

УДК 664.951.3:001.4

Исследование способа получения копильной жидкости на основе акустически генерируемого аэрозоля

Никонова А.С. nikonova5422@yandex.ru, **Иваней А.А.**

*ФГБОУ ВПО «Мурманский Государственный Технический Университет»,
кафедра «Технологического и холодильного оборудования»
г. Мурманск, Спортивная ул., д. 13*

В данном докладе рассматриваются вопросы получения высококачественного препарата для копчения с применением ультразвука. Приведены рекомендации по получению копильной жидкости «AntonioSilver». Указаны особенности предлагаемого метода получения экспериментальной копильной жидкости.

Представлены показатели безопасности экспериментальной копильной жидкости согласно требованиям нормативных документов. Приведены ряд показателей химического и физического состава экспериментальной копильной жидкости. Представлено описание конструкции экспериментальной установки для получения копильной жидкости. Основными элементами данной установки являются корпус абсорбера, излучатель ультразвуковых колебаний, концентратор ультразвуковых колебаний, генератор водяного аэрозоля, охладитель. Представлены данные о влиянии ультразвуковых колебаний различного уровня звукового давления на интенсивность протекания коагуляционных и абсорбционных процессов в аэродисперсной системе дымовые газы и акустически генерируемый водный аэрозоль.

Экспериментальная жидкость для копчения содержит полный комплекс ключевых химических компонентов, обуславливающих проявление основных эффектов копчения в обрабатываемых продуктах. Статья сопровождается графическим материалом, иллюстрирующим конструктивные особенности экспериментальной установки и результаты экспериментальных исследований. Представлены сведения о применении ионов серебра как бактерицидного агента. Предложено добавление в копильную жидкость ионов серебра для усиления бактериостатического и бактерицидного эффекта.

Ключевые слова: жидкость для копчения, ультразвук, коагуляционные процессы, абсорбционные процессы, ионы серебра.

Investigation of the method of reception of liquid for smoking on the basis acoustically generated aerosol

Nikonova A.S. nikonova5422@yandex.ru, **Ivaney A.A.**

*FGBOU VPO "Murmansk State Technical University",
chair "Processing and refrigerating appliances"
Murmansk, Sportivnaya St., 13*

In the given report questions of reception of a high-quality liquid for smoking with ultrasound application are considered. Recommendation about reception liquid for smoking «AntonioSilver» are presented. Features of the offered method of production the experimental liquid for smoking are specified.

Indexes of safety of the experimental liquid for smoking according to requirements of normative documents are provided. A row of indexes of chemical and physical composition of the experimental liquid for smoking are given. The description of construction of the experimental installation for production liquid for smoking is provided. Basic elements of this installation are the casing of an absorber, a radiator of ultrasonic oscillations, the hub of ultrasonic oscillations, the generator of a water aerosol, a cooler. Data on influence ultrasonic oscillations of different sound pressure level on intensity of course of coagulation and absorption processes in aero disperse system smoke gases and acoustically generated water aerosol are provided.

The experimental liquid for smoking contains a full complex of the key chemical components causing appearing of the main effects of smoking in processed products. Article is followed by the graphic material illustrating design features of the experimental installation and results of the pilot studies. There are presented information about the use of silver ions as a bactericidal agent. Adding in liquid for smoking of ions of silver for gain of bacteriostatic and bactericidal effect is offered.

Keywords: liquid for smoking, ultrasound, coagulation processes, absorption processes, silver ions.

На сегодняшний день применение коптильных ароматизаторов является одним из наиболее перспективных направлений совершенствования технологии и техники копчения пищевых продуктов. Коптильные среды используются для обработки рыбного, мясного сырья, в сыродельной и других отраслях пищевой промышленности. Широкий ассортимент разнообразных коптильных сред, представленных на мировом рынке, дает возможность удовлетворить потребности пищевых производств разного профиля, т. к. современные коптильные среды не только улучшают органолептические свойства готового продукта, но и позволяют продлить срок его хранения. Однако на российском рынке ощущается дефицит доступных коптильных ароматизаторов, способствующих проявлению в готовом продукте всех основных эффектов копчения.

