

МАХОНІНА М.Ю., аспірант, РАШЕВСЬКА Т.О., д-р. техн. наук, професор
 Національний університет харчових технологій, м. Київ
ИРОВА ФАЗА МІКРОСТРУКТУРИ СУСПЕНЗІЇ ДОБАВКИ
ІЗ НАСІННЯ ЛЬОНУ

Розроблено новий вид вершкового масла з добавкою із насіння льону та технологію отримання високодисперсної добавки, яка вноситься у масло у вигляді суспензії в масляниці. Суспензію добавки із насіння льону вивчали у звичайному світлі «на проходження» та у поляризованому. Встановлено, що льняна олія суттєво впливає на мікроструктуру суспензії добавки із насіння льону. При формуванні структурних елементів проходить диференціація гліцеридів за їх хімічним складом. Дискретні групи гліцеридів утворюють емульсію жир/водна фаза, а також плівку на поверхні структурних елементів, найбільш високоплавка група кристалізується на межі поділу фаз.

Ключові слова: добавка із насіння льону, суспензія, кристалічна фаза, агрегат, глобула.

It was proven, that flaxseed oil has a significant influence on microstructure of flaxseed suspension. During the formation of structural elements of suspension there is a differentiation of glycerides due to their chemical and physical properties. Some groups of glycerides take part in emulsion formation; others form a thin layer on structural elements and the highest melted glycerides are crystallized on the boundary surfaces.

Keywords: a significant influence, suspension, crystallized, boundary surfaces.

Останнім часом світова медицина особливу увагу звертає на надзвичайну користь для здоров'я людини насін-

ня льону. Це зумовлено високим вмістом у ньому речовин, що допомагають при лікуванні серцево-судинних, шлунково-кишкових, онкологічних та інших захворювань. Склад і вплив насіння льону на організм людини вивчаються вченими багатьох країн світу. Результатом цього стали рекомендації на рівні міністерств охорони здоров'я Канади, США, Німеччини, Росії щодо обов'язкового щоденного споживання насіння льону [1].

Основними складовими насіння льону, що забезпечують його високу ефективність у лікуванні великої кількості хвороб, є поліненасичені жирні кислоти (ПНЖК) сімейства ω -3 та ω -6. ПНЖК ω -3 і ω -6 уже давно привертають увагу медиків та дієтологів завдяки здатності брати участь у структурно-функціональній організації клітинних мембран, забезпечувати баланс їх міцності і пластичності, регулювати жировий обмін, зменшувати рівень холестерину в крові, запобігати розвитку злоякісних пухлин, атеросклерозу, ішемічної хвороби серця [2]. Окрім жиру (42 – 46 %) насіння

льону містить протеїн (22 – 25 %), вуглеводи (24 – 28 %), у тому числі клітковину, до складу якої входять полісахариди і лігнін, а також вітаміни А, С, Е, мікроелементи [3]. Жир насіння льону в основному представлений ліноленою (21 – 70 %), лінолевою (29 – 59 %) та олеїною (5 – 20 %) кислотами [1]. Основу насичених жирних кислот складає пальмітинова (до 16 %). Основними тканинами, в яких запасуються ліпіди і протеїни у фізіологічно стиглому насінні, є паренхіма сім'ядоль та ендосперм, їх вміст у оболонці відносно невеликий [4]. За даними електронноскануючої мікроскопії авторами [5] було зроблено висновок про локалізацію жирів у клітинах у вигляді ліпідних гранул-сферосом (ліпідних глобул), які щільно заповнюють увесь вільний об'єм клітини між її органоїдами. Не зважаючи на щільне упакування, ліпідні глобули не зливаються, між ними завжди видно тонку межу. Місцем локалізації запасних білків є внутрішнь-оклітинні утворення – алейронові зерна (так звані білкові глобули).

Ліпідні сферосоми і білкові глобули містяться в цитоплазменній матриці клітини, яка складається із проміжного білку і має комірчасту структуру [6]. Ліпідні глобули значно дрібніші за білкові, різні за розміром і оточені ліпопротеїновими мембранами – оболонками, які ізолюють їх одна від одної.

