

Chelombitko Vitalii, stud., Educational-and-Research Institute of Food Technologies and Business, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-56, e-mail: oborud.hduht@gmail.com.

Постнова Ольга Миколаївна, канд. техн. наук, доц., кафедра технологій переробних і харчових виробництв, Навчально-науковий інститут переробних і харчових виробництв, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка. Адреса: вул. Мироносицька, 92, м. Харків, Україна, 61023. Тел.: (057)700-39-15; e-mail: olgen06@mail.ru.

Постнова Ольга Николаевна, канд. техн. наук, доц., кафедра технологій перерабатывающих и пищевых производств, Учебно-научный институт перерабатывающих и пищевых производств, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко. Адрес: ул. Мироносицкая, 92, г. Харьков, Украина, 61023. Тел.: (057)700-39-15; e-mail: olgen06@mail.ru.

Postnova Olga, Candidate of Technical Sciences, Assoc. Professor, Department of Technology and food processing industries, Education and Research Institute and food processing industries, Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture. Address: Mironositskaya str., 92, Kharkiv, Ukraine, 61023. Tel.: (057)700-39-15; e-mail: olgen06@mail.ru.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. А.Б. Горальчуком.
Отримано 30.09.2017. ХДУХТ, Харків.
DOI: 10.5281/zenodo.1108577*

УДК 621.3.036:664.87

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВІДАЧІВ ПРОЦЕСАХ ВИРОБНИЦТВА РОЗДІЛЬНИХ КОНЦЕНТРАТІВ В РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

О.А. Маяк, А.М. Сардаров, Г.Г. Шершньов

Розглянуті способи виробництва концентрованих продуктів із рослинної сировини, а також ресурсозберігаюча конструкція пристрою для перемішування та нагрівання в'язких середовищ, для виробництва роздільних концентратів з рослинної сировини. Досліджено залежність коефіцієнта тепловіддачі від числа обертів мішалки, аналіз якої дозволить визначити

ефективність використання нової конструкції перемішувального пристрою, що сприяє ефективному перемішуванню й уварюванню за рахунок збільшення площі контакту продукту з нагрівальними елементами.

Ключові слова: *концентровані продукти, рослинна сировина, перемішувальний пристрій, теплоізодача.*

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТДАЧИ В ПРОЦЕССАХ ПРОИЗВОДСТВА РАЗДЕЛЬНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

О.А. Маяк, А.М. Сардаров, Г.Г. Шершнёв

Рассмотрены способы производства концентрированных продуктов из растительного сырья, а также ресурсосберегающая конструкция устройства для перемешивания и нагревания вязких сред, для производства концентратов из растительного сырья. Исследована зависимость коэффициента теплоотдачи от числа оборотов мешалки, анализ которой позволил определить эффективность использования новой конструкции перемешивающего устройства, способствующего эффективному перемешиванию и увариванию за счет увеличения площади контакта продукта с нагревательными элементами.

Ключевые слова: *концентрированные продукты, растительное сырье, перемешивающее устройство, теплоотдача.*

STUDY OF HEATING IN THE PROCESSES OF MANUFACTURING SEPARATE CONCENTRATES FROM PLANT RAW MATERIAL

O. Mayak, A. Sardarov, G. Shershev

The article discusses new energy-saving low-waste methods of producing concentrated products based on fruit and vegetable raw materials: candied fruits, pasty beverage concentrates, dry confitures and separate concentrates. The proposed method of concentrated products manufacture involves the following core processes: milling fruit and vegetable raw materials, boiling down under vacuum and vacuum drying. Boiling of the puree under vacuum in the conditions of constant mixing of the concentrate is assumed for the production of paste-like beverage concentrates and confitures. For the manufacture of candied fruit and separate concentrates vacuum drying of raw materials with subsequent grinding is to be used.

The dependence of the heat transfer coefficient on the number of turns of the mixer, in the production of separate concentrates from vegetable raw materials is determined. The efficiency of using a device with a simple and reliable construction for mixing and heating viscous food products is proved. Also it helps to reduce the length of the product processing process and improve the quality of the finished

product due to better mixing and intensification of the heat transfer process by using spiral metal tubular designs for the supply of coolant, which contributes to the increase of the contact area of the product with heating elements.

