

УДК 532.7:664.681

**Анна ГАСАНОВА,  
Андрей ПАК,  
Галина ДЮКАРЕВА**

## **ВЛИЯНИЕ ЭЛАМИНА И СТЕВИОЗИДА НА ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ ЯИЧНОЙ МАССЫ**

*Проведены исследования по обогащению бисквита йодом и замене в его рецептурах сахара стевеозидом для профилактики сахарного диабета и заболевания щитовидной железы. Полученные данные показали, что эти добавки снижают поверхностное натяжение яичной массы, повышая этим качество бисквита.*

*Ключевые слова:* бисквит, эламин, стевеозид, поверхностное натяжение, повышение качества, микроэлементы, йод, сахарный диабет.

*Гасанова А., Пак А., Дюкарева Г. Вплив еламіну та стевіозиду на поверхневий натяг яєчної маси. Проведено дослідження щодо збагачення бісквіта йодом і заміни в його рецептурах цукру стевіозидом для профілактики цукрового діабету та захворювань щитовидної залози. Отримані дані доводять, що ці добавки знижують поверхневий натяг яєчної маси, чим підвищують якість бісквіта.*

*Ключові слова:* бісквіт, еламін, стевіозид, поверхневий натяг, підвищення якості, мікроелементи, йод, цукровий діабет.

**Постановка проблемы.** Бисквит – выпеченное мучное изделие с пышной мелкопористой структурой и мягкой эластичной мякотью, которая формируется во время интенсивного взбивания яиц с сахаром-песком и последующим соединением взбитой массы с мукой и выпечением полученного теста. Мучные кондитерские изделия из бисквитного теста соответствуют критериям пищевых продуктов, которые подлежат обогащению эссенциальными нутриентами. Среди них: массовость и регулярность потребления, возможность централизованного про-

изводства продукции, технологичность процесса обогащения, что обеспечивает соответствующее качество готового продукта, равномерное распределение добавки в массе продукта [1]. На эти изделия существует постоянный спрос населения, поэтому они были выбраны нами в качестве объекта исследований.

Яйца и сахар – главные рецептурные компоненты бисквита, которые образуют его нежную и пористую структуру. Суточная потребность в сахаре (дисахарид сахароза) определена в 30–50 граммов [2], однако его потребление часто значительно превышает физиологические потребности человека. Доказано, что чрезмерное потребление сахара и других легкоусвояемых углеводов является фактором риска возникновения и осложнения сердечно-сосудистых, эндокринных и других заболеваний и патологических состояний. Альтернативой сахару могут служить вещества естественного и искусственного происхождения, имеющие сладкий вкус, – сахарозаменители и подсластители. Принципиальное их отличие – это высокая энергетическая ценность первых и ее отсутствие (или значительная ограниченность) у других [3, с. 38–41].

Стевия, по мнению многих исследователей, – перспективное и доступное растение для получения естественных подсластителей. Из стевии выделены гликозиды – стевиозид и ребаудиозид, – оказавшиеся слаще сахарозы в 250–300 раз [4], что делает целесообразным введение в рецептуру бисквита стевиозидов в качестве заменителя сахара.

Одной из задач исследований было обогащение бисквита йодсодержащим сырьем, для чего была выбрана лечебно-профилактическая добавка – эламин, так как морские водоросли, из которых ее производят, – наилучшие пищевые источники йода [5]. Эта добавка содержит сбалансированный комплекс микро- и макроэлементов в органически связанном виде. Альгинаты, входящие в состав эламина, являются уникальными и абсолютно безвредными природными сорбентами, которые избирательно связывают в комплексы радионуклиды, соли тяжелых металлов, токсические вещества и выводят их из организма [6, с. 57–62]. Эламин также обладает способностью уменьшать подвижность воды, переводя ее в связанное состояние [7] (это было подтверждено в наших предыдущих исследованиях [8]), и делает перспективным его применение в качестве стабилизатора пены при производстве бисквита.

