



# ВИСОКОДИСПЕРСНІ ЕМУЛЬСІЙНО-СУСПЕНЗІЙНІ ПРОДУКТИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Т.М. Бурушкіна, кандидат хім. наук, В.В. Ратушняк, В.І. Количев, В.М. Преподобний  
Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України, м. Київ

**Резюме.** У роботі досліджено умови отримання харчових продуктів із цілісного насіння культур з різним вмістом білків, жирів, вуглеводів — сої, люпину, амаранту, гречки та інулінвмісного коренеплоду топінамбура — у вигляді агрегативно сталих водних високодисперсних концентрованих емульсійно-суспензійних утворень з усім набором поживних і біологічно активних складових рослин, із задовільними органолептичними якостями і продуктів з пробіотичними властивостями без використання стабілізаторів, емульгаторів, барвників, одорантів тощо, а лише за рахунок складу сировини й умов її обробки.  
**Ключові слова:** цілісне насіння, високодисперсні суспензії, агрегативна сталість, отримання, властивості

Аналіз світового виробництва харчових продуктів з використанням рослинних білків свідчить про те, що найважливішим резервом харчового білка є соєвий білок. Західні технології переробки насіння сої на харчові та кормові продукти розвиваються по 4-х основних напрямках: 1) дезінтеграція на складові для отримання олії, макухи, шроту, “соєвого молока” і продуктів його переробки, 2) виготовлення ферментованої продукції зі знежиреного насіння, 3) виробництво повножирного і напівжирного борошна та його модифікацій, 4) отримання з цілісного насіння проростків, соєвого соусу, замінювачів горіхів тощо. Виготовлення продуктів з сої, люпину, амаранту включає волого-теплову обробку, плющення, екстракційну обробку органічними розчинниками, отримання концентратів білків з шроту, перевисадження білків. Це супроводжується втратою багатьох цінних речовин сировини — небілкових компонентів, клітковини, вітамінів, ізофлавонів та ін., а також зниженням біологічної цінності продукту, що формально компенсується додаванням вітамінів, мікроелементів, цукрів, жирів при виробництві харчових продуктів. Пряма переробка соєвих бобів у продукти харчування — варіанти південно-східних технологій. Сьогодні такі виробництва є не тільки в орієнтал-країнах, вони існують у Франції, Бельгії, Великій Британії, США, Німеччині, Італії, Іспанії, Швеції, Канаді, Австралії, Аргентині та багатьох інших країнах [1-6]. В Україні з часів поширення культивування сої (понад 200 років тому) харчові продукти вироблялися безпосередньо з повножирного насіння [7, 8], тенденція в цілому не змінилася до сьогодні.

Виконані нами раніше дослідження з отримання молоко-, сир- і пастоподібних продуктів з насіння повножирної сої, а також ферментованих композицій із “соєвого” і коров’ячого молока, висока якість продуктів та відмінні результати їх застосування при лікуванні дітей і дорослих, безперечно, пози-

тивний здобуток [9, 10]. У подальшому це стало стимулом щодо вивчення можливості одержання із цілісного насіння сої харчових продуктів (в тому числі і з пробіотичними властивостями), що включають весь набір компонентів рослини, у формі агрегативно стійких емульсійно-суспензійних утворень. Така форма продукту приваблює простотою використання (через соску, шприц, зонд) для малюків і при тяжких станах дорослих. У доступній літературі приклади подібних рослинних харчових продуктів не виявили [3-6].

**Мета роботи.** Отримання стійких до розшарування протягом певного часу високодисперсних водних емульсійно-суспензійних систем з насіння бобових (соє, люпин), зернових (овес, амарант, гречка) рослин та інулінвмісного коренеплоду (топінамбура), що включають молекули, іони, молекулярні агрегати (міцели) і, вірогідно, клітини, а також суспензовані нерозчинні часточки, таких систем, яким одночасно притаманні властивості справжнього розчину, колоїдного розчину, тонкої та грубої дисперсії. Головне при цьому — забезпечити повноцінність харчового продукту і агрегативну стійкість систем лише за рахунок складу сировини і умов обробки без використання стабілізаторів та емульгаторів за можливості фортифікації біохімічного складу за певними компонентами у продуктах спеціального призначення.

Вимоги до умов, за яких можливе існування агрегативно стійких суспензій на основі деяких речовин, теоретично сформульовані. Однак для кожного класу речовин, в тому числі й рослинної сировини, постає необхідність визначення способів, що здатні привести до відповідності цим вимогам. Суспензії — дисперсні системи, в яких дисперсна фаза — частки речовини розміром більше  $10^{-5}$  см, а дисперсне середовище — рідина. Суспензії класифікують: за природою дисперсійного середовища — органосуспензії та водні сус-

пензії, за розмірами часток дисперсійної фази — грубі суспензії ( $d > 10^{-2}$  см), тонкі суспензії ( $5 \cdot 10^{-5} < d < 10^{-2}$  см), муті ( $1 \cdot 10^{-5} < d < 5 \cdot 10^{-5}$  см), за концентрацією часток дисперсійної фази — розбавлені суспензії (зависі) і концентровані суспензії [11]. Згідно з класифікацією мета нашої роботи — отримання тонких водних концентрованих суспензій з рослинної сировини, а також можливість впливу не тільки на фізичний стан вихідної сировини, а й надання готовій композиції певних поживних і органолептичних властивостей. Для цього необхідні пристрої, здатні забезпечити процеси подрібнення (диспергування) до заданих розмірів і гомогенізацію дисперсної фази у дисперсійному середовищі.

Вирішення поставленого завдання вимагало знання наслідків термічної обробки сировини, процесів адсорбції і абсорбції води вихідним і термообробленим насінням при контакт з водними середовищами, що здатні впливати на рН, іонну силу середовища, осмотичний тиск в мембранно відокремлених рослинних утвореннях. Хімічний склад, макро- і мікроструктура сировини, умови попередньої обробки різною мірою впливають на зменшення стійкості до механічної дії на оброблювану сировину через взаємодію між рідиною з великою

діелектричною постійною і складовими сировини з більш чи менш гідрофільними фрагментами у всій масі, що у свою чергу зумовлює ступінь диспергування цілісної рослинної сировини, яка складається з різної кількості гідрофільних (білків і вуглеводів) та гідрофобних (жирів) компонентів. Одержання високодисперсних гетерогенних композицій передбачало використання відомих або розробку нових подрібнювачів з прийнятними габаритами і енергетичними витратами, здатних виконати основне завдання — диспергування сировини до певного ступеня та інтенсивне перемішування для утворення тонкої дисперсії з розміром нерозчинних часточок не більше 1000 мкм у діаметрі.

