

УДК 664.951.3.047:334.7.012.64

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СУШКИ И КОПЧЕНИЯ РЫБЫ НА БАЗЕ МАЛЫХ ИННОВАЦИОННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

© 2013 А.М. Ершов, В.А. Похольченко, М.А. Ершов

Мурманский государственный технический университет

Поступила в редакцию 27.11.2013

Разработка и внедрение инновационных технологий и современного оборудования в пищевые и рыбоперерабатывающие производства на базе малых инновационных предприятий при вузе способствуют взаимодействию науки с производством и повышению уровня профессиональной и научно-технической подготовки будущих специалистов отрасли.

Ключевые слова: *малое инновационное предприятие, копченые и вяленые рыбные продукты, пунктирное обезвоживание, универсальная коптильно-сушильная установка, адаптивная система*

Разработка и создание технологического оборудования и технологий инновационного типа является одной из важнейших задач повышения эффективности технологических линий и обеспечения экологической безопасности готовой продукции. При отсутствии взаимодействия науки и производства имеет место невысокий уровень научно-технического развития и коммерциализации научных разработок в стране. Малые инновационные предприятия (МИП), создаваемые на базе вузов (научных центров, НИИ) могут являться связующим звеном между наукой и производством, а также способствовать подготовке компетентных кадров для рыбоперерабатывающей промышленности с высоким научно-техническим потенциалом. МИП реализуют наиболее рискованные инновации, способствуют переходу экономики на новый технологический уклад при тесном взаимодействии разработчиков - инноваторов с конкретными заказчиками.

Соответствие технологического оборудования требованиям инновационных технологий в значительной степени определяются его конструктивными особенностями. Такими требованиями к оборудованию могут выступать: энерго- и ресурсоэффективность; компактность; модульность; адаптивность; производительность; эргономичность; простота и надежность и др.

Разработка или совершенствование технологий и оборудования требует комплексного подхода с применением обобщенных закономерностей процессов и внедрением адаптивных систем

Ершов Александр Михайлович, доктор технических наук, профессор кафедры технологий пищевых производств. E-mail: erшовam@mstu.edu.ru

Похольченко Вячеслав Александрович, кандидат технических наук, заведующий кафедрой технологического и холодильного оборудования. E-mail: pokholchenkova@mstu.edu.ru

Ершов Михаил Александрович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры технологий пищевых производств. E-mail: erшовma@mstu.edu.ru

автоматического управления. При этом важным условием является получение готового продукта высокого качества. В нашей стране и за рубежом были созданы различные виды установок туннельного, камерного, башенного и роторного типов для копчения и сушки рыбы. В связи с невысокой себестоимостью энергоресурсов в период социалистической экономики эффект от их сбережения при конструировании подобного вида установок не всегда учитывался, поэтому созданные установки и технологии были достаточно энергозатратными. Копченый полуфабрикат для консервов традиционно производится в промышленных условиях путем горячего копчения рыбы, поддержание и регулирование которого является довольно сложной задачей. В консервах, изготовленных из рыбы горячего копчения, часто возникает проблема соответствия продукта всем требованиям стандарта. Наиболее распространены такие дефекты, как сползание кожи, разрывы спинки рыбы, недостаточное обезвоживание, повышенный уровень водного отстоя в масле и др. В большинстве случаев это связано с несоблюдением требуемых режимов горячего копчения на протяжении всего процесса, а также конструктивными недостатками действующего коптильного оборудования [4]. Таким образом, предварительная тепловая обработка копчением является процессом, определяющим в высокой степени качество готовых консервов.

Разработанные нами ранее и научно обоснованные щадящие режимы производства полуфабриката полугорячего копчения [1] из рыб с высоким и низким содержанием жира позволили реализовать работу технологической линии по выпуску соответствующих консервов при значительно меньших затратах энергии и сырья. В зависимости от вида сырья задаются соответствующей жесткостью режима тепловой обработки рыбы. Под жесткостью режима X_p понимается параметр, связывающий среднюю температуру и относительную влажность сушильного агента в камере, определяется по формуле

$$X_p = \bar{t}(1 - \bar{\varphi}/100), \quad (1)$$

где \bar{t} - средняя температура в камере сушки (копчения); $\bar{\varphi}$ - средняя относительная влажность в камере сушки (копчения).