За счет способности эламина "связывать" воду можно предположить, что будет повышаться вязкость раствора, в результате чего процесс стекания жидкости с пленок будет замедляться, уменьшится скорость их истончения и снизится разница поверхностного натяжения. С уменьшением поверхностного натяжения жидкости пенообразующая способность увеличивается, так как для получения одинакового объема пены нужно потратить меньше усилий [9, с. 220]. Учитывая то, что стевиозид и эламин ускоряют процесс получения пены и значительно увеличивают пенообразующую способность яйца [10; 11], можно предпо-

ложить, что эти добавки уменьшают поверхностное натяжение, что определило необходимость исследования зависимости поверхностного натяжения яичной смеси от концентрации вносимых добавок.

Коэффициент поверхностного натяжения  $\alpha$  – важная термодинамическая характеристика поверхности раздела фаз, представляющая собой работу, которую необходимо выполнить для образования единицы площади новой поверхности. Его величина зависит от физических свойств контактирующих фаз, наличия и природы примесей, температуры, толщины переходных зон между фазами и пр. Поверхностные явления играют особенно заметную роль в случае высокодисперсного состояния веществ, когда величина поверхности раздела фаз на единицу массы достигает больших значений. В этих случаях небольшое изменение  $\alpha$  может приводить к существенным изменениям физического состояния дисперсных систем (явления коагуляции, пептизации, синерезиса, флокуляции, флотации и др.). Даже незначительные концентрации поверхностно-активных веществ (ПАВ) оказывают заметное влияние на величину  $\alpha$ .

Коэффициент поверхностного натяжения  $\alpha$  растворителя (воды) зависит от концентрации ПАВ. Сначала  $\alpha$  резко падает. Это обусловлено тем, что при малых концентрациях ПАВ их молекулы практически полностью сосредотачиваются в поверхностном слое и уменьшают  $\alpha$ . Постепенное заполнение поверхностного слоя молекулами ПАВ затрудняет их дальнейшую адсорбцию, что приводит к замедлению изменения  $\alpha$ , а при образовании мономолекулярного слоя  $\alpha$  становится независимым от увеличения концентрации ПАВ. В водных растворах ПАВ между молекулами и ионами существуют силы взаимодействия: гидрофобные углеводородные радикалы за счет сил Ван-дер-Ваальса притягиваются, одноименно заряженные полярные группы отталкиваются между собой, но притягиваются к молекуле воды, а углеводородные радикалы отталкиваются от молекул воды. Действие всех этих сил при достаточных концентрациях молекул ПАВ приводит к их объединению и образованию отдельных агрегатов – мицелл [12]. Очевидно, что с уменьшением поверхностного натяжения раствора его пенообразующая способность увеличивается, так как с уменьшением  $\alpha$  выполняется меньше работы для получения одинакового объема пены [13; 14].

Исследованиями влияния природных добавок на поверхностное натяжение яичной массы занимались ученые О. В. Самохвалова, Н. И. Черевичная [15, с. 33–35], О. Н. Сафонова [16, с. 53–57], Я. А. Билецкая [17] и др. Ограниченность данных о влиянии эламина на поверхностное натяжение яичной массы, а также новизна применения стевиозида при формировании качества бисквита предопределили *цель исследования* – определение зависимости поверхностного натяжения яичной массы от концентрации эламина и стевиозида в производстве бисквита.

**Матеріали і методи.** Об'єкти дослідження – яична маса с додаванням еламіна, яична маса с додаванням стевиозиду. В качестве контролю служила яична маса без добавок. Исследуемое количество добавок указано в процентах от яичной массы. Абсолютная погрешность составила  $\pm 0.3$  мН/м.

При определении коэффициента поверхностного натяжения использовался модернизированный метод отрыва кольца [18; 19, с. 10; 20, с. 87]. Измерительная установка для использования этого метода схематически изображена на *рис. 1*.

