Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Гжицького
Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and
Biotechnologies named after S.Z. Gzhytskyj

doi:10.15421/nvlvet6819

ISSN 2413–5550 print
ISSN 2518–1327 online

<http://nvlvet.com.ua/>

УДК 637.3.022

Реологічні характеристики білково–сироваткової суміші

М.П. Сичевський, Ю.Т. Орлюк
dnistranka@mail.ru

*Інститут продовольчих ресурсів НААН,
вул. Є. Сверстюка, 4а, Київ, 02660, Україна*

Досліджено вплив технологічних режимів процесу отримання сирного зерна на реологічні характеристики робочого середовища, що утворюється в сировиготовлювачах марки Я5–ОСЖ. Робочим середовищем є білково–сироваткова суміш, в якій постійно проходить зміна фізико–хімічних, структурно–механічних та теплофізичних властивостей і яка може розшаровуватися та зсідати під час проведення експериментів. Найбільш значущим емпіричним реологічним параметром, що характеризує процеси при виробництві сирного зерна є в'язкість робочого середовища сировиготовлювача. Вона є сенсорною характеристикою, яку сировар визначає візуально за відсотковим вмістом компонентів (сирного зерна та сироватки). Методом визначення умовного показника в'язкості за допомогою універсального вимірювального прилада «Instron–1122» була визначена ефективна в'язкість робочого середовища сировиготовлювача. Дослідження проводились в діапазоні температур від 10 °С до 60 °С та зміні масової частки сироватки в діапазоні від 78% до 87%.

Отримано емпіричну залежність, яка описує зміну реологічних характеристик робочого середовища, що дозволяє проводити інженерні розрахунки при розробці конструкцій сировиготовлювачів.

Ключові слова: реологічні характеристики, сирне зерно, сировиготовлювач, ефективна в'язкість

Реологические свойства белково–сывороточной смеси

М.П. Сичевский, Ю.Т. Орлюк
dnistranka@mail.ru

*Институт продовольственных ресурсов НААН,
ул. Е. Сверстюка, 4а, Киев, 02660, Украина*

Исследовано влияние технологических режимов процесса получения сырного зерна на реологические характеристики рабочей среды, образующейся в сыроизготовителях марки Я5–ОСЖ. Рабочей средой является белково–сывороточная смесь, где постоянно происходит изменение физико–химических, структурно–механических и теплофизических свойств и которая может расслаиваться и оседать во время проведения экспериментов. Наиболее значущим эмпирическим реологическим параметром, характеризующим процессы при производстве сырного зерна, является вязкость рабочей среды сыроизготовителя. Обычно это сенсорная характеристика, которую сыровар определяет визуально по процентному содержанию компонентов (сырного зерна и сыворотки). Методом определения условного показателя вязкости с помощью универсального измерительного прибора «Instron–1122» была установлена эффективная вязкость рабочей среды сыроизготовителя. Исследования проводились в диапазоне температур от 10 °С до 60 °С и изменении массовой доли сыворотки в диапазоне от 78% до 87%.

Получено эмпирическую зависимость, описывающую изменение реологических характеристик рабочей среды, что позволяет проводить инженерные расчеты при разработке конструкций сыроизготовителей.

Ключевые слова: реологические характеристики, сырное зерно, сыроизготовитель, эффективная вязкость

Citation:

Sychevskiy, N., Orlyuk, Yu. (2016). Reological characteristics of whey protein mixture. *Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj*, 18, 2(68), 95–98.

Reological characteristics of whey protein mixture

N. Sychevskiy, Yu. Orlyuk
dnistranka@mail.ru

*Institute of food resources of NAAS,
E. Sverstyuk Str. 4a, Kyiv 02660, Ukraine*

Influence of technological modes of process of obtaining of the curd on rheological characteristics of whey protein mixture which is formed in curd development equipment model YA5-OSG is investigated. The working environment is whey protein mixture, where constantly there is a change of physical and chemical, structural-mechanical and thermophysical properties, which can flake and settle during the experiments. Most important empiric rheological parameter, characterizing processes at the curd production, there is viscosity of working environment of curd development equipment. It is ordinary sensory description that a cheese-maker determines by sight on the components percentage (curd and whey). The effective viscosity of working environment curd development equipment by the method of viscosity conditional index on means of universal measuring device «Instron – 1122» was determined. Viscosity conditional index by the Stokes formula was calculated. Graphic processing of experiments results yielded the dependence of the magnitude of the effective viscosity of the working environment in curd development equipment on the temperature and the percentage of whey. The studies in the temperature range from 10 °C to 60 °C and the change of the mass fraction whey in the range from 78% to 87 % were conducted. Graph-analytical processing of the experiments results in logarithmic coordinates and their generalization possible to obtain the empirical formula to calculate the effective viscosity of the working environment elliptic curd development equipment YA5-OSG.

The empirical dependence change rheological characteristics of the working environment in curd development equipment to carry out engineering calculations by development of their designs are describing. The error in comparing the results of determining the effective viscosity of the working environment from experimentally obtained and calculated according to the formula does not exceed 12.5%.

