

реалізації, не дасть змоги оцінити рівень екологічної безпеки харчових продуктів. Це, в свою чергу, вказує на необхідність детального аналізу складових, їх взаємозв'язків і залежностей з метою виявлення об'єднувального комплексного критерію, за допомогою якого буде можливо управляти екологічною безпекою харчових продуктів.

Висновки

У даній статті було проаналізовано складові терміну «екологічна безпека харчових продуктів», встановлено їх пряме відношення до методології оцінки життєвого циклу та сформульовано визна-

чення терміну «екологічна безпека харчових продуктів», яке дозволяє більш детально та ґрунтовно розглядати харчову продукцію на усіх стадіях її виробництва, споживання та утилізації усього спектру відходів, з урахуванням впливу на навколишнє середовище, включаючи людину.

Наведене трактування екологічної безпеки харчових продуктів вимагає дослідження складових цього поняття з метою ідентифікації усіх аспектів харчових продуктів, що мають до нього відношення, оцінку їх значимості та можливості комплексної оцінки екологічної безпеки харчових продуктів на їх повному життєвому циклі.

Список літератури:

1. Екологічна безпека. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://uk.wikipedia.org/wiki/Екологічна_безпека. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
2. K. Vitale (ed.). Environmental and Food Safety for South-East Europe and Ukraine, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, Springer Science+Business Media B.V. 2012
3. Food safety. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://en.wikipedia.org/wiki/Food_safety. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
4. Гавриленко А.М., Зарыца С.С., Зуева С.Б. Экологическая безопасность пищевых производств. – СПб: ГИОРД, 2006. – 272 с.
5. Food and Agriculture Organization. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.fao.org/home/en/> – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
6. Держстандарт, Наказ «Правила обов'язкової сертифікації послуг харчування» від 27.01.1999 N 37.
7. Eco-efficiency. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://en.wikipedia.org/wiki/Eco-efficiency>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
8. Закон України «Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/425-18>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
9. Hoffmann U. Food-safety, Health and Environmental Requirements: Challenges and Opportunities for Exporters of Fresh Fruit and Vegetables. – Rio de Janeiro, 2006. – 30 с.
10. Міжнародний стандарт ISO 14040:2006. Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура [Текст]. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 25 с.
11. Закон України «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
12. Димань Т.М., Мазур Т.Г. Безпека продовольчої сировини і харчових продуктів [Текст]. – Київ: Академія, 2011. – 520 с.
13. Ліпкан В.А., Національна безпека України [Текст]. – Київ, 2009. – 356 с.
14. Life cycle assessment of agricultural production systems: current issues and future perspectives. Swiss Research Station for Agroecology and Agriculture. – Zurich, Switzerland, 2005.
15. Dr Donal Murphy-Bokern. Assessment of resource efficiency in the food cycle. – European Commission (DG ENV), 2012.
16. Life cycle assessment: principles and practice. National Risk Management Research Laboratory. – Cincinnati, Ohio. – May 2006.

УДК 637.523.2

DOI

ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ М'ЯСНИХ МОДЕЛЬНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ СУМІШЕЙ КРІОПРОТЕКТОРНОЇ ДІЇ

Янчева М.О. кандидат технічних наук, професор*

E-mail: ya_marina@rambler.ru

Желєва Т.С. аспірант*

E-mail: taniysha_89@mail.ru

*Кафедра технології м'яса

Харківський державний університет харчування та торгівлі
вул. Ключківська, 333, м. Харків, Україна, 61051

Анотація. Одним із сегментів ринку заморожених продуктів, що розвивається випереджувальними темпами, є напівфабрикати м'ясні посічені заморожені. Незважаючи на значний науковий та практичний потенціал з виробництва напівфабрика-