**Об'єкти дослідження** вибрано з урахуванням вмісту білків, жирів та вуглеводів, аналітичні дані складу наведені в табл. 1.

Отже, характеристики вибраних зразків сировини не виходять за межі літературних відомостей, що дає підставу оперувати загальновідомими закономірностями і властивостями, притаманними цим видам рослин. Превалюючий вміст фракції альбумінів і глобулінів у складі білків насіння бобових і амаранту — підстава для прояву стабілізуючих властивостей у високодисперсних суспензійно-емульсійних утвореннях із вибраних культур.

Таблиця 1

**Хімічний склад зразків у % по відношенню до сухої речовини (СР) рослинної сировини**

Зразок, стан	Складові*				
	Білок	Жир	Вуглеводи**	БЕР***	Зола
Насіння сої цілісне	<b>39,6±0,5</b>	<b>19,6±0,3</b>	<b>15,3±0,5</b>	<b>20,1±0,6</b>	<b>5,1±0,1</b>
	40,0-42,7	20,0	35,0-23,6		4,9-5,2
Насіння сої лущене	<b>41,9±0,3</b>	<b>20,9±0,3</b>	<b>17,7±0,4</b>	<b>15,9±0,2</b>	<b>4,3±0,1</b>
	43,0	23,0	30,0	—	5,2
Насіння сої мікронізоване	<b>43,5±0,6</b>	<b>20,9±0,2</b>	<b>16,4±0,7</b>	—	<b>6,6±0,1</b>
	—	—	—	—	—
Насіння люпину цілісне	<b>38,3±0,7</b>	<b>5,6±0,1</b>	<b>24,1±0,5</b>	<b>28,2±0,3</b>	<b>3,8±0,1</b>
	42,9	6,3	26,5	26,4	3,9
Насіння сочевиці цілісне	<b>24,9±0,5</b>	<b>1,5±0,3</b>	<b>46,4±0,8</b>	—	<b>2,9±0,2</b>
	—	—	—	—	—
Насіння амаранту цілісне	<b>14,4±0,2</b>	<b>6,4±0,3</b>	<b>60,2±0,7</b>	—	<b>3,8±0,1</b>
	13,2-17,6	6,3-8,1	56,1-61,5	—	2,8-4,2
Насіння пшениці	<b>14,4±0,5</b>	<b>2,3±0,4</b>	<b>66,1±1,1</b>	—	<b>1,9±0,1</b>
	13,2-15,1	2,4-2,9	65,6-67,0	—	1,9-2,0
Насіння вівса	<b>11,5±0,5</b>	<b>7,1±0,4</b>	<b>67,4±0,9</b>	—	<b>3,2±0,1</b>
	10,5-12,1	5,4-7,3	65,5-68,0	—	2,7-3,4
Стебла сорго цукристого	<b>6,8±0,5</b>	<b>0,05±0,02</b>	<b>76,4±0,8</b>	—	<b>5,2±0,3</b>
Бульби топінамбура	<b>11,3±0,2</b>	<b>1,0±0,3</b>	<b>78,7±0,4</b>	<b>4,2±0,2</b>	<b>5,1±0,2</b>
	11,0-11,7	0,8-1,3	75,1-79,8	3,9-5,4	3,7-5,8

\* Верхні значення — наші дані, нижні — літературні.

\*\* Приведена сумарна кількість вуглеводів: низькомолекулярних сахаридів, крохмалю і клітковини.

\*\*\* БЕР — безазотисті екстрактивні речовини.

**Методи дослідження.** Ваговий і об'ємний методи визначення вологопоглинання, методи виміру вмісту білків, жирів, вуглеводів, неорганічних складових у сировині та оброблених зразках, методи виміру рН, рентгено-флуоресцентний метод ідентифікації та визначення елементного складу, мікроскопічний метод з використанням мікроскопа БІО-ЛАМ-70, мікробіологічні методи обробки насінневих емульсій та суспензій, мікробіологічні методи оцінки бактеріологічного забруднення, мокрий метод ситового аналізу розміру часток суспензії, метод малокутового розсіювання рентгенівського випромінювання, метод диференційно-термічного і термогравіметричного аналізу, рефрактометричний метод, метод аналізу наноматеріалів та характеристикації дисперсних систем (Zetasizer-R Nano S, Mauvern Ltd., Mauvern — Великобританія).

**Результати.** Один з етапів попередньої обробки насіння — замочування у водному середовищі. Мета замочування — разрив або ослаблення зв'язків між оболонками, зародком і ендоспермом, руйнування білкового цементуючого прошарку, що обумовлює утримання крохмальних зерен у клітинах ендосперми. Це — один з простих засобів розм'якшення зерна. Складові зерна по-різному взаємодіють з водою залежно від умов замочування — температури, присутності хімічних реагентів. За Т не вище 50° С зерна крохмалю оборотно поглинають воду, змінюючи об'єм, так само реагують білкові речовини, за Т вище 50° С

можливе порушення структури зерен крохмалю. Під набряком розуміється здатність твердих тіл поглинати вологу, збільшуючись в об'ємі без втрати однорідності. У представленій роботі умови набрякання такі: водне середовище з різним рН (у межах від 1 до 11), сік топінамбура, температура у межах від 6 до 70°С. Оскільки при набряканні за рахунок переходу у рідку фазу білків, вільних амінокислот, сахаридів, мінеральних компонентів певною мірою змінюється вміст складових у насінні, в роботі визначені рівні змін завдяки порівнянню складу вихідних і набряклих зразків рослин. Дані щодо мінерального складу і його зміни мають самостійний інтерес, адже в доступних літературних джерелах спостерігається значна розбіжність за вмістом одних і тих же елементів. Тому вважали за необхідне дослідити вміст неорганічних сполук до і після набрякання насіння вибраних вітчизняних культур. Склад золи зразків визначено з використанням рентгено-флуоресцентного методу на обладнанні та за сприяння Науково-технічного центру "Вірія Лтд", Київ. Умови підготовки зразків до аналізу: наважки зразків сировини до і після контакту з водним середовищем нагрівалися при  $(110 \pm 5)^\circ \text{C}$  до постійної ваги, визначалася кількість сухої речовини (СР, г/100 г насіння) у зразку, а потім суха речовина прожарювалася у муфельній печі при  $(800 \pm 10)^\circ \text{C}$  протягом 0,5 години. Результати аналізу золи наведені в табл. 2. Очевидно, що набрякання супроводжується помітним зменшенням концентрації тих елементів, вміст