Продукция, изготовленная по рациональным режимам полугорячего копчения в условиях постоянной жесткости отличалась высокими вкусовыми качествами и по всем показателям соответствовала требованиям ГОСТ 7144-2006: Консервы из копченой рыбы в масле. Технические условия. В табл. 1 представлены результаты исследований по влиянию жесткости, продолжительности процесса и влагопотерь рыбы на качество полуфабриката и готовых консервов (на примере сайки). Значения продолжительности процесса приведены для неплотной загрузки камеры $4,5 \text{ кг/м}^3$ (опытные условия). В промышленных условиях с плотностью загрузки более 40 кг/м^3 при ухудшении условий теплообмена продолжительность процесса увеличится в 1,5-1,6 раза. При отклонении от рекомендуемых режимов повышается количество водно-белкового отстоя в консервах после стерилизации. Для рыбы с высоким содержанием жира (мойва, сельдь, скумбрия и т.п.), кроме того, характерно срывание с прутков при повышении жесткости выше рекомендуемых пределов. Использование размороженного или задержанного сырья требует несколько большего удаления влаги при копчении для снижения водного отстоя в масле (объясняется повышенной водоотдачей продукта в процессе стерилизации).

Таблица 1. Влияние жесткости и продолжительности процесса полугорячего копчения сайки на качество готовых консервов

Жесткость режима	Продолжительность обезвоживания, мин	Потери массы, %	Водный отстой, %
36	25	26,2	13,4
	30	29,3	11,6
	35	32,3	10,8
	40	35,0	9,3
44	25	27,8	10,8
	30	31,0	8,6
	35	34,3	7,3
	40	37,1	5,7
55	25	30,0	11,4
	30	33,4	9,1
	35	36,8	7,8
	40	39,9	6,1

Таким образом, использование разработанных режимов полугорячего копчения позволяет по сравнению с традиционно применяемым горячим копчением: сократить расход электроэнергии (на 10-25%) и время тепловой обработки (не дольше 1,5-2,0 ч при плотной загрузке камеры), что дает возможность применять несложные схемы автоматического регулирования процесса и улучшить

экологические его. Способ обработки в щадящем режиме полугорячего копчения позволяет выпускать более качественные консервы из рыб с деликатной структурой тканей и кожного покрова, например, мойвы жирной.

Линия по производству консервов из рыбы полугорячего копчения [1] была внедрена на производственных площадях двух МИП ООО «ИНТРО» и ООО «Лотос» на базе учебно-экспериментального цеха, входящего в структуру Мурманского государственного технического университета (МГТУ). В основе их деятельности лежат патенты и ноу-хау, исключительные права на которые сохраняются за МГТУ. МИП ООО «Лотос» изготавливает рыбные консервы по инновационным технологиям, разработанным учеными МГТУ, на современном, оборудованном новейшими системами автоматизированного контроля и регулирования, консервном участке. МИП ООО «ИНТРО» выпускает вяленую и копченую продукцию высокого качества из различных видов рыбного сырья с применением универсальной коптильно-сушильной установки (УКСУ) инновационного типа [2]. Разработанная нами двухмодульная УКСУ для полугорячего, холодного копчения и вяления рыбы была апробирована в режимах холодной и полугорячей сушки (копчения) и успешно эксплуатируется на производственной площади МИП ООО «ИНТРО».

Разработка обобщенных математических моделей актуальна для инженерных расчетов процессов копчения и вяления рыбы, поскольку это открывает пути к созданию оптимальных режимов обработки продукта, проектированию современного и модернизации существующего коптильно-сушильного оборудования. Разрабатываемая технология выпуска рыбы вяленой и холодного копчения была направлена на повышение энергетической эффективности производства. Процессы вяления и холодного копчения рыбы относятся к холодной сушке. Обезвоживание при этом является определяющим по энергоемкости и по продолжительности. В таких процессах внешний массообмен интенсивнее внутреннего. Для ускорения процессов обезвоживания холодной сушки рыбы в первую очередь необходимо интенсифицировать внутренний массоперенос [3], поэтому актуальной остается задача по разработке технологий, позволяющих интенсифицировать процесс обезвоживания в период падающей скорости сушки.

При обезвоживании ткани рыбы освобождаются от влаги согласно законам коллоидных капиллярно-пористых сред. В первую очередь с постоянной и наиболее высокой скоростью удаляется влага макро- и микрокапилляров, расположенных в приповерхностной области рыбы. За счёт градиента внутреннего влагосодержания капилляры, расположенные в этой зоне, должны заполняться влагой, поступающей изнутри. Однако немедленному насыщению этой области препятствуют внутреннее трение самой движущейся по капиллярам жидкости, а также трение её о внутреннюю поверхность капиллярно-пористого скелета вещества. В это же время внутри обезвоженной части вступают

в действие коллоидные свойства продукта. Склеившаяся освобожденная от жидкости капилляры, силы деформации частично закрывают для внутренней влаги единственно возможный путь к поверхности. Это и приводит к появлению в приповерхностных слоях рыбы зоны со слабыми массопроводными свойствами. Ликвидация возникшего препятствия, т.е. заполнение капилляров этой зоны, оставшейся внутри материала влагой, позволит частично восстановить влагопроводящие свойства приповерхностных слоев рыбы и вновь перевести обезвоживание в фазу достаточно активного массообмена [3].