тів м'ясних заморожених, питання забезпечення їх якості не можна вважати повністю вирішеним. У роботі мова йде про дослідження, які дозволяють у технологіях виробництва напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених використовувати суміші кріопротекторної дії на основі харчових інгредієнтів, що здатні нівелювати негативний вплив низьких температур процесу заморожування. До обговорення представлені результати дослідження функціонально-технологічних властивостей м'ясних модельних систем з використанням сумішей кріопротекторної дії під час заморожування-розморожування. Вивчено вплив сумішей на вологов'язуючу здатність, втрати під час заморожування та термічної обробки, органолептичні показники м'ясних посічених систем. На основі одержаних результатів визначено раціональний вміст сумішей кріопротекторної дії. Проведені дослідження свідчать про перспективність використання даних сумішей у виробництві напівфабрикатів м'ясних посічених заморожених, що дозволить одержати широкий асортимент даних виробів з високими функціонально-технологічними та органолептичними властивостями, які мають сталі показники якості в циклі заморожування-розморожування.

Ключові слова: заморожування, розморожування, функціонально-технологічні властивості, м'ясні посічені системи, суміші кріопротекторної дії.

Анотація. Одним із сегментів ринку заморожених продуктів, розвиваючись опережаючими темпами, являється полуфабрикати м'ясные замороженные. Несмотря на значительный научный и практический потенциал производства полуфабрикатов мясных замороженных вопрос обеспечения их качества нельзя считать полностью решенным. В работе речь идет об исследованиях, которые позволяют в технологиях производства полуфабрикатов мясных замороженных использовать смеси криопротекторного действия на основе пищевых ингредиентов, способные нивелировать негативное влияние низких температур процесса замораживания. К обсуждению представлены результаты исследования функционально-технологических свойств мясных модельных систем с использованием смесей криопротекторного действия при замораживании-размораживании. Изучено влияние смесей на влаговязывающую способность, потери при замораживании и термической обработки, органолептические показатели мясных рубленых систем. На основе полученных результатов определено рациональное содержание смесей криопротекторного действия. Проведенные исследования свидетельствуют о перспективности использования данных смесей при производстве полуфабрикатов мясных рубленых замороженных, что позволит расширить ассортимент данных изделий с высокими функционально-технологическими и органолептическими свойствами, которые имеют стабильные показатели качества на этапе замораживания-размораживания.

Ключевые слова: замораживание, размораживание, функционально-технологические свойства, мясные рубленые системы, смеси криопротекторного действия.

Вступ

Зростання попиту на високоякісні заморожені м'ясні вироби робить перспективним питання використання у їх складі харчових інгредієнтів, що характеризуються здатністю збереження якісних показників виробів на етапі заморожування-зберігання-розморожування. В м'ясній промисловості сьогодні широко використання знаходять харчові полісахариди. Вивченням можливості їх застосування в якості кріопротекторів для виробництва заморожених м'ясних виробів займається багато провідних вчених, однак це питання залишається не вирішеним та потребує подальших досліджень. Дослідження впливу сумішей кріопротекторної дії на функціонально-технологічні властивості м'ясних модельних систем дозволить оцінити та обґрунтувати доцільність й раціональний вміст їх цілеспрямованого використання у технологіях виробництва заморожених м'ясних посічених напівфабрикатів.

Постановка проблеми та її зв'язок з найважливішими науками та практичними завданнями

Основні тенденції розвитку холодильної технології пов'язано з необхідністю інтенсифікації процесу заморожування м'ясної сировини, який забезпечує тривале низькотемпературне зберігання за рахунок запобігання розвитку мікробіологічних процесів і істотного уповільнення швидкості біохімічних і фізико-хімічних реакцій. Цей спосіб консервування є одним з найбільш поширених та за оптимальних умов здійснення процесу заморожування забезпечує високий

ступінь збереження споживних властивостей харчової продукції. Однак використання низьких температур охолоджуючого середовища призводить до холодово-го скорочення та кріопшкодження м'язового волокна, що значно погіршує якість м'ясної сировини та виробів на її основі. Тому обраний напрямок дослідження є актуальним.