Таблиця 2

**Склад зольних залишків насіння сої, люпину і амаранту (мкг/г СР) до і після контакту з дистильованою водою за Т (18÷24)° С протягом (22÷24) годин**

Елемент	Зразок*							
	СЦ	СЦН	СЛ	СЛН	ЛЦ	ЛЦН	А	АН
	Концентрація елементу в зразку, мкг/г СР							
S	364,41	90,02	252,45	169,56	460,42	131,17	228,54	88,41
Cl	10,47	3,44	7,33	4,30	12,87	9,52	5,98	2,13
K	4636,77	3123,22	3716,62	2091,69	1244,41	554,75	1405,14	512,21
Ca	124,58	108,38	113,41	98,76	443,46	175,31	135,80	127,82
Mn	1,34	1,33	1,27	1,14	0,06	6,49	3,04	2,33
Fe	4,76	3,73	2,44	3,42	4,13	0,31	6,11	5,66
Ni	0,81	0,73	0,55	0,36	0,87	0,08	0,08	0,01
Cu	1,48	1,67	0,94	1,38	2,20	1,16	1,34	1,03
Se	0,05	0,02	0,02	0,01	—	0,01	0,03	—
Zn	9,20	7,02	6,41	5,28	27,20	7,59	7,03	10,02
Br	1,45	0,60	0,91	0,38	0,35	0,06	0,09	0,04
Rb	6,74	4,18	3,29	1,63	0,06	6,92	4,32	1,76
Sr	1,76	1,31	0,88	1,42	2,09	5,03	3,53	3,40
Zr	—	0,03	0,02	—	0,12	—	0,05	—
Cd	0,06	—	0,06	0,03	—	—	—	—
Sn	0,55	0,21	0,34	0,05	0,09	0,17	0,36	0,12
Cr	—	—	—	—	0,41	0,165	—	0,06
Pb	—	—	—	—	0,25	0,08	0,05	0,04

\* Насіння сої вихідне цілісне (СЦ), лущене (СЛ) і набрякле (СЦН, СЛН); насіння люпину вихідне(ЛЦ) і набрякле (ЛЦН); насіння амаранту вихідне (А) і набрякле (АН).

яких великий у вихідній субстанції. Відрадно, що концентрація жодного з важких металів у зразках не перевищувала ГДК. Втрати поживних складових навіть при тривалому замочуванні становили: білки — слідові кількості, амінокислоти — менше 0,2 %, цукри — 1,0-1,4 %.

Для інтенсифікації технологічних процесів все ширше використовуються термообробки: при виготовленні Т-молока, екструзії, мікронізації, мікрохвильовій обробці сировини і напівпродуктів. Використання таких прийомів обробки харчової сировини потребує обізнаності щодо термічної стійкості хоча б деяких видів сировини, що і виконано в роботі. Термографічна оцінка процесів неізотермічного нагрівання зразків рослинної сировини різного складу (табл. 3) виконана на дериватографі "Паулік-Паулік-Ердей". Результати вказують на те, що:

1) втрата маси сировини при видаленні неструктурної води становить 8-15 % і відбувається за температури в межах від 60° до 100° С, інтенсивність видалення води залежить головним чином від вмісту білків у рослині — чим білка більше, тим повільніше і тим за вищої температури зневоднюється рослинний матеріал;

2) подальше зменшення маси сировини ще на 5-10 % за температури, яка перевищує (200-250)° С, теж обумовлене втратою води, але це вже наслідок реакції конденсації в молекулах вуглеводів, причому помітної зміни втрати маси через руйнування білків чи жирів не спостерігається;

3) короткочасне оброблення рослинної сировини за температури, що не перевищує 250° С, можна вважати припустимим в технології обробки рослинного матеріалу.

З урахуванням відомостей про негативні зміни в складі та стані рослинної сировини при автоклавованні, інфрачервоному опромінюванні та при обробці в електромагнітному полі надвисокої частоти в умовах, коли не виключено вплив кисню повітря [12, 13], в нашій роботі термообробка насіння виконувалося під шаром водного середовища. Умови і послідовність обробок наводимо на прикладі насіння сої без оболонок — сої лущеної (СЛ): вологість (5,23-5,31) %, наважка (100±0,2) г, замочування у водних середовищах з рН = 7, 1 і 10,

модуль 1:8, температура водного середовища при суміщенні з наважкою насіння (24-27)° С, через 5-7 хвилин ємності із зразками у водному середовищі переносилися в холодильник, процес поглинання води протягом (20-22) годин при температурі +(6-12)° С. Завдяки такому прийому досягався максимальний рівень насичення зразків насіння водою, уповільнювався перехід білків у рідку фазу. Набрякле насіння (сої, люпину, амаранту, гречки) подрібнювали у водному середовищі, у пробах суспензій після центрифугування визначали вміст сухої речовини в осаді та фугаті (СР, г/100 г суспензії), фракційний склад нерозчинної фази за розміром часток осаду ваговим методом, використовуючи сита з просвітом вікна 500, 250, 150 і 50 мкм. Первинне подрібнення набряклого насіння проводили в роторно-пульсаційних апаратах (РПА або РІА). Встановлено, що у первинній (грубій) суспензії переважали частки розмірами понад 150 мкм, розшарування таких суспензій спостерігалося через 2-6 годин залежно від кількості циклів обробки 1-5 відповідно. Для отримання високодисперсних суспензій розробили і сконструювали диспергатор-гомогенізатор (ДГ). У конструкції апарату ДГ використано принцип дії дискового колоїдного млина (взаємодія рухомого і нерухомого дисків) мокрого подрібнення з суттєвою відмінністю від відомих конструкцій у формуванні шару суспензії, що обробляється, і переміщенні його в робочій камері, регулюванні величини зазора між робочими поверхнями [14, 15]. Обертання ротора забезпечується двигуном потужністю 0,7 кВт з числом обертів 3000 за хвилину. Зазор між ротором та статором у процесі проведення експериментів змінювався в межах від 500 до 3 мкм. Такі умови подрібнення забезпечили високий ступінь диспергування. Результати дослідів кількості розчиненої та нерозчиненої речовини насіння, фракційного складу відцентрифугованого осаду на етапі подрібнення в роторно-пульсаційному апараті, а потім в диспергаторі-гомогенізаторі власної конструкції, наведені в табл. 4, показують, що такі умови подрібнення забезпечують високий ступінь диспергування.

