

УДК 631.362.3:631.1

К.М. КЛЕВЦОВ

Херсонський національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ БІОХІМІЧНИХ І ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОНЕНТІВ НАСІННЯ ЛЬОНУ

У роботі представлена детальна кількісна інформація про дослідження фракційного складу і властивостей ліпідів насіння льону, їх молекулярній масі, а також про структурних параметрах фосфоліпідів, їх жирно кислотний та структурний склад.

Отримана нова інформації про фізико-хімічних і структурно-функціональних властивостях білків льону відкриває широкі перспективи, як в плані фундаментальних досліджень, так і для створення нових технологій для сільського господарства, харчової промисловості, біотехнології та медицини.

Ключові слова: насіння, льон, властивості.

К.Н. КЛЕВЦОВ

Херсонский национальный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ БИОХИМИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОНЕНТОВ СЕМЯН ЛЬНА

В работе представлена подробная количественная информация об исследовании фракционного состава и свойств липидов семян льна, их молекулярной массе, а также о структурных параметрах фосфолипидов, их жирно кислотный и структурный состав.

Получена новая информации о физико-химических и структурно-функциональных свойствах белков льна открывает широкие перспективы, как в плане фундаментальных исследований, так и для создания новых технологий для сельского хозяйства, пищевой промышленности, биотехнологии и медицины.

Ключевые слова: семена, лен, свойства.

K. KLEVTSOV

Kherson National Technical University

RESEARCH ON THE BIOCHEMICAL AND PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF THE COMPONENTS OF FLAX SEEDS

The paper presents a detailed quantitative information on the study of fractional composition and properties of lipids flax seed, and their molecular weight, and the structural parameters of phospholipids and their fatty acid composition and structure.

New information on the physico-chemical and structural and functional properties of proteins, flax opens up broad prospects, both in terms of basic research and for the development of new technologies for agriculture, food industry, biotechnology and medicine.

Keywords: seeds, flax, properties.

Постановка проблеми

Льон, одна з найважливіших сільськогосподарських культур України, вивчений недостатньо з точки зору окремих класів біоорганічних макромолекул. Зокрема мало досліджені основні біоорганічні молекули льону - ліпіди - і їх фізико-хімічні та біохімічні властивості. Є інформація, що насіння льону (*Linum usitatissimum* L.) містить від 18% до 33% білкових молекул. Важливість дослідження білкових макромолекул визначається тим, що саме ця група визначає структурні характеристики біотканин, їх специфічні функції та біохімічні особливості, характеризує зв'язок структури і властивостей. У той же час відомо, що альбумінові білки відіграють важливу роль у процесах росту і розвитку рослин льону (створюють тургор тканини, визначають транспорт мікроелементів, є депо для амінокислот), а, отже, здатні впливати на якість льняного волокна. Стійкість і перспектива якості залежать від фракції альбумінових білків. У зв'язку з цим вивчення на молекулярному рівні альбумінів льону дозволить наблизитися до створення умов і механізмів, що забезпечують високу якість лляних волокон.

Для виконання цього завдання Херсонським національним технічним університетом та Одеською національною академією харчових технологій було досліджено структурно-функціональний стан білків, що формують кількість та довжину елементарних волокон та ін.

Отримання нової інформації по дослідженню поведінки іммобілізованих білкових макромолекул – альбумінових білків льону – представляє очевидний інтерес з фундаментальної точки зору. Дослідження на молекулярному рівні механізмів утворення та стабілізації штучних колоїдних систем має величезне значення для льону, а також розробки нових лікарських форм і нових технологій для харчової та косметичної промисловості та ін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Однак, в даний час в арсеналі дослідників не розроблені в достатній мірі підходи і методи, що дозволяють на молекулярному рівні вивчати фізико-хімічні властивості білків, адсорбованих на поверхні розділу. Інформація, що зустрічається в літературі (Гегенов Ж, 1991; Миколаєва М.Г., 1999), носить скоріше якісний і епізодичний характер.

Таким чином, розробка сучасних методичних підходів на стику біохімії, колоїдної хімії, фізичної хімії і т.д. для отримання нової інформації про фізико-хімічних і структурно-функціональних властивостях білків льону відкриває широкі перспективи, як в плані фундаментальних досліджень, так і для створення нових технологій для сільського господарства, харчової промисловості, біотехнології та медицини.

Формулювання мети дослідження

Мета роботи - вивчити біохімічні та фізико-хімічні властивості білків, виділених з насіння льону, і сформувані підходи в дослідженні молекулярних та іммобілізованих форм його білків.

Викладення основного матеріалу досліджень

У клітинах насіння олійних культур ліпіди локалізуються у вигляді сферосом різної величини. Сферосоми оточені мембранами, що складаються з білків і полярних ліпідів. Мембрани сферосом високоолійних клітин контактують, утворюючи безперервну систему в значній частині об'єму клітини. У цю систему включені органели клітини і локальні скупчення.

Результати проведених досліджень показали, що масова частка ліпідів у насінні льону сорту "Південна ніч" становить у середньому 41,4±1,03 %, а у насінні сорту "Дебют" – 43,5±1,08 %. Фракційний склад ліпідів насіння льону представлений у табл. 1.

Таблиця 1

Фракційний склад і масова частка кожної фракції, масова частка від маси ліпідів, %

Склад ліпідів	Сорти льону	
	Дебют	Південна ніч
Тригліцериди	98,50	98,20
Фосфоліпіди	0,83	1,22
Вільні жирні кислоти	0,07	0,10
Стероли	0,40	0,33
Ефіри стеролів	0,10	0,15
Моно- і дигліцериди	0,10	сліди
Токоферолі, мг%	49,00	58,00

Встановлено, що у фракційному складі превалують нейтральні ліпіди, масова частка яких перевищує 98 %. Другим за значимістю класом є фосфоліпіди, вміст яких у насінні сорту льону "Південна ніч" на 32 % більше, ніж у насінні сорту "Дебют". Водночас ліпіди насіння сорту "Дебют" містять на 25 % більше стеролів. Співвідношення між ефірами стеролів і вільними жирними кислотами в оліях насіння льону обох вивчених сортів було дуже близьким. Насіння льону сорту "Південна ніч" відрізняється підвищеним вмістом токоферолів.

У фракціях фосфоліпідів переважають фосфатидилхоліни, фосфатидилетаноламіни і фосфатидилінозитолі, що складають у сумі в насінні сорту «Південна ніч» 65,7 %, а в насінні сорту «Дебют» 63,2 % (табл. 2).

Таблиця 2

Хімічний склад фосфоліпідів, масова частка від маси фосфоліпідів, %

Фосфоліпіди	Сорти льону	
	«Дебют»	«Південна ніч»
Дифосфатилгліцерини	сліди	сліди
Фосфатидні кислоти	6,3	8,1
Фосфатидилетаноламіни	18,5	21,7
Фосфатидилгліцерини	3,3	2,1
Фосфатидилхоліни	25,8	21,3
Лізофосфатидилхоліни	5,1	7,1
Фосфатидилінозитолі	18,9	21,7
Фосфатидилсерини	7,9	5,0
Фосфогліколіпіди	6,8	5,3
Гліцерофосфат	2,1	1,5
Неідентифіковані фосфоліпіди	5,3	6,2

Фосфоліпіди насіння льону обох сортів представлені десятьма типами сполук, основна їхня маса в сорті "Дебют" становить 94,7 %, у сорті "Південна ніч" — 93,8 %. Винятком є неідентифіковані форми, вміст яких у сорті "Дебют" дорівнює 5,3 %, а в сорті "Південна ніч" — 6,2 %. Насіння льону сорту "Дебют" містить більшу кількість фосфатидилсеринів, фосфогліколіпідів і гліцерофосфату (у сумі 16,8 %), на відміну від сорту "Південна ніч" (у сумі 11,8 %). У складі фосфоліпідів обох сортів спостерігався відносно високий вміст фосфатидних кислот: 8,1 % для сорту "Південна ніч" і 6,3 % для сорту "Дебют" відповідно.

Незважаючи на деякі відмінності, склад і вміст жирних кислот ліпідів різних сортів дуже близькі. Індекс ненасиченості (U/S) ліпідів насіння льону становить 7,3-7,8, що значною мірою обумовлює високу лабільність цієї групи речовин у процесі зберігання та первинної обробки сировини.

Відомо, що біологічна цінність рослинних олій залежить від їхнього жирнокислотного складу і вмісту жиророзчинних вітамінів. Найбільш цінними компонентами є поліненасичені жирні кислоти і група токоферолів (вітамін Е). Якість олій залежить від вмісту хлорофілу, госиполу, ароматичних вуглеводів, що знижують їхні смакові й товарні властивості.

Вивчення жирнокислотