

УДК 637.141.8

RHEOLOGICAL PROPERTIES OF MILK-PROTEIN CONCENTRATES

V. Gnitsevych, L. Deinychenko

Kyiv National University of Trade and Economics

A. Goralchuk

Kharkiv State University of Food Technology and Trade

Key words:

*Protein-carbohydrate
Daily raw materials
Buttermilk
Cranberry
Viburnum
Milk-protein
concentrates
Rheological properties
Degree of esterification*

Article history:

Received 11.01.2017

Received in revised form

03.02.2017

Accepted 26.02.2017

Corresponding author:

V. Gnitsevych

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The article considers the principles of structure formation of milk-protein concentrates and contains the analysis of technological factors impact on instant elasticity module, elasticity module and plastic viscosity. Graphic dependences of rheological parameters on coagulation temperature, pH and duration of buttermilk pre-pasteurization are constructed. The influence of the protopectin degree of esterification of raw berries on structural and mechanical properties of the concentrates is identified. The types of bonds formed in food systems are defined. In view of the obtained results, the conclusion on the further use of milk-protein concentrates in food technology is made.

РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МОЛОЧНО-БІЛКОВИХ КОНЦЕНТРАТІВ

В.А. Гніцевич, Л.Г. Дейниченко

Київський національний торговельно-економічний університет

А.Б. Горальчук

Харківський державний університет харчування та торгівлі

У статті розглянуто принципи структуроутворення молочно-білкових концентратів, проаналізовано вплив технологічних факторів на модуль миттєвої пружності, модуль еластичності й пластичну в'язкість. Побудовано графічні залежності реологічних показників від температури коагуляції, рН середовища й тривалості попередньої пастеризації склотин. Визначено вплив ступеня етерифікації протопектину ягідної сировини на структурно-механічні властивості концентратів, типи зв'язків, що утворюються в

харчових системах. З огляду на отримані дані зроблено висновок щодо подальшого використання молочно-білкових концентратів у харчовій технології.

Ключові слова: *білково-вуглеводна молочна сировина, сколотини, журавлина, калина, молочно-білкові концентрати, реологічні властивості, ступінь етерифікації.*

Постановка проблеми. Аналіз споживання харчових продуктів населенням України показав, що до продуктів, «дефіцитних» у раціоні українців, відносяться ягоди, м'ясопродукти, молочні та рибні продукти [1]. Така ситуація вказує на незбалансованість раціону харчування населення України, що спричиняє недостатність білків тваринного походження і харчових волокон. Саме тому сьогодні значна увага приділяється пошуку нових джерел цих харчових сполук.

Одним із перспективних джерел отримання білкових речовин є використання знежиреного молока, сколотин і молочної сироватки. Зазначена білково-вуглеводна молочна сировина (БВМС) характеризується багатим хімічним складом та економічною доступністю, що дає змогу говорити про ефективність її використання для отримання білкових речовин у вигляді молочно-білкових концентратів (МБК). Збагачення раціону харчовими волокнами можна досягти за рахунок використання нетрадиційних рослинних сировинних ресурсів, зокрема ягід калини та журавлини. До того ж, за рахунок високого вмісту органічних кислот, вони можуть бути використані як коагулянт у процесі осадження білкових речовин БВМС, а наявні в їх хімічному складі амінокислоти — як додаткові центри коагуляції.

Таким чином, використовуючи БВМС та ягоди журавлини і калини для отримання МБК, можна підвищити рівень економічної доступності білкових харчових продуктів та отримати перспективний напівфабрикат для виготовлення кулінарних страв і виробів. Проте для обґрунтування напрямків застосування, зазначених МБК у харчових технологіях, необхідним є детальне вивчення їх структуроутворювальних властивостей.

