

Таблиця 6

Коефіцієнти поліномів (22-24) для чистих компонентів

Значення коефіцієнтів c_i					
	c_1	c_2	c_3	c_4	c_5
Ar	2069,26	3,92	1,02	-0,42	0
R14	2711,85	134,88	195,75	-30,239	1,438
R218	5354,49	1886,02	-64,851	0	0

уровне криостатирования 0,3. В результате определен оптимальный состав криоагента (в мольных долях $x_1=0,577$; $x_2=0,082$; $x_3=0,341$), давление прямого потока 3,07 МПа и обратного потока 0.61 МПа, КПД цикла 29,2% и холодопроизводительность на уровне криостатирования 714 кДж/кмоль.

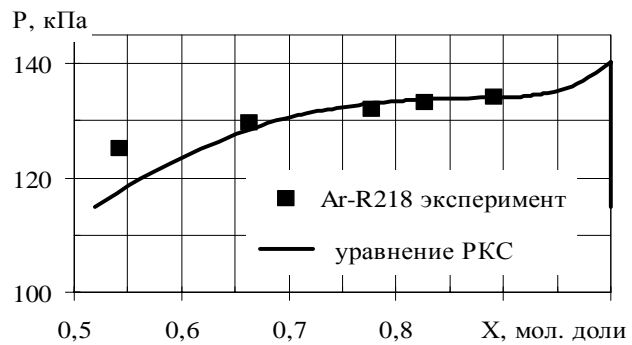
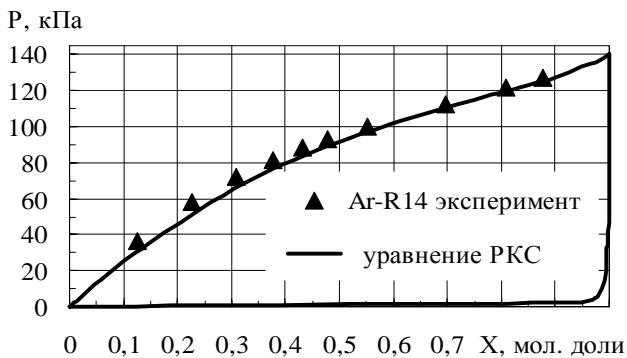


Рис. 8. Диаграмма P-x при температуре $T=90,5K$ в бинарной смеси: а) Ar-R14; б) Ar-R218

ВЫВОДЫ

Единое уравнение состояния РКС (1) вполне успешно может быть использовано для описания фазового равновесия жидкость-пар чистых компонентов, бинарных смесей, а также многокомпонентных смесей. Удовлетворительно описывая мольный объем паровой фазы, оно дает значительно худшие результаты для плотности жидкой фазы. Предложенные правила смешения позволяют проводить расчеты для бинарных смесей, а полученные на основе эксперимента параметры перекрестного взаимодействия могут быть

использованы для трехкомпонентной системы Ar-R14-R218.

Следует соблюдать осторожность при использовании различных значений параметра k_{ij} , полученных из различных серий эксперимента. И если для системы Ar-R14 одно и тоже значение k_{ij} может быть использовано в широком диапазоне температур и фазового поведения, то для системы Ar-R218 следует каждый раз использовать рекомендованное для этого случая значение. Отметим в целом успешное применение уравнения состояния РКС (1) в построении термодинамической модели для системы Ar-R14-R218.

Показано с помощью моделирования термодинамических свойств многокомпонентного криоагента Ar-R14-R218 на базе уравнения состояния РКС и оптимизации цикла возможность создания экономичной дроссельной микрокриогенной системы с температурой криостатирования 120K на базе одноступенчатого компрессора. Как показало сравнение эксергетический КПД цикла на смесях намного превышает КПД цикла на чистом Ar, величина которого при равных условиях составляет 6,3%.