Экспериментальная коптильная жидкость «AntonioSilver» (далее по тексту - «AS»), относящаяся к классу вкусо-ароматических коптильных добавок, производится методом абсорбции коптильных компонентов технологического дыма, получаемого при пиролизе древесного сырья в рациональном температурном диапазоне от 380 до 400 °С, каплями мелкодисперсного аэрозоля, генерируемого акустическим способом, средний масс-медианный аэродинамический диаметр частиц которого составляет 4 мкм [1]. Для обеспечения интенсификации процессов коагуляции и абсорбции в системе «дымовая среда-аэрозоль» применяется направленное воздействие ультразвуковых (далее по тексту - УЗ) колебаний во внутреннее пространство абсорбера, выполняющего функцию камеры смешения.

Согласно теории, разработанной под руководством Л. Д. Розенберга [2], в УЗ поле возникает интенсивное образование агрегатов в результате взаимодействия частиц, вызванного акустическими течениями. Распространение УЗ колебаний способствует более эффективному протеканию процессов коагуляции в аэрозольных системах, и хотя теория этого процесса еще полностью не разработана, акустическая коагуляция аэрозолей широко применяется в промышленности. В исследуемом нами случае имеет место коагуляция частиц аэрозоля с абсорбированными на их поверхности коптильными компонентами, а также капель, образующихся при пересыщении паров продуктов пиролиза древесного сырья при охлаждении. Предсказать канцерогенную безопасность экспериментальной коптильной жидкости «AS» позволяет тот факт, что при ее получении используется дымогенератор эндотермического типа, пиролиз топлива в котором идет при температуре до 380-400 °С. Данное положение подтверждается исследованиями, проведенным аккредитованной лабораторией (ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в МО»), согласно которым коптильная жидкость «AS» соответствует требованиям СанПиН 2.3.2.1293-03 [3] по

показателям бенз(а)пирен, а также свинец, мышьяк, кадмий, ртуть. Также данной лабораторией было выявлено, что сумма НДМА и НДЭА (нормативный документ на метод определения МУК 4.4.1.011-93 [4]) в коптильной жидкости менее 0,001 мг/кг.

Известно, что коэффициенты массоотдачи в однородных системах непосредственно не зависят от электрических, магнитных и др. внешних воздействий, поэтому методы интенсификации массообмена ориентированы в основном на изменение гидродинамической обстановки на границе фаз [5], что имеет место при озвучивании системы «дымовая среда-аэрозоль». Другими словами, при получении экспериментальной коптильной жидкости «AS» мы исследовали влияние направленного воздействия УЗ колебаний на интенсификацию как коагуляционных процессов, так и абсорбционных.

Научный интерес наших исследований распространялся на определение оптимального уровня звукового давления УЗ колебаний с частотой 50 кГц при 130, 135 и 140 дБ.

Коптильная жидкость дополнительно может быть насыщена ионами серебра [6], что усиливает ее бактериостатический и бактерицидный коптильный эффект в связи со сходным действием ионов серебра [7]. Серебро относится к группе биогенных элементов, которые являются постоянным компонентом тканей человека (нормальное содержание серебра в организме человека 20 мкг на 100 г сухого вещества). Естественным источником серебра для человека является пища и вода, но в современных рафинированных продуктах питания содержание серебра недостаточное. Согласно методическим рекомендациям МР 2.3.1.1915-04 [8], разработанным ГУ НИИ Питания РАМН и утвержденным Роспотребнадзором, взрослый человек должен потреблять от 30 до 70 мкг серебра в сутки. Недостаток серебра в организме ведет к разным дисфункциям, увеличивает восприимчивость к инфекционно-воспалительным и простудным заболеваниям. Широкий спектр противомикробного действия серебра, низкая токсичность, а также отсутствие в литературе данных об аллергенных свойствах серебра приводят к повышенному интересу к серебру по всему миру. Результаты исследования экспериментальной коптильной жидкости, «AS», выполненные аккредитованной лабораторией (ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в МО») выявили уровень содержания серебра 0,013 мкг/л, что значительно ниже ПДК концентрации серебра в питьевой воде, регламентируемой СанПиН 2.1.4.1074-01 [9].