За колоїдним станом МБК відносяться до структурованих дисперсних систем, де середовищем виступають тверді частинки коагульованих молочних білків і рослинної сировини, а дисперсною фазою — вода. Структурування у таких системах відбувається за рахунок взаємодії білкових міцел з пектиновими речовинами. Отже, отримані дисперсні системи містять два полімери (білки молока та пектинові речовини) та розчинник (воду), що свідчить про можливість утворення різних типів систем залежно від заряду полімерів, а саме:

- 1) за умови нейтральності обох полімерів отримана система належатиме до сегрегативного типу (буде отримано два розчини, що не змішуються);
- 2) за наявності нейтрального та зарядженого полімерів за рахунок утворення водневих зв'язків буде отримано малостійкі асоціати, здатні розширюватися на дві фази під час нейтралізації зарядів;
- 3) за наявності однойменно заряджених поліелектролітів через термодинамічну несумісність буде отримано сегрегативну систему;

4) за наявності протилежно заряджених поліелектролітів буде утворено стійкі системи, що базуватимуться на електростатичному притяганні протилежно заряджених груп та формуванні стабільних комплексів [2—5].

Полімери білкових речовин є біполярними сполуками, що здатні змінювати заряд залежно від середовища перебування. Так, у кислому середовищі вони здатні зв'язувати протони водню, перетворюючись на катіони, а у лужному — відщеплювати їх, змінюючи форму на аніонну [6], що свідчить про високий вплив рН на відносну «гнучкість» білкових речовин щодо комплексоутворення. Комплексоутворювальна здатність пектинових речовин визначається ступенем етерифікації та наявністю вільних карбоксильних груп, що визначають силу й спосіб зв'язку поліелектролітів. Оскільки пектинові речовини калини високоетерифіковані (ступінь етерифікації складає 93,1%) [7], а пектинові речовини журавлини — низькоетерифіковані (ступінь етерифікації складає 44,6%) [8], структуроутворення у даному випадку залежатиме від типу ягідного пюре, що вноситиметься до БВМС як коагулянт.

Крім того, вагомий вплив на структуроутворення мають технологічні фактори: час попередньої пастеризації сколотин, температура та рН коагуляції, адже саме вони визначають властивості білків, реологічні властивості отриманих систем та подальше технологічне використання МБК.

Метою статті є аналіз реологічних властивості МБК з БВМС залежно від впливу зазначених технологічних факторів.

Матеріали і методи. Матеріалами для проведення досліджень є МБК зі сколотин, отримані з використанням як коагулянтів пюре журавлини (МБКЖ) або калини (МБКК). Реологічні показники для кожного типу МБК отримано за допомогою зсувного еластопластометра Д.М. Толстого. Для обробки отриманих результатів експериментальних досліджень використано статистичні та математичні методи обробки даних.

Виклад основних результатів дослідження. Технологічний процес одержання МБК передбачає пастеризацію сколотин, їх з'єднання з ягідним пюре з подальшою термообробкою суміші та формування білково-вуглеводного згустка [9]. Варіабельність параметрів отримання концентратів визначила необхідність дослідження реологічних властивостей МБК залежно від тривалості попередньої пастеризації сколотин (5...15 хв), рН середовища (6,1...6,5) і температури коагуляції (55...95 °С). При цьому доцільним є вивчення впливу обраних технологічних факторів окремо для МБКЖ і МБКК. Параметрами, що досліджувалися, були пластична в'язкість, модуль миттєвої пружності та модуль еластичності.

За результатами проведених досліджень встановлено (рис. 1а), що пластична в'язкість МБКК зменшується зі збільшенням тривалості попередньої пастеризації сколотин і підвищенням температури коагуляції згустка.

Найбільше зниження пластичної в'язкості спостерігається за температури коагуляції 55...65 °С. Так само температурні показники сприяють зменшенню модуля еластичності, проте збільшення часу пастеризації сколотин сприяє його зростання (рис. 1б).