The scrapers are located on the helix in such a way that they block each other while driving. When rotating the mixer, the scrapers move near the surface of heat exchange wall of the apparatus, forming a screw surface, which facilitates the turbulization of the wall laminar layer of the product, it prevents it from sticking, eliminates stagnant zones, resulting in temperature equalization and uniform flow of the process.

Keywords: *concentrated products, vegetable raw materials, mixing device, heat transfer.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Відомі різні конструкції пристроїв [1], що використовуються для перемішування високов'язких харчових продуктів у випарних апаратах у процесі уварювання в'язких харчових продуктів.

Недоліком існуючих конструкцій пристроїв для перемішування продукту в процесі уварювання є недостатня інтенсивність перемішування в'язкої маси продукту, унаслідок чого утворюються застійні зони, які значно уповільнюють теплообмінний процес, що веде до збільшення часу приготування продукту і підвищенню енергетичних витрат на виробництво.

Складність концентрування соків із м'якоттю полягає в їхній великій в'язкості, яка в процесі концентрування швидко збільшується, що ускладнює процес випаровування вологи й веде до значної зміни смаку й кольору концентрованих продуктів у результаті місцевого перегріву. Для зниження в'язкості й збільшення плинності пюреподібної маси застосовувалася обробка пектолитичними ферментними препаратами, однак це призводило до руйнування пектинових речовин і втрати гомогенної структури продукту [2].

Можливість налипання продукту на стінки апарата сприяє пригорянню продукту і, як слідство, істотному погіршенню його якості, а також по закінченні технологічного процесу високов'язкий харчовий продукт складно видалити з апарату, що збільшує витрати часу та електричної енергії на проведення процесу.

Тепловіддача при кипінні рідини є дуже складним процесом. Тому при узагальненні досвідчених даних більші труднощі виникають при одержанні критеріїв подібностей й встановленні критеріальних залежностей [3–4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При виробництві роздільних концентратів (РК) найважливіше значення мають процеси вакуумного уварювання соку. Роздільні концентрати – високов'язкі неньютонівські рідини. Для їхнього ефективного перемішування можна

рекомендувати якірні й скребкові мішалки. Теплові розрахунки апаратів із пристроями, що перемішують, під час переробці високов'язких рідких продуктів складні. Існують дослідження теплообміну у високов'язких рідинах із використанням мішалок без зміни агрегатного стану середовища [5–7].

Мета статті – дослідження тепловіддачі в процесах виробництва роздільних концентратів із рослинної сировини.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для здійснення процесів вакуумного уварювання під час виробництва РК була розроблена нова конструкція пристрою для перемішування та нагрівання в'язких харчових продуктів (рис. 1).

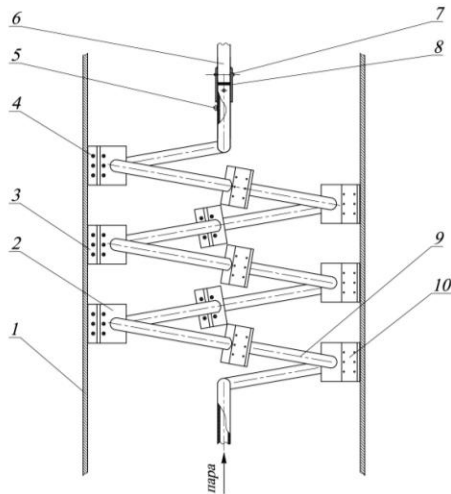


Рис. 1. Пристрій для перемішування та нагрівання в'язких харчових продуктів: 1 – теплопередавальна стінка робочої камери; 2 – нерухома частина скребка; 3 – рухома частина скребка; 4 – бовтне з'єднання; 5 – патрубок для відведення повітря; 6 – привідний вал; 7 – штифти; 8 – втулкова муфта; 9 – спіральна металева трубчаста конструкція для підведення пари

Форма пристрою була спроектована з урахуванням досягнення гомогенного стану суміші вихідних компонентів у процесі виробництва роздільних концентратів.

Скребки розміщені на спіралі таким чином, що під час руху перекривають один одного. Під час обертання мішалки скребки просуваються біля поверхні теплообмінної стінки апарату, утворюючи

гвинтову поверхню, що сприяє турбулізації пристінного ламінарного шару продукту. Це запобігає його прилипанню, усуває застійні зони, унаслідок чого відбувається вирівнювання температур і рівномірне протікання процесу.

