

**М.Ю. Махоніна**, асп. (НУХТ, Київ)

**Т.О. Рашевська**, канд. техн. наук (НУХТ, Київ)

## **ВПЛИВ ТРИВАЛОСТІ ПЕРЕМІШУВАННЯ ВОДНОЇ СУСПЕНЗІЇ ПОЛІФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ДОБАВКИ ІЗ НАСІННЯ ЛЬОНУ НА ЇЇ МІКРОСТРУКТУРУ**

*Досліджено мікроструктуру водної суспензії добавки із насіння льону за температури 30°C та швидкості обертання мішалки 200 об/хв. Установлено, що мікроструктура водної суспензії поліфункціональної добавки із насіння льону змінюється залежно від тривалості її термостаткування. У ній формуються такі елементи структури: глобули, агрегати та багатокутні комірки.*

*Исследована мікроструктура водної суспензії добавки із насіння льону при температурі 30°C і швидкості обертання мішалки 200 об/хв. Установлено, що мікроструктура водної суспензії поліфункціональної добавки із насіння льону змінюється в процесі її термостаткування. В ній формуються наступні елементи структури: глобули, агрегати і багатогранні клітини.*

*Microstructure of water suspension of flaxseed addition was studied at  $t$  30 °C and the speed of stirrer's rotation about 200 turns per minute. It was ascertained that microstructure of water suspension of polyfunctional flaxseed additive was changed depend on duration of its stirring. There are globules, aggregates and polygonal cells form in it.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Останнім часом широкого використання у технологіях харчових продуктів оздоровчого і лікувально-профілактичного призначення набули рослинні харчові добавки із поліфункціональними властивостями. Під поліфункціональністю слід розуміти здатність харчових добавок поряд із оздоровчим ефектом проявляти технологічні властивості, а саме: структуроутворювачів, текстураторів, емульгаторів, антиоксидантів, барвників, ароматизаторів та ін. Ураховуючи вищесказане, нами розроблено спосіб виробництва вершкового масла з поліфункціональною добавкою із насіння льону, на який отримано патенти. Попередні дослідження показали [1], що цей вид масла має приємний смак і запах та ніжну, пластичну консистенцію. Нами також розроблено і технологію отримання високодисперсної добавки із насіння льону.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Оздоровчі властивості насіння льону пов'язують із високим вмістом олії, багатой на поліненасичені жирні кислоти сімейства  $\omega$ -3 та  $\omega$ -6. У зв'язку з цим медики

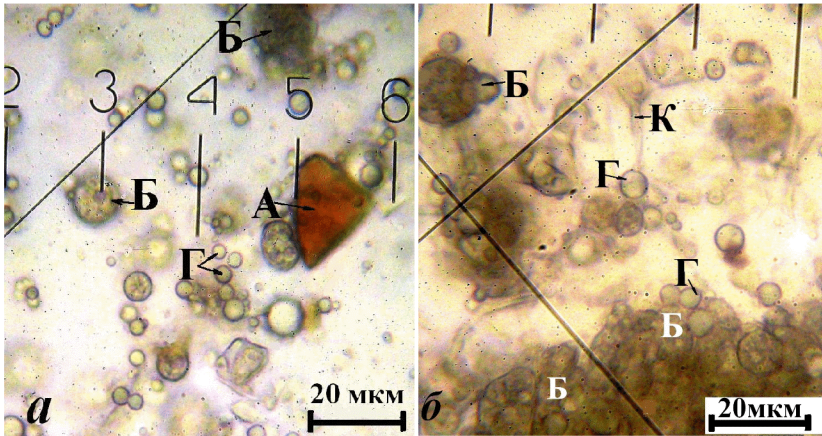
рекомендують споживати її як дієтичний засіб при порушенні обміну речовин, ішемічній хворобі серця, атеросклерозі, цирозі печінки, виразці шлунка, променевій хворобі [2]. Окрім олії, насіння льону містить цілий комплекс інших речовин, а саме: білки, полісахариди, лігнін, фенольні сполуки, мікроелементи та вітаміни [3]. Білок насіння льону має високу біологічну цінність і повний спектр незамінних для організму людини амінокислот. Нерозчинні полісахариди покращують травлення і перистальтику кишечника. Водорозчинні полісахариди насіння льону мають ранозагоювальну дію, зменшують рівень глюкози і холестерину в крові. Науці також відомо про їх застосування як структуроутворювачів, вологоутримуючих агентів та емульгаторів [4; 5]. Літературні дані свідчать про перевагу емульгуючих властивостей полісахаридів насіння льону перед такими емульгаторами, як твін-80 та аравійська камедь [4]. Лігнін в організмі людини проявляє естрогенблокуючу дію і зменшує ризик появи гормонально залежних форм раку. Відомі антиоксидантні, фунгіцидні, антигрибкові властивості цієї сполуки. Фенольні сполуки впливають на ферментативний гідроліз крохмалю і регулюють вміст глюкози в крові. Насіння льону надзвичайно багате калієм і вітаміном Е – природним біоантиоксидантом. Отже, насіння льону є багатокomпонентною поліфункціональною добавкою із визнаними у всьому світі оздоровчими, структуроутворюючими, емульгуючими і антиоксидантними властивостями. Його висока цінність та лікувальні властивості підтверджені низкою клінічних досліджень, проведених у США, Канаді, Німеччині та Росії [2; 3]. В Україні з метою профілактики медици рекомендують вживати до 10...15 г насіння льону на добу [6].