Конструктивно экспериментальная установка для получения коптильной жидкости «AS» состоит из следующих основных блоков: абсорбер; система охлаждения, включающая змеевиковый теплообменник; генератор аэрозоля; излучатель УЗ колебаний; генератор ионов серебра (последние два блока являются легкоъемными).

Общий вид экспериментальной установки для получения коптильной жидкости представлен на рисунке 1.

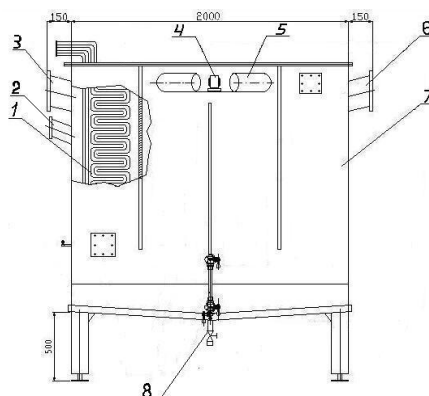


Рис.1. Общий вид экспериментальной установки для получения коптильной жидкости

1 – теплообменник; 2 – патрубок подачи аэрозоля; 3 - трубопровод подачи дымовой среды ;
4 – излучатель УЗ колебаний; 5 – концентратор УЗ колебаний; 6 – трубопровод отвода дымовых газов;
7 – корпус абсорбера; 8 – патрубок отвода коптильной жидкости

Корпус абсорбера 7 выполнен из нержавеющей стали. С противоположных сторон корпуса смонтированы трубопроводы для подачи 3 и отвода 6 дымовых газов. В средней части аппарата установлен патрубок подачи аэрозоля 2, образующаяся в экспериментальной установке коптильная жидкость отводится через патрубок 8.

Устройство для акустической генерации аэрозоля представляет собой основание, в котором установлен блок распыления и активная электронная система предварительного насыщения распыляемой воды ионами серебра для обеззараживания распыляемой воды. Нижняя часть внутренней поверхности резервуара с водой, который укрепляется на основании, также покрыта серебром. После включения генератора, вода, воспринимая ультразвуковые колебания, генерируемые двумя пьезоэлектрическими элементами, диспергируется в мелкодисперсный аэрозоль и подается по патрубку 2 в верхнюю часть абсорбера.

По дымоходу 3 в абсорбер подается дым (серия экспериментов, о которой идет речь, проводились при сжигании 3 кг/ч древесного топлива).

Система охлаждения экспериментальной установки состоит из низкотемпературной холодильной камеры, внутри которой установлен резервуар, наполненный хладоносителем; змеевикового охладителя, площадь теплообменной поверхности которого составляет 1,85 м²; трубопроводов подачи и отвода хладоносителя; циркуляционного насоса, привод которого снабжен векторным преобразователем частоты вращения для плавной регулировки расхода хладоносителя.

В верхней части фронтальной поверхности абсорбера смонтированы два цилиндрических концентратора УЗ колебаний 5, между которыми на подставке помещается излучатель УЗ 4.

Способ получения коптильной жидкости «AS» включает стадию абсорбции коптильных компонентов дымовой среды на поверхности частиц аэрозоля средним размером 4 мкм, значительно меньшем, чем в случае механического диспергирования жидкости (20 - 30 мкм), реализуемого при получении ряда существующих коптильных жидкостей. Поэтому поверхность контакта фаз системы «дымовые газы-аэрозоль» при том же количестве диспергируемой жидкости имеет большую площадь, что ведет к повышению эффективности улавливания коптильных компонентов дымовых газов распыляемой водой.

