

УДК 664.951.012-52:664.951.32

Основные подходы к оптимальному автоматическому управлению холодным копчением рыбы

А.Ю. Висков, Д.А. Крупорницкий

Политехнический факультет МГТУ, кафедра автоматики и вычислительной техники

Аннотация. В статье описываются основные подходы к автоматическому процессу холодного копчения рыбы, анализируются возникающие при этом проблемы и приводятся возможные пути их решения. Также уделяется внимание собственным разработкам в этой области, служащим интенсификации процесса копчения.

Abstract. This paper considers the main approaches to automatic cold smoking process, analyzes the problems that rise during the process specified and gives possible solutions. The attention has been also paid to personal developments in the field specified, that are used for cold smoking process intensification.

Ключевые слова: холодное копчение, копчение, индуктивный датчик влажности, автоматизация копчения, автоматизация
Key words: cold smoking, smoking, humidity variable-induction pickup, smoking automation, automation

1. Введение

Технологический процесс холодного копчения является сложной комбинацией физических и химических процессов, происходящих в сырье в процессе обработки. Процесс копчения – довольно длительный, трудо- и энергоемкий. На характер динамики процесса и качество конечной продукции оказывают влияние процессы тепло- и массопереноса как между сырьем (рыбой, мясом, и т.д.) и дымовоздушной средой в коптильной камере, так и процессы взаимодействия между коптильной камерой и окружающей средой. Снижение себестоимости продукции может быть достигнуто за счет снижения потерь энергии, возникающих из-за неоптимального протекания технологического процесса. Внедрение систем автоматического управления позволяет добиться повышения качества технологического процесса. Специалисты-технологи разрабатывают и обосновывают технологические карты процессов, и соблюдение этих указаний является также практически важной задачей. Автоматика способна минимизировать в динамике отклонения параметров процесса от оптимальных, создавая условия, необходимые для получения высококачественной продукции (Ершов, 2006).

В данной статье рассматриваются основные подходы к автоматизации процесса копчения рыбы, анализируются возможные проблемы и предлагаются собственные варианты решения.

2. Подходы к автоматизация процессов копчения рыбы

Цель холодного копчения – получение из соленой рыбы продукта со специфическим приятным ароматом и вкусом, пригодного для употребления без дополнительной кулинарной обработки и более стойкого при хранении. Данный процесс происходит в присутствии и под воздействием многокомпонентной среды (технологический коптильный дым, жидкая коптильная среда – смесь фенолов, древесного спирта, смолистых веществ и пр.), содержащей коптильные компоненты, образующиеся при неполном сгорании (пиролизе) древесины. Эффективность процесса при сохранении высокого качества готовой продукции зависит от многих факторов, таких, как методы копчения, технологические режимы, применяемые схемы коптильных установок, способы получения дыма и другие.

Основным методом копчения рыбы в настоящее время является дымовое копчение. При этом методе обработки эффект копчения достигается за счет попадания на поверхность полуфабриката под действием многочисленных факторов, например, центробежных сил, броуновского движения, конденсации паров, абсорбции в поверхностном слое влаги и пр., коптильных компонентов дыма и дальнейшего их проникновения в толщу, сопровождающегося специфическими реакциями взаимодействия с химическими составляющими продукта.

Классический способ производства рыбы холодного копчения подразумевает два основных этапа обработки: подсушивание поверхности и подготовка ее для осаждения компонентов коптильного дыма и копчение с одновременным постепенным извлечением влаги из рыбы и осаждением на поверхности рыбы комплекса веществ, содержащихся в коптильном дыме. Этот способ хорошо зарекомендовал себя в существующих установках. Основным отличием коптильных камер для этого

способа было использование большого объема воздуха и небольшого объема загружаемой в камеру рыбы. Это позволяло добиваться положительных результатов, но ценой перерасхода энергии, опилок или щепы, значительной длительности процесса и зависимости от "человеческого фактора". На смену этим камерам из мясной промышленности пришли универсальные термокамеры, использующие многократную циркуляцию воздуха. Главным недостатком этих камер является невозможность регулировки относительной влажности воздуха или дымовоздушной смеси при низких температурах холодного копчения рыбы (Недосеков, 2007).

Основным параметром, имеющим решающее значение при производстве рыбы холодного копчения, является относительная влажность воздуха. Регулировка этого параметра позволяет получать минимально продолжительный процесс холодного копчения и высокое качество готовой продукции. Но следует учитывать, что слишком низкие значения относительной влажности не ускоряют скорости подсушки и сушки. После подсушивания и сушки поверхность рыбы должна быть сухой, но не пересушенной, а консистенция внутренних слоев мяса рыбы должна быть уплотненной, и должен начаться процесс перераспределения жира.

Следствием слишком длительного этапа первоначальной подсушки может стать существенное запаздывание перераспределения влаги изнутри к внешним слоям, что может вызывать образование корочки. Такая корочка препятствует проникновению влаги к поверхности и способствует повышению температуры поверхности рыбы, что, например, для палтуса, крайне нежелательно. Но и останавливать сушку и начинать копчение в этот момент нельзя. При этом, однако, необходимо строго следить за тем, чтобы из-за чрезмерного повышения влажности поверхности рыбы не снижалось качество выпускаемой продукции.