Ще одна можливість покращити умови диспергування — це використання для замочування вод-

Таблиця 3

## Термoeфекти при нагріванні досліджуваних зразків

	Характеристичні температури ДТА, °С		
	Ендотермічний мінімум	Екзотермічний максимум 1	Екзотермічний максимум 2
Соя	100	385	480
Люпин	90	360	460
Сочевиця	95	290/330	480
Амарант	98	360	485

Таблиця 4

**Розподіл часточок твердої фази за розмірами в суспензіях із насіння сої лущеної в залежності від умов набрякання і подрібнення**

Розмір часточок, мкм	Масова доля часточок вказаного розміру (%) в суспензіях після обробки в роторно-пульсаційному апараті (РПА) і диспергаторі-гомогенізаторі (ДГ)			
	Слабкий лужний розчин		Дистильована вода	
	РПА	ДГ	РПА	ДГ
більше 500	1,3±0,2	Сліди	1,9±0,2	Сліди
500-250	15,0±1	9,45±0,05	17,5±1,4	11,65±0,04
250-150	42,5±1,6	14,71±0,03	46,0±2,1	17,03±0,07
150-50	39,8±2,6	17,50±0,08	33,6±2,4	23,10±1,02
менше 50	2,4±0,3	58,65±1,07	1,6±0,3	48,3±0,08

них середовищ з рН, віддалених від умов найменшої розчинності білків (ізоелектричної точки). Вплив складу водного середовища досліджували на зразках насіння сої, яке набрякало в кислотному і лужному розчині (табл. 5). Очевидно, що найменш вразливими до подрібнення є зразки сої, що набрякали у дистильованій воді, тобто в умовах, коли протидія агрегації та проникливість мембран клітин найменша. Тому експерименти щодо подрібнення проводили в основному із суспензіями, отриманими в невідповідних умовах: в середовищі з рН, близьким до нейтрального значення (~7). Для незавуальованого уявлення про різницю властивостей грубих і тонких суспензій подрібнення на обох етапах проводилося в середовищі замочування без заміни його на нову порцію дистильованої води. Грубі суспензії із насіння сої мали відчутний бобовий запах і присмак.

Високодисперсні зразки суспензій з насіння вибраних культур аналізували за температурою на виході з апарату ДГ, за фракційним складом у межах від 500 до 50 мкм, за розподілом сухої речо-

вини рослини в осаді і в рідкій фазі, за тривалістю часу до розшарування системи та за тривалістю часу до скисання за умови зберігання диспергованих систем за температури (10-11)° С, за органолептичними властивостями. Зразки на жодному з етапів обробки не піддавалися стерилізації або пастеризації. Тривалість обробки первинної суспензії в диспергаторі-гомогенізаторі становила 5-20 хвилин при мінімальному з можливих для апарату зазорі (3 мкм) і за низької продуктивності ДГ (7-12 л/г). Вибірково аналізували наявність і склад мікрофлори в рідкій фазі після замочування насіння сої, в зразках суспензії грубого подрібнення, в тонких суспензіях після обробки в ДГ, в диспергованих системах через 5 діб зберігання. Температура грубих суспензій становила (20-21)° С. Маса і склад за розміром часток нерозчинної доли вихідної сировини в суспензії визначали у відцентрифугуваній фазі суспензії, фракціонування часток за розмірами виконували на обводнених, а не висушених зразках суспензії. Фракційний склад твердих часточок та кількість розчиненої та нероз-

Таблиця 5

**Показники подрібнення насіння сої лущеної в ДГ при зазорі між робочими поверхнями 10 мкм в залежності від рН середовища набрякання (n=3)**

Показники	рН водного середовища		
	1	7	11
СР в суспензії, г/100 г	10,74±0,24	10,34±0,21	10,79±0,29
СР в рідкій фазі, %	3,17±0,09	2,25±0,19	3,87±0,18
СР в осаді, %	7,54±0,14	8,09±0,24	6,92±0,37
Кількість суспензії, мл	864±2	876±2	872±2
<b>Розподіл СР (%) осаду в частках з розміром:</b>			
1000-500 мкм	відс.	відс.	відс.
500-250 мкм	17,11±1,29	20,64±1,67	15,75±1,09
250-150 мкм	22,01(1,66)	29,79±2,41	21,96±1,52
150-50 мкм	29,18(2,20)	31,77±2,57	28,61±1,98
Менше 50 мкм	31,70(2,39)	17,80±1,44	33,67±2,33

Примітка: СР — суха речовина

чиненої речовини насіння в суспензії після тонкого подрібнення представлено в табл. 6. Дані показують, що обробка грубої суспензії в ДГ забезпечує досягнення поставленої в роботі мети, а саме — отримання високодисперсних суспензій, в яких: 1) понад 70 % сухої речовини насіння набуває розчиненого і колоїдного стану, 2) більша частина маси осаду високодисперсної суспензії складається із часточок з розмірами у межах від 150 до 50 мкм і менше, 3) температура на виході з апарату становить (70-90)° С, 4), агрегативна сталість зберігається протягом 5-8 діб, 5) спостерігається пригнічення життєздатності або загибель епіфітної мікрофлори, 6) суттєво покращуються органолептичні властивості.

Структуру тонких суспензій досліджували мікроскопічним методом. Проби для мікрофотографій виготовлено нанесенням краплі суспензії на предметне скло, зйомка на просвіт проводилася через кожні 5 хвилин до видимого висихання рідини, кратність збільшення 32÷400 разів. Мікрофотографії (рис. 1) демонструють задовільний ступінь однорідності суспензій, отриманих в ДГ.