Поступила 11.2011

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев, В.В. Термодинамические свойства смесей аргона с хладагентами R14 и R218 [Текст] / В.В. Афанасьев, В.А. Багинский, Н.Д. Захаров, Н.И. Лапардин // Холодильная техника и технология. - 2006. - №2 (100). - С. 73-80.
2. Soave, G. Equilibrium constants from a modified Redlich-Kwong equation of state [Текст] // Chem. Eng. Science. -1972, vol. 27, 6, p. 1197 – 1203.
3. Рабинович, В.А. Теплофизические свойства неона, аргона, криптона и ксенона [Текст] / В.А. Рабинович, А.А. Вассерман, В.И. Недоступ, Л.С. Векслер – М.: Изд-во стандартов, 1976.- 636 с.
4. Алтунин, В.В. Теплофизические свойства фреонов. Т. 2. Фреоны метанового ряда. Справочные данные [Текст] / В.В. Алтунин, В.З. Геллер, Е.А. Кремневская, И.И. Перельштейн, Е.К. Петров – Под ред. С.Л. Ривкина. – М.: Изд-во стандартов, 1985.- 264 с.
5. Рябушева, Т.И. Термодинамические свойства хладагента R218 [Текст] / Т.И. Рябушева, С.И. Гуйго, Е.Б. Петрунина // Холодильная техника.- 1979.- №6.- С.30-33.
6. Рид, Р. Свойства газов и жидкостей: Справочное пособие [Текст] / Р. Рид, Дж. Праусниц, Т. Шервуд– Л.: Химия, 1982. – 592 с.
7. Варгафтик, Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей [Текст]. – М.: Наука, 1972. - 720 с.
8. Захаров Н.Д. Многокомпонентные рабочие тела дроссельных микрокриогенных систем. – Одесса: Полиграф, 2008.- 82 с.

УДК 663.938-027.332:664.047

БУРДО О.Г., д-р техн. наук, профессор, ТЕРЗІЄВ С.Г., канд. техн. наук, асистент,

РУЖИЦЬКА Н.В., аспірант, БОРЩ А.А., аспірант

Одеська національна академія харчових технологій

КІНЕТИКА ІЧ-СУШІННЯ ШЛАМУ КАВИ

Описано кінетику процесу сушіння шламу під дією ІЧ-випромінювання у залежності від товщини шару продукту і кількості підведеної енергії.

Ключові слова: шлам кави, інфрачервоне випромінювання, сушіння.

Kinetics of waste process of drying of product is described under the action of ІЧ-випромінювання in dependence on the thickness of layer of waste product and amount of the brought energy.

Keywords: waste product of coffee, infrared, drying.

Вирішення задач комплексної переробки і утилізації промислових відходів дозволить суттєво збільшити ефективність харчоконцентратного виробництва, зменшити витрати енергії, знизити навантаження на навколишнє середовище і отримати нову гаму продуктів і матеріалів, в тому числі і для комбікормового виробництва.

На 1 т готової розчинної кави припадає 1,5...2 т шламу [1]. Відповідно, шламу в Україні утворюється близько 1,5 – 2 тис. т на рік. Неутилізований шлам спричиняє негативний вплив на навколишнє середовище [2].

Після екстрагування шлам кави містить до 4% екстрактивних речовин [3]. Найбільш цінними компонентами шламу кави, доцільними для подальшої переробки є: кавова олія (7 – 12%), целюлоза та лігнін (60 – 75%), суміш смако-ароматичних речовин (кофеоль) – (3 – 5%), білок (5 – 7%) [4]. Також у кавовому шламі містяться макро- та мікроелементи і вітаміни В₂ і РР [3]. В Росії також запропоновано використовувати сухий кавовий шлам у виробництві комбикормів і кормових вітамінних добавок для сільськогосподарських тварин і птахів. Проте при переробці шламу у корма необхідно попереднє вилучення з нього кофеїну, який чинить збуджуючу дію на нервову систему тварин [5].

Внаслідок високої вологості шламу (80 – 82%) необхідне сушіння шламу перед подальшою переробкою.

В останній час широке розповсюдження отрима-

вому шарі. У пористі вологі матеріали випромінення проникає на певну глибину, а їх провідність залежить від вологовмісту. Поглинання ІЧ-енергії водою переважає на всіх довжинах хвиль, що дозволяє використовувати широкий діапазон ІЧ-випромінювачів [6].