Вуглеводи беруть участь у формуванні морфологічних структур клітин, входять до їх складу у вигляді сполук з ліпідами і білками або у вільному стані. Значна частина вуглеводів насіння льону локалізована в клітинних стінках, особливо в клітинах покривних тканин – оболонці. У структурах клітинних стінок відкладаються високополімерні вуглеводи – целюлоза, геміцелюлоза, слизи, лігнін. Похідні вуглеводів: глікозиди, дубильні речовини, органічні кислоти та їх солі – локалізуються у вакуолях клітин.

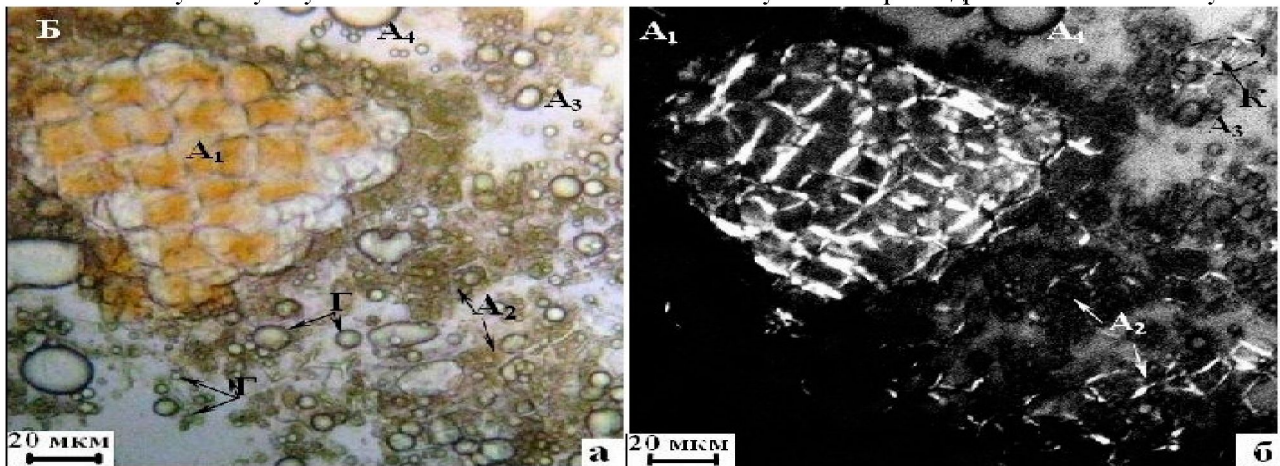


Рис. 1. Мікроструктура суспензії добавки із насіння льону у звичайному світлі «на проходження» (а) і поляризованому світлі при перехресних поляризаторах (б): А₁, А₂, А₃, А₄ – агрегати, Б – частинка льону, Г – глобули, К – стінки капілярів частинки оболонки насіння льону

Враховуючи оздоровчі властивості насіння льону, нами розроблено новий вид вершкового масла з добавкою із насіння льону та технологію отримання високодисперсної добавки, яка вноситься в масло у вигляді суспензії в масляниці. Раніше проведені дослідження показали, що на мікро- і наноструктуру вершкового масла суттєво впливає мікроструктура внесеної в нього рослинної добавки [7]. Нами було досліджено мікроструктуру суспензії добавки із насіння льону і запропоновано механізм її формування, який включає декілька етапів: утворення дисперсії глобул, об'єднання глобул у агрегати, формування комірчастої

структури [8]. Враховуючи, що однією із основних складових насіння льону, здатних кристалізуватися при зміні температур, є жир, доцільно дослідити його участь у формуванні мікроструктури суспензії добавки із насіння льону.

Метою даної роботи є вивчення участі кристалічної жирової фази при формуванні мікроструктури водної суспензії добавки із насіння льону.

Мікроструктуру зразків водної суспензії добавки із насіння льону вивчали методом оптичної мікроскопії у звичайному та поляризованому світлі. Приготовлені препарати нагрівали до 60°C із наступним повільним охолодженням і термостагуванням протягом 9 годин при -3°C. Характерні поля зору фотографували при температурі -3 °С.