Розміри часточок нерозчинної долі насіння після обробки в диспергаторі-гомогенізаторі оцінені також з використанням модуля аналізу наноматеріалів та характеризованні дисперсних систем

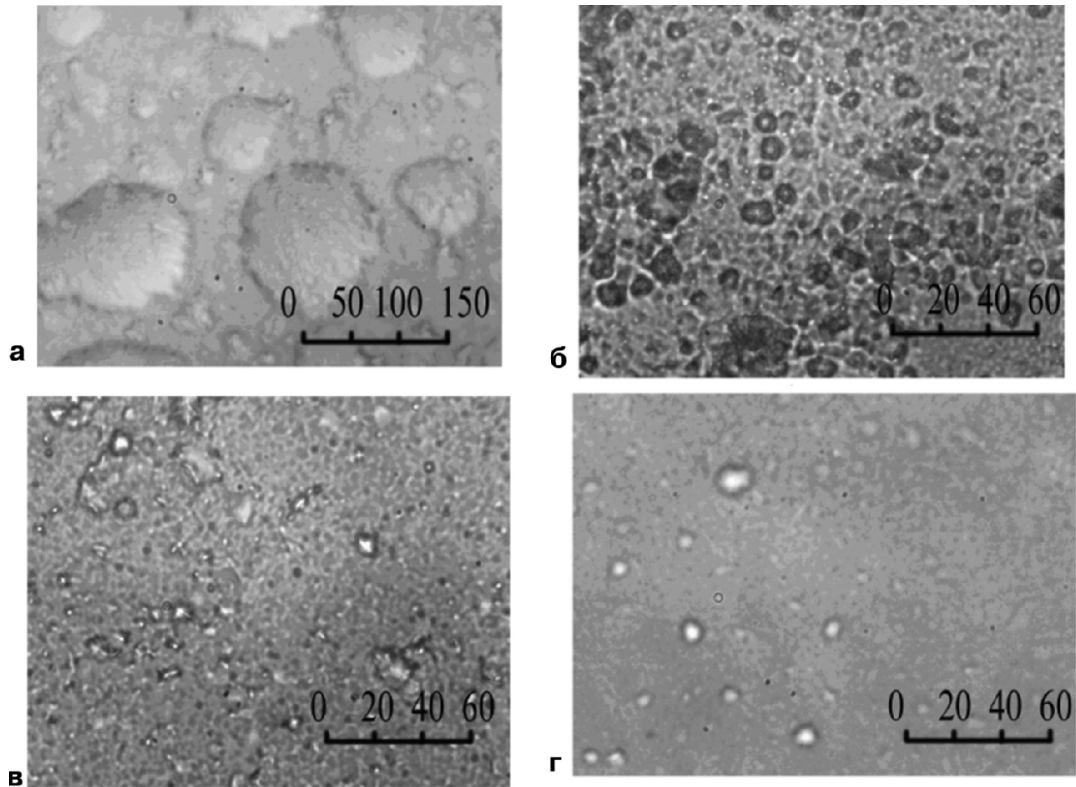
(Великобританія, Zetasizer-R Nano S, Mauvern Instruments, Ltd., Mauvern). Дані оцінки, представлені на рис. 2, засвідчують, що звішена доля речовини з набряклого і подрібненого у лужному розчині насіння складається переважно з часток, розмір яких становить 1000-1500 нм, результат набрякання і подрібнення в дистильованій воді — отримання дисперсій з частками більшого розміру: 3500-4500 нм, втім така різниця у розмірі часток істотно не впливає на сталість суспензій до фазового розшарування.

З метою модифікації складу і властивостей тонких суспензій дослідили можливість отримання сталих змішаних суспензій. Для цього спочатку готували в менш вигідних умовах (при продуктивності 80-117 л/год.) тонкі суспензії з окремих видів сировини, а потім змішували в певних пропорціях і суміш знову обробляли в диспергаторі-гомогенізаторі. В табл. 7 наведено дані дослідів з отримання сумісних високодисперсних композицій із насіння сої та амаранту. Результати за всіма показниками задовільні. Встановлено раніше не описані особливості суміщених рослинних суспензій. По-перше, додаткова обробка суміші в диспергаторі-гомогенізаторі призводить до суттєвого підвищення температури суміші, що вказує на можливість використання індивідуальних суспен-

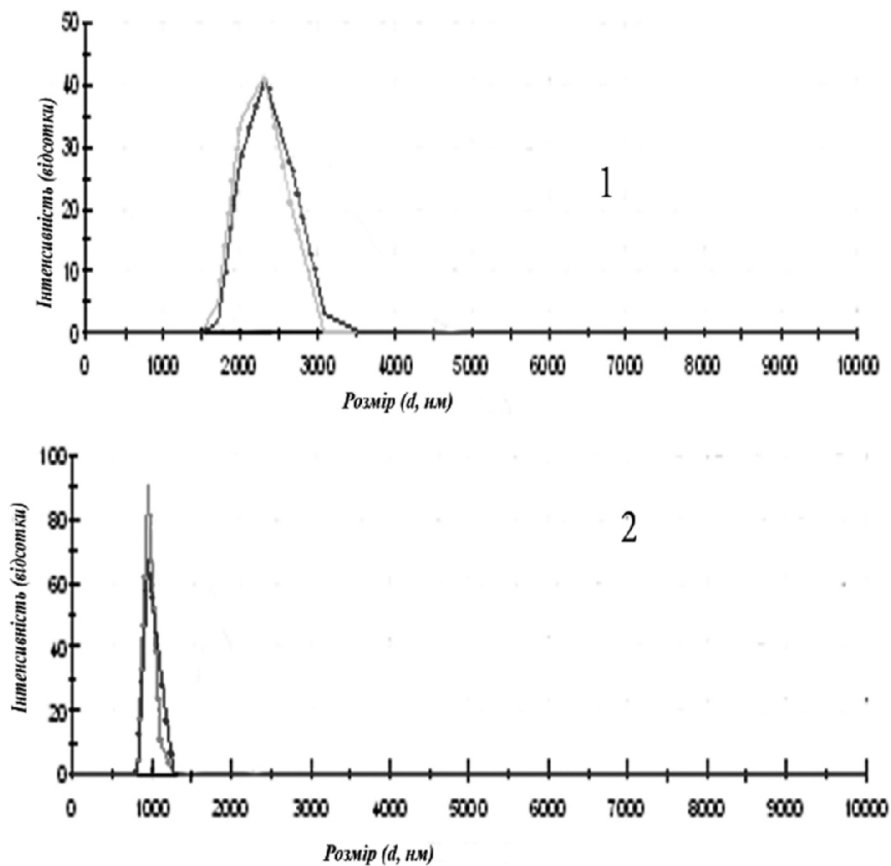
Таблиця 6

**Розподіл сухої речовини (СР) в рідкій і твердій фазі, фракційний склад осаду в суспензіях з насіння рослин після 20-ти хвилин подрібнення в апараті ДГ, стійкість до розшарування і органолептичні властивості суспензій**