Робота перемішувального пристрою полягає в такому: привідний вал 6, обертаючись, приводить до руху всю конструкцію, це забезпечується жорстким з'єднанням втулкової муфти 8 вала привідного та рухомої навколо вертикальної осі спіральної металевої трубчастій конструкції 9. З'єднання суцільної муфти 8 із валами здійснюється за допомогою штифтів 7.

Під час обертання скребки рухаються, притискаючись до внутрішньої стінки робочої камери апарата 1 рухливою частиною скребка 3, за рахунок гнучкої пластини 10, що кріпиться до нерухомої частини скребка 2 бовтовим з'єднанням 4. Подача теплоносія здійснюється з нижньої частини перемішувального пристрою всередину трубчастій конструкції. Щоб забезпечити належну швидкість нагрівання всієї конструкції, треба видалити повітря з об'єму перемішувального пристрою, для цього встановлений регулювальний патрубок для відведення повітря 5.

У результаті проведених досліджень процесу тепловіддачі з використанням пристроїв для перемішування та нагрівання в'язких харчових продуктів отримано експериментальні дані, наведені на графіку залежності коефіцієнта тепловіддачі від числа обертів мішалки (рис. 2).

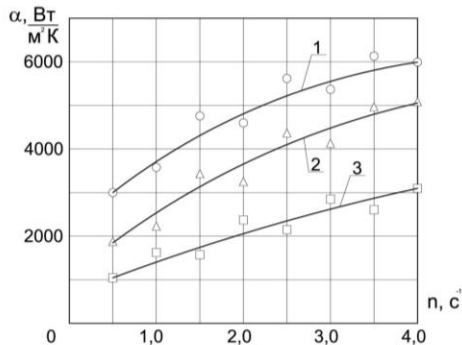


Рис. 2. Залежність коефіцієнта тепловіддачі $\alpha, \text{Вт/м}^2\text{К}$ від числа обертів мішалки $n, \text{с}^{-1}$: 1 – пристрій для перемішування та нагрівання в'язких харчових продуктів; 2 – шнекова скребкова мішалка конструкції ХДУХТ; 3 – якірна мішалка

Для оцінювання ефективності використання нової мішалки паралельно на тій же установці були проведені експерименти зі встановлювання тепловіддачі з використанням якірної мішалки та шнекової скребкової мішалки конструкції ХДУХТ [8]. Вибір якірної мішалки пояснюється тим, що ця конструкція широко використовується в харчовій промисловості для перемішування грузлих рідин.

Аналіз експериментальних даних показав, що зі збільшенням числа оборотів коефіцієнт тепловіддачі збільшується. Це пояснюється збільшенням швидкості конвекції, турбулізацією потоку й зменшенням в'язкості неньютоновської рідини в разі руйнування її структури під впливом мішалки. Однак експериментальні значення коефіцієнта тепловіддачі α , $Bm/m^2 K$ для мішалки конструкції ХДУХТ на 20–30% менші, ніж пристрою для перемішування та нагрівання в'язких харчових продуктів.

Такий вплив на тепловіддачу пояснюється тим, що відбувається інтенсифікація процесу теплообміну за рахунок використання спіральної металеві трубочастій конструкції для підведення теплоносія, що сприяє збільшенню площі контакту продукту з нагрівальними елементами.

Коефіцієнти тепловіддачі в разі використання якірної мішалки на 40–50% менші, ніж для експериментальної мішалки. Це пояснюється тим, що руйнування структури харчової маси, що також зменшує в'язкість неідеальнопластичної рідини (такого, як РК), за тих самих чисел обертів значно менше під впливом якірної мішалки, ніж у разі застосування пристрою для перемішування та нагрівання в'язких харчових продуктів.

Висновки. Визначено залежність коефіцієнта тепловіддачі від числа обертів мішалки під час виробництва роздільних концентратів із рослинної сировини. Доведено ефективність використання пристрою для перемішування та нагрівання в'язких харчових продуктів, що має просту та надійну конструкцію, а також сприяє скороченню тривалості процесу переробки продукту та підвищенню якості готового продукту за рахунок більш якісного перемішування й інтенсифікації процесу теплообміну, а використання спіральної металеві трубочастій конструкції для підведення теплоносія. Сприяє збільшенню площі контакту продукту з нагрівальними елементами.

Список джерел інформації / References

1. Урьев Н. Б. Пищевые дисперсные системы / Н. Б. Урьев, М. А. Галейник. – М. : Агропромиздат, 1985. – 296 с.