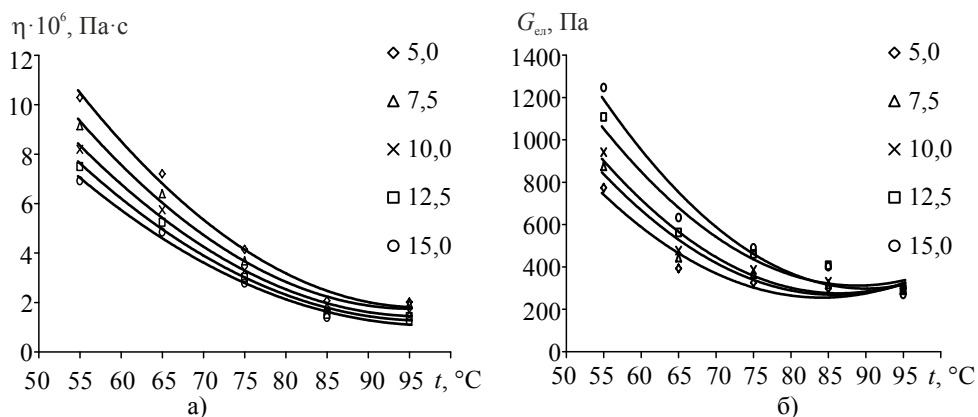


Рис. 1. Залежність від температури коагуляції (°C) і тривалості попередньої пастеризації сколотин (хв) а) пластичної в'язкості МБКК; б) модуля еластичності МБКК

З одного боку, отримані тенденції можуть бути пояснені збільшенням ступеня денатурації білкових молекул, що супроводжується частковим розгортанням пептидних ланцюгів, з іншого — наявністю у пектинових речовин порекалини малої кількості карбоксильних груп. За останньої умови можна констатувати утворення у системі коагуляційних взаємодій і водневих зв'язків між полімерами сколотин та ягідного пюре. При цьому кількість зв'язків між білковими молекулами збільшується з підвищенням температури, про що свідчить підвищення модуля миттєвої пружності (рис. 2).

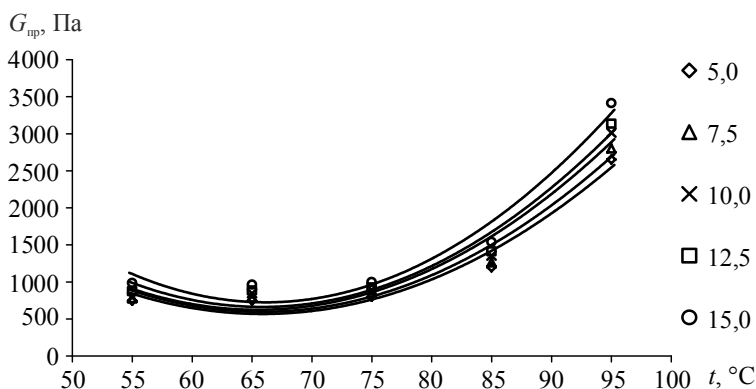


Рис. 2. Залежність модуля миттєвої пружності МБКК від температури коагуляції (°C) і тривалості попередньої пастеризації сколотин (хв)

Зниження рН середовища відбувається за рахунок збільшення вмісту в системі ягідного пюре. Із збільшенням рН у системі одночасно збільшується кількість пектинових речовин і спостерігається зниження заряду білкових міцел. Високоетерифіковані пектинові речовини з малою кількістю вільних карбоксильних груп являють собою нейтральні або слабо заряджені полісахариди, тоді як білкові міцели є позитивно зарядженими поліелектролітами.

Отже, утворена за їх взаємодії система є слабким асоціатом, а зниження рН середовища, яке провокує поступову нейтралізацію заряду білкових міцел, призводить до розшарування цієї системи. Зроблені висновки підтверджуються підвищенням пластичної в'язкості (рис. 3а) та модуля еластичності (рис. 3б) з наближенням рН середовища до ізоелектричної точки білків.