Традиционная технология копчения рыбы предполагает одноразовую для всего обезвоживания «установку» условий на поверхности рыбы, что означает непрерывное обезвоживание материала в границах изменения влагосодержания от начального до конечного значения. Предлагаемый способ обезвоживания состоит в многократном повторении за цикл процессов сушки и релаксации материала. В период релаксации на продукт не воздействуют сушильным агентом. Режимы обезвоживания рыбы с периодической выдержкой ее без активного воздействия сушильного агента применялись в промышленности и ранее, однако не нашли широкого распространения из-за увеличения общей продолжительности процесса. Режим релаксации имеет цель – насыщение зоны с низкими диффузионными свойствами внутренней влагой самого продукта за счет ее перераспределения из центральных слоев в поверхностные. Появление влаги внутри данной зоны расклеивает и расширяет капилляры, в результате этого влагопроводные свойства возрастают. Далее продукт вновь входит в процесс обезвоживания с высокими проводящими свойствами.

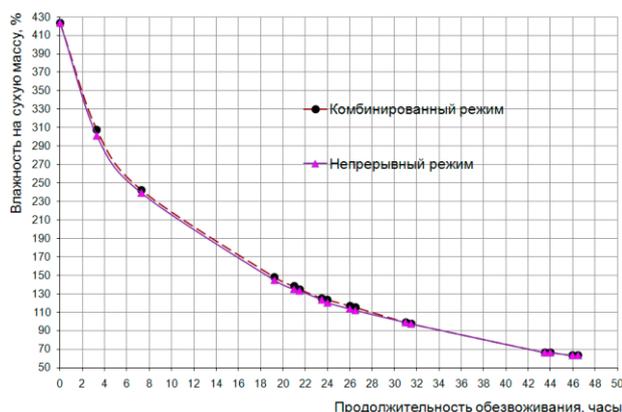


Рис. 1. Кривые кинетики обезвоживания при непрерывном и комбинированном режимах

На основе обобщенных закономерностей холодной сушки были определены рациональные комбинации периодов обезвоживания и релаксации в зависимости от химического состава, геометрических размеров обрабатываемой рыбы и параметров сушильного агента. Кривые кинетики обезвоживания путассу (спинки) в непрерывном и комбинированном режимах представлены на рис. 1. Во всех случаях готовая продукция соответствовала

требованиям ГОСТ 1551-93: Рыба вяленая. Технические условия. Из рис. 1 видно, что темп обезвоживания рыбы в непрерывном режиме равен темпу обезвоживания с применением режимов релаксации. Применение комбинированного обезвоживания модифицирует процесс за счет восстановления диффузионных свойств обрабатываемого сырья и позволяет снизить расход электроэнергии на 12,5 % при неизменной длительности процесса.

Технологическая линия по производству вяленой рыбопродукции с применением пунктирного обезвоживания была внедрена на производственной площади МИП вуза. Новая технология позволяет повысить ресурс копильно-сушильных установок за счет более рационального использования теплоносителя и не требует существенных технических изменений в традиционном технологическом процессе. Представляется возможным её успешное внедрение на предприятиях рыбоперерабатывающей отрасли, специализирующихся на выпуске вяленой и копченой продукции.

В копильных установках прошлого столетия автоматизированные системы управления (САУ) могли вовсе отсутствовать, либо быть на примитивном уровне (релейное управление). При этом качество выпускаемой продукции оставалось на высоком уровне благодаря субъективным факторам (четкий контроль и слежение за исполнительными устройствами установок и предотвращением аварийных ситуаций: включение вентиляторов, электрокалориферов, открытие воздушных заслонок и др.). Часто субъективный фактор становился причиной пожаров в копильных печах. В начале 90-х годов прошлого столетия по мере роста цен на энергоресурсы работа установок по устаревшим энергоемким технологиям стала неэффективной. Поэтому новые разрабатываемые установки должны были отвечать как требованиям по качеству продукции, так и по экономии энергоресурсов. Большинство технологических установок в рыбоперерабатывающей и пищевой промышленности работают по программе, заданной оператором-технологом. САУ в таких установках самостоятельно решений не принимает. Сочетание передовых конструкторских разработок и современных средств автоматизации легли в основу создания УКСУ [2]. Реализация ее адаптивного управления стала возможной благодаря использованию современных программируемых логических контроллеров и разработанному в МГТУ датчику влагосодержания продукции (ДВП-1), а также использование промышленного датчика веса. До внедрения данной САУ в технологический процесс оператору приходилось самостоятельно задавать время технологического процесса, а также влажность и температуру согласно технологической инструкции. Применение адаптивного управления приводит к тому, что оператору необходимо выбрать только вид сырья и задать максимальную степень его обезвоживания, после чего система управления сама производит расчет параметров для технологического процесса. Таким образом, адаптация ведущих технологических процессов, определяющих качество