Uriev, N.B. (1985), *Dispersed food systems [Pishevie dispersnie sistemi]*, Agropromizdat, Moscow, 296 p.

2. Самсонова А. Н. Фруктовые и овощные соки / А. Н. Самсонова, В. Б. Ушеба. – М. : Пищевая промышленность, 1976. – С. 275.

Samsonova, A. N., Usheba, V.B. (1976), *Fruktovyye i ovoschnyye soki*, Pischevaya promyshlennost, Moscow, 275 p.

3. Иванов Е. Л. Новые физические методы обработки пищевых продуктов. Лекция для студентов технологического факультета / Е. Л. Иванов. – Л., 1982. – С. 20 – 48.

Ivanov, E.L. (1982), *New physical methods of food processing. The lecture for students of the faculty of technology [Novyye fizicheskie metody obrabotki pischevyyh produktov. Lektsiya dlya studentov tehnologicheskogo fakulteta]*, Leningrad, pp. 20-48.

4. Промтов М. А. Машины и аппараты с импульсными энергетическими воздействиями на обрабатываемые вещества : учеб. пособие / М. А. Промтов. – М. : Машиностроение-1, 2004. – 136 с.

Promtov, M. A. (2004), *Machines and apparatus with pulsed energy effects on processed materials [Mashiny i apparaty s impulsnyimi energeticheskimi vozdeystviyami na obrabatyvaemye veschestva]* Mashinostroenie-1, Moscow, 136 p.

5. Машины и аппараты пищевых производств, под редакцией академика Панфилова В. А. – М. Высшая школа, 2001, 1384 с.

Panfilova, V.A. (2001), *Machines and apparatus of food production Mashiny i apparaty pischevyyh proizvodstv*, Vysshaya shkola, Moscow, 1384 p.

6. Аббасов Н. М. Динамические модели теплообменников, Н. М. Аббасов // Химия и технология топлив и масел. – 2006. – № 1. – С. 20–22.

Abbasov, N. M. (2006), “Dynamic models of heat exchangers Dinamicheskie modeli teploobmennikov”, *Himiya i tehnologiya topliv i masel, No. 1, pp. 20-22.*

7. Туголуков Е. Н. Методика расчета нестационарных тепловых процессов в емкостных аппаратах Е. Н. Туголуков // Хим. пром-сть сегодня. – 2006. – № 11. – С. 44 – 46.

Tugolukov, E.N. (2006), “Method of calculation of non-stationary thermal processes in capacitive apparatuses” [“Metodika rascheta nestatsionarnyyh teplovyh protsessov v emkostnyih apparatah”] *Him. prom-st segodnya, – No. 11, pp. 44-46.*

8. Патент на корисну модель №24105 Україна, МПК А21С 1/00. Пристрій для перемішування в'язких харчових продуктів / В. І. Маяк, В. М. Михайлов, М. М. Смілик (Україна). – № 200611832; заявл. 10.11.2006; Опубл. 25.06.2007, Бюл. № 9.

Mayak, V.I., Mihaylov, V.M., Smilik, M.M., (2007), *Device for mixing viscous food products*, Ukraine, Pat. 24105.

Маяк Ольга Анатоліївна, канд. техн. наук, доц., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: prociap_hduht@mail.ru.

Маяк Ольга Анатольевна, канд. техн. наук, доц., кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: prociapp_hduht@mail.ru.

Mayak Olga, Candidate of Technical Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, PhD), Professor, Department of Processes, Apparatus and Automation of Food Productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: prociapp_hduht@mail.ru.

Сардаров Азиз Мурадович, асп., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: prociapp_hduht@mail.ru.

Сардаров Азиз Мурадович, асп., кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: Prociapp_hduht@mail.ru.

Sardarov Aziz, Graduate student, Department of Processes, Apparatus and Automation of Food Productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: prociapp_hduht@mail.ru.

Шершнёв Геннадий Геннадійович, студ., кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. E-mail: prociapp_hduht@mail.ru.

Шершнёв Геннадий Геннадиевич, студ., кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. E-mail: prociapp_hduht@mail.ru.

Shershnev Gennadiy, student, Department of Processes, Apparatus and Automation of Food Productions, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. E-mail: prociapp_hduht@mail.ru.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. М.І. Погожих.

Отримано 30.09.2017. ХДУХТ, Харків.

DOI: 10.5281/zenodo.1108581