Для дослідження кінетики процесу сушіння шламу за допомогою ІЧ-випромінення використовується експериментальний стенд, що складається з електронних ваг, ІЧ-камери, системи вимірювання температури продукту і повітря у камері і підведеної потужності.

У дослідах визначалися залежності поточної вологості продукту і температури від питомої маси шламу та питомої потужності підведеної енергії. У камері розташовували шлам питомою масою 2,5...10 кг/м² при швидкості повітря на виході з камери 0 – 2,5 м/с.

Фіксувалася тривалість обробки, температура і маса зерна під час обробки. Питома маса матеріалу (g) показує масу (m) продукту на одиницю поверхні обробки (F)

Питома потужність показує кількість ІЧ-енергії, яке підводиться до 1 м² поверхні, що обробляється.

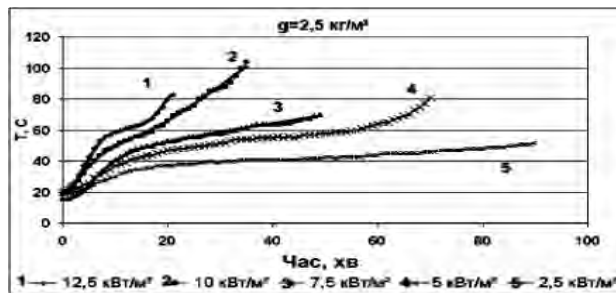
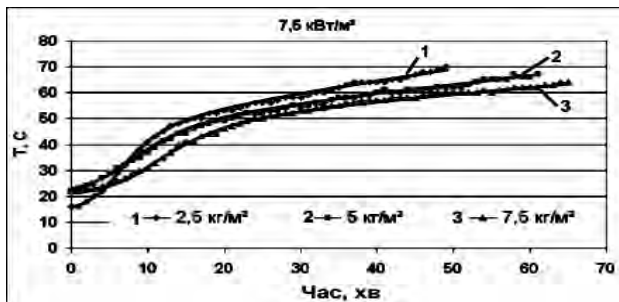


Рис. 1. Термограми сушіння в залежності від питомого завантаження та від питомого підводу енергії

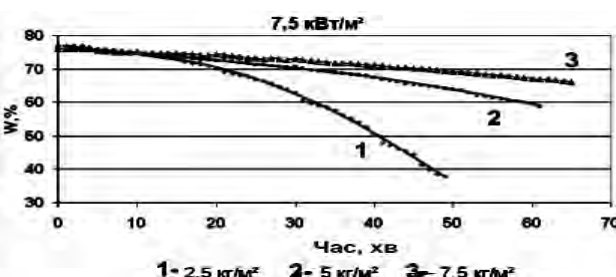
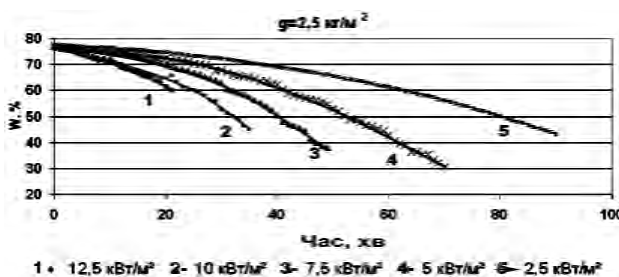


Рис. 2. Лінії сушіння в залежності від питомого підводу енергії та від питомого завантаження

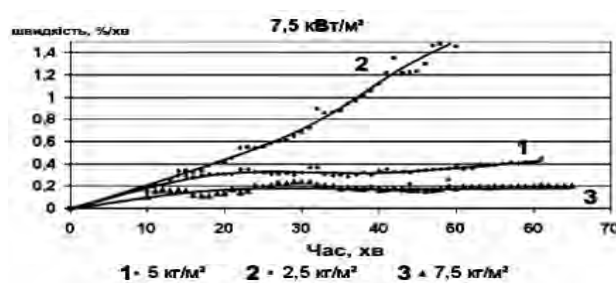
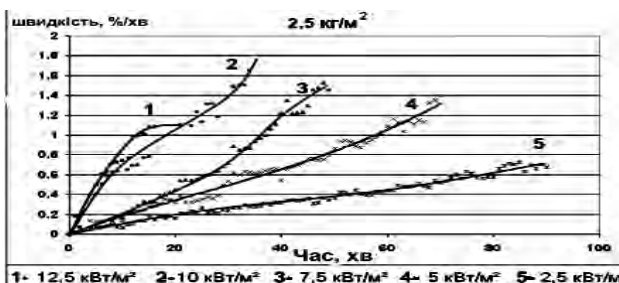