Огляд літератури

Вплив процесів заморожування-розморожування на якість м'ясної сировини провідні вчені та дослідники пояснюють з позицій теорії кристалізації водної фази, що призводить до зміни теплофізичних, структурно-механічних, функціонально-технологічних та інших характеристик системи. Процес виморожування водної фази являє собою процес перетворення рідини в кристалічний стан, а його сутність виражається в переході від структури рідини до структури твердої кристалічної речовини. Особливості взаєморозташування молекул води у структурі льоду зумовлено наявністю водневих зв'язків. Кількість та величина кристалів льоду, які утворюються при заморожуванні, та рівномірність розподілу льоду між клітинами й міжклітинною речовиною по товщі м'ясної сировини будуть впливати на якість м'ясних виробів після розморожування.

Негативні наслідки процесу заморожування м'ясної сировини обумовлено змінами її морфологічної структури, перерозподілом вологи між структурними елементами, змінами стану колоїдних систем та білків, що неминуче впливає на якість готових виробів після теплової обробки. Це виражається у погіршенні

органолептичних показників, особливо консистенції, соковитості, збільшення втрат маси та харчових речовин під час розмороження. Таким чином, фізико-хімічні зміни, які відбуваються при заморожуванні м'ясної сировини, негативно впливають на споживні властивості м'ясних виробів.

Серед великої кількості технологічних чинників, які визначають якість заморожених м'ясних виробів, вирішальна роль належить умовам заморожування (температура, швидкість руху охолоджувального середовища) і властивостям об'єкта заморожування [1-2].

У технологіях виробництва заморожених м'ясних посічених напівфабрикатів з метою запобігання небажаних змін та збереження якості м'ясних виробів при холодильній обробці можливо використання харчових інгредієнтів криопротекторної дії, які впливають на структурний стан води. Як харчові інгредієнти криопротекторної дії, що проявляють здатність до регулювання процесу кристалоутворення водної фази у м'ясних системах, можуть бути використані харчові полісахариди. Їх молекули являють собою лінійні або розгалужені полімерні ланцюги, згорнуті в клубки. Наявність великої кількості гідроксильних груп помітно збільшує їх здатність зв'язувати молекули води та утворювати в'язкі дисперсії та/або гелі при диспергуванні у середовищі, що містить вільну вологу. Ця властивість допомагає регулювати в'язкість середовища, текстуру, знизити поверхневий натяг, сформувати структуровані шари на поверхні розділу фаз, що забезпечує стабілізацію необхідної якості одержаних систем в умовах зміни температури [3-4].

У роботах [5-7] зазначено, що полісахариди є дієвим технологічним інструментом регулювання функціонально-технологічних та структурно-механічних характеристик м'ясних систем й готової продукції. Структуруючи м'ясну систему, деякі полісахариди за рахунок синергічної дії та підвищення стійкості продукції під час зберігання забезпечують високі показники якості продукції за низькотемпературної обробки. Практично усі види полісахаридів проявляють високу вологов'язуючу (ВЗЗ) та вологоутримуючу здатність (ВУЗ), що створює передумови для одержання продукції зі збільшеною соковитістю та виходом. Оскільки харчові полісахариди, являючись високомолекулярними з'єднаннями, в більшості випадків мають поліелектролітичну структуру, можна припустити, що, володіючи різними показниками ВЗЗ та ВУЗ, вони можуть виступати як бар'єрні засоби та оказувати характерний вплив на величину вимороженої води як одного з показників стійкості продукції при зберіганні.

Функціональність полісахаридів залежить від багатьох факторів. Найбільш важливими є їх структура та конформація у водних розчинах, а також шляхи їх взаємодій з іншими інгредієнтами м'ясної системи. Ступінь полімеризації та розміри полісахаридів визначають їх теплофізичні властивості. За рахунок великої молекулярної маси харчові полісахариди можуть про-

являти криоскопічні властивості та нівелювати негативну дію низьких температур, що сприяє криостабілізації білків м'ясної системи під час заморожування [8-9]. Дане питання висвітлено в роботах науковців [10-11], разом з тим системних досліджень з цього питання немає. Його вирішення лежить в площині подальшого розвитку з урахуванням особливостей конкретних харчових систем.

Основна частина

На основі попередніх досліджень в Харківському державному університеті харчування та торгівлі фахівцями кафедри технології м'яса розроблено суміші криопротекторної дії (СКД). До складу даних сумішей входить камедь ксантану, камедь тари, харчові волокна (СКД1), альгінат натрію та харчові волокна (СКД2).