Все эти задачи эффективно решаются при использовании автоматических систем управления, обеспечивающих достаточно точное поддержание параметров процесса. Внедрение систем управления позволяет также снизить затраты энергии и материалов на проведение технологического процесса за счет более точного поддержания заданных режимов работы и сокращения времени переходов из одного режима в другой. Кроме того, наличие в системах управления средств индикации и сигнализации исключает необходимость постоянного присутствия обслуживающего персонала, непрерывно и напряженно контролирующего протекание технологического процесса (Висков, 2001).

Диффузия водорастворимых копильных препаратов зависит от температуры полуфабриката и количества влаги на его поверхности и внутри. Поскольку, как отмечалось выше, бесконтрольно увеличивать температуру в камере нельзя, то управление следует производить так, чтобы удерживать максимум влаги в полуфабрикate. Необходимо поддерживать температуру и влажность воздуха в камере на уровне, обеспечивающем максимальную скорость диффузии, но в то же время препятствующем выступлению капель воды на поверхности полуфабриката. Сложность заключается ещё и в том, что для каждого полуфабриката значения критических температур и влажности, после которых начинаются процессы, описанные выше, разные. Контроль в этом случае представляется возможным реализовать на основе непрерывного контроля состояния полуфабриката в процессе копчения. Интенсификация процесса копчения возможна путем увеличения количества информации о ходе процесса, проводимого в копильной камере. При этом повышается качество управления процессом копчения, уменьшается время обработки и повышается качество готового продукта.

3. Разработка системы управления холодным копчением

На кафедре Автоматики и вычислительной техники МГТУ ведутся работы по созданию опытной копильной установки, отвечающей требованиям, заявленным выше. В ней планируется реализовать контроль массы продукта, как основной величины, характеризующей влагосодержание продукта, а также оценку изменения электрического сопротивления верхних слоев полуфабриката. Контроль электрического сопротивления мяса рыбы производится рядом датчиков, вводимых непосредственно в тестовый образец. Автоматическая система должна поддерживать эту величину минимальной, для чего периодически увеличивать заданное значение относительной влажности в камере. При большей относительной влажности дымовоздушной смеси процесс обезвоживания сырья будет протекать менее интенсивно, и влага будет сохраняться в рыбе. Использование относительного значения сопротивления кожи рыбы позволяет, отстраниться от влияния случайных факторов (вид рыбы, толщина кожи и слоя подкожного жира, целостность поверхности кожи и т.д.), определяющих начальное значение сопротивления кожи. Таким образом, автоматическая система регулирования относительной влажности дымовоздушной смеси будет удерживать в рыбе максимально возможное количество влаги, что также приведет к интенсификации процесса диффузии копильных компонентов (Висков, 2001).

Проводятся исследования по внедрению в процесс копчения новых видов датчиков и новых способов управления процессом. Так, планируется ряд опытов и экспериментов по использованию

индуктивного бесконтактного датчика влагосодержания, что упростит конечную систему управления и повысит точность регулирования. В качестве датчика предполагается использовать многвитковую катушку на полем бумажном или пластиковом сердечнике, в центральной части которого планируется разместить измеряемый объект. Катушка датчика подключается к источнику переменного напряжения. При изменении содержания влаги предполагается, что индуктивность данного датчика будет меняться относительно исходной, что должно каким-то образом отразиться на токе, протекающем через катушку.

Также планируется провести ряд опытов по определению возможности использования кондуктометрических датчиков влагосодержания. В общем случае такие датчики представляют собой воздушный конденсатор, в воздушной прослойке между обкладками которого помещается опытный образец. Неоднородность диэлектрика, наличие в нем влаги сказываются не только на величине удельной проводимости, но и на качественных особенностях электропроводности: ее зависимости от температуры и напряженности электрического поля.

Планируется провести ряд испытаний по применению вакуумной схемы копчения, при которой в коптильной камере перед впрыском сжатого дыма создается разрежение. Предполагается, что сброс давления интенсифицирует диффузионные процессы, протекающие на поверхности рыбы, так как капилляры рыбы будут находиться в менее сжатом состоянии, чем при нормальном атмосферном давлении. Данный факт предполагается использовать для увеличения удельной диффузии водорастворимых веществ в полуфабрикат.

Также проводится ряд исследований по оптимизации процесса копчения с сохранением соответствия процесса исходной технологической схеме и внедрению адаптивной системы в систему управления процессом, что повысит экономическую эффективность разрабатываемой установки, удешевит и упростит её эксплуатацию и позволит реализовать различные автоматические методы дымового копчения без изменения логической или физической структуры установки.

4. Выводы

Таким образом, увеличение эффективности технологического процесса холодного копчения рыбы и повышение качества продукции может быть достигнуто путем внедрения систем автоматического управления. Для этого нами планируются опыты по внедрению в систему управления копчением новых типов датчиков, позволяющих увеличить количество снимаемых параметров полуфабриката и, тем самым, более полно отражать его текущее состояние. Также планируются опыты по проведению процесса копчения в разреженном воздухе, что, вероятно, позволит интенсифицировать процесс, уменьшить энергетические и временные затраты.

Литература

- Висков А.Ю.** Повышение эффективности процесса холодного копчения рыбы путем непрерывного контроля внутренних свойств полуфабриката. Дис. ... канд. техн. наук, Мурманск, МГТУ, 224 с., 2001.
- Ершов А.М.** Технология рыбы и рыбных продуктов: Учебник для вузов. СПб., ГИОРД, 944 с., 2006.
- Недосеков К.** Холодное копчение рыбы на современных коптильных термокамерах JUGEMA KWE-2 KLIM. Техномастер. 2007. URL: <http://www.technomaister.ru/tech/articles/kopch6.html>