Рис. 3. Зміна швидкості сушіння залежності від питомого підводу енергії та від питомого завантаження

ло інфрачервоне нагрівання харчових продуктів.

Інфрачервоне випромінювання – електромагнітне випромінювання, що охоплює діапазон довжин хвиль від 0,75 до 1000 мкм. Механізм поглинання енергії інфрачервоних хвиль полягає у зміні вібраційного стану молекул. В цілому тверді матеріали поглинають ІЧ-випромінювання лише у тонкому поверхне-

Термограми сушіння наведено на рисунку 1.

Як видно з рисунку 1, зі збільшенням потужності підведеної ІЧ-енергії, збільшується швидкість росту температури продукту. Швидкий ріст температури до відносно високого значення (102 °C) вказує на те, що частина підведеної енергії іде не тільки на випарову-

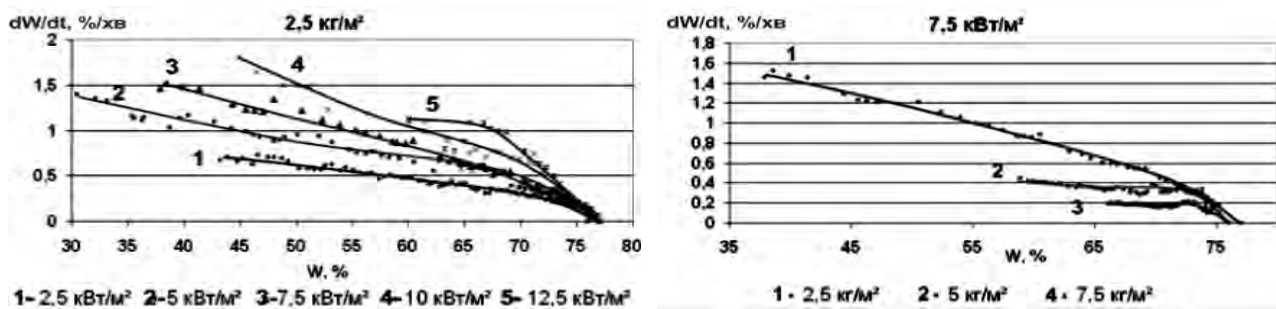


Рис. 4. Криві швидкості сушіння в залежності від питомого підводу енергії та від питомого завантаження

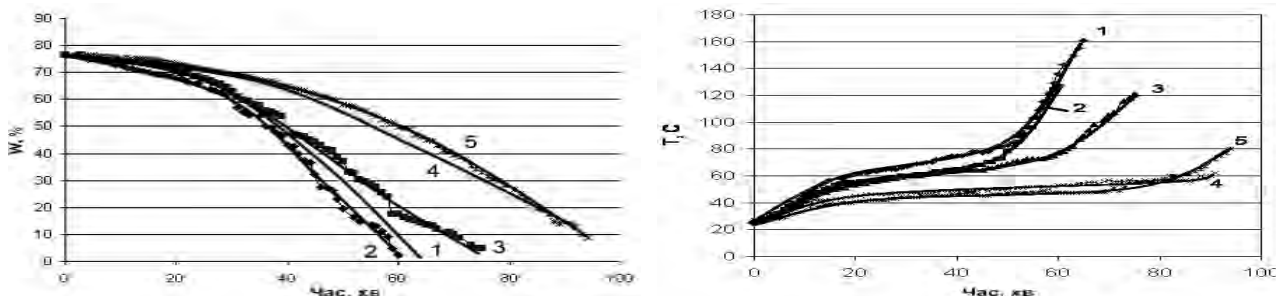


Рис. 5. Лінії та термограми сушіння : 1 – 0,5 м/с, 2 – 0 м/с, 3 – 1 м/с, 4 – 1,5 м/с, 5 – 2 м/с, 6 – 2,5 м/с