Влияние на производительность экспериментальной установки по коптильной жидкости озвучивания системы «дымовые газы - аэрозоль» путем распространения направленных ультразвуковых колебаний с частотой 50 кГц интенсивностью 130, 135 и 140 дБ во внутреннее пространство абсорбера при сжигании 3 кг/ч древесного сырья (в качестве охлаждающего агента в системе охлаждения использовался полипропиленгликоль с температурой минус 26 °С) при варьировании производительности генератора аэрозоля по количеству распыляемой жидкости 850, 1700, 2550 мг/ч иллюстрируется графиком, представленным на рисунке 2.

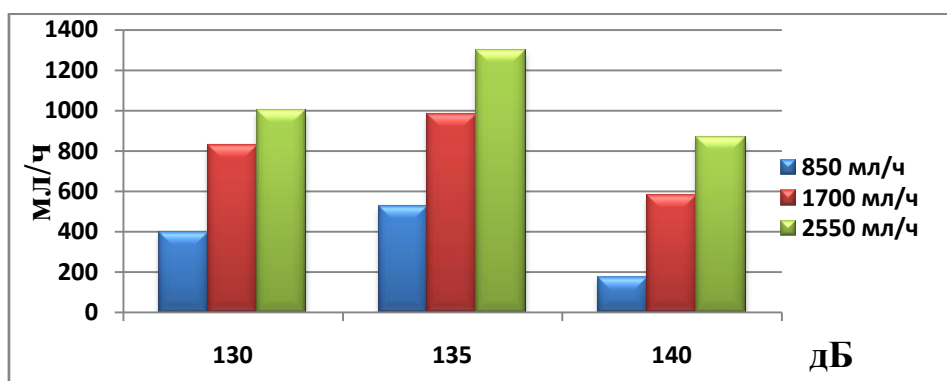


Рис. 2. Производительность установки по копильной жидкости в случае направленного распространения ультразвуковых колебаний

Данные о производительности экспериментальной установки по копильной жидкости при аналогичных условиях в отсутствие озвучивания (контрольная серия экспериментов) представлены на рисунке 3.



Рис. 3. Производительность установки по копильной жидкости в случае отсутствия направленного распространения ультразвуковых колебаний

Степень интенсификации абсорбционных процессов в системе «дымовые газы - аэрозоль» иллюстрируется данными, представленными на рисунках 4 и 5.

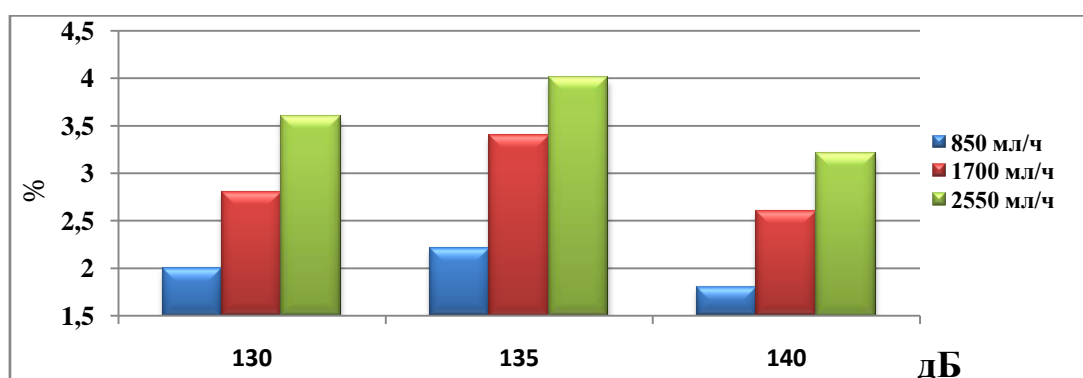


Рис. 4. Зависимость содержания сухих веществ в образцах копильной жидкости от уровня звукового давления в случае направленного распространения ультразвуковых колебаний



Рис. 5. Зависимость содержания сухих веществ в образцах копильной жидкости от уровня звукового давления в случае отсутствия направленного распространения ультразвуковых колебаний (контрольная серия экспериментов)

Сопоставляя данные, представленные на рисунках 2 – 5, о выходе и содержании сухих веществ (определялись методом рефрактометрии на универсальном лабораторном рефрактометре УРЛ-1) в условиях озвучивания системы «дымовые газы + аэрозоль» и аналогичные данные для образцов копильной жидкости, полученных при проведении серии экспериментов без применения озвучивания, можно сделать следующие выводы.

