

УДК 663.938-027.332:664.047

БУРДО О.Г., д-р техн. наук, профессор, ТЕРЗИЕВ С.Г., канд. техн. наук, ассистент,
РУЖИЦКАЯ Н.В., аспирант, БОРЩ А.А., аспирант

Одесская национальная академия пищевых технологий

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ И СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

В работе проведен анализ энергетических и экологических проблем в технологиях пищевого концентратного производства. Рассматривается система комплексной утилизации теплоты и пыли готового продукта на основе термосифонного аппарата. Обсуждаются пути переработки кофейного шлама. Представлены результаты экспериментального моделирования процесса сушки кофейного шлама в условиях инфракрасного подвода энергии. Проводится сравнение кинетики экстрагирования традиционными методами и с использованием микроволновой техники.

Ключевые слова: энергетика пищевых концентратов, утилизация теплоты, кофейный шлам, сушка, экстрагирование.

The analysis of energy loss and ecological problems in food concentrate production technologies has been given. The system of complex heat and final product dust utilization based on thermosiphon apparatus is considered. Ways of coffee sludge reprocessing are discussed. The results of the coffee sludge infrared drying process experimental modeling are given. The comparison of the traditional extraction methods and microwave assisted extraction kinetics is made.

Keywords: energy of food concentrates, utilization of heat, coffee core boring, dehumidification, extracting.

Задача сохранения продукта на длительное время требует энергетически затратных операций обезвоживания. Поэтому производство сухих пищевых концентратов является энергоемкой отраслью в АПК [1]. Практика показывает, что одним из приоритетных путей совершенствования энерготехнологий – это утилизация энергии технологических выбросов [1]. Самостоятельной и важной проблемой считается разработка схем утилизации сырьевых ресурсов производства. Это вопросы извлечения мелкодисперсных частиц пыли кофе из аэрозольных выбросов распылительной сушилки, открыты вопросы и по утилизации многотоннажных отходов производства – кофейного шлама. Системный подход позволит эффективно решать указанные задачи при комплексной утилизации теплоты и сырьевых отходов производства, даст возможность правильно выбрать приоритеты, четко координировать работы по совершенствованию технологий. Затраты на внедрение энергоэффективных технологий и оборудования возвращаются быстро, если исследования проведены на основе современных методов энергоэкологического мониторинга.

Энергетический мониторинг пищевого концентратного производства. Методами энергетического аудита [1] проведен анализ теплового состояния цехов по производству растворимого кофе и пищевых концентратов (рис.1).

Наибольшие потери теплоты от корпуса обжарочного аппарата (ОА) Пробат - 4.5 кВт; от вакуум-выпарной установки (ВВУ) - 5.3 кВт; от распылительной сушилки (РС) - 44 кВт; от ленточной сушилки - 23 кВт. Видно, что основной источник потерь тепловой энергии – это сушильные установки. Следует учесть, что именно на этих установках ощутимые потери энергии еще и с отработавшим сушильным агентом. В результате затраты энергии на удаление влаги в процессе сушки в несколько раз выше, чем энергия фазового перехода при парообразовании [2].

Технологические выбросы сушильного оборудования сопровождаются ощутимыми потерями пыли пищевого продукта. Именно пыль пищевого продукта не позволяет использовать традиционные конструкции теплоутилизаторов, поскольку пыль забивает теплопередающую поверхность и аппарат становится неэффективным.