Метою досліджень було вивчення функціонально-технологічних властивостей (ФТВ) м'ясних модельних систем з використанням сумішей криопротекторної дії під час заморожування-розморожування. Як предмети дослідження використовували м'ясні модельні системи з яловичини подрібненої II категорії з використанням сумішей криопротекторної дії у кількості 1 – 5 % до маси основної сировини.

Оскільки структура фаршевих систем формується в результаті руйнування нативної структури м'яса та утворенням нової вторинної структури, важливим є встановити вплив СКД на ключові в цьому плані ФТВ м'ясних систем до та після заморожування (ВЗЗ, втрати під час заморожування та термічної обробки [12]) та органолептичні показники [13].

Відомо, що при заморожуванні м'ясної сировини основна маса води та тканиної рідини переходить в кристалічний стан, тому м'язова тканина стає твердою, а жир набуває крихкої консистенції. Мікробіологічні процеси в замороженому м'ясі припиняються, а ферментативні різко уповільнюються [14]. Досліджено ВЗЗ м'ясних модельних систем залежно від виду (СКД1, СКД2) та вмісту (1 – 5 %) СКД. Встановлено, що процеси льодоутворення призводять до зниження ВЗЗ всіх зразків після заморожування-розморожування (рис. 1). До заморожування максимальну ВЗЗ має зразок, що містить СКД у кількості 5 – 69,6±2,7 % (СКД1) та 71,3±2,8 % (СКД2), що більше ніж контроль на 16,1 % та 18,4 % відповідно. ВЗЗ зразків до заморожування порівняно з контролем збільшується в 1,0 – 1,3 рази для зразків з СКД1 та в 1,1 – 1,3 рази для зразків з СКД2. Порівняльний аналіз ВЗЗ показує, що зі збільшенням вмісту СКД збільшується значення ВЗЗ, при чому в більшій мірі у зразках після заморожування, що підтверджує позитивний вплив СКД. Так, після заморожування спостерігається збільшення ВЗЗ зразків зі збільшенням кількості СКД порівняно з контролем на 3,7 – 15,9 % (для СКД1) та на 5,0 – 17,7 % (для СКД2).

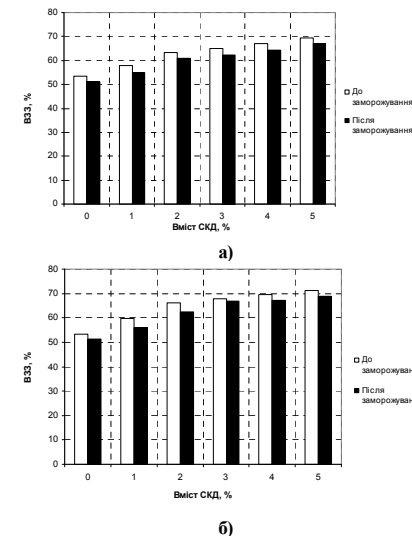


Рис. 1. Залежність вологов'язуючої здатності м'ясних модельних систем від вмісту та виду СКД: а) – зразки з СКД1; б) – зразки з СКД2

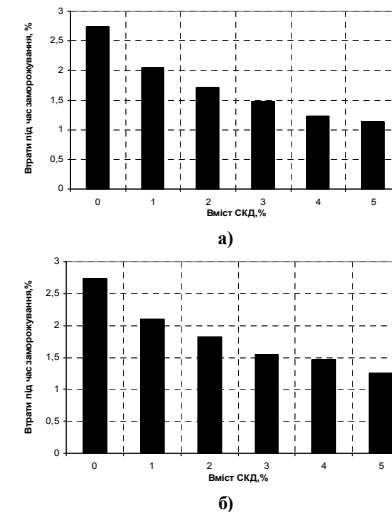


Рис. 2. Залежність втрат маси під час заморожування м'ясних модельних систем від вмісту та виду СКД: а) – зразки з СКД1; б) – зразки з СКД2

Процес заморожування м'ясної сировини та м'ясопродуктів призводить до втрат їх маси в результаті випаровування вологи. Одержані результати дослідження втрат під час заморожування м'ясних систем залежно від вмісту СКД1 та СКД2 наведено на рис. 2. Встановлено чітку тенденцію зниження втрат при підвищенні вмісту сумішей.