Во-первых, распространение УЗ колебаний во внутреннее пространство абсорбера (камеру смешения дымовых газов и аэрозоля) эффективно в части интенсификации коагуляционных процессов, о чем свидетельствует значительное увеличение производительности установки при озвучивании, по сравнению с контрольной серией, причем УЗ воздействие становится все более эффективным при изменении интенсивности звукового давления в ряду 140, 130 и 135 дБ.

Во-вторых, озвучивание системы «дымовые газы - аэрозоль» ведет к более эффективному протеканию и абсорбционных процессов, этот факт становится очевидным в случае сопоставления пар диаграмм: рисунок 2 и рисунок 4, а также рисунок 3 и рисунок 5. Например, проведем сравнение результатов эксперимента при производительности генератора аэрозоля 2550 мл/час. В ситуации применения озвучивания при выходе копильной жидкости 1300 мл/час (остановимся на варианте интенсивности звукового давления 135 дБ) содержание сухих веществ составляет 4 %, в то время, как при отсутствии озвучивания и, соответственно, выходе 85 мл/час – 5,2 %. Здесь изменение производительности экспериментальной установки по копильной жидкости увеличивается более чем в 15 раз, а процентное содержание сухих веществ уменьшается лишь в 1,3 раза. Это доказывает, что озвучивание способствует интенсификации абсорбционных процессов в изучаемой системе.

Работа по исследованию влияния воздействия УЗ колебаний различного уровня звукового давления на протекание коагуляционных и абсорбционных процессов в системах «дымовые газы - аэрозоль» продолжается.

Список литературы

1. Пат. 101617 Российская Федерация, МПК А23В 4/044. Устройство получения копильной жидкости [Текст] / Иваней А. А., Голубева О. А., Никонова А. С. ; заявитель и патентообладатель ФГОУВПО «Мурм. гос. техн. ун-т» - № 2010135229/13; заявл. 23.08.10; опубл. 27.01.11 ; Бюл. № 3 – 3 с.: ил.
2. Физические основы ультразвуковой технологии. – В 3 т. Т. 3 / под. ред. Л. Д. Розенберга. – Москва : Наука, 1970. – 689 с.

3. Гигиенические требования по применению пищевых добавок : Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы [Электронный ресурс] : СанПиН 2.3.2.1293-03 (в ред. Дополнений и изменений № 3, утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 23.12.2010 N 168) : утв. 18.04. 2003 г. : введ. 15.06. 2003 г. – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=111290> . – Загл. с экрана. – Дата обращения: 14.06.2014.

4. Определение летучих N-нитрозаминов в продовольственном сырье и пищевых продуктах [Электронный ресурс] : МУК 4.4.1.011-93 : метод. указания по методам контроля. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200031689>. - Дата обращения: 14.06.2014.

5. *Кардашев, Г. А.* Физические методы интенсификации процессов химической технологии [Текст] / Г. А. Кардашев – Москва : Химия, 1990. – 208 с.: ил. – ISBN 5-7245-0674-2

6. Пат. 122250 Российская Федерация, МПК А23В4/044. Устройство для получения копильной жидкости, обогащенной серебром [Текст] / Иваней А. А., Никонова А. С. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУВПО «Мурм. гос. техн. ун-т» – № 2012129107 / 13; заявл. 10.07.2012 ; опубл. 27.11.2012, Бюл. № 33. – 3 с.: ил.