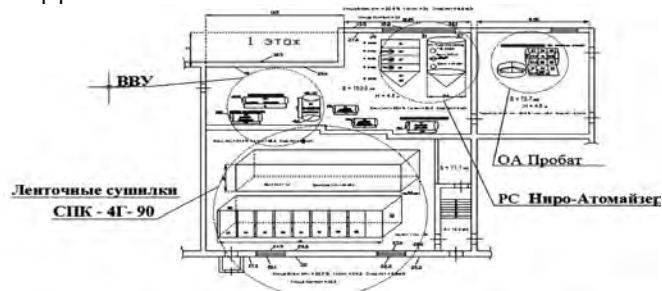


Рис. 1. Основное энергоемкое оборудование

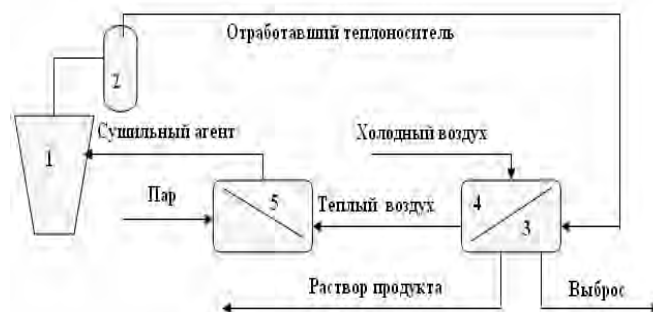


Рис.2. Система комплексной утилизации теплоты и пыли из аэрозольных выбросов сушилок: 1 – сушилка, 2 – циклон, 3 – секция охлаждения ТМУ, 4 – секция нагрева ТМУ, 5 – паровой калорифер

Схема с тепломассоутилизатором. Техническая идея предложенной системы комплексной утилизации теплоты и пыли пищевого продукта [3] основана на использовании в аппарате уникальных теплообменных модулей (термосифонов) и оригинальной организацией процесса теплопередачи. Суть поясняется на схеме (рис.2).

Термосифонный тепломассоутилизатор (ТМУ) секцией охлаждения 3 подключается к выходу из циклона 2. В результате комбинированных взаимодействий аэродинамических, теплообменных и массообменных процессов поток в ТМУ очищается от пыли и водяного пара, образуется раствор пищевого продукта, который стекает с поверхности термосифонов. Достигаются три положительных результата. Во-первых, очищенный теплоноситель обеспечивает экологическую чистоту технологии. Во-вторых, улавливаются частицы дорогого пищевого продукта. В-третьих, снижается расход энергии. Более того, работа аппарата в таком режиме обеспечивает «самоочистку» поверхности теплообмена. Таким образом, достигаются режимы переноса с предельными теплотехническими характеристиками аппарата.

Эффект самоочистения теплопередающей поверхности и дает возможность использовать предложенную систему комплексной утилизации теплоты и пыли в схемах сушильного и печного оборудования пищевых производств. Техническая идея системы состоит в использовании специфики отработанного сушильного агента (водорастворимость пыли и наличие в потоке теплоносителя чистого водяного пара) и уникальных особенностях современных модулей для организации теплопередачи – двухфазных термосифонов (ТС). По сути, предложен принципиально новый аппарат - тепломассоутилизатор (ТМУ), в котором обеспечивается режим самоочистения ТС от пыли, т.е. высокие и стабильные значения коэффициента теплопередачи.

Паропылегазовый поток при обтекании орбренной поверхности испарителей ТС, размещенных в секции охлаждения ТМУ, инициирует три процесса. Во-первых, это конвективный теплоперенос от горячего теплоносителя к ТС. Во-вторых, это парциальная конденсация водяного пара из потока на поверхности ТС, если достигнуты соответствующие условия. В-третьих, это осаждение твердой фазы, мелкодисперсных частиц продукта в межреберном пространстве ТС. В-четвертых, взаимодействие конденсата и слоя пыли (рис.2).

Модель формирования слоя твердых отложений базируется на гипотезе предельного равновесия массопереноса (m). Т.е. пропорциональности (m) коэффициенту скорости процесса (k), концентрации частиц продукта в потоке (c), скорости набегающего потока (w), резерву массы осаждения на поверхности (Δm) и времени эксплуатации (τ). Причем (Δm) определяется как разность конечной массы осаждения (m_{∞}) и массы осаждения пыли (m) в момент (τ). Так, в условиях пограничного слоя определяется закон роста толщины слоя загрязнений [2,3]:

$$\delta = a \sqrt{\text{Re}} [1 - \exp(-kcw \tau)], \quad (1)$$

Формула имеет одну независимую переменную (τ), один конструктивный размер, три параметра потока (c , v , w) и два эмпирических коэффициента (k и a).

Пыль сахара, кофе, сухого молока и т.п. хорошо растворяется в воде, поэтому в условиях парциальной конденсации будет проходить насыщение конденсатом слоя загрязнений. Модель такого процесса представляется как трехзонная. В первой зоне (консолидации) происходит расширение площади пятен контакта “продукт – поверхность ТС”, растут адгезионно-когезионные силы. На границе первой и второй зон достигается максимальное значение адгезионных сил. Вторая зона (релаксации) переходит в третью – текучести. Модель подтверждена экспериментально, получены количественные зависимости адгезионных сил от влагосодержания пыли. Толщина пленки на поверхности в третьей зоне определяется совместным действием сил инерции потока, адгезии (Pa) и поверхностного натяжения (σ).