Для зразків з додаванням СКД1 спостерігається зменшення втрат порівняно з контрольним зразком у 1,3 – 2,4 рази, СКД2 – у 1,3 – 2,2 рази.

Втрати маси під час теплової обробки є одним з ключових показників, оскільки визначають вихід готової продукції. Під час теплової обробки в м'ясі відбуваються специфічні фізико-хімічні перетворення його компонентів і зміна їх біологічних властивостей – денатурація білків (в результаті чого зменшується їх здатність утримувати вологу), скорочення волокон колагену (зварювання), що призводить до зменшення геометричних розмірів напівфабрикатів. Одержані результати свідчать, що збільшення концентрації СКД призводить до зменшення втрат досліджуваних зразків під час теплової обробки (рис. 3).

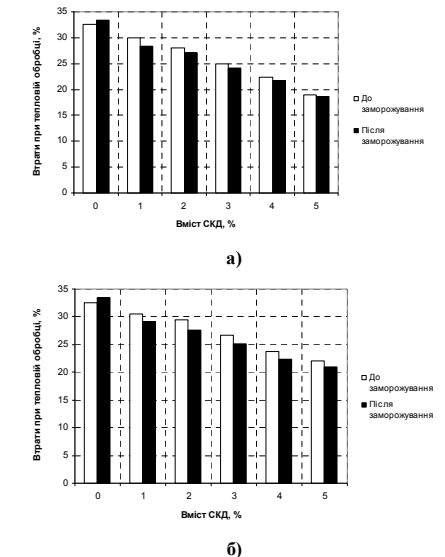


Рис. 3. Залежність втрат маси під час теплової обробки м'ясних модельних систем від вмісту та виду СКД: а) – зразки з СКД1; б) – зразки з СКД2

Визначено, що найбільші втрати під час теплової обробки зразків з СКД1 та СКД2 до заморожування має контрольний зразок – 32,6±1,3 %, а найменші втрати – зразок з СКД у кількості 5 –

19,0±0,8 % (СКД1) та 22,0±0,8 % (СКД2), що на 13,6 % та 10,6 % менше контрольного зразка. Встановлено зменшення втрат під час теплової обробки до заморожування зразків з додаванням СКД1 та СКД2 порівняно з контрольним зразком у 1,1 – 1,7 рази та 1,1 – 1,5 рази відповідно.

Після заморожування зразків з СКД1 та СКД2 найбільші втрати під час теплової обробки має контрольний зразок – 33,4±1,3 %, а найменші втрати – зразок з СКД у кількості 5 % – 18,6±0,7 % (СКД1) та 20,9±0,8 % (СКД2), що на 14,8 % та 12,5 % менше контрольного зразка. Втрати зразків з додаванням СКД1 та СКД2 під час теплової обробки після заморожування менші у 1,0 – 1,2 та 1,0 – 1,1 рази відповідно, ніж до заморожування.

Під час розробки нової продукції суттєвим показником, що характеризує її технологічну та економічну ефективність, є споживні властивості, серед яких обрано органолептичні показники. Під час експериментальної оцінки зразків до та після заморожування встановлено, що органолептичні показники всіх зразків відповідали вимогам чинної нормативної документації.

Аналізуючи одержані результати органолептичної оцінки зразків (за 5 бальною шкалою) після теплової обробки встановлено, що серед зразків з СКД1 найкращі органолептичні показники мали зразки з концентраціями суміші 2 %

та 3 % (5,0 балів). З усіх зразків, що містять СКД2, максимальну оцінку одержав зразок з концентрацією суміші 2 % (5,0 балів). Зразки з концентрацією сумішей < 2 % мали незадовільні показники консистенції та смаку (4,2 – 4,5 балів); з концентрацією > 3 % (для СКД1) та > 2 % (для СКД2) – незадовільний смак (4,6 балів).