7. *Брызгунов В. С.* Сравнительная оценка бактерицидных свойств серебряной воды и антибиотиков на чистых культурах микробов и их ассоциациях [Текст] / В. С. Брызгунов, В. Н. Липин, В. Р. Матросова // Научн. тр. Казанского мед. ин-та. - 1964. – Т. 14. – С. 121-122

8. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ [Текст] : МР 2.3.1.1915-04 : Приказ Роспотребнадзора / Федер. служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. – Офиц. изд. – Москва : Минздрав России, 2004. – 12 с.

9. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества : Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы [Текст] : СанПиН 2.1.4.1074-01 / Гос. сан.-эпид. нормирование Рос. Федерации. - Изд. офиц. - Москва : Федер. центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. - 15 с. - (2.1.4 Питьевая вода и водоснабжение населенных мест).

References

1. Pat. 101617 Rossiiskaya Federatsiya, MPK A23V 4/044. Device of receiving koptilny liquid [Tekst] / Ivanei A. A., Golubeva O. A., Nikonova A. S. ; zayavitel' i patentoobladatel' FGOUVPO «Murm. gos. tekhn. un-t» - № 2010135229/13; zayavl. 23.08.10; opubl. 27.01.11 ; Byul. № 3 – 3 s.: il.

2. Physical bases of ultrasonic technology. – V 3 t. T. 3 / pod. red. L. D. Rozenberga. – Moskva : Nauka, 1970. – 689 s.

3. Hygienic requirements on application of food additives: Sanitary and epidemiologic rules and standards [Elektronnyi resurs] : SanPiN 2.3.2.1293-03 (v red. Dopolnenii i izmenenii № 3, utv. Postanovleniem Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 23.12.2010 N 168) : utv. 18.04. 2003 g. : vved. 15.06. 2003 g. – Rezhim dostupa: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=111290> . – Zagl. s ekrana. – Data obrashcheniya: 14.06.2014.

4. Definition of flying N-nitrosamines in food staples and foodstuff [Elektronnyi resurs] : MUK 4.4.1.011-93: metod. ukazaniya po metodam kontrolya. – Rezhim dostupa: [http:// docs.cntd.ru/document/1200031689](http://docs.cntd.ru/document/1200031689). - Data obrashcheniya: 14.06.2014.

5. *Kardashev, G. A.* Physical methods of an intensification of processes of chemical technology [Tekst] / G. A. Kardashev – Moskva : Khimiya, 1990. – 208 s.: il. – ISBN 5-7245-0674-2

6. Pat. 122250 Rossiiskaya Federatsiya, MPK A23V4/044. Ustroistvo dlya polucheniya koptil'noi zhidkosti, obogashchenoi serebrom [Tekst] / Ivanei A. A., Nikonova A. S. ; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOUVPO «Murm. gos. tekhn. un-t» – № 2012129107 / 13; zayavl. 10.07.2012 ; opubl. 27.11.2012, Byul. № 33. – 3 s.: il.

7. Bryzgunov V. S. A comparative assessment of bactericidal properties of silver water and antibiotics on pure cultures of microbes and their associations [Tekst] / V. S. Bryzgunov, V. N. Lipin, V. R. Matrosova// Nauchn. tr. Kazanskogo med. in-ta. - 1964. – T. 14. – S. 121-122

8. The recommended levels of consumption of food and biologically active agents [Tekst] : MR 2.3.1.1915-04 : Prikaz Rospotrebnadzora / Feder. sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebitelei i blagopoluchiya cheloveka. – Ofits. izd. – Moskva : Minzdrav Rossii, 2004. – 12 s.

9. Drinking water. Hygienic requirements to quality of water of the centralized systems of drinking water supply. Quality control: Sanitary and epidemiologic rules and standards [Tekst] : SanPiN 2.1.4.1074-01 / Gos. san.-epid. normirovanie Ros. Federatsii. - Izd. ofits. - Moskva : Feder. tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, 2002. - 15 s. - (2.1.4 Pit'evaya voda i vodosnabzhenie naseleennykh mest).