Обработка экспериментальных данных выполнена в виде критериального уравнения [2,3]:

$$\Omega = \rho g R n / \sigma = A(We)^n (P)^m \quad (2)$$

Из Ω рассчитывается толщина пленки, как раз-



Рис. 3. Схема утилизации аэрозольных выбросов

ность радиусов пленки (Rn) и ТС (Rm) в зависимости от числа Вебера (We) и безразмерного комплекса $P=PaRm/\sigma$, который показывает соотношение сил адгезии и сил поверхностного натяжения. Для разных видов продукта найдены постоянные в уравнении (2). Оптимизация конструктивных и режимных параметров тепломассоутилизатора и выбор тепловой изоляции проводятся на основе энергетических обследований конкретной технологической линии. Так, в линии производства растворимого кофе тепломассоутилизатор снижает расход топлива на 17...18 %, и улавливает до 99 % кофейной пыли из аэрозольных выбросов сушилки [2]. Срок его окупаемости: до 9 месяцев. Использование автономных термосифонов облегчает задачу оптимизации конструктивных параметров, позволяет установить экономичный утилизатор, максимально соответствующий нагрузке [3].

Экологический мониторинг производства растворимого кофе. Функционирование предприятия по производству растворимого кофе оказывает серьезную нагрузку на окружающую среду. Загрязнителями атмосферы являются составляющие потока отработавшего теплоносителя: влага и пыль кофе, а также, теплота. За год на одной установке терется 4,5 т порошка кофе. Источниками загрязнений литосферы является кофейный шлам. На 1 кг готового продукта образуется 6...8 кг кофейного шлама. Техника выгрузки предполагает получение на выходе жидкой и твердой частей шлама.

Системы экологической защиты должны быть направлены на улавливание из аэрозольных выбросов распылительной сушилки теплоты, влаги и пыли пищевого продукта. Тепломассоутилизатор разделяет аэрозольный поток на чистый воздух, который возвращается в окружающую среду, и раствор кофе, который используется в технологии, смешивается с первичным экстрактом. В процессе разделения утилизируется теплота, которая идет на предварительный нагрев воздуха перед калорифером.

Самостоятельной задачей является утилизация кофейного шлама. Известно, что этот шлам содержит до 8 % масла кофе, ценные белки. Масло кофе, аналог распространенного масла какао, представляет интерес для парфюмерной, фармацевтической, кондитерской и хлебопекарной промышленности.

Предлагается схема последовательного извлечения ценных компонентов из кофейного шлама.

На первом этапе извлекается масло кофе. Получается обезжиренный шлам. На втором этапе методом баротермической обработки активируется белок,



Рис. 4. Схема утилизации кофейного шлама

который используется как связывающий материал для получения кирпичей и других строительных материалов (рис. 4). Таким образом, комплексно решается проблема эффективного использования ресурсов в технологии кофепродуктов. При утилизации шлама экстрагированием выделяется масло кофе. Активация обезжиренного шлама позволяет получить связующий компонент и изготовлять на основе только шлама строительные материалы, кирпичи.

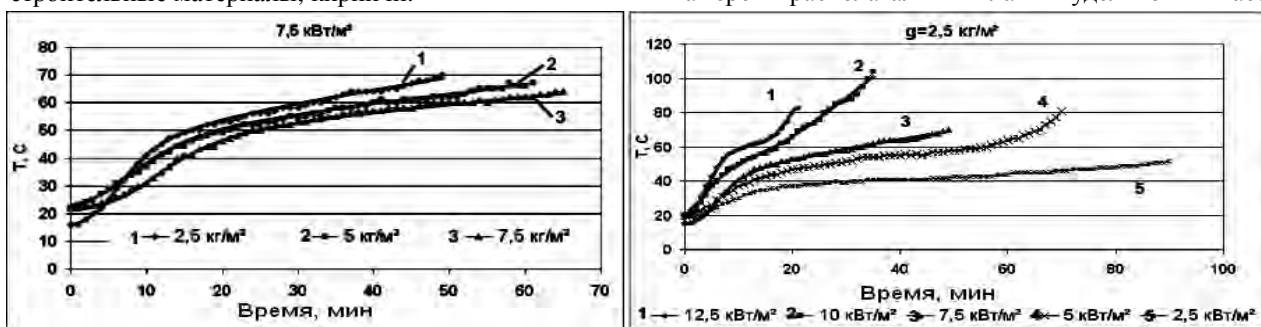


Рис. 5. Термограммы сушки шлама в зависимости от удельной загрузки и от удельного подвода энергии