Показники, одиниці виміру	Зразок рослинної сировини (насіння)				
	Соя лущена (СЛ)	Соя мікронізована (СЛМ)	Люпин (Л)	Амарант (А)	Гречка без оболонки (Г)
T <sub>суп.</sub> (° С) на виході	74	78	74	72	51
СР в суспензії, %	10,77±0,27	11,18±0,12	9,62±0,18	17,17±1,08	10,40±0,58
СР в рідкій фазі, %	7,48±0,17	6,12±0,24	2,97±0,28	9,88±0,28	2,05±0,08
СР в осаді, %	3,29±0,09	6,02±0,12	6,65±0,22	7,26±0,22	8,29±0,22
СР (%) осаду в частках розміром:					
1000-500 мкм	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.	Не визн.
500-250 мкм	5,16±0,17	13,62±0,82	2,40±0,16	10,47±0,76	2,59±0,21
250-150 мкм	10,33±0,34	20,91±1,26	14,33±0,94	12,94±0,94	3,16±0,26
150-50 мкм	22,80±0,75	23,59±1,42	32,48±2,16	27,68±2,01	38,07±3,15
Менше 50 мкм	61,10±2,01	41,53±2,50	49,77±3,31	48,62±3,53	56,01±4,64
До розшарування суспензії	7 діб	2,5 години	більше 30 діб	15 діб	15-20 хвилин
Запах	відсутн	приємн.	відсутн	приємн.	відсутн
Колір	білий	жовтуват.	солом'ян.	сіруват.	фіалков.
Смак	без присм.	приємн.	без присм.	приємн.	без присм.
Скисання через 5 діб	не спост.	не спост.	не спост.	не спост.	не спост.



**Рис. 1.** Мікрофотографії: 1а — верхків з коров'ячого молока, 1б, 1в — суспензій з насіння сої лущеної після набрякання в дистильованій воді і обробки в диспергаторі-гомогенізаторі 15 та 20 хвилин, 1г — суспензії з насіння сої лущеної після набрякання в лужному розчині і обробки в ДГ 20 хвилин, од. виміру — мкм.



**Рис. 2.** Розподіл за розміром часток дисперсій з соєвого насіння, що набрякало в дистильованій воді (1) і в лужному розчині при рН=8,4 (2), од. виміру — нм.

## Умови обробки в диспергаторі-гомогенізаторі та характеристика суспензій

Умови обробки		Характеристика суспензій	
Амарант			
Тривалість 20 хв.	СР осаду (%) в частках розміром, мкм:	До розшар., діб	Органолепт. показники
Продуктивн. 78,4 л/г	500-250 — 11,51±0,83	6 діб не розшарована суспензія	Сірувата масляниста густа маса з приємним запахом
T <sub>поч.</sub> T <sub>кінц.</sub> , °C	250-150 — 14,32±1,72		
20 56	150-50 — 28,75±2,15 менше 50 мкм — 45,04±2,08		
Соя			
Тривалість 20 хв.	СР осаду (%) в частках з розміром, мкм:	До розшар., 5 діб	Органолепт. показники
Продук. 117 л/г	500-250 — 7,11±1,13	Легкий тонкий осад через 6 діб	Молокоподібна маса з приємним смаком, без запаху
T <sub>поч.</sub> T <sub>кінц.</sub> , °C	250-150 — 17,34±1,52		
20 75	150-50 — 22,80±1,85 менше 50 мкм — 50,44±2,38		
Амарант + соя			
Тривалість 20 хв.	СР осаду (%) в частках з розміром, мкм:	До розшар., 4 доби	Органолепт. показники
Продук. 117 л/г	500-250 — 8,10±0,97	Верхня частина студениста, білядна шар прозорої рідини через 5 діб	Густа сірувата студениста маса з характерним невідразливим смаком і запахом
T <sub>поч.</sub> T <sub>кінц.</sub> , °C	250-150 — 14,34±2,1		
58 81	150-50 — 21,67±1,77 менше 50 мкм — 55,14±1,90		

зій зі зниженою початковою температурою. Але відкритим залишається питання, чому стійкість до розшарування суміші виявилася нижчою, ніж сталість індивідуальних суспензій. Одна з можливих причин — недостатність вмісту емульгуючих компонентів сої (фосфоліпідів) для суміщених систем із рослинною сировиною, в якій великий вміст вуглеводів. Інша можлива причина — поглиблення модифікації крохмалю амаранту, що змінює гелеутворюючу здатність частково декстринізованого крохмалю амаранту. Це явище ще не досліджене і заслуговує на увагу безвідносно до умов отримання складних рослинних суспензій. Факт декстринізації крохмалю амаранту при диспергуванні встановлено за якісною йодною реакцією. По-друге, загальна кількість твердої речовини в суміші суспензій значно зменшилася. По-третє, перерозподіл часточок за розмірами зазнав зміни у бік зменшення їхніх розмірів.