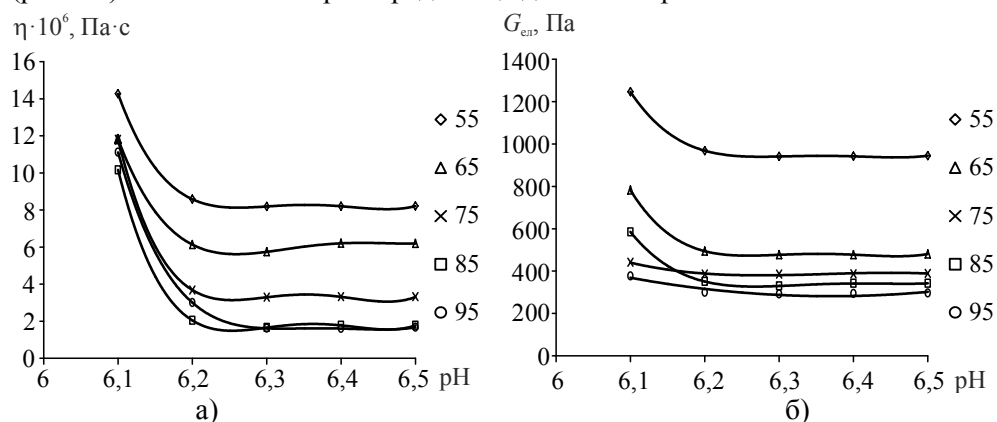


Рис. 3. Залежність а) пластичної в'язкості МБКК від рН середовища і температури коагуляції (°С); б) модуля еластичності МБКК від рН середовища і температури коагуляції (°С)

Окремо слід відмітити, що з підвищенням температури коагуляції пластична в'язкість і модуль еластичності МБК знижуються, що може пояснюватись руйнуванням водневих зв'язків в асоціаті під дією високих температур. У той самий час підвищення температури коагуляції провокує збільшення модуля пружності МБКК (рис. 4), що може бути пов'язано зі збільшенням кількості коагуляційних зв'язків.

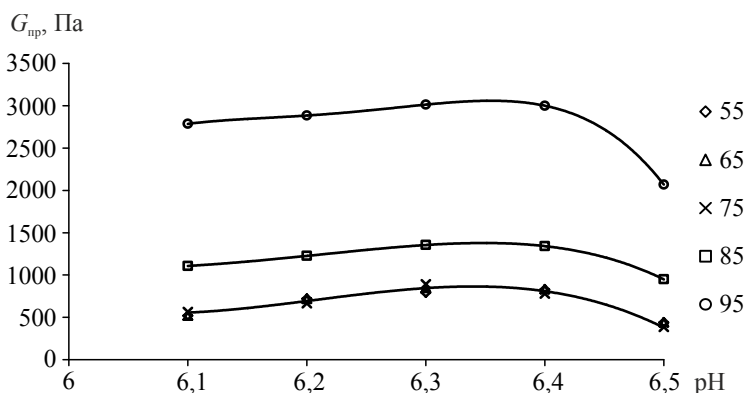


Рис. 4. Залежність модуля миттєвої пружності МБКК від рН середовища і температури коагуляції (°С)

Екстремальний характер залежності модуля миттєвої пружності від рН пояснюється співвідношенням білок:пектин, за якого утворюються коагуляційні структури з максимальними показниками миттєвої пружності (за рН 6,3...6,4).

Для МБКЖ визначено інші залежності. Так, підвищення температури коагуляції в інтервалі 55...75 °С викликає збільшення пластичної в'язкості

концентрату, проте подальше збільшення температури практично не впливає на величину даного показника. Збільшення тривалості попередньої пастеризації сколотин, у свою чергу, сприяє зменшенню показника пластичної в'язкості для всього досліджуваного інтервалу температур коагуляції (рис. 5).

