

УДК [664.951.014 : 543.42] : 664.951.32

Метод спектроскопического исследования вещества в системах непрерывного контроля состава копильных препаратов

А.А. Маслов, В.В. Яценко, А.Р. Власова, А.В. Власов

Политехнический факультет МГТУ, кафедры автоматики
и вычислительной техники

Аннотация. В статье рассматривается способ контроля состава копильных препаратов, заключающийся в пропускании электромагнитной волны через измерительную ячейку с последующим построением и анализом ее амплитудно-частотной характеристики.

Abstract. The paper describes some technique of control of the smoking liquid composition. This technique consists of gating an electromagnetic wave through a measuring cell, plotting and analysis of its amplitude-frequency plot.

Ключевые слова: копильные препараты, спектроскопический метод
Key words: smoke liquid, measuring cell, spectroscopic method

1. Введение

В условиях рыночной экономики задача повышения эффективности технологических процессов играет существенную роль, так как позволяет получать продукцию более высокого качества при одновременном увеличении выпуска готовой продукции из того же количества сырья и сокращении производственных затрат.

Кафедры Автоматики и вычислительной техники и Технологии пищевых производств Мурманского государственного технического университета осуществляют совместные исследования в направлении совершенствования технологических процессов обработки и приготовления рыбной продукции. В совместных работах большое значение уделяется процессу копчения, как наиболее распространенному способу получения деликатесной продукции, пользующейся неизменным спросом у населения.

Одним из возможных способов повышения потребительской безопасности копченой продукции и снижения вредного влияния процесса копчения на окружающую среду является обработка изделий из мяса и рыбы копильными жидкостями с целью придания специфических цвета, вкуса и аромата, свойственных копченым продуктам (так называемое бездымное копчение). Однако, общим недостатком для большинства способов изготовления копильных препаратов на водной основе, за исключением способа составления копильного препарата из отдельных химических веществ, является некоторая флуктуация состава в зависимости от партии препарата (Курко, 1984). Существующие методы контроля состава сложны, трудоемки, поэтому мало применяются в процессе изготовления препарата. Эти обстоятельства не позволяют автоматизировать производство копильных препаратов с целью улучшения качества готового продукта и снижения энергетических и трудовых затрат на их производство.

Таким образом, необходимы технические средства, позволяющие производить непрерывный анализ состава копильного препарата на этапе приготовления и экспресс-анализ в процессе его хранения.

2. Постановка задачи

В настоящее время контроль химического состава копильного препарата осуществляется по истечении заданного промежутка времени аналитическими методами, например, методом капиллярной газожидкостной хроматографии в сочетании с одновременным анализом на масс-спектрографе.

Недостатком данных методов является невозможность непрерывного и оперативного получения и использования информации о составе копильных препаратов, а также высокая стоимость применяемого оборудования.

В условиях случайного изменения параметров сырья, топлива и окружающей среды система приготовления копильного препарата не в состоянии обеспечить выполнение всех требований к получаемому продукту. Неоптимальность работы этой системы приводит либо к ухудшению качества продукции, либо к затягиванию технологического процесса. Увеличение длительности процесса снижает производительность, увеличивает себестоимость продукции, расход энергии и сопутствующих материалов, экологическую нагрузку на окружающую среду.

Учитывая вышеизложенное, ставится главная задача – разработать непрерывный метод получения информации о химическом составе копильной жидкости.

3. Описание объекта исследования

Коптильная жидкость – это среда, в которой сосредоточено обилие реакционноспособных химических соединений, в которой постоянно происходят реакции взаимодействия, в том числе и нежелательные, выводящие из строя важные коптильные компоненты (или уменьшающие их содержание), и, следовательно, приводящие к изменению технологических свойств коптильного препарата.

При изучении химического состава вещества одним из перспективных методов (особенно в случае анализа коптильных жидкостей, относящихся к гетерогенным диэлектрикам) является метод спектроскопического исследования вещества. Как известно, его сущность заключается в определении зависимости свойств вещества от частоты или скорости изменения внешнего воздействия.