В верхней части штатива 1 имеется кронштейн 2, к концу которого прикреплена пружина 3. К концу пружины на нитях подвешено золотое кольцо 4. В нижней части штатива закреплен кронштейн 5, который фиксируется винтом 6. Подставка 7 может двигаться вверх с помощью винта 8 вдоль цилиндрического отверстия кронштейна 9. При вращении винта в противоположную сторону подставка под действием собственного веса перемещается вниз. На подставке размещается чашка Петри 10 с исследуемой жидкостью. К подставке жестко прикреплен указатель 11. Линейка 12 предназначена для определения удлинения пружины. Чашку Петри поднимают до такого уровня, чтобы кольцо коснулось поверхности жидкости, а затем опускают до момента отрыва кольца, при этом фиксируют растяжение пружины. Опыт проведен в 5-кратной повторности.

Сила поверхностного натяжения ( $F_{н.н.}$ ) определена по формуле:

$$F_{н.н.} = K \cdot \Delta x, \quad (1)$$

где  $\Delta x$  – удлинение пружины;

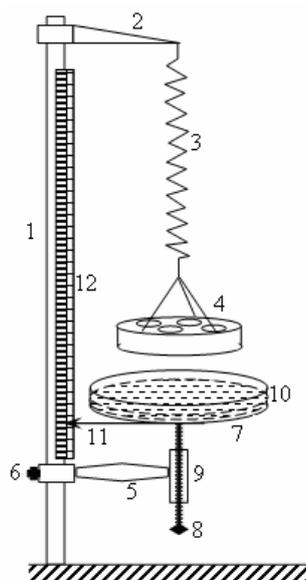
$K$  – коэффициент жесткости пружины,  $K = 10$  Н/м.

По величине растяжения пружины на градуированном графике определена сила поверхностного натяжения, возникающая из-за стремления жидкости к сокращению, по формуле:

$$F_{н.н.} = \alpha \cdot \pi \cdot (d_1 + d_2), \quad (2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент поверхностного натяжения;

$d_1$  и  $d_2$  – внутренний и внешний диаметры кольца,  $d_1 = 80$  мм,  
 $d_2 = 81$  мм.

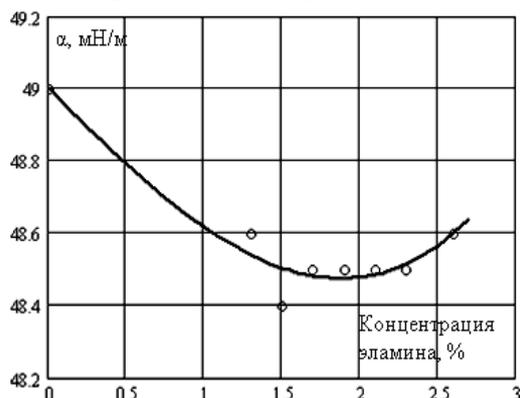


*Рис. 1.* Экспериментальная установка для использования метода отрыва кольца

Из формулы (2) найден коэффициент поверхностного натяжения и рассчитана его величина по формуле:

$$\alpha = \frac{F_{п.н.}}{\pi \cdot (d_1 + d_2)}. \quad (3)$$

**Результаты исследования.** Значения коэффициента поверхностного натяжения контрольного и образцов яичной массы с эламином приведены на *рис. 2*.



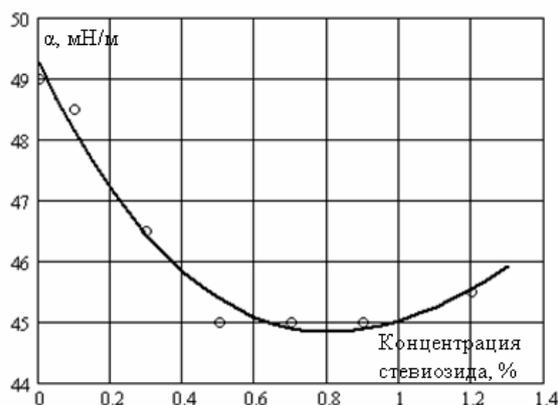
*Рис. 2.* Коэффициент поверхностного натяжения яичной массы с разными концентрациями эламина