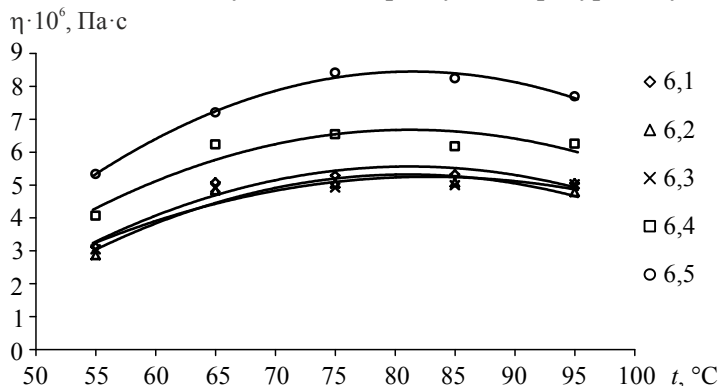


Рис. 5. Залежність модуля миттєвої пружності МБКЖ від температури коагуляції (°C) і тривалості попередньої пастеризації сколотин (хв)

Отримана залежність пояснюється денатурацією білкових молекул сколотин, що супроводжується їх ущільненням і випресовуванням з них вологи, а також утворенням більш щільної структури МБК. Підтвердженням цього є збільшення модуля еластичності (рис. 6а) та модуля миттєвої пружності (рис. 6б), що зростають з підвищенням температури коагуляції й тривалості попередньої пастеризації сколотин.

Зростання модулів еластичності та миттєвої пружності пов'язано з утворенням водневих і коагуляційних зв'язків, що не відновлюються після незначного напруження, а також з формуванням ковалентних та іонних зв'язків, що здатні до відновлення. Останні можуть утворюватись за рахунок наявності у пюре журавлини низькоетерифікованих пектинових речовин. Молекули пектину взаємодіють між собою та з білковими міцелами за рахунок наявності великої кількості вільних карбоксильних груп, що зв'язуються з іонами кальцію в міцний каркас, який утримує вологу.

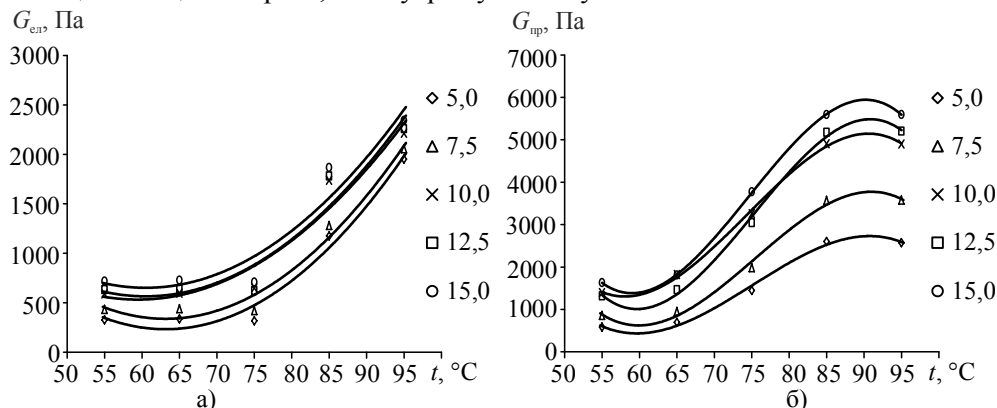


Рис. 6. Залежність від температури коагуляції (°C) і тривалості попередньої пастеризації сколотин (хв) а) модуля еластичності; б) модуля миттєвої пружності МБКЖ

Зі зниженням рН і збільшенням кількості пектинових речовин у системі спостерігається зменшення показника пластичної в'язкості, а підвищення температури коагуляції сприяє збільшенню цього показника (рис. 7). При цьому в інтервалі температур 65...95 °С за однакових значень рН системи характеризуються майже однаковою пластичною в'язкістю, що пояснюється збільшенням щільності систем за рахунок випресовування вологи.