После экстрагирования кофейный шлам содержит до 4% экстрактивных веществ [4]. Наиболее ценными компонентами кофейного шлама, целесообразными для дальнейшей переработки являются: кофейное масло (7 – 12 %), целлюлоза и лигнин (60 – 75 %), смесь вкусо-ароматических веществ (кофеоль) – (3 – 5 %), белок (5 – 7 %) [5]. Также в кофейном шламе содержатся макро- и микроэлементы и витамины B₂ и PP [4]. В России также предложено использовать сухой шлам в производстве комбикормов и кормовых витаминных добавок для сельскохозяйственных животных и птицы. Однако при переработке кофейного шлама в корма требуется предварительно извлечь из него кофеин, который оказывает возбуждающее действие на нервную систему животных [6].

Вследствие высокой влажности шлама (80 –

2,5...10 кг/м² при скорости воздуха на выходе из камеры 0 – 2,5 м/с. Фиксировалась продолжительность обработки, температура и масса шлама во время обработки. Удельная масса материала (g) показывает массу (m) продукта на единицу поверхности обработки (F). Удельная мощность показывает количество ИК-энергии, которое подводится к 1 м² обрабатываемой поверхности. Термограммы сушки приведены на рис. 5.

Как видно на рисунке 5, с увеличением мощности подведенной ИК-энергии, увеличивается скорость роста температуры продукта. Быстрый рост температуры до относительно высокого значения (102 °C) указывает на то, что часть подведенной энергии идет не только на испарение влаги, но и на нагрев продукта. Линии процесса сушки приведены на рис. 6.

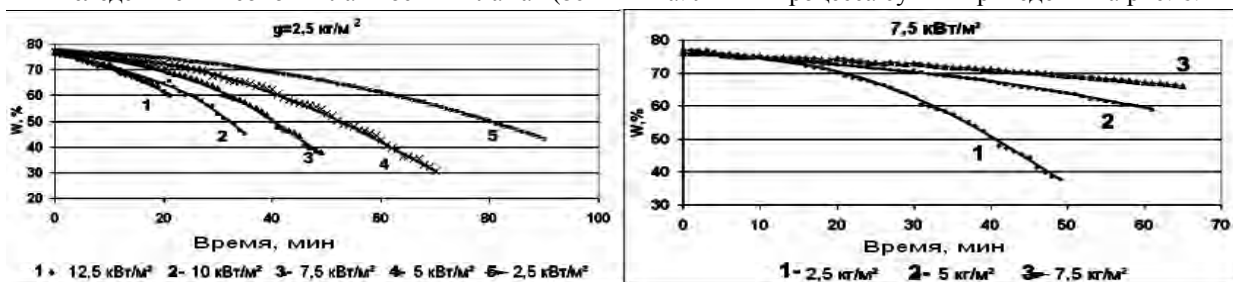


Рис. 6. Линии сушки шлама в зависимости от удельного подвода энергии и удельной загрузки

82 %) необходима сушка шлама перед дальнейшей обработкой.

Удаление влаги начинается в течение первых 10 минут обработки (рис.6).

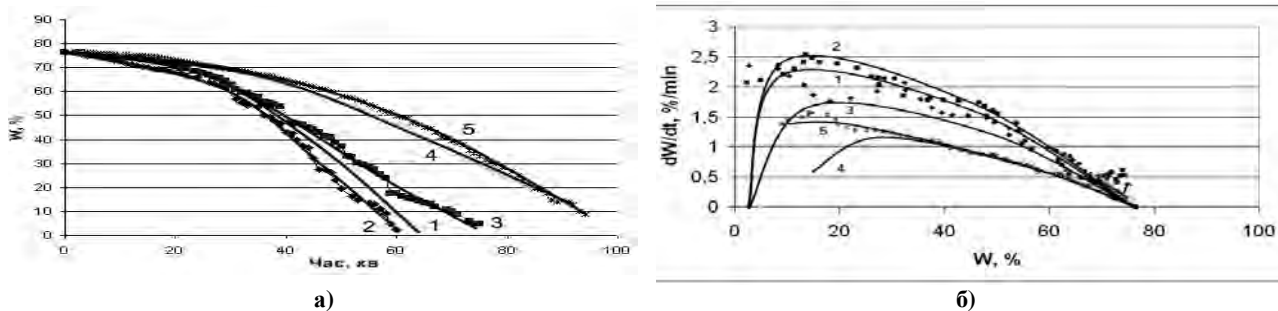


Рис. 7. Линии сушки (а) и линии скорости сушки (б): 1 – 0 м/с, 2 – 0,5 м/с, 3 – 1 м/с, 4 – 1,5 м/с, 5 – 2 м/с

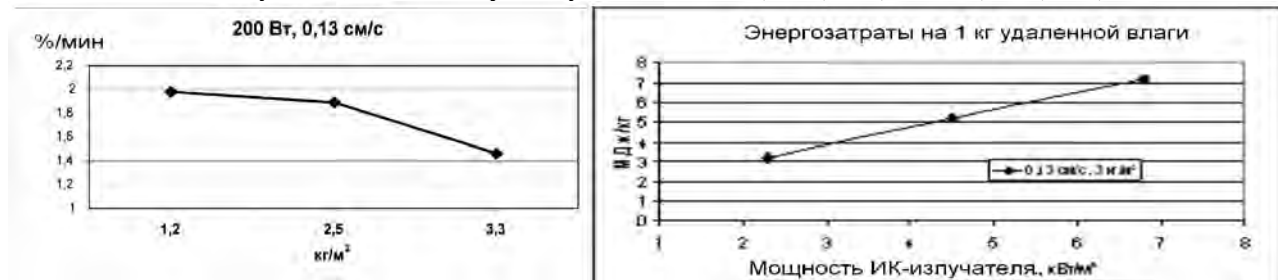


Рис. 8. Влияние толщины слоя (загрузки) на скорость процесса сушки и удельные энергозатраты

При этом с увеличением мощности ИК-излучения и уменьшением толщины слоя шлама (удельной загрузки), скорость сушки увеличивается. Скорость сушки составляла 0,6 – 1,8 %/мин. Интенсивное удаление влаги при достаточно низких температурах (40 – 50 °С) объясняется непосредственным действием ИК-излучения на продукт и поглощением энергии водой. Изучалось также влияние скорости воздуха в сушильной камере на кинетику сушки шлама. Известно, что уменьшение содержания влаги в окружающем воздухе увеличивает интенсивность массопереноса. Однако с воздухом из камеры наблюдаются потери теплоты, что негативно влияет на энергоэффективность процесса. Как видно из рис. 7, при низких скоростях движения воздуха в камере, период падающей скорости сушки почти не выражен, что объясняется радиационным подводом энергии.

Исследование процесса сушки в подвижном слое проводили на универсальном стенде для СВЧ и ИК обработки пищевого сырья, который состоит из ленточного конвейера, трех модулей СВЧ-обработки и трех модулей ИК-обработки сырья. Изучалось влияние количества подведенной энергии на среднюю скорость процесса сушки. При подводе уже 100 Вт ИК – энергии средняя скорость обезвоживания превысила 1 %/мин, но при увеличении количества подведенной энергии в 2 и 3 раза, этот показатель возрастал только на 0,2 %/мин. Скорость сушки при движении ленты со скоростью от 0,13 до 0,33 см/с почти одинакова, что можно объяснить сокращением продолжительности пребывания продукта в ИК модуле и более эффективным использованием подведенной энергии. На скорости большей, чем 0,4 см/с продукт, по-видимому, не успевает получить достаточное количество энергии для эффективного удаления влаги.

С увеличением загрузки и, в свою очередь, толщины слоя продукта уменьшается скорость сушки (рис. 8). На графике прослеживается тенденция к увеличению энергоэф-

фективности процесса с уменьшением количества подведенной энергии. Температура продукта во всех опытах не превышала 65 °С.