Key words: reological characteristics, curd, curd development equipment, effective viscosity

Вступ

При визначенні реологічних властивостей робочого середовища, яке утворюється в сировиготовлювачах при отриманні сирного зерна потрібно враховувати, що робочим середовищем є суміш в якій постійно проходить зміна фізико-хімічних, структурно-механічних та теплофізичних властивостей. Основними складовими такої суміші є сирне зерно (подрібнений до певних розмірів молочний згусток, утворений сичужним зсіданням молока) та сироватка. Молочний згусток є аморфним тілом, що займає проміжне положення між рідким і твердим станом та має білкову пористу, недостатньо вивчену структуру. Основою молочного згустку є сітка білкових ланцюжків, що охоплюють сироватку, яка і запобігає з'єднанню сітки в компакту масу.

Реологічні властивості продуктів залежать від виду їх структури, які академік П.А. Ребіндер класифікує як коагуляційні, конденсаційні і кристалізаційні (Rebinder, 1950). При дослідженні реологічних характеристик робочого середовища сировиготовлювачів марки Я5-ОСЖ слід розглядати його як дисперсну систему і виходити з гіпотез суцільності середовища та неперервності розподілення деформації і фізичних властивостей (Dudkin, 1976). Теоретичні основи методів реологічних досліджень викладені в працях вітчизняних та закордонних вчених – П.А. Ребіндера, М.П. Воляровича та ін. (Volarovich, 1954; Gorbатов, 1979; Rebinder, 1985). Для дослідження змін, які проходять в молочному згустку, вчені багатьох країн в різні роки застосовували різні фізичні методи, які можна класифікувати наступним чином (Rebinder, 1950; Izmailov and Rebinder, 1974; Dudkin, 1976; Machikhin and Machikhin, 1981): дослідження за допо-

могою пенетрометрів, дослідження за допомогою підвішених тіл, дослідження за допомогою оптичних методів, дослідження за допомогою ультразвукових віскозиметрів, дослідження за допомогою манометричних методів, дослідження за допомогою крутильних динамометрів.

За характером дії на середовище їх можна розділити на дві групи. До першої відносяться методи, які при вимірюваннях повністю або частково порушують середовище при його утворенні, до другої – методи що дають можливість отримувати дані без порушення середовища. Складність процесу утворення молочного згустку і труднощі на шляху проведення реологічних вимірювань пояснюють багаточисельність емпіричних методів, та емпіричних реологічних параметрів – твердість, опір різанню, в'язкість і т. п. . Аналіз методів дослідження за допомогою існуючих засобів вимірювання показав, що всі з вище перерахованих методів мають свої переваги і недоліки. До одного із найбільш значущих емпіричних реологічних параметрів, що характеризують процеси при виробництві сирного зерна можна віднести в'язкість робочого середовища сировиготовлювача. Вона є сенсорною характеристикою, яку сировар визначає візуально за відсотковим вмістом компонентів (сирного зерна та сироватки).

Мета роботи – дослідити вплив технологічних режимів процесу отримання сирного зерна на реологічні характеристики робочого середовища в сировиготовлювачах марки Я5-ОСЖ, отримати емпіричну залежність зміни реологічних характеристик робочого середовища придатну для інженерних розрахунків при розробці нових конструкцій сировиготовлювачів.

Матеріал та методи досліджень

Враховуючи, що робочим середовищем сировиготовлювачів є суміш, в якій під час проведення експериментів з визначення реологічних властивостей складно уникнути її розшарування та зсідання, слід розглядати робоче середовище сировиготовлювачів як «не ньютонівську» рідину і припустити, що реологічні властивості робочого середовища некоректно характеризувати за допомогою величини динамічної в'язкості, яку визначають загальноприйнятими методами. Тому, поняттю в'язкості робочого середовища необхідно надати більш широкого розуміння і під в'язкістю робочого середовища слід мати на увазі загальну реологічну властивість, яку доцільно назвати ефективною в'язкістю і вимірювати її за допомогою емпіричного параметра, вираженого в довільних одиницях. Для вивчення ефективної в'язкості робочого середовища сировиготовлювачів у відділі сироробства ПП НААН був використаний метод, що ґрунтується на принципі визначення умовного показника в'язкості, який вимірювали на універсальному вимірювальному приладі «Instron-1122» шляхом занурення кулькового індикатора в робоче середовище з заданою швидкістю.

Умовний показник в'язкості розраховували за формулою Стокса:

$$P = 6 \pi \cdot \mu \cdot v \cdot r, \quad (1)$$

де: P – лобовий опір, що реєструється приладом, H ;
 μ – в'язкість, $Pa \cdot c$;

V – швидкість занурення кулькового індентора, m/c ;

r – радіус кулькового індентора, m .