Аппроксимация полученных экспериментальных данных проведена с помощью пакета программ *MathCad* полиномом третьей степени. В результате этого для изменения коэффициента поверхностного натяжения исследуемых образцов в зависимости от концентрации эламина (4) и стевииозид (5) из ранее описанных диапазонов получены зависимости:

$$\alpha(C_{el}) = 49.001 - 0.435 \cdot C_{el} + 0.015 \cdot C_{el}^2 + 0.036 \cdot C_{el}^3, \quad (4)$$

$$\alpha(C_{st}) = 49.254 - 12.237 \cdot C_{st} + 9.92 \cdot C_{st}^2 + 1.914 \cdot C_{st}^3. \quad (5)$$

Значения коэффициента поверхностного натяжения контрольного и образцов яичной массы со стевииозидом приведены на *рис. 3*.



*Рис. 3.* Коэффициент поверхностного натяжения яичной массы с разными концентрациями стевииозид

Из полученных результатов видно, что добавление эламина выбранных концентраций меняет поверхностное натяжение яичной массы, однако менее значительно, чем добавление стевииозид. Внешение последнего существенно уменьшает поверхностное натяжение и способствует лучшему образованию пены. Механизм поверхностной активности стевииозид сложный из-

за об'ємного строєння его молекул, в которых полярные фрагменти чередуются с неполярными. Поверхность молекул стевииозид имеет гидрофобный характер, из-за чего снижается свободная поверхностная энергия системы. Определение коэффициента поверхностного натяжения яичной смеси с эламином и стевииозидом необходимо потому, что эта физическая величина характеризует свойства дисперсных систем и имеет решающее значение при поверхностных явлениях: адгезии, адсорбции, диспергировании, в процессах создания новой фазы, которой в данном случае является пена из яичной смеси с добавками.

**Выводы.** Установлено, что эламин и стевииозид по-разному влияют на поверхностное натяжение яичной массы. Первый имеет незначительную поверхностную активность при внесении 1.3–2.6 % его в яичную массу. Добавление стевииозид в концентрации 0.1 и 0.5 % снижает поверхностное натяжение яичной массы с 49 до 45 мН/м. Максимум его поверхностной активности наблюдается при концентрации 0.5–0.9 мН/м, то есть до образования насыщенного адсорбционного слоя на поверхности раздела фаз. Последующее увеличение количества гликозида увеличивает этот показатель. Поэтому стевииозид можно отнести к ПАВ, так как именно молекулы ПАВ в результате адсорбции на границе раздела фаз значительно снижают поверхностное натяжение.

Полученные результаты исследований дают основание предположить, что использование эламина и стевииозид позволит получить продукт, который по качеству не будет уступать традиционному бисквиту, но при этом имеет лечебно-профилактическое действие. Дальнейшая перспектива исследований – определение влияния добавок на вязкость яичной массы с целью установления возможности компенсации эламином недостающей вязкости теста при замене в рецептуре бисквита сахара стевииозидом.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Технологія харчових продуктів функціонального призначення* : монографія / А. А. Мазаракі, М. І. Пересічний, М. Ф. Кравченко та ін. ; за ред. д-ра техн. наук, проф. М. І. Пересічного. — 2-ге вид., переробл. та доп. — К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2012. — 1116 с.
2. *ВОЗ выступила с новыми рекомендациями по потреблению сахара* : УНІАН Здоровье. — Режим доступа : <http://health.unian.net/country/894011-voz-vyistupila-s-noviyimi-rekomendatsiyami-po-potrebleniyu-sahara.html>. (опубл. 09.03.2014).
3. *Степанова И. В.* Как сахар влияет на организм? / И. В. Степанова // Медправда. — 2012. — 1 июл.
4. *Никберг И. И.* Подсластители в питании человека / И. И. Никберг // Медична газета "Здоров'я України". — 2007. — трав. — С. 58—59.
5. *Васіліаді Г. К.* Технологія введення йоду в кондитерські вироби для профілактики патології щитовидної залози / Г. К. Васіліаді, О. Ю. Волох //