Высушенный шлам готов к процессу извлечения кофейного масла. В зависимости от характера растворителя удалось получить две разновидности кофейного масла: чистое и ароматизированное, содержащее ароматические и красящие вещества кофе. Интенсификация процесса массопереноса из твердой фазы шлама осуществлялась подведением микроволновой энергии поля частотой 2450 кГц при мощностях 85 – 127 Вт. Использовались режимы импульсного и непрерывного воздействия поля, а также температуры от 40 °С до кипения растворителя.

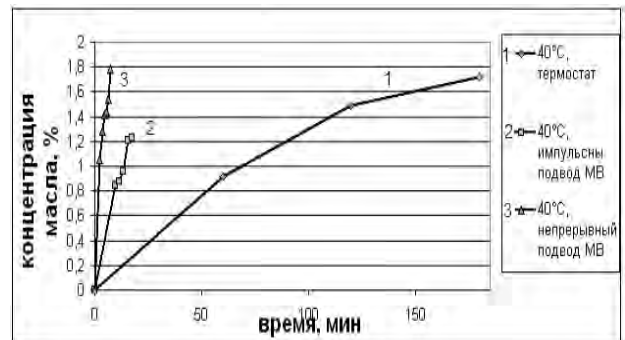


Рис. 9. Зависимость скорости экстрагирования от характера подведенной энергии

Видно (рис. 9), что применение электромагнитного поля позволяет сократить продолжительность процесса в десятки раз, при этом процесс протекает при достаточно низких температурах, а это способствует сохранению в конечном продукте ценных компонентов.

Поступила 02.2012

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурдо, О.Г. Энергетический мониторинг пищевых производств [Текст] / О.Г. Бурдо – Одесса: Полиграф, 2008 – 244с.
2. Burdo, O.G., Terzsiyev S.G., Peretyaka S.N. Energy-saving Food Technologies on Heat Pipe Exchanger Basis [Текст] / O.G. Burdo, S.G. Terzsiyev, S.N. Peretyaka // Proc. 9-th Int. Heat Pipes. Conf. – Albuquerque (New Mexico, USA). – 1995. – P.7–14.
3. Бурдо, О.Г. Эволюция сушильных установок [Текст] / О.Г. Бурдо – Одесса: Полиграф, 2010 – 368с.
4. 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.

5. Бурдо, О.Г. *Процеси переробки шлему в технологіях виробництва розчинної кави* [Текст] / О.Г. Бурдо, С.Г. Терзів, В.В. Шведов, Н.В. Ружицька // Наукові праці ОНАХТ, - Одеса. – 2010. – Вип. 37. – С. 252 – 255.
6. Пат. 2034497 РФ, МПК6 А 23 К 1/16. Кормовая витаминная добавка для сельскохозяйственных животных и птицы [Текст] / А.П. Левицкий, В.В. Шерстобитов, С.К. Ярославцев, И.А. Мусонова. заявл. 30.10.91; опубл. 10.05.95, Бюл. № 13. - 115 с.
7. Kathiravan K. Infrared Heating in Food Processing: An Overview [Текст] / Kathiravan Krishnamuthy, Harpreet Kaur Khurana, Soojin Jun, J. Irudayaraj, and Ali Demirci // COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY – Vol. 7. – 2008. – P. 2 – 13.

УДК 664.66.03:579.67

МАРДАР М.Р. канд. техн. наук, **КОРДЗАЯ Н.Р.**, канд. техн. наук
Одеська національна академія харчових технологій

ОЦІНКА КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ХЛІБА З ЦІЛЬНОГО ЗЕРНА ПШЕНИЦІ З ВКЛЮЧЕННЯМ КОРЕНЕПЛІДНИХ ОВОЧІВ

У статті наведено матеріал щодо розрахунку показника конкурентоспроможності хліба з цільного зерна пшениці з включенням коренеплідних овочів за органолептичними та фізичними показниками, показниками харчової цінності, показниками інноваційної діяльності та маркетингових досліджень, ціною та безпечністю.

Ключові слова: конкурентоспроможність, комплексний показник рівня якості, коефіцієнт вагомості, хліб з цільного зерна пшениці, коренеплоди селери, петрушки та пастернаку, лікувально-профілактичні властивості.

Materials concerning the calculation of indicator of competitiveness of bread made from a whole wheat grain with inclusion of root crops on base of an organoleptic and physical indexes, indexes of nutritional value, indexes of innovation and market research, cost and safety are given in the article.