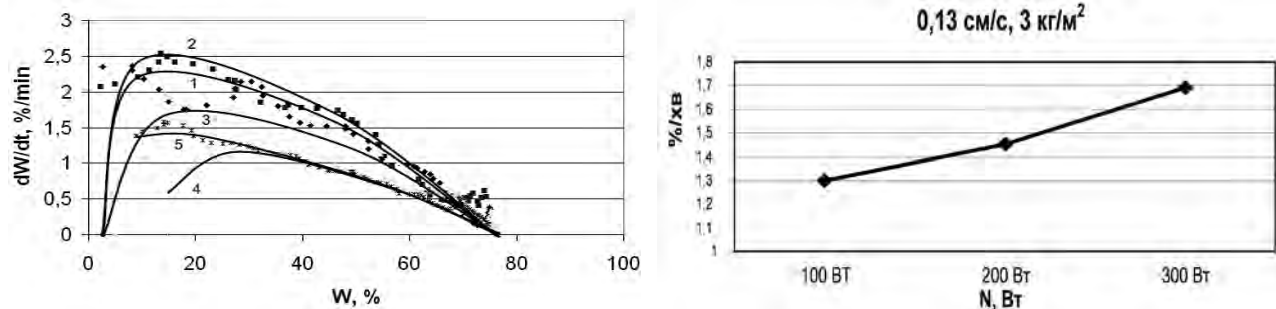


Рис. 6. Криві швидкості сушіння: 1 – 0,5 м/с, 2 – 0 м/с, 3 – 1 м/с, 4 – 1,5 м/с, 5 – 2 м/с, 6 – 2,5 м/с

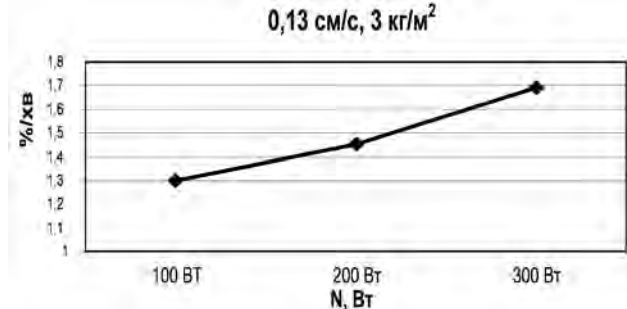


Рис. 7. Вплив кількості підведеної енергії на швидкість сушіння

вання вологи, а й на нагрів продукту. Лінії процесу сушіння наведено на рис. 2.

Як видно на рисунках 2 і 3, видалення вологи починається протягом перших 10 хвилин обробки. При цьому зі збільшенням потужності ІЧ - випромінювання і зменшенням товщини шару шламу (питомого завантаження), швидкість сушіння збільшується. Швидкість сушіння складала 0,6 – 1,8 %/хв. Інтенсивне видалення вологи при достатньо низьких температурах (40 – 50 °С) пояснюється безпосередньо дією ІЧ- випромінювання на продукт і поглинання енергії водою.

Резерви по інтенсифікації процесів сушіння шламу визначаються з аналізу ліній швидкості зневоднення (рис. 4). На відміну від традиційного конвективного сушіння, на кривих не спостерігаються чітко виражені періоди сушіння оскільки в даному процесі має місце інший механізм підводу енергії, а повітря не виконує функцію теплоносія. З літературних джерел відомо про застосування ІЧ-нагріву для збільшення швидкості сушіння в період спадаючої швидкості [6]. Вивчався також вплив швидкості повітря у сушильній камері на кінетику сушіння шламу. Відомо, що зменшення вмісту вологи у оточуючому повітрі збільшує інтенсивність масопереносу. Проте разом із повітрям, з камери спостерігаються втрати теплоти, що негативно впливає як на швидкість сушіння, так і

на енергоефективність процесу.