Мікроструктура водної суспензії добавки із насіння льону (рис. 1) містить глобули сферичної та еліпсоїдної форми Г діаметром 5-15 мкм, утворені із глобул агрегати А величиною 40-100 мкм та частинки насіння льону Б, розміщені у безперервній фазі водного розчину полісахаридів. У поверхневому шарі агрегатів видно ділянки із комірчастою структурою. Вона представлена багатокутними комірками, які включають глобули Г. На периферійній частині агрегатів розміщені глобули різної величини 1-8 мкм та невеликі агрегати 7-20 мкм, утворюючи шар шириною від 4 до 40 мкм.

Формування в суспензії добавки із насіння льону структурних елементів, різних за величиною, формою і архітектурою, пов'язано із багатокомпонентним складом насіння льону, а також гетерогенністю водорозчинних полісахаридів. У формуванні глобул, певно, беруть участь кислі пектино-подібні полісахаридів, а в утворенні комірчастої структури – нейтральні арабіноксилани.

Жир із насіння льону виділяється як у процесі їх подрібнення при приготуванні добавки, так і під час підготовки суспензії. При подрібненні насіння льону стінки

клітин руйнуються, оголюються білкові та ліпідні глобули, що супроводжується руйнуванням частини цитоплазменної матриці і вивільненням ліпідних глобул. В процесі підготовки суспензії під дією вологи та температури у відкритих клітинах насіння льону проходить набування білкових глобул. Це сприяє подальшому фізичному зміщенню і виділенню ліпідних сферосом із частково зруйнованої при подрібненні цитоплазменної матриці і розриву ліпопротеїнових оболонок глобул. Виділення жиру із частинок насіння льону проходить послідовно і дискретно в залежності від хімічного складу гліцеридів жиру. Спочатку виділяються найбільш

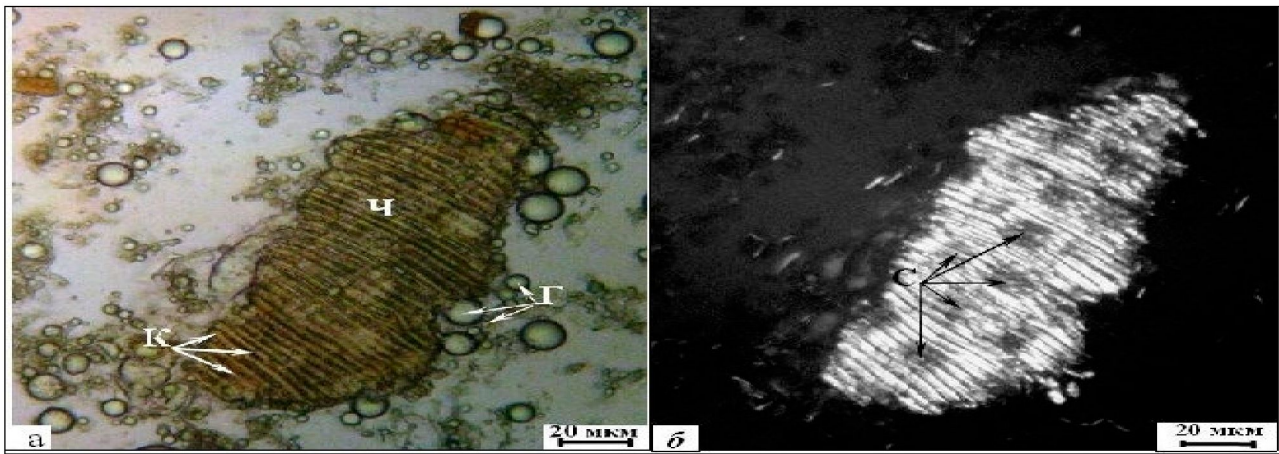


Рис. 2. Мікроструктура частинки оболонки насіння льону у суспензії добавки із насіння льону у звичайному світлі «на проходженні» (а) і поляризованому світлі при перехресних поляризаторах (б):

Ч – частинка оболонки насіння льону, К – стінки капілярів, С – відбитки ліпідних глобул, Г – глобули

легкоплавкі гліцериди. Вони утворюють з водною фазою суспензії емульсію типу жир/вода, у якій розподілені утворені агрегати, глобули та частинки насіння льону.