Keywords: competitiveness, a competitive index of the quality, bread made from a whole wheat grain, root crops of celery, parsley and parsnip, therapeutic and prophylactic properties.

У теперішніх умовах одним із факторів, що перешкоджають успіху нового продукту, та зокрема нових видів харчової продукції на ринку, є економічна доцільність або ефективність їх виробництва. У зв'язку з цим виникає необхідність оцінювання їх конкурентоспроможності.

Конкурентоспроможність означає здатність об'єкта господарської діяльності в певний період забезпечувати комерційний або інший успіх на конкретному ринку в умовах конкуренції [1, 2].

Виходячи з цього, конкурентоспроможна продукція – це вироби, які користуються попитом у великій кількості споживачів та мають не менш високий рівень якості, ніж відомі аналоги, однак вони відрізняються від останніх елементами інновації у вигляді об'єктів інтелектуальної власності, патентів тощо. Така продукція забезпечує тривалість реалізації на ринку та отримання прибутку [2].

Мета даної статті – визначення конкурентоспроможності розроблених на кафедрі товарознавства та експертизи товарів Одеської національної академії харчових технологій хліба з цільного зерна пшениці з включенням коренеплідних овочів, а саме – коренеплодів селери, петрушки та пастернаку.

Рецептури нових видів хліба було отримано за допомогою спеціальної програми проектування рецептур хлібобулочних виробів зі збалансованим хімічним складом «ОРТІМА» [3]. Розрахунки проводилися з урахуванням усіх технологічних втрат та витрат, в залежності від виду сировини та процесу виготовлення. Крім того, шляхом проведення серії експериментальних досліджень встановлено, що включення бланшованих та подрібнених коренеплодів селери або петрушки, або пастернаку до складу хліба з цільного зерна пшениці, при збереженні структурно-механічних властивостей тіста та фізико-хімічних характеристик готового продукту на припустимому рівні, а також поліпшення органолептичних показників

його якості, зокрема наданні привабливого зовнішнього вигляду, приємного смаку та аромату є раціональним на рівні 10 % до маси зерна пшениці [4].

Як об'єкти досліджень було обрано розроблений хліб з цільного зерна пшениці з включенням 10 % коренеплоду селери, як продукт-аналог – хліб із пшеничного борошна вищого гатунку, який є найбільш популярним серед споживачів [5].

Конкурентоспроможність нових видів хліба з цільного зерна пшениці в роботі оцінювали за методикою моделювання [6,7], яка враховує показники якості продуктів, інформацію про аналоги, принцип введення інновацій, показники наступного покоління продукції.

Формула розрахунку конкурентоспроможності продукції має вигляд:

$$K_{prod} = B \times \frac{\sum m_i g_i}{C} \quad (1)$$

де $\sum m_i g_i$ – сумарний комплексний показник рівня якості, який виражений у балах (m_i – коефіцієнт вагомості якості (i-тої властивості; g_i – показник якості (i-тої властивості));

C – ціна за одиницю продукту;

B – безпечність продукту. Безпечність продукту враховує відсутність або наявність клінічних досліджень, гігієнічного висновку. Показник безпечності приймає таке значення: $B=0$ – продукт не є конкурентоспроможним; $B=1$ – продукт є конкурентоспроможним; $B=2$ – продукт має лікувально-профілактичні властивості та високу конкурентоспроможність.

За методикою розрахунку показника конкурентоспроможності продукту побудована таблиця (табл. 1), яка включає такі елементи: рівень якості; коефіцієнт вагомості; показники якості; характеристики рівня якості; сумарний (підсумковий) комплексний показник рівня якості.

Шкалу оцінювання будували таким чином, щоб можна було врахувати три рівні якості:

- добра продукція (4 бали) – конкурентоспроможна продукція з найвищими значеннями;
- задовільна продукція (3 бали) – продукція, яка може деякий час конкурувати з кращими зразками, але недовго;
- незадовільна продукція (2 бали) – продукція, яка може конкурувати з кращими зразками у найближчий час, але не в майбутньому.

Слід зазначити, що при оцінюванні конкурентоспроможності одні показники є основними, а інші можна віднести до другорядних. У зв'язку з цим, для об'єктивної оцінки використовували коефіцієнти вагомості, які у своїй сумі повинні бути кратними 10,