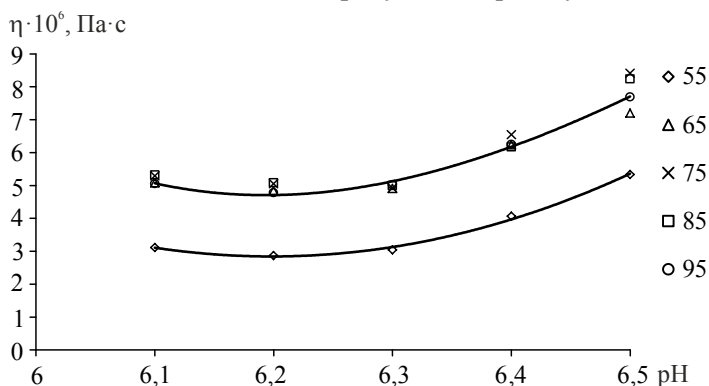


Рис. 7. Залежність пластичної в'язкості МБКЖ від рН середовища і температури коагуляції (°С)

Зі зниженням заряду білкових речовин унаслідок зміщення рН у кислотну сторону їх взаємодія з негативно зарядженими низькоетерифікованими пектинами поре журавлини стає слабкішою. Це призводить до часткового переходу системи від четвертого типу до третього типу. Підтвердженням цього є зменшення модуля еластичності (рис. 8а) та збільшення модуля миттєвої пружності (рис. 8б).

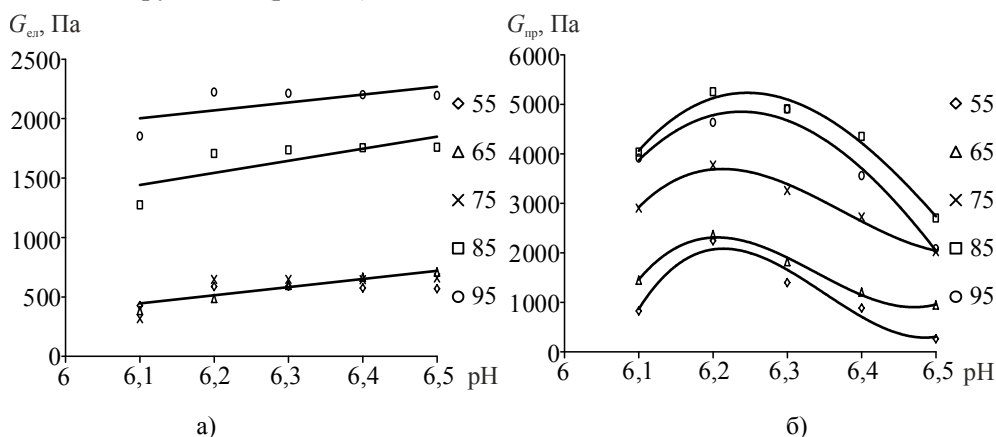


Рис. 8. Залежність від рН середовища і температури коагуляції (°С) а) модуля еластичності МБКЖ; б) модуля миттєвої пружності МБКЖ

Порівняння абсолютних даних реологічних показників МБКК і МБКЖ вказує на значне зростання значень реологічних величин у випадку з МБКЖ. Це пояснюється утворенням поліелектролітних комплексів на основі іонних

зв'язків між карбоксильними групами низькоетерифікованих пектинових речовин журавлини і кальцієм сколотин.

Отримані результати будуть використані для розробки та впровадження технологій ряду кулінарних страв і виробів на основі МБКЖ та МБКК. Так, враховуючи високу щільність структури та міцні, здатні до відновлювання зв'язки між молекулами МБКЖ, доцільним буде його використання у технологіях страв і виробів, здатних тримати форму, а саме: запіканок, сирників, пудингів, батончиків тощо. Водночас слабкі асоціативні зв'язки між молекулами МБКК, що вказують на м'яку та ніжну структуру даного концентрату, вказують на доцільність його застосування у технологіях порційних структурованих і збитих десертів (кремів, мусів, самбуків, желе тощо).