На знімку мікроструктури суспензії (рис. 1, а) видно великі агрегати A_1 , A_2 , A_3 і A_4 . Серцевина трьохгранного агрегату A_1 має комірчасту структуру і складається з білкових глобул частково деформованої сферичної форми. Поверхня окремих глобул світло-жовта або жовтогаряча. Світло-жовтий колір свідчить, що на поверхні полісахаридних глобул утворилася плівка жиру, який виділюється із ліпідних глобул, а жовтогарячий колір має плівка ліпідів із розчиненням в ній каротином. Утворені плівки при $t = 18-20\text{ }^\circ\text{C}$ знаходяться у рідкому стані, при зниженні температури нижче $-1\text{ }^\circ\text{C}$ – у кристалічному. Про це свідчить наявність найдрібніших кристалів на поверхні комірок агрегатів у поляризованому світлі. Межа поділу комірок містить закристалізовані високоплавкі гліцериди, на що вказує знімок цього поля зору, зроблений у поляризованому світлі (рис. 1, б). На межі поділу комірок видно світлі лінійні структури. Анізотропія властивостей дозволяє віднести їх до кристалічних речовин. Складаються вони із високоплавких гліцеридів, про що свідчить наявність цих структур при нагріванні препарату до $35-40\text{ }^\circ\text{C}$. Із знімку мікроструктури у поляризованому світлі (рис. 1, б) видно, що лінійні структури утворені дрібними кристалічними зернами. По периметру серцевини агрегату A_1 знаходиться шар полісахаридних глобул, а також дрібних ліпідних і білкових глобул, які виділилися із зруйнованої цитоплазматичної матриці насіння льону в процесі підготовки суспензії. Мікроструктура агрегату A_2 також має комірчасту структуру із плоских багатограних комірок, межі поділу яких містять світлі кристали із високоплавких гліцеридів, що підтверджує знімок даного агрегату у поляризованому світлі (рис. 1, б). У комірках агрегату A_2 розміщені незруйновані ліпідні і білкові глобули. Агрегати A_3 і A_4 відрізняються від агрегатів A_1 і A_2 меншим розміром, формою і структурою. У центрі агрегатів A_3 і A_4 знаходиться ділянка комірчастої структури, оточеної ліпідними глобулами сферичної форми $d \sim 2-14\text{ }\mu\text{m}$. На поверхні цієї матриці сформувався тонкий кристалічний шар із найдрібніших кристалів, утворених менш високоплавкими гліцеридами, ніж на межах поділу комірок. На поверхні матриці агрегатів A_3 і A_4 проглядають концентричні кільця із сферичних ліпідних глобул. У межах агрегату A_3 у поляризованому світлі видно по чергові темні і світлі полоси. Для кращого розуміння їх походження нами спеціально було досліджено добавку грубого

помолу. На рис. 2 представлена частинка добавки із насіння льону грубого помолу, аналогічна за будовою до структури агрегату A_3 , але більшого розміру.

На знімку мікроструктури суспензії добавки із насіння льону (рис. 2) видно частинку оболонки насіння, по периметру якої розміщені полісахаридні, білкові та дрібні ліпідні глобули. Поверхня частинки складається із по чергових світлих і темних полос шириною $2...4\text{ }\mu\text{m}$ (рис. 2, а). Очевидно, це капіляри у структурі насіння льону, що узгоджується із думкою вчених [9] про капілярно-пористу природу тканин насіння олійних культур. Перегляд даного поля зору у поляризованому світлі показав, що лінійні смуги складаються із найдрібніших світлих точкових кристалів, які утворюють лінійні структури жиру, розміщені на поверхні розлому стінок капілярів. Світіння вказує на те, що жир знаходиться в кристалічному стані, а наявність світіння навіть при $t = 40\text{ }^\circ\text{C}$ – що він складається із високоплавких гліцеридів. На поверхні частинки оболонки насіння видно відбитки ліпідних глобул С, які випали при приготуванні суспензії, що свідчить про слабкий зв'язок ліпідних глобул з цитоплазматичною матрицею.