Як видно з кривих сушіння, при низьких швидкостях руху повітря у камері, період спадаючої швидкості сушіння майже не виражений, що пояснюється радіаційним підведенням енергії.

Дослідження процесу сушіння у рухомому шарі проводили на універсальному стенді для НВЧ та ІЧ обробки харчової сировини, що складається зі стрічкового конвеєру, трьох модулів НВЧ-обробки та трьох модулів ІЧ- обробки сировини. Вивчався вплив кількості підведеної енергії, швидкості руху стрічки транспортера, товщини шару продукту на швидкість процесу сушіння.

Вивчався вплив кількості підведеної енергії на середню швидкість процесу сушіння. Результати наведено на рис. 7.

Як видно з графіку, при підведенні вже 100 Вт ІЧ-енергії середня швидкість зневоднення перевищує 1 %/хв, але при збільшенні кількості підведеної енергії у 2 та 3 рази, цей показник зростає лише на 0,2 %/хв. Результати дослідження впливу швидкості руху стрічки на швидкість сушіння наведено на рис.8.

На графіку видно, що швидкість сушіння на швидкостях руху стрічки від 0,13 до 0,33 см/с майже однакові, що можна пояснити скороченням тривалості перебування продукту у ІЧ-модулі та більш ефективним використанням підведеної енергії. На швидкості

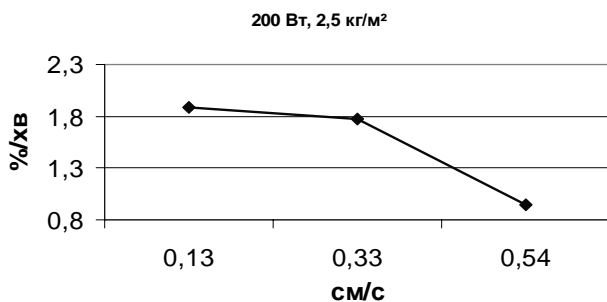


Рис. 8. Вплив швидкості руху стрічки транспортера на швидкість сушіння

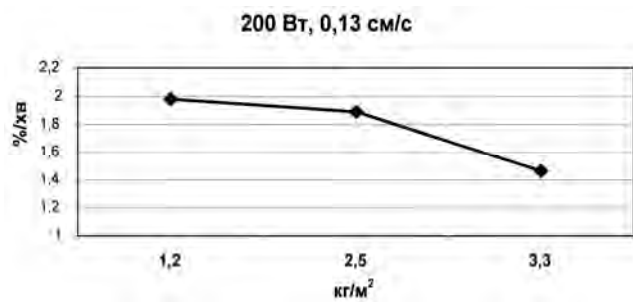


Рис. 9. Вплив завантаження на швидкість процесу сушіння

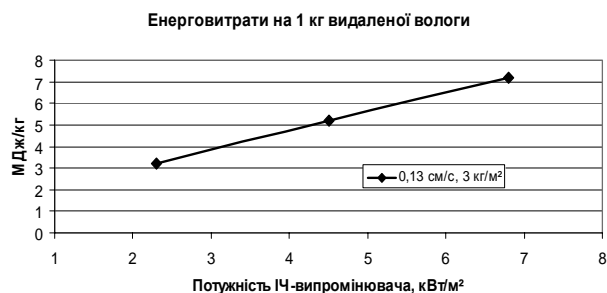


Рис. 10. Питомі енерговитрати сушіння в ІЧ-модулі

більшій ніж 0,4 см/с продукт, певно, не встигає отримати достатню кількість енергії для ефективного видалення вологи.

Результати дослідження впливу товщини шару (завантаження) на швидкість процесу сушіння наведено на рис. 9.

Очевидно, що зі збільшенням завантаження і, в свою чергу, товщини шару продукту веде до зменшення швидкості сушіння.

Питомі енерговитрати процесу сушіння в одному ІЧ-модулі наведено на рис. 10.