Наявність у насінні сої вуглеводів рафінози і стахіози, здатних бути поживним середовищем для біфідобактерій [16], обумовлює можливість розширення спектра функціональних продуктів на основі сої. На підставі даних літератури і власних досліджень вважається доцільним поєднання властивостей цілих соєвих бобів, корисних мікроорганізмів і біологічно активних речовин в одному продукті шляхом виготовлення харчових продуктів у

вигляді емульсійно-суспензійної композиції (а не у вигляді соєвого “молока” — водної емульсії) з пробіотичними властивостями на основі цілісного насіння повножирної сої без використання коров'ячого молока і без додавання цукрів. Інтерес до розробки технологій і рецептур таких продуктів обумовлений тим, що альтернативи тваринним протеїновим нутрієнтам, окрім сої, сочевиці, люпину, амаранту практично немає. Об'єктами досліджень були різні, за умовою виготовлення, соєві суспензії і чисті культури мікроорганізмів і бактеріальні композиції. Ферментативній обробці піддали грубу суспензію з лушеного насіння повножирної сої, яке замочувалося у дистильованій воді та у розчині свіжого соку топінамбура. Для ферментації соєвих суспензій використовували закваски на основі мезофільних культур мікроорганізмів: *Lactococcus lactis*, subsp. *lactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *cliacetalis*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium adolescentis* в кількості 3% до маси суспензії. Температура сквашування (28-30)° С. Процес ферментації контролювали за наростанням титрованої кислотності, зниженням активної кислотності в одиницях рН і за зміною кількості мікроорганізмів. Найбільш придатними для ферментації за видом згустку і кольором були зразки сої



лущеної, замоченої у соку топінамбура або лужно-му розчині та прогріті короточасним кип'ятінням або в мікрохвильовій установці. Результати наведені в табл. 8 і 9. Зміну рН за рахунок продукування органічних кислот з вуглеводів соєвих бобів в отриманих суспензіях порівняли з даними літератури щодо ферментації соєвого молока у присутності однакових видів мікроорганізмів (табл. 10). Виявлено ферментативну активність відібраних

штамів ряду мікроорганізмів, показано можливість використання їх для виготовлення ферментованих продуктів із цілісного насіння сої без додавання тваринного молока, без додавання низькомолекулярних вуглеводів і органічних кислот. У відповідності до методик [17] досліджували висіви з проб тонких емульсійно-суспензійних систем, які одержували обробкою грубих суспензій в ДГ протягом 5, 10, 15 хвилин. Грубі суспензії використовували в

Таблиця 8

## Динаміка кількості мікрофлори в симбіотичній заквасці

Умови підготовки насіння сої	Час ферментації, год.	рН	°Т	Збільшення кільк. клітин, раз.	Збільшення кільк.клітин, КУО/см <sup>3</sup>
Вода, тонке подрібнення	12	4,40	70	17,14	$7 \times 10^6 \div 1,2 \times 10^8$
Лужний розч., тонке подр.	12	4,55	65	19,64	$5,6 \times 10^6 \div 1,1 \times 10^8$
Сік топінамбура, грубе подр.	12	4,40	70	18,07	$5,2 \times 10^6 \div 9,4 \times 10^7$

Таблиця 9

## Органолептичні показники якості ферментованих соєвих суспензій

Показники	Умови приготування вихідної дисперсії (набрякання, подрібнення)	
	Вода чи лужний розчин, диспергатор	Вода, грубе подрібнення
Зовнішній вигляд	Однорідний, ніжний, масний	Неоднорідний, розшарування та крупнистий
Колір	Білий з кремоватим відтінком, рівномірний по всій масі	Кремовий або білий
Смак, запах	Чистий, ніжний, кисломолочний з незначним присмаком бобових	Кисломолочний з рослинним присмаком

Таблиця 10

## Порівняльні дані зміни рН у соєвій суспензії (наші дані) і в соєвому молоці (літературні дані), інкубованих при 41° С.

Культура	Інкубація, годин	рН – соєва суспензія експ.	рН – соєве молоко [16]
<i>Lv. delbrueckii subsp.</i>	0	$6,4 \pm 0,12$	$6,42 \pm 0,14$
	6	$6,0 \pm 0,09$	$6,1 \pm 0,09$
	12	$5,6 \pm 0,09$	$5,6 \pm 0,12$
	18	$4,2 \pm 0,10$	$4,4 \pm 0,08$
	24	$4,0 \pm 0,07$	$4,0 \pm 0,08$
	30	$4,1 \pm 0,10$	$4,2 \pm 0,09$
<i>Streptococcus thermophilus</i>	0	$6,4 \pm 0,14$	$6,4 \pm 0,14$
	6	$6,2 \pm 0,08$	$6,2 \pm 0,13$
	12	$6,0 \pm 0,09$	$6,0 \pm 0,09$
	18	$5,6 \pm 0,10$	$5,6 \pm 0,11$
	24	$4,6 \pm 0,07$	$4,8 \pm 0,13$
	30	$4,4 \pm 0,08$	$4,7 \pm 0,14$

**Мікробіологічні показники якості рослинних дисперсій,  
отриманих з використанням диспергатора-гомогенізатора**

Зразок	Кільк. бакт. КУО/см <sup>3</sup>	Об'єм суспензії для посіву, см <sup>3</sup>				
		10,0	1,0	0,1	0,01	0,001
<b>Суспензія соєва</b>						
Пастеризація	200	+	—	—	—	—
Обробка ДГ, хв.5	250	+	+	—	—	—
10	150	+	—	—	—	—
15	Відсутні	—	—	—	—	—
<b>Суспензія з люпину</b>						
Пастеризація	Немає	—	—	—	—	—
Обробка ДГ, хв. 5	200	+	+	—	—	—
10	10	—	—	—	—	—
15	Відсутні					
<b>Суспензія з амаранту</b>						
Пастеризація	2000	+	+	+	—	—
Обробка ДГ, хв. 5	2000	+	+	+	—	—
10	50	+	+	—	—	—

якості порівняльних, контрольними були зразки суспензій, пастеризованих упродовж 30 секунд при 73° С. Результати випробувань представлено в табл. 11. З табл. 11 видно, що: 1) в усіх випадках спостережень кількість мікрофлори у тонких суспензіях, виготовлених з використанням диспергатора-гомогенізатора менша, ніж у грубій суспензії; 2) пастеризація в указаних умовах не позбавляє повністю суспензії від мікробного забруднення; 3) обробка суспензії в диспергаторі-гомогенізаторі впродовж часу, який обумовлює нагрівання суспензії до температури вище 50° С, помітно зменшує кількість в суспензії; 4) ступінь забрудненості високодисперсної суспензії залежить лише від рівня забрудненості сировини, отже, очевидно є необхідність винаходу простого, безпечного і недорогого засобу зменшення забрудненості рослинної сировини перед диспергуванням без використання екстремальних умов — жорсткої термо-

обробки. Один з можливих варіантів: старий відомий прийом — обробка слабким розчином мурашиної кислоти.