Результати досліджень показали, що на формування мікроструктури суспензії добавки із насіння льону суттєво впливає його жир. В процесі формування структурних елементів суспензії відбувається диференціація гліцеридів за їх хімічним складом. Дискретні групи гліцеридів утворюють емульсію жир/водна фаза, а також плівку на поверхні структурних елементів, більш високоплавка група кристалізується на межі поділу фаз. Найбільш високоплавкі гліцериди, до складу яких входять насичені жирні кислоти пальмітинова, міристинова, стеаринова та ін. (загальна їх кількість в льняній олії за різними даними [5, 10] сягає $12,1-17,1\%$), міцно зв'язані зі структурою агрегатів. Про це свідчить наявність лінійних структур у поляризованому світлі, що сформувалися на межі поділу багатограних комірок (рис. 1, б).

Висновки:

1. Встановлено, що на формування мікроструктури водної суспензії добавки із насіння льону суттєво впливає жир насіння льону.

2. Виявлено диференціацію гліцеридів жиру насіння льону при формуванні мікроструктури суспензії. Дискретні групи гліцеридів утворюють різновиди структур: емульсію жир/водна фаза і плівки на поверхні структурних елементів суспензії, які кристалізуються за низьких температур; а

найбільш високоплавкі гліцериди – кристалічні структури знаходяться у різному фізичному стані: аморфному рідко- на межах поділу багатокутників комірчастої структури. му, кристалічному та емульгованому.

3. Встановлено, що в структурі суспензії жир насіння

Поступила 05.2011

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1.Щукин, С.А. Льняное масло – природный эликсир здоровья [Текст] / С.А. Щукин // Масла и жиры. – 2003. – 10 (32). – С. 6–7.
- 2.Яременко, О.Б. Омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты в ревматологии: I. Теоретические основы [Текст] // Український ревматологічний журнал. – 2001. – 2 (4). – С.23-30.
- 3.Bhatty, R.S. Flaxseed in Human Nutrition [Tekst] / R.S. Bhatty, S.C. Cunnane, L.U. Thompson. – AOCS Press, 1995. – 304 p.
- 4.Пищевая химия / А.П. Нечаев, С.Е. Траубенберг, А.А. Кочеткова [и др.] [Текст] / Под ред. А.П. Нечаева. – СПб: ГИОРД, 2001. – 592 с.
- 5.www.comodity.ru
- 6.Клочкин, В.В. Микроструктура масличных семян [Текст] / В.В. Клочкин, С.Ф. Быкова, С.И. Майрамян и др. // Масложировая промышленность. – 1987. – 1. – С. 12–14.
7. Ращевська, Т.О. Наукові основи технології і формування наноструктури вершкового масла з рослинними харчовими добавками: дис...доктора. техн. наук спец. 05.18.16 – технологія продуктів харчування [Текст] / Т.О. Ращевська – К., 2010. – 499 с.
- 8.Українець, А.І. Механізм формування мікроструктури водної суспензії добавки із насіння льону [Текст] / А.І. Українець, Т.О. Ращевська, М.Ю. Махоніна // Фізико-хімічні основи формування і модифікації мікро- і наноструктур. Збірник наукових праць. – Харків: НФЦ МОН та НАН України, 2009 – т. 1 – С. 415 – 420.
- 9.Клочкин, В.В. Новые представления о неоднородности структуры масличных семян и ее влиянии на технологические свойства / В.В. Клочкин, С.Ф. Быкова [Текст] // Известия вузов. Пищевая технология. – 2008. – 2–3. – С. 8–12.
- 10.Капрельянци, Л.В. Функціональні продукти [Текст] / Л.В. Капрельянци, К.Г. Юргачова. – Одеса: Друк, 2003. – 312 с.