В теории автоматического управления одним из параметров, характеризующих работу элемента, является комплексный коэффициент передачи, равный отношению выходной и входной амплитуд гармонического сигнала, проходящего через объект исследования (рис. 1). Величина этого коэффициента будет зависеть как от свойств исследуемого объекта, а именно, от химического состава жидкости, так и от воздействия внешних факторов (например, температуры жидкости). Влияние внешних возмущающих воздействий можно минимизировать путем коррекции коэффициентов передачи (Ершов и др., 2008а).



Рис. 1. К определению коэффициента передачи измерительной ячейки

4. Проведение экспериментов

Конструкции бесконтактных измерительных ячеек, применяемых для спектроскопического метода исследования вещества, могут быть самыми различными в зависимости от конкретных целей и условий применения.

На кафедре А и ВТ МГТУ был изготовлен микрополосковый датчик, представляющий собой двухстороннюю пластину, одна сторона которой представлена в виде проводника

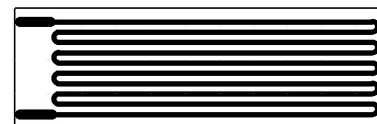


Рис. 2. Микрополосковый датчик

длиной порядка 1 м (рис. 2), а вторая сторона полностью покрыта медью (Ершов и др., 2008б).

Такая измерительная ячейка, помещаемая в исследуемый раствор, соединяется с высокочастотным генератором, образуя вместе с ним и соответствующим индикаторным прибором измерительный комплекс (рис. 3).

В результате изменения состава раствора меняются его электропроводность и диэлектрическая проницаемость, что непосредственно отражается на характере прохождения электромагнитной волны, то есть на величине коэффициента передачи датчика. Таким образом, зависимость коэффициента передачи чувствительного элемента от частоты внешнего сигнала позволит оценить степень и характер изменения химического состава жидкости.

Апробация метода осуществлялась с использованием водных растворов лимонной кислоты.

Микрополосковый датчик погружался в водный раствор лимонной кислоты (содержание лимонной кислоты 0.5 %, 1 %, 1.5 %, 2 %). На него подавался набор гармонических сигналов в диапазоне частот от 1 до 60 МГц с помощью генератора высокочастотных сигналов Г4-102А. По данным эксперимента были построены соответствующие зависимости (рис. 4).

Из графиков рис. 4 видно, что при изменении концентрации лимонной кислоты меняются:

- максимальное значение коэффициента передачи;
- частота, при которой коэффициент передачи достигает максимального значения;
- ширина полосы пропускания.

Все эти значения можно использовать в качестве информативных параметров для анализа многокомпонентных жидкостей.

Для определения чувствительности измерительного элемента к составу коптильных препаратов была проведена серия опытов с препаратом "СКВАМА", произведенным на кафедре Технологии пищевых производств МГТУ. Для исследования отбирались пробы, полученные на разных стадиях приготовления, а также препараты разных дат выработки (рис. 5).

Результаты экспериментов подтверждают, что в процессе хранения химический состав коптильной жидкости меняется.

