и антимикробную эффективность. Однако ароматизатор содержит относительно небольшое количество карбонильных соединений и практически не

имеет веществ углеводной природы, поэтому не обладает ярко выраженной способностью окрашивать обрабатываемый продукт в характерный для копченых изделий цвет.

При анализе методом жидкостной хроматографии из 15 индивидуальных соединений полиароматических углеводородов в ароматизаторе “ВАК” установлено следовое количество трех: нафталина, флуорена, бенз(а)пирена. Количество фенантрена не превышает 0,009 мкг/кг, антрацена – 0,0003, флуорантена – 0,002, хризена – 0,002 мкг/кг. При этом общее содержание полиароматических углеводородов в ароматизаторе не более 0,01 мкг/кг, что значительно ниже уровня этого показателя безопасности, нормируемого в большинстве копильных препаратах.

В практике эффективное использование копильных препаратов определяется выбранным способом, а также технологическими параметрами процесса обработки полуфабриката.

Например, при производстве рыбы горячего и холодного копчения в настоящее время наиболее широкое применение получил способ, предусматривающий распыление копильного препарата и дальнейшую обработку полуфабриката полученной мелкодисперсной средой. При этом результаты многочисленных экспериментальных исследований показали целесообразность циклического распыления копильного препарата через пневматическую форсунку под давлением около 200 кПа. Это позволяет создать аэрозольную систему, идентичную копильному дыму по физическим параметрам и содержанию основных копильных компонентов.

Одним из основных факторов, определяющих процесс осаждения копильных компонентов, является содержание влаги в поверхностных слоях продукта. Учитывая различные сорбционные свойства и растворимость отдельных компонентов копильных препаратов, влажность поверхности продукта может быть использована как фактор, регулирующий процесс копчения и качество готового продукта. Зависимость влажности в поверхностных слоях продукта при подсушке может быть описана для конкретной температуры эмпирическим уравнением типа:

$$W = W_{\text{равнов.}} + \frac{W_0 - W_{\text{равнов.}}}{1 + \alpha \tau},$$

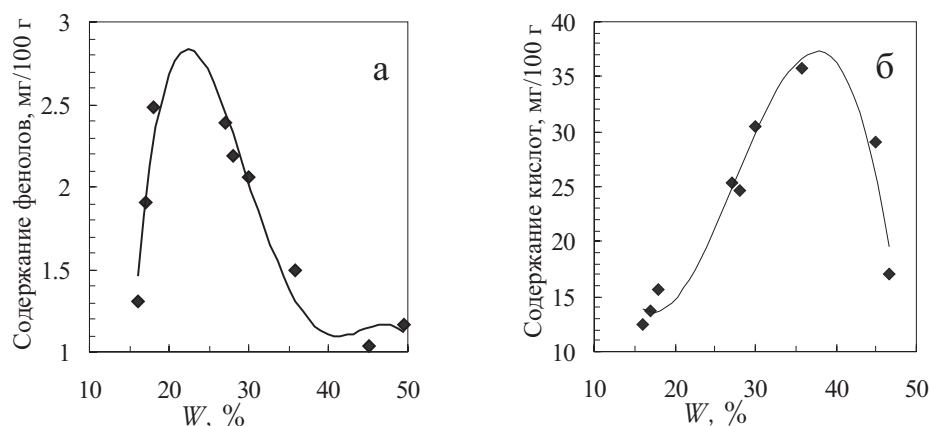
где W_0 и $W_{\text{равнов.}}$ – начальная и равновесная влажность поверхностных слоев; t – продолжительность подсушки, мин; α – коэффициент уравнения.

Учитывая различные сорбционные свойства как индивидуальных веществ, так и отдельных групп компонентов копильных препаратов, изменением влажности поверхностных слоев полуфабриката можно регулировать массообменные процессы копчения и добиться определенного соотношения копильных компонентов в продукте, обеспечивающего его высокие органолептические характеристики.

В качестве примера на рисунке приведены кривые, описывающие зависимость содержания фенольных и кислотных компонентов препарата “ВНИРО” в мышечных тканях копченой сельди иваси от влажности кожных покровов полуфабриката перед обработкой копильным препаратом.

С использованием этой зависимости была разработана технология и установлены оптимальные режимы копчения филе терпуга с примене-

нием копильного препарата “ВНИРО”. Технология включает размораживание и разделку терпуга на филе с кожей, сухой посол до содержания соли в мясе 2,5–3,5 %, подсушку в течение 63 мин при температуре 18 °С, циклическое распыление копильного препарата через пневматическую форсунку под давлением около 200 кПа и рециркуляцию образующейся копильной среды, досушивание филе до требуемой влажности. Расход препарата составляет 2,5 % от массы обрабатываемого полуфабриката, а общая продолжительность копчения – 4–6 ч.



Содержание фенолов (а) и кислот (б) в копченой сельди иваси в зависимости от влажности кожных покровов (W)

The contents phenols (а) and acids (б) in a smoked herring sardinops sagax melanosticta depending on humidity of skin covers (W)

Готовое филе обладает высокими потребительскими свойствами. Продукт имеет цвет кожного покрова от золотистого до соломенного, с оттенками, свойственными данному виду рыбы, а цвет мяса – от слабо- до умеренно коричневого; вкус и запах – свойственные данному виду рыбы со слабо выраженным ароматом и вкусом копчености. Содержание в готовом продукте фенолов составляет 1,07–1,68 мг/100 г, кислот – 0,47–0,70 мг/100 г, соли – 3–5 % и влаги не более 60 %.

Таким образом, определены некоторые аспекты теории бездымного копчения: установлена роль отдельных групп копильных компонентов препаратов в формировании специфических свойств копченых изделий. В основном выяснен химизм аромата и вкуса копчения, в частности установлена группа “ключевых” веществ фенольной природы, отвечающих за аромат и вкус копчения, выявлено влияние на формирование аромата и вкуса копчения других фенольных компонентов копильных препаратов. Достаточно полно описан механизм образования специфического цвета копченых продуктов: установлено участие карбонильных соединений и углеводной фракции копильных препаратов в процессе цветообразования, а также влияние на скорость процесса температуры и влажности продукта, описана кинетика цветообразования.

Результаты многочисленных научных исследований не только позволили расширить и углубить теорию “бездымного” копчения, но и дали новый толчок к активизации работ по созданию у нас в стране и за рубежом высокоэффективных, экологически безопасных копильных препаратов. Использование таких препаратов дает возможность сокра-

тить затраты энергии, автоматизировать технологический процесс копчения, улучшить санитарно-гигиенические условия труда, получать безопасную и стандартную по качеству продукцию, а также повысить экологический уровень предприятия.

Литература

Горохов Ю.И., Полуяков В.Ф. Оценка цвета поверхности копченой рыбы // Рыб. хоз-во. – 1986. – № 4. – С. 58–61.

Ким Э.Н. Основы бездымного копчения гидробионтов. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 1998. – 180 с.

Курко В.И. Основы бездымного копчения. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1984. – 228 с.

Мезенова О.Я. Научные основы и технология копченых пищевых продуктов. – Калининград: КГТУ, 1997. – 150 с.

Поступила в редакцию 18.05.2001 г.