Висновки

Таким чином, аналітично та експериментально доведено, що використання СКД впливає на ФТВ та споживні характеристики м'ясних напівфабрикатів, а саме дозволяє збільшити вологов'язуючу здатність, знизити втрати під час заморожування та теплової обробки. Встановлено виражений позитивний вплив СКД при збільшенні їх концентрації на показники, що досліджувались. З урахуванням проведених досліджень визначено раціональну концентрацію сумішей у складі заморожених м'ясних посічених напівфабрикатів – 2 – 3 % (СКД1) та 2 % (СКД2). Використання СКД в даних концентраціях дозволить одержати широкий асортимент заморожених м'ясних посічених напівфабрикатів з високими ФТВ та органолептичними властивостями, які мають сталі показники якості в циклі заморожування-розморожування.

Список літератури:

1. Пушкарь Н. С. Введение в криобиологию / Н. С. Пушкарь. – К.: Наукова думка, 1975. – 343 с.
2. Эванс Дж. А. Замороженные пищевые продукты: производство и реализация / Дж. А. Эванс; пер. с англ. под ред. В. Д. Широкова. – СПб.: Профессия, 2010. – 440 с.
3. Филлипс Г. О. Справочник по гидроколлоидам / Г. О. Филлипс, П. А. Вильямс; пер. с англ. под ред. А. А. Кочетковой, Л. А. Сарафановой. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 536 с.
4. Milani J. Hydrocolloids in Food Industry / J. Milani, G. Maleki // Food Industrial Processes – Methods and Equipment. – 2012. – №2. – P. 2–37.
5. Thomas R. L. Hydrocolloids : Fifteen Practical Tips / R. L. Thomas // Guaranteed Gums. – 2007. – № 8. – P. 2–17.
6. Krala L. The effect of hydrocolloid mixtures on frozen pork properties / L. Krala, M. Dziomdziora // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. – 2003. – Vol. 12 / 53. – № 4. – P. 55–58.
7. Hollingworth C. S. Hydrocolloids – How to choose? / C. S. Hollingworth // Brenntag Food & Nutrition Europe. – 2011. – №1. – P. 2–9.
8. Al-Assaf S. Controlling the molecular structure of food hydrocolloids / S. Al-Assaf // Food Hydrocolloids. – 2006. – №20. – P. 369–377.
9. Nishinari K. Structure and Properties of Food Hydrocolloids – Gels, Emulsions and Foams / K. Nishinari // Foods Food Ingredients J. Jpn. – 2008. – Vol. 213. – № 5 – P. 138–141.
10. Холодов Ф. В. Разработка композиций пищевых добавок криопротекторного действия для сохранения качества мясных полуфабрикатов : дис... канд. техн. наук / Ф. В. Холодов. – М., 2011. – 107 с.
11. Яблоненко Л. А. Исследование влияния глубокого замораживания на качество рубленых мясных полуфабрикатов : дис... канд. техн. наук / Л. А. Яблоненко. – Улан – Удэ, 2008. – 123 с.
12. Антипова Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / Л. В. Антипова, И. А. Глолова, И. А. Рогов. – М.: Колос, 2004. – 571 с.
13. Дослідження сенсорне. Методологія. Загальні настанови. (ISO 6658:1985 IDT) : ДСТУ ISO 6658:2005. – [Чинний від 2006-01-07]. – К.: Держспоживстандарт України 2006 – 26 с.
14. Шарпе А. А. Влияние замораживания на функционально-технологические свойства мясных систем / А. А. Шарпе, Н. Г. Азарова, Е. Д. Янкова, А. А. Близнюк // Пищевая наука и технология. – 2009. – №2 (7). – С. 12–14.