готовой продукции, к разрабатываемому оборудованию возможна на основе комплексного подхода, включающего технологическую оптимизацию исследуемых процессов и реализацию в них современной САУ с адаптивным управлением.

Под руководством профессора Ершова А.М. на базе созданных МИП при активном участии аспирантов и студентов ведутся и внедряются научно-технические разработки по темам: «Разработка малооперационных технологических процессов получения сушеных и копченых изделий из водного сырья»; «Разработка ресурсо- и энергосберегающих инновационных технологий, технологического и холодильного оборудования». На базе созданных МИП ведутся разработки технологий переработки гидробионтов по заказу предприятий, проводят работы по установлению сроков годности новых видов рыбных продуктов, принимают активное участие в Международных специализированных выставках. Среди образцов инновационной рыбной продукции – 43 вида консервов, изготовленных по оригинальным технологиям, 18 видов вяленой продукции, вкусо-ароматические копильные экстракты, современные конструкции оборудования копильно-сушильных производств. При функционировании данных МИП в вузе имеется уникальная возможность прохождения студентами (будущими инженерами и бакалаврами пищевой промышленности) учебной и производственной практики. Студенты – будущие кадры рыбоперерабатывающей и пищевой промышленности – могут при компетентной теоретической и практической их подготовке профессорско-преподавательским составом, инженерами МИП повышать

свой профессиональный уровень в стенах вуза. Кроме того, выпускник вуза является ценным кадром с высоким потенциалом и инновационным подходом к развитию рыбной и пищевой промышленности.

Выводы: созданные при вузе МИП наряду с промышленным внедрением инновационных разработок в области переработки водных биоресурсов позволили поднять на более высокий качественный уровень профессиональную подготовку инженерных кадров для отечественной рыбохозяйственной и пищевой отрасли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Способ получения консервов из рыбы полукопченого копчения: Пат. 2495579 Рос. Федерации; МПК9 А23В4/00 / В.А. Похольченко, А.М. Ершов, М.А. Ершов М.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУВПО «Мурман. гос. техн. ун-т». № 2012122136 /13; заявл. 29.05.2012.
2. Универсальная копильно-сушильная установка: Пат. 2011128055 Рос. Федерации; МПК9 А 23 В 4/044 / А.М. Ершов, М.А. Ершов, В.А. Похольченко; заявитель и патентообладатель ФГБОУВПО «Мурман. гос. техн. ун-т». №\ 2011128055/13; заявл. 07.07.2011.
3. Ершов, М.А. Моделирование изменений диффузионных свойств рыбы при обезвоживании / А.М. Ершов, М.А. Ершов // Вестник МГТУ: труды Мурман. гос. техн. ун-та. – Мурманск, 2012. Т. 15, № 1. С. 45-48.
4. Похольченко, В.А. Совершенствование процессов копчения рыбы при производстве консервов: монография. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2010. 100 с.

EXPERIENCE OF INTRODUCTION THE MODERN TECHNOLOGIES OF FISH DRYING AND SMOKING ON THE BASIS OF SMALL INNOVATIVE ENTERPRISES

© 2013 А.М. Ershov, V.A. Pokholchenko, M.A. Ershov

Murmansk State Technical University

Development and introduction the innovative technologies and the modern equipment in food and fishing productions on the basis of small innovative enterprises at higher education institution promote science interaction with production and increase the level of vocational, scientific and technical training of future specialists of the branch.

Key words: *small innovative enterprise, smoked and dried fish products, interrupted dehydration, universal smoking-drying installation, adaptive system*

Alexander Ershov, Doctor of technical Sciences, Professor at the Department of Food Production Technologies. E-mail: ershovam@mstu.edu.ru

Vyacheslav Pokholchenko, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Technological and Refrigerating. E-mail: pokholchenkova@mstu.edu.ru

Mikhail Ershov, Candidate of Technical Sciences, Senior Research Fellow at the Department of Food Production Technologies. E-mail: ershovma@mstu.edu.ru