Висновки

Отримані реологічні дані та їх подальший аналіз пояснюють принципи структуроутворення у МБК, отриманих з використанням різних типів ягідних пюре як коагулянтів. З наведених даних видно, що різні ступені етерифікації пектинових речовин ягідних пюре істотно впливають на кінцеву якість отриманих МБК. Так, МБКЖ характеризуються більш високим значенням реологічних показників порівняно з МБКК, що свідчить про щільнішу структуру та міцніші міжмолекулярні зв'язки в кінцевому продукті. З огляду на останнє, доцільним є використання МБКЖ для виготовлення кулінарних виробів, здатних зберігати форму під час приготування (сирників, запіканок тощо), а МБКК — для виготовлення страв з ніжною консистенцією, зокрема у структурованих десертах (желе, мусах, самбуках тощо).

Література

1. *Сегеда С.А.* Оцінка споживання основних продовольчих продуктів в Україні / С.А. Сегеда // Збірник наукових праць ВНАУ.—2012.—№ 3.— С. 195—199.
2. *Николаева О.В.* Межмолекулярные взаимодействия в смесях полуразбавленных растворов полиакриловой кислоты и эфиров целлюлозы / О.В. Николаева, Т.В. Будтова // Высокомолек. соед.—1999.—Т. 41, № 7.— С. 1176—1182.
3. *Чупятов А.М.* Кинетика реакций между противоположно заряженными линейными и сетчатыми полиэлектролитами / А.М. Чупятов, В.Б. Рогачева, А.Б. Зенин, В.А. Кабанов // Высокомолек. соед.— 1994.— Т. 36, № 2.— С. 212—217.
4. *Azarikia F.* Efficacy of whey protein-tragacanth on stabilization of oil-in-water emulsions: Comparison of mixed and layer by layer methods [Text] / F. Azarikia, S. Abbasi // Food Hydrocoll.— 2016.— AUGUST.— P. 26—34.
5. *Patino J.M.R.* Protein-polysaccharide interactions at fluid interfaces [Text] / J.M.R. Patino, A.M.R. Pilosof // Food Hydrocoll. Elsevier Ltd.—2011.—Vol. 25, # 8.— P. 1925—1937.
6. Білки [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.horting.org.ua/node/1610>.
7. *Колотий Т.Б.* Аналитические характеристики пектина из некоторых видов дикорастущих плодов и ягод предгорной зоны Адыгеи / Т.Б. Колотий, З.Н. Хатко // Новые технологии.— 2012.— № 3.— С. 1—4.
8. *Гимаев И.Н.* Влияние параметров процесса гидролиза-экстракции на выход и качество пектина из плодово-ягодного сырья / И.Н. Гимаев, Н.К. Романова, О.А. Решетник // Вестник Казанского технологического университета.— 2004.— №. 1.— С. 214—218.
9. *Гнищевич В.А.* Технология и биологическая ценность молочно-белковых копреципитатов / В.А. Гнищевич, Т.И. Юдина, Л.Г. Дейниченко // Товары и рынки.— 2016.— № 2.— С.148—158.

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОЛОЧНО-БЕЛКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ

В.А. Гнищевич, Л.Г. Дейниченко

Киевский национальный торговко-экономический университет

А.Б. Горальчук

Харьковский государственный университет питания и торговли

В статье рассмотрены принципы структурообразования молочно-белковых концентратов, проанализировано влияние технологических факторов на модуль мгновенной упругости, модуль эластичности и пластическую вязкость. Построены графические зависимости реологических показателей от температуры коагуляции, рН среды и длительности предварительной пастеризации пахты. Определено влияние степени этерификации протопектина ягодного сырья на структурно-механические свойства концентратов и типы связей, которые образуются в пищевых системах. С учетом полученных данных сделан вывод о дальнейшем использовании молочно-белковых концентратов в пищевой технологии.

Ключевые слова: *белково-углеводное молочное сырьё, пахта, клюква, калина, молочно-белковые концентраты, реологические свойства, степень этерификации.*