Таким чином, розроблено і реалізовано технічне рішення щодо тонкого подрібнення цілісної рослинної сировини у водному середовищі для виготовлення рідких і пастоподібних харчових продуктів з насіння сої, люпину, амаранту, вівса, пшениці, гречки, коренеплодів топінамбура у вигляді агрегативно сталих високодисперсних суспензій із задовільними органолептичними характеристиками. Визначені умови виготовлення рослинних ферментованих продуктів на основі високодисперсних емульсійно-суспензійних композицій з насіння сої, амаранту, гречки з використанням концентратів лакто- і біфідобактерій без додавання сторонніх поживних речовин (вуглеводів, органічних кислот).

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Вольф В. Ультраструктура сои и ее связь с переработкой / В. Вольф // Белки семян зерновых и масличных культур; перев. с англ. М.: "Колос", 1977. — С. 230–240.
2. Марион Д. Взаимодействие белков и липидов в растительных продуктах / Д. Марион, Р. Дуйяр // Растительный белок. М.: Агропромиздат, 1991. — С. 284–330.
3. Berk Z. Technology of production of edible flours and protein products from soybeans. // Zeki Berk Rome, 1992. — 358 p.
4. Стура А.В. Получение новых продуктов из зернового амаранта / А.В. Стура // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2006. — № 5. — С. 54–56.
5. Панкина И.А. Технология приготовления пищевого белка из зерна люпина узколистого. / И.А.Панкина Автореф. дис. на соискание научной степени канд. наук / И.А. Панкина. — С.-Петербург, 2006. — 18 с.

6. Строганов Д.А. Формирование рынка натуральных продуктов лечебно-профилактического назначения / Д.А. Строганов // Пищевая пром. — 2100. — № 2. — С. 83–86.
7. Бордаков П.П. Соя та її харчове значення. / П.П. Бордаков. — Харків: ДВОУ-Держвидав УРСР, 1931. — 60 с.
8. Лещенко А.К. Культура сої на Україні. / А.К. Лещенко. — Київ: Видав. Української академії сільсько-господарських наук, 1962. — 289 с.
9. Особенности одержання соєвих продуктів — ефективних компонентів дієт у комплексній терапії ряду захворювань / В.Р. Боровський, Т.М. Бурушкіна, В.В. Ратушняк [та ін.] // Проблеми харчування. — 2009. — № 1-2. — С. 26–34.
10. Бурушкіна Т.Н. Соевые продукты с пробиотическими свойствами и коррекция микробиоценоза / Т.Н. Бурушкіна, Т.Г. Бережницкая, В.В. Ратушняк // Проблеми харчування. — 2010. — № 3-4. — С. 50–55.
11. Урьев Н.Б. Физико-химическая динамика дисперсных систем и материалов. Современные проблемы физической химии. / Н.Б. Урьев. — М.: Изд. дом "Граница", 2005. — С. 166–192.
12. Розанцев Е.Г. Молекулярные аспекты воздействия интенсивных технологических факторов на сельскохозяйственное сырье / Е.Г. Розанцев // Хранение и переработка сельхозсырья. — 1997. — № 3. — С. 17-20; № 5. — С. 9–12.
13. Рогов И.А. Сравнительный анализ влияния ИК- и СВЧ-нагрева на аминокислотный состав говяжьего мяса / И.А. Рогов, М.А. Беляева // Хранение и переработка сельхозсырья. — 2004. — № 12. — С. 26–27.
14. Патент України на корисну модель № 74960 від 12.11.2012 Пристрій для диспергування та гомогенізації, публ. Бюл. № 21. заявники В.Г. Алейніков, Т.М. Бурушкіна, В.І. Количев, В.В. Ратушняк, В.М. Преподобний.
15. Алейніков В.Г. Диспергатор-гомогенізатор / В.Г. Алейніков, Т.М. Бурушкіна, В.І. Количев, В.В. Ратушняк, В.М. Преподобний Патент на винахід України № 102350 від 25.06.2013 р., публ. Бюл. № 12.
16. Sumarna. Changes of raffinose and stachyose in soy milk fermentation by lactic acid bacteria from local fermented foods of Indonesian / Sumarna // Malaysian Journal of Microbiology. — 2008. — V. 2. — № 4. — P. 26–34.
17. Молоко и молочные продукты. Методы микробиологического анализа. ГОСТ 9225–84

**Высокодисперсные эмульсионно-суспензионные продукты растительного происхождения**

Т.Н. Бурушкіна, В.В. Ратушняк, В.І. Количев, В.М. Преподобний  
 Інститут харчової біотехнології та геноміки НАН України, г. Київ

**Резюме.** В работе исследованы условия получения пищевых продуктов из целостных семян ряда культур с различным содержанием белков, жиров, углеводов — сои, люпина, амаранта, гречихи и инулинсодержащего корнеплода топинамбура — в виде агрегативно устойчивых водных высокодисперсных концентрированных эмульсионно-суспензионных образований со всем набором питательных и биологически активных составляющих растений, продуктов с пробиотическими качествами без использования стабилизаторов, эмульгаторов, красителей, одорантов и др., а только за счет состава сырья и условий его обработки.

Ключевые слова: целостные семена, высокодисперсные суспензии, агрегативная устойчивость, получение, свойства.

**Fine emulsion-suspension vegetable products**

T. Burushkyna, V. Ratushnyak, V. Kolychev, V. Prepodobny  
 Institute of Food Biotechnology and Genomics National Academy of Sciences, Kyiv

**Summary.** In present study are investigated the conditions of preparation the foodstuff from whole seeds of some plant cultures with various content of fibers, fats and carbohydrates: soybeans, lupine, amaranth, buckwheat and inulin containing root crop Jerusalem Artichoke. Those foodstuffs are highly dispersed stable aqueous concentrated emulsion-suspension compositions, including probiotic products. Such products include all of the nutritious and biologically active components of native raw plants. Novel products are prepared without use of stabilizers, emulsifiers and dyes, only because of biochemical structure of raw materials and developed conditions of its processing.

Key words: whole grains, fine suspensions, aggregative stability, preparation, properties.

Надійшла до редакції 05.08.2014 р.