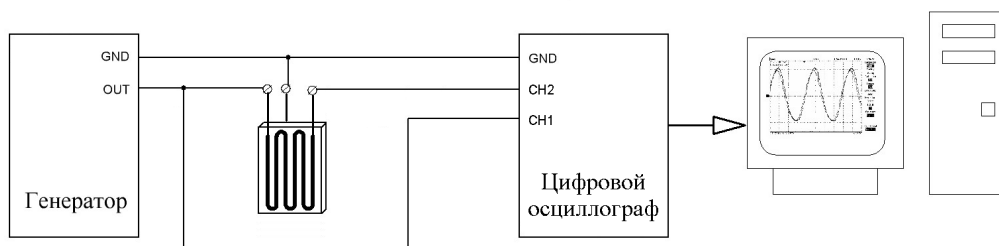


Рис. 3. Схема включения чувствительного элемента

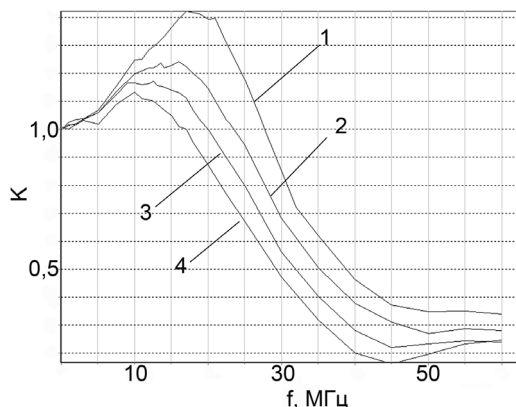


Рис. 4. Зависимость коэффициента передачи системы с датчиком, помещенным в различные водные растворы лимонной кислоты. Концентрация, %: 1 – 0,5; 2 – 1; 3 – 1,5; 4 – 2

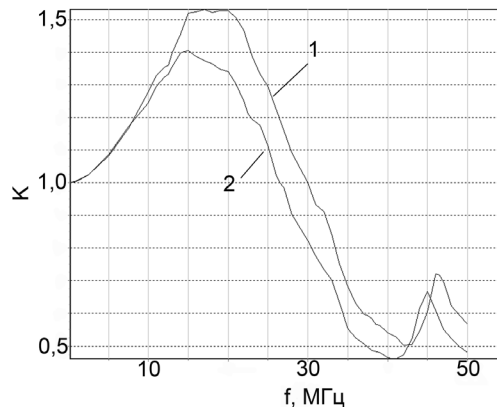


Рис. 5. Частотные характеристики копильных препаратов "СКВАМА" разных дат выработки: 1 – 2006; 2 – 2007

Используемая методика проведения экспериментов не позволила выявить зависимость сдвига фазы между входным и выходным сигналами от химического состава исследуемой пробы. Однако, в разрабатываемом приборе планируется применение схемных решений для анализа фазовой составляющей комплексного коэффициента передачи.

В то же время было установлено, что такие параметры, как температура пробы и уровень погружения датчика оказывают значительное влияние на частотные характеристики. Поэтому необходимо использовать датчики температуры и уровня для автоматической коррекции показаний прибора по этим внешним факторам.

5. Выводы

В ходе проведенного исследования была экспериментально подтверждена возможность применения метода спектроскопического исследования для бинарных растворов. Технология изготовления предлагаемых микрополосковых датчиков позволяет получить серию измерительных элементов с одинаковыми характеристиками. В настоящее время разработана принципиальная схема прибора для анализа параметров измерительной ячейки, помещенной в исследуемый раствор. Получение цифровой информации о свойствах объекта исследования облегчает обработку, анализ и хранение полученных результатов эксперимента.

Литература

- Ершов А.М., Маслов А.А., Курамшина А.Р., Яценко В.В. Метод диэлектрической спектроскопии измерения физических свойств жидкостей. *Наука и образование-2008 [Электронный ресурс]: материалы междунар. научно-техн. конф. (Мурманск, 02-10 апреля 2008 г.) / МГТУ – Электрон. текстовые дан. (20 Мб). Мурманск, МГТУ, с.918, 2008а.*
- Ершов А.М., Маслов А.А., Совлуков А.С., Курамшина А.Р., Яценко В.В. Метод диэлектрической спектроскопии измерения физических свойств жидкостей. *Матер. российской конф. с междунар. участием "Технические и программные средства систем управления, контроля и измерения (УКИ'08)" (10-12 ноября 2008 г.), М., ИПУ РАН, с.191-193, 2008б.*
- Курко В.И. Основы бездымного копчения. М., *Легкая и пищевая пром-сть*, с.4-6, 1984.