Раніше, за даними досліджень розроблених нами видів вершкового масла з поліфункціональними рослинними харчовими добавками: полісахаридами пектином та інуліном і кріопорошками із буряку червоного столового та бруньок чорної смородини, було встановлено [7; 8], що природа внесених добавок впливає на формування мікро- і наноструктури масла та архітектуру її наноелементів. Тому доцільно дослідити мікроструктуру водної суспензії добавки із насіння льону. Попередні дослідження показали [9], що мікроструктура водної суспензії добавки із насіння льону містить структурні елементи: частинки насіння льону, глобули, агрегати і багатокутні комірочки, які розміщені у безперервній фазі водного розчину високомолекулярних сполук, у тому числі й полісахаридів.

**Мета та завдання статті.** Метою цієї статті є дослідження впливу тривалості перемішування на формування мікроструктури водної суспензії поліфункціональної добавки із насіння льону. Для досягнення поставленої мети були сформульовані такі завдання: дослідити процес

формування мікроструктури водної суспензії добавки із насіння льону, визначити вплив тривалості термостатування на цей процес.

**Вклад основного матеріалу дослідження.** Методом оптичної мікроскопії досліджували мікроструктуру водної суспензії добавки із насіння льону, приготовану за температури 30°C та швидкості обертання мішалки 200 об/хв. Із рис. 1, *a* видно, що мікроструктура суспензії протягом перших 10 хв витримки містить частинки насіння льону А помаранчевого кольору величиною до 20 мкм, глобули Г діаметром 1...12 мкм, розподілені у безперервній фазі водного розчину високомолекулярних сполук насіння льону, у тому числі й полісахаридів.



**Рисунок 1 – Мікроструктура водної суспензії добавки із насіння льону, тривалість перемішування: *a* – 10 хв; *б* – 25 хв; А – частинка добавки із насіння льону; Г – глобули; Б – агрегати; К – комірчаста структура**

Межі поділу частинок добавки із водною фазою мають шорсткі поверхні, які містять шар адсорбційно зв'язаної вологи. Подальше перемішування суспензії протягом 25 хв спричиняє формування із глобул Г агрегатів Б розміром від 10 до 100 мкм (рис.1, *б*). У поверхневому шарі агрегатів спостерігається формування комірчастої структури, яка складається із багатограничних комірок величиною до 30 мкм, на поверхні яких адсорбуються глобули величиною 1...4 мкм, утворюючи глобулярну структуру. Під час подальшого перемішування суспензії добавки із насіння льону протягом 55 хв відбуваються процеси часткового деформування та руйнування агрегатів і одночасне об'єднання їх частин із утворенням великих агрегатів Б, що добре видно на рисунку 2, *a*. Розміри цих агрегатів знаходяться в діапазоні 80...190 мкм. Тобто

перемішування суспензії протягом 55 хв призводить до перебудови структури агрегатів та їх збільшення. На рисунку 2, б, в показано фрагменти мікроструктури водної суспензії добавки із насіння льону, які містять глобулярну (рис. 2, б) та комірчасту (рис. 2, в) структуру.