Формула справедлива у випадку, коли кульковий індикатор під час руху у робочому середовищі відчуває тільки лобовий опір і опір від тертя середовища, яке рухається вздовж його поверхні, причому середовище не руйнується, а тільки деформується як пластична маса. Стокс встановив, що формула справедлива у випадку, коли при русі кулькового індикатора критерій Рейнольдса менше 1, тобто:

$$Re = \frac{\theta \cdot r}{\nu} \leq 1, \quad (2)$$

де: θ – напруження зсуву, Pa ;

У відповідності з вищевказаним було підібрано необхідний діаметр кулькового індикатора та встановлено необхідну швидкість його занурення. Така методика визначення ефективної в'язкості має ряд переваг у порівнянні з іншими. Вона дозволяє визначити значення ефективної в'язкості робочого середовища не порушуючи його структури, що є особливо важливим тому, що дозволяє повністю імітувати виробничі умови в процесі лабораторного дослідження.

Результати та їх обговорення

Графічне опрацювання результатів експериментів дозволило отримати залежність зміни величини ефективної в'язкості робочого середовища сировиготовлювача μ_{ef} від температури та відсоткового вмісту сироватки ψ_c в робочому середовищі (рис. 1).

Рис. 1. Зміна величини ефективної в'язкості робочого середовища сировиготовлювача в діапазоні температур від 10 °C до 60 °C.

Отримана графічна залежність зміни величини ефективної в'язкості робочого середовища не завжди зручна в користуванні під час інженерних розрахунків при розробці нових конструкцій сировиготовлювачів.

Графо-аналітичне опрацювання результатів експериментів в логарифмічних координатах і їх узагальнення (Rumshilskii, 1971) дозволило отримати емпіричну формулу для розрахунку ефективної в'язкості робочо-

го середовища еліптичних сировиготовлювачів марки Я5–ОСЖ. Ця формула справедлива для визначення ефективної в'язкості робочого середовища в діапазоні температур від 10 °С до 60 °С:

$$\mu_{\text{эф}} = 0,147 \cdot t^{-0,72} \cdot \psi^{-0,57} \quad (3)$$

де: $\mu_{\text{эф}}$ – ефективна в'язкість робочого середовища, $\frac{H \cdot c}{M^2}$;

t – температура робочого середовища, °С;

ψ – відсотковий вміст сироватки в робочому середовищі, %

Похибка при співставленні результатів з визначення величини ефективної в'язкості робочого середовища отриманих експериментальним шляхом та розрахованих за формулою (3) не перевищувала $\pm 12,5\%$.

Висновки

В результаті проведених досліджень було визначено зміну величини ефективної в'язкості робочого середовища, що утворюється в сировиготовлювачах марки Я5–ОСЖ при отриманні сирного зерна. Дослідження проводились в діапазоні температур робочого середовища від 10 °С до 60 °С та зміні масової частки сироватки в діапазоні від 78% до 87%. Результати досліджень дозволили отримати емпіричну залежність для розрахунку ефективної в'язкості робочого середовища придатну для проведення інженерних розрахунків при розробці нових конструкцій сировиготовлювачів.

Бібліографічні посилання

Rebinder, P.A. (1950). Novye metody harakteristiki uprugogo – plastichnykh viazkikh svoistv strukturnykh dispersnykh sistem i rastvorov vysokopolimerov [New

methods characteristics of elastic – plastic viscous properties of structure of disperse systems and solutions superior polymer]. Novye metody fiziko–khimicheskikh issledovaniy poverkhnostnykh yavlenii, Moskow, 16–18 (in Russian).

Gorbatov, V.A. (1979). Reologiya miasnykh i molochnykh produktov [Rheology of meat and dairy products]. Moskow, Pishchevaia promyshlennost (in Russian).

Rebinder P.A. (1985). Fiziko–khimicheskie osnovy pishchevykh proizvodstv [Physico–chemical basis of food production]. Moskow, MTIPP (in Russian).

Volarovich, M.P. (1954). Issledovanie reologicheskikh svoistv dispersnykh system [The study of rheological properties of dispersed systems]. Kolloidnyi zhurnal. 3(3), 227 – 231 (in Russian).

Dudkin, P.I. (1976). Issledovanie strukturno – mekhanicheskikh svoistv syrnoho sgustka s tselu ustanovlenii ob'ektivnykh pokazatelei ego gotovnosti [Study of structural–mechanical properties of curd with the aim of establishing objective indicators of readiness]: Doctoral thesis – Leningrad (in Russian).

Izmailov, V.N., Rebinder, V.A. (1974). Strukturoobrazovanie v belkovykh sistemakh [Structure formation in protein systems]. Moskow, Nauka (in Russian).

Machikhin, Ya.A., Machikhin, S.A. (1981). Inzhenernaia reologiya pishchevykh materialov [Engineering rheology of food materials]. Moskow, Legkaia i pishchevaia promyshlennost.

Rumshilskii, M.Z. (1971). Matematicheskaia obrabotka rezultatov eksperimenta: Spravochnoe rukovodstvo [Mathematical processing of experimental results. Reference guide]. Moskow, Nauka (in Russian).

Стаття надійшла до редакції 23.09.2016