- Медицина, здоров'я : Північно-Кавказький гірничо-металургійний ін-т, 2003. — С. 52—63.
6. *Назаров В. П.* Использование концентрата эламина из морской водоросли ламинарии для минимизации действия радиации и йодной недостаточности / В. П. Назаров, Л. П. Деревянко. — Николаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2009. — Вип. 103, Т. 116. — С. 57—62. — (Серія "Техногенна безпека").
  7. *Білецька Я. О.* ЯМР-дослідження стану води у системі вода – еламін / [Я. О. Білецька, Г. І. Дюкарева, О. Г. Дьяков, О. І. Торяник] // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. — Х. : Харк. держ. ун-т харч. та торг. — 2011. — С. 136—143.
  8. *Дюкарева Г. І.* Вплив еламіну та стевіозиду на стан води в збитій яечній масі / Г. І. Дюкарева, О. Г. Дьяков, А. Е. Гасанова // Міжнар. наук.-практ. журн. "Товари і ринки". — 2013. — № 1 (15). — С. 117—125.
  9. *Зубченко А. В.* Физико-химические основы технологии кондитерских изделий : учебник / А. В. Зубченко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Воронеж, 2001. — 389 с.
  10. *Дюкарева Г. І.* Визначення можливості застосування еламіну у виробництві бісквіта як стабілізатора / Г. І. Дюкарева, А. Е. Гасанова // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. — 2012. — Вип. 2 (16). — С. 185—190.
  11. *Дюкарева Г. І.* Перспективи використання стевіозиду як цукрозамінника під час виробництва бісквіта / Г. І. Дюкарева, А. Е. Гасанова : тези доп. міжнар. наук.-практ. конф., присв. 45-річчю ХДУХТ, (Харків, 18 жовт. 2012 р.). — Х. : ХДУХТ, 2012. — С. 257—258.
  12. *Дерягин Б. В.* Теория устойчивости коллоидов и тонких пленок / Б. В. Дерягин. — М. : Наука, 1986. — 206 с.
  13. *Исследование* пенообразующей способности нового флотореагента тетрагидропиранового ряда в сравнении с традиционными пенообразователями / Л. В. Семушкина, Н. К. Тусупбаев, М. Р. Шаутонов, У. Я. Сулейменова, Р. С. Калиева, М. И. Онаев // Вестн. КазНТУ. Химические науки. — 2009. — № 1187. — С. 37—41.
  14. *Канн К. Б.* Капиллярная гидродинамика пен / К. Б. Канн. — Новосибирск : Наука, Сиб. отд-е, 1989. — 167 с.
  15. *Самохвалова О. В.* Використання мікробного полісахариду ксампану в технології бісквітних напівфабрикатів : монографія / О. В. Самохвалова, Н. І. Черевична. — Х. : ХДУХТ, 2012. — 107 с.
  16. *Вивчення* поверхневих властивостей розчинів у присутності органічних кислот і гліцерину [О. М. Сафонова, Т. В. Гавриш, А. Т. Теймурова, В. С. Кривич] // Вісн. ДонДУЕТ. — 2003. — № 1 (17). — С. 53—57. — (Серія "Технічні науки").
  17. *Білецька Я. О.* Формування якості зефіру з використанням еламіну та ягідної сировини : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15 : захищена 05.05.2012 : затв. 05.11.2012 / Білецька Яна Олександрівна. — Х., 2012. — 190 с.
  18. *Погожих М. І.* Визначення коефіцієнту поверхневого натягу в'язких розчинів методом відриву кільця / М. І. Погожих, А. О. Пак //

Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. пр. — Донецьк : ДонДУЕТ ім. М. Туган-Барановського, 2006. — Вип. 15. — С. 148—153.

19. Волков В. А. Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы / В. А. Волков. — М. : МГТУ. Международная программа образования, 2001. — 640 с.
20. Зимон А. Д. Коллоидная химия / А. Д. Зимон, Н. Ф. Лещенко. — 2-е изд., доп. и исправл. — М. : ВЛАДМО, 2003. — 320 с.

Статья поступила в редакцию 17.02.2014.

**Gasanova A., Dykareva G., Pak A. Effect of elamin and stevioside on the egg mixture surface tension.**

**Background.** We are working at the improvement of biscuit quality through the using of stevioside – a natural sweetener and elamin, which is a source of iodine and other micro-and macroelements. The goal of using these additives is to prevent diabetes and thyroid disease. But, of course, it entails a change in its quality indicators. One of quality measure in biscuit dough is foaming capacity of the egg mixture, which is largely influenced by surface tension.

**Material and methods.** Test objects were: egg mixture with the elamin, egg mixture with the stevioside. A control was a mixture of egg without additives

For determination of the surface tension was used upgraded method of tear ring. The surface tension depends on the magnitude of the spring increase on calibration curve and is defined according to the formula

$$F_{n.n.} = K \cdot \Delta x,$$

$\Delta x$  – spring extension;

$K$  – spring stiffness,  $K = 10 \text{ N/m}$

**Results** The research of elamin and stevioside influence on the egg mixture surface tension demonstrated that selected additives reduce the surface tension of egg mixture. Adding 1.3–2.6 % of elamin to egg mass its surface tension decreases slightly, and adding 0.1–0.5 % of stevioside reduces the surface tension of egg mass from 49 to 45 mN/m.

**Conclusion.** Due to this research we can suppose that the combined usage of stevioside and elamin will allow getting a product that is highly competitive to the traditional biscuit and has a preventive effect.

*Keywords:* biscuit, elamin, stevioside, surface tension, quality improvement.

## REFERENCES

1. *Tehnologija* harchovyh produktiv funkcional'nogo pryznachennja : monografija / A. A. Mazaraki, M. I. Peresichnyj, M. F. Kravchenko ta in. ; za red. d-ra tehn. nauk, prof. M. I. Peresichnogo. — 2-ge vyd., pererobl. ta dop. — K. : Kyi'v. nac. torg.-ekon. un-t, 2012. — 1116 s.
2. VOZ vystupila s novymi rekomendacijami po potrebleniju sahara : UNIAN Zdorov'e. — Rezhim dostupa : <http://health.unian.net/country/894011-voz-vyistupila-s-novyimi-rekomendatsiyami-po-potrebleniyu-sahara.html>. (opubl. 09.03.2014).
3. *Stepanova I. V.* Kak sahar vlijaet na organizm? / I. V. Stepanova // Medpravda. — 2012. — 1 ijul.
4. *Nikberg I. I.* Podslastiteli v pitanii cheloveka / I. I. Nikberg // Medychna gazeta "Zdorov'ja Ukrai'ny". — 2007. — trav. — S. 58—59.

5. *Vasiliadi G. K.* Tehnologija vvedennja jodu v kondyters'ki vyroby dlja profilaktyky patologii' shhytovydnoi' zalozy / G. K. Vasiliadi, O. Ju. Voloh // Medycyna, zdorov'ja : Pivnichno-Kavkaz'kyj girnycho-metalurgijnyj in-t, 2003. — S. 52—63.
6. *Nazarov V. P.* Ispol'zovanie koncentrata jelamina iz morskoj vodorosli laminarii dlja minimizacii dejstvija radiacii i jednoj nedostatochnosti / V. P. Nazarov, L. P. Dervjanko. — Mykolai'v : Vyd-vo ChDU im. Petra Mogyly, 2009. — Vyp. 103, T. 116. — S. 57—62. — (Serija "Tehnogenna bezpeka").
7. *Bilec'ka Ja. O.* JaMR-doslidzhennja stanu vody u systemi voda – elamin / [Ja. O. Bilec'ka, G. I. Djukareva, O. G. D'jakov, O. I. Torjanyk] // Progresyvni tehnika ta tehnologii' harchovyh vyrobnyctv restorannogo gospodarstva i torgivli : zb. nauk. pr. — H. : Hark. derzh. un-t harch. ta torg. — 2011. — S. 136—143.
8. *Djukareva G. I.* Vplyv elaminu ta steviozydu na stan vody v zbytij jajechnij masi / G. I. Djukareva, O. G. D'jakov, A. E. Gasanova // Mizhnar. nauk.-prakt. zhurn. "Tovary i rynky". — 2013. — № 1 (15). — S. 117—125.
9. *Zubchenko A. V.* Fiziko-himicheskie osnovy tehnologii konditerskih izdelij : uchebnik / A. V. Zubchenko. — 2-e izd., pererab. i dop. — Voronezh, 2001. — 389 s.
10. *Djukareva G. I.* Vyznachennja mozhlyvosti zastosuvannja elaminu u vyrobnyctvi biskvita jak stabilizatora / G. I. Djukareva, A. E. Gasanova // Progresyvna tehnika ta tehnologii' harchovyh vyrobnyctv restorannogo gospodarstva i torgivli. — 2012. — Vyp. 2 (16). — S. 185—190.
11. *Djukareva G. I.* Perspektyvy vykorystannja steviozydu jak cukrozaminnyka pid chas vyrobnyctva biskvita / G. I. Djukareva, A. E. Gasanova : tezy dop. mizhnar. nauk.-prakt. konf., prysv. 45-richchju HDUHT, (Harkiv, 18 zhovt. 2012 r.). — H. : HDUHT, 2012. — S. 257—258.
12. *Derjagin B. V.* Teorija ustojchivosti kolloidov i tonkih plenok / B. V. Derjagin. — M. : Nauka, 1986. — 206 s.
13. *Issledovanie* penoobrazujushhej sposobnosti novogo flotoreagenta tetragidropiranovogo rjada v sravnenii s tradicionnymi penoobrazovateljami / L. V. Semushkina, N. K. Tupsupbaev, M. R. Shautenov, U. Ja. Culejmenova, R. S. Kalieva, M. I. Onaev // Vestn. KazNTU. Himicheskie nauki. — 2009. — № 1187. — S. 37—41.
14. *Kann K. B.* Kapilljarnaja gidrodinamika pen / K. B. Kann. — Novosibirsk : Nauka, Sib. otd-e, 1989. — 167 s.
15. *Samohvalova O. V.* Vykorystannja mikrobnogo polisaharydu ksampanu v tehnologii' biskvitnyh napivfabrykativ : monografija / O. V. Samohvalova, N. I. Cherevychna. — H. : HDUHT, 2012. — 107 s.
16. *Vyvchennja* poverhnevych vlastyvostej rozchyniv u prysutnosti organichnyh kyslot i glicerynu [O. M. Safonova, T. V. Gavrysh, A. T. Tejmurova, V. S. Kryvyh] // Visn. DonDUET. — 2003. — № 1 (17). — S. 53—57. — (Serija "Tehichni nauky").
17. *Bilec'ka Ja. O.* Formuvannja jakosti zefiru z vykorystannjam elaminu ta jagidnoi' syrovyny : dys. ... kand. tehn. nauk : 05.18.15 : zahyshhena 05.05.2012 : zatv. 05.11.2012 / Bilec'ka Jana Oleksandrivna. — H., 2012. — 190 s.
18. *Pogozhyh M. I.* Vyznachennja koeficijentu poverhneвого natjagu v'jazkyh rozchyniv metodom vidryvu kil'cja / M. I. Pogozhyh, A. O. Pak // Obladnannja ta tehnologii' harchovyh vyrobnyctv : temat. zb. nauk. pr. — Donec'k : DonDUET im. M. Tugan-Baranovs'kogo, 2006. — Vyp. 15. — S. 148—153.
19. *Volkov V. A.* Kolloidnaja himija. Poverhnostnye javlenija i dispersnye sistemy / V. A. Volkov. — M. : MGTU. Mezhdunarodnaja programma obrazovanija, 2001. — 640 s.
20. *Zimon A. D.* Kolloidnaja himija / A. D. Zimon, N. F. Leshhenko. — 2-e izd., dop. i ispravl. — M. : VLADMO, 2003. — 320 s.