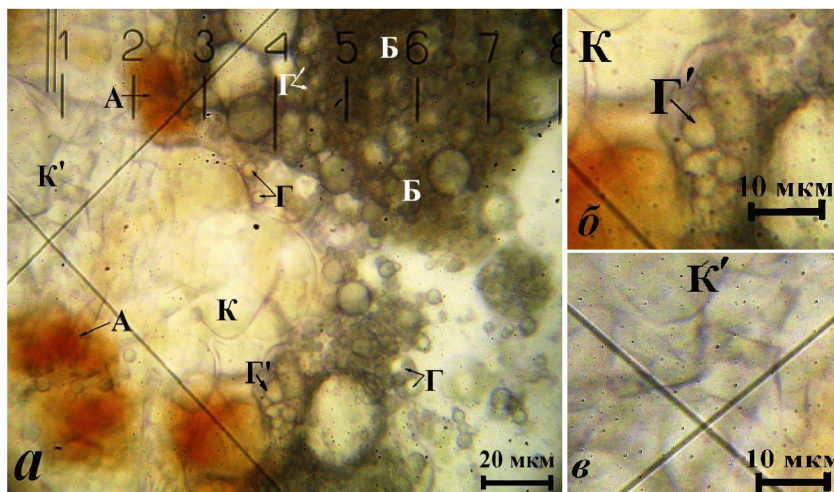


Рисунок 2 – Мікроструктура водної суспензії добавки із насіння льону через 55 хв перемішування (а), фрагменти мікроструктури: б – глобулярна, в – комірчаста структура; А – частинки добавки із насіння льону; Г, Г' – глобули; Б – агрегати; К, К' – комірчаста структура

Формування у суспензії різних елементів структури, на нашу думку, пояснюється гетерогенним складом водорозчинних полісахаридів насіння льону. Згідно з літературними даними [3] вони складаються із двох фракцій, а саме: кислих пектиноподібних речовин і нейтральних арабіноксиланів. Під час перемішування суспензії відбувається набухання частинок добавки із насіння льону, що супроводжується дифузією полярних молекул води всередину частинок, сольватацією (у даному випадку – гідратацією) макромолекул високомолекулярних сполук насіння льону (переважно полісахаридів), руйнуванням слабких міжмолекулярних зв'язків і переходом цих сполук із частинок добавки у зовнішнє водне середовище. При цьому дифузія кислої фракції відбувається швидше, ніж нейтральної, що можна пояснити їх різною молекулярною масою. Сольватні оболонки, утворені навколо гідрофільних карбоксильних груп кислих пектиноподібних речовин екранують окремі ділянки макромолекул і зменшують сили електростатич-

ного відштовхування між ними. Унаслідок цього макромолекули скручуються і утворюються глобулярні структури [10]. Подальша дифузія макромолекул полісахаридів із частинок льону призводить до збільшення у водному середовищі вмісту нейтральних арабіноксиланів високої молекулярної маси, що містять гідрофобні групи  $-CH_2-$ , не здатні формувати гідратні оболонки. Незахищені гідратною оболонкою ділянки макромолекул взаємодіють між собою, утворюючи міжмолекулярні зв'язки (зшивки). Структура, що утворюється при цьому, за Зимом А.Д. [11], має вигляд сітки або комірок. Її формування стабілізується водневими і гідрофобними зв'язками.