УДК 66.021.001.57:56/59.004.18

DOI

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ВОДЫ В УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ

Бурдо О.Г. доктор технических наук, профессор

Кафедра процессов, аппаратов и энергетического менеджмента*
terma@onaft.edu.ua

Тришин Ф.А. кандидат технических наук, доцент

Кафедра автоматизации производственных процессов*
kindteacher@mail.ru

Трач А.Р. ассистент

Кафедра компьютерных систем и управления бизнес-процессами*
Email: lointc@gmail.com

*Одесская национальная академия пищевых технологий

ул. Канатная, 112, г. Одесса, Украина, 65039

Анотация. У роботі розглянуто перспективи та науково-технічні протиріччя низькотемпературних технологій водопідготовки. Серед них особливе місце займають опреснюючі установки блокового типу з виморожуванням. Принцип блочного виморожування усуває системні втрати холоду, які характерні для традиційних установок криоконцентрування. Подальші дослідження по вдосконаленню технології блочного виморожування спрямовані на інтенсифікацію процесів масопереносу в процесі формування льоду. Саме кристалізація визначає тривалість процесу виморожування, як в установках блочного типу, так і в традиційних криоконцентраторах. Для двофазних систем «лід – розчин» у зв'язку з різноманітним динамічним структур, їх складним і невизначеним характером, можливість загального математичного опису кристалізації з розчином в умовах комбінованих впливів в даний час сумнівна. Тому, при моделюванні цього завдання доцільно максимально використовувати ті підходи, які відомі при аналізі двофазних потоків при відсутності зовнішніх впливів, а, також, дослідження з інтенсифікації теплообміну за допомогою різних полів. У роботі розглянуті перспективи та науково-технічні протиріччя низькотемпературних технологій водопідготовки. Наведено математичну формулювання завдання формування блоку льоду. Показано, що час, витрачений на процес водопідготовки, зменшується при впливі на систему кристал-вода акустичних полів. Розглянуто математичні моделі кристалізації в умовах ультразвукового поля. Проведено аналіз задачі методами теорії узагальнених змінних.

Ключові слова: водопідготовка, моделювання, енергоефективність, блочне виморожування, акустичні інтенсифікатори.

Аннотация. В работе рассмотрены перспективы и научно-технические противоречия низкотемпературных технологий водоподготовки. Среди них особое место занимают вымораживающие опреснительные установки блокового типа. Принцип блочного вымораживания устраняет системные потери холода, которые характерны для традиционных установок криоконцентрирования. Дальнейшее исследование по совершенствованию технологий блочного вымораживания направлены на интенсификацию процессов массопереноса в процессе формирования льда. Именно кристаллизация определяет продолжительность процесса вымораживания, как в установках блочного типа, так и в традиционных криоконцентраторах. Показано, что время, затраченное на процесс водоподготовки, уменьшается при воздействии на систему кристал-вода акустических полей. Для двухфазных систем «лед – раствор» в связи с многообразием динамических структур, их сложным и неопределенным характером, возможность общего математического описания кристаллизации из раствора в условиях комбинированных воздействий в настоящее время сомнительна. Поэтому, при моделировании этой задачи целесообразно использовать те подходы, которые известны при анализе двухфазных потоков при отсутствии внешних воздействий, а, также, исследования по интенсификации теплообмена с помощью различных полей. В работе рассмотрены перспективы и научно-технические противоречия низкотемпературных технологий водоподготовки. Приведена математическая формулировка задачи формирования блока льда. Рассмотрены математические модели кристаллизации в условиях ультразвукового поля. Проведен анализ задачи методами теории обобщенных переменных.

Ключевые слова: водоподготовка, моделирование, энергоэффективность, блочное вымораживание, акустические интенсификаторы.

Вступлення

Общий объем воды на Земле составляет около 1400 млн куб. км, из которых лишь 2,5 %, то есть около 35 млн куб. км, приходится на пресную воду. Большая часть ее запасов сосредоточена в многолетних льдах и снегах Антарктиды и Гренландии, а также в глубоких водоносных горизонтах. По данным ООН на начало 2000 х годов более 1,2 млрд людей живут в условиях постоянного дефицита

пресной воды, около 2 млрд. страдают от него регулярно. В 2030 г. 47 % мирового населения будут жить под угрозой водного дефицита. Таким образом, проблема очистки воды является одной из важнейших для современного человека. Для ее решения Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) была принята стратегия для управления качеством воды в целях охраны и укрепления здоровья человека [1].