На графіку простежується тенденція до збільшення енергоефективності процесу зі зменшенням кількості витраченої енергії. Очевидно, що при підведенні більше 100 Вт енергії вона використовується менш ефективно.

Слід також зазначити, що температура продукту у всіх дослідах не перевищувала 65 °С.

Висновки

Шлам кави є перспективною сировиною для подальшої переробки і отримання олії, комбікормів, харчових добавок, будівельних матеріалів, палива.

На швидкість ІЧ-сушіння значний вплив чинить товщина шару продукту (завантаження), кількість підведеної енергії та швидкість руху сушарки. Процес видалення вологи протікав при відносно низьких температурах, що не завдає шкоди якості кінцевого продукту.

Поступила 10.2011

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. <http://www.waste.ru/uploads/library/specificshowing.pdf> Сборник удельных показателей образования отходов производства и потребления
2. Бурдо, О.Г., Экстрагирование в системе «кофе - вода» [Текст] / О.Г. Бурдо, Г.М. Ряшко.- Одесса, 2007.- 176с.
3. Косенко, И.С. Возможность использования отходов производства кофе и чая в комбикормах [Текст] / И.С. Косенко, Е.С. Шумелев, Е.В. Соловьева // Известия ВУЗов. Пищевая технология, № 2, 2007. – С. 101 – 102.
4. Бурдо, О.Г. Процеси переробки шламу в технології виробництва розчинної кави [Текст] / О.Г. Бурдо, С.Г. Терзієв, В.В. Шведов, Н.В. Ружицька // Наукові праці ОНАХТ, - Одеса. - 2010. - Вип. 37. - С. 252 - 255.
5. Пат. 2034497 РФ, МПК6 А 23 К 1/16. Кормовая витаминная добавка для сельскохозяйственных животных и птицы Текст. / А.П.Левитский, В.В.Шерстобитов, С.К.Ярославцев, И.А.Мусонова. заявл. 30.10.91; опубл. 10.05.95, Бюл. № 13. -115 с.
6. Kathiravan, K. Infrared Heating in Food Processing: An Overview [Текст] / Kathiravan Krishnamuthy, Harpreet Kaur Khurana, Soojin Jun, J. Iru-dayaraj, and Ali Demirci // COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY – Vol. 7. – 2008. – P. 2 – 13.

УДК [664.871:635.64]: 641.885

ВЕРХИВКЕР Я.Г., д-р техн. наук, профессор, ЕФРЕМОВ В.В., магистр

Одесская национальная академия пищевых технологий

РАЗРАБОТКА ПАРАМЕТРОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОУСОВ И КЕТЧУПОВ НА ТОМАТНОЙ ОСНОВЕ

Исследовано влияние режима предварительной подготовки специй на реологические и органолептические показатели готовой продукции. Используются разные способы подготовки пряностей и изучено их влияние на рецептуру продукта. Установлено, что при уменьшении размера частиц пряностей снижается вязкость готового продукта, и одновременно более полно раскрывается его вкус, что позволяет уменьшать количество добавляемых в продукт специй и добиться однородности состава без использования дополнительных технологических операций.

Ключевые слова: специи, предварительная подготовка, реология

In this work of investigation influence conditions of previously prepare spices on rheological and sensory properties of product. Different ways of prepare spices and its influent on recipe of prepared product were learnt. It was ascertained, that decreasing size parts of spices cause reduction of viscosity in prepared product, at the same time, improves taste of product, what allows to reduce quantity of spices and get homogeneous texture without additional technological operations.

Key words: spices, previously prepare, rheology.

В настоящее время при производстве пищевых про-

дуктов, особенно различных эмульсий типа соусов, используется широкий ассортимент различных ингредиентов. Потребительские свойства получаемых продуктов обуславливаются технологическими режимами (температурой, способами механической обработки, рецептурой, взаимодействиями компонентов системы и т.д.). Реологические свойства позволяют охарактеризовать показатели качества на различных стадиях производства [1].

Оценка пищевых продуктов определяется исключительно показателями качества: консистенцией, вкусом, запахом, внешним видом.

Из этих показателей консистенция наилучшим образом характеризует коллоидно-химический состав