Як і більшість дисперсних систем водна суспензія добавки із насіння льону є ліофобною термодинамічно нестійкою системою, що має надлишок поверхневої енергії на межі поділу фаз. Зменшення цієї енергії та перехід системи в енергетично вигідніший стан відбувається внаслідок зближення глобул за рахунок сил міжмолекулярної взаємодії та утворення із них агрегатів. Зниження вільної енергії системи досягається також за рахунок зменшення поверхневого натягу шляхом адсорбції на поверхні дисперсної фази диполів води та сольватованих молекул високомолекулярних сполук насіння льону, які мають поверхнево-активні властивості. Утворені таким чином адсорбційні оболонки елементів структури мають підвищену пружність і міцність, що запобігає коалесценції глобул в агрегатах. Тривале перемішування суспензії призводить до деформування і часткового руйнування агрегатів.

**Висновки.** Установлено, що на формування мікроструктури водної суспензії поліфункціональної добавки із насіння льону та її структурних елементів впливає тривалість її перемішування. За температури перемішування 30°C та швидкості обертання мішалки 200 об/хв формування глобулярних структур відбувається протягом 10 хв. У разі перемішування протягом 25 хв із глобул формуються агрегати, у поверхневому шарі яких спостерігається формування комірчастої структури. Перемішування протягом 55 хв призводить до перебудови структури агрегатів і їх збільшення.

#### *Список літератури*

1. Мікроструктура порошку з насіння льону та її вплив на структуру і консистенцію вершкового масла [Текст] / А. І. Українець [та ін.] // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса, 2008. – Вип. 33, ч.1. – С. 166–172.
2. Технологические и медико-биологические аспекты в использовании льна как комплексного нутрицевтика [Текст] / В. Ф. Виноградов [и др.] // Льняной комплекс России. Проблемы и перспективы : междунар. науч.-практ. конф, 2 марта 2001 г. – Вологда, 2001. – С. 97.

3. Капрельянц, Л. В. Функціональні продукти [Текст] / Л. В. Капрельянц, К. Г. Іоргачова. – Одеса : Друк, 2003. – 312 с.
4. Минков, Э. Слизь вот леноно семе като емульгатор вот типа м/в [Текст] / Э. Минков, С. Богданова, Т. Пенювская // Фармація (Болг.). – 1973. – Т. 23, № 1. – С. 15–19.
5. Chen, H.-H. Gelation properties of flaxseed gum [Text] / H.-H. Chen, S.-Y. Xu, Z. Wang // Journal of Food Engineering. – 2006. – № 77. – P. 295–303.
6. Формазюк, В. І. Енциклопедія пицевих лікарствених раетений: Культурные и дикорастущие растения в практической медицине [Текст] / В. І. Формазюк. – К. : А.С.К., 2003. – 792 с.
7. Rashevskaya, T. A. Nanostructure of Butter with Biopolymer Pectin Additive [Text] / T. A. Rashevskaya, A. I. Ukrainets // Book of Abstract the European MRS Spring Meeting 2005, Symposium A “Current Trends in Nanoscience – from Materials to Applications”, 31 May – 3 June 2005. – Strasbourg (France), 2005. – P. 56.
8. Identification of Moisture Nanoparticles in the Butter Sub-microstructure [Text] / T. A. Rashevskaya [et al.] // Materials Science and Engineering C. (Elsevier). – 2002. – Vol. 19. – P. 33–35.
9. Українець, А. І. Механізм формування мікроструктури водної суспензії добавки із насіння льону [Текст] / А. І. Українець, Т. О. Рапешьська, М. Ю. Махоніна // Фізико-хімічні основи формування і модифікації мікро- і наноструктур : зб. наук. праць. – Х. : НФТЦ МОН та НАН України, 2009. – Т. 1 – С. 415–420.
10. Ильина, И. А. Исследование изменений физико-химических показателей пектина [Текст] / И. А. Ильина, З. Г. Земскова, Т. В. Уврачева // Вестник РАСХН. – 2003. – № 3. – С. 81–82.
11. Зимон, А. Д. Коллоидная химия [Текст] / А. Д. Зимон, Н. Ф. Лещенко. – 3-е изд., доп. – М. : АГАР, 2001. – 320 с.

Отримано 30.09.2009. ХДУХТ, Харків.  
© М.Ю. Махоніна, Т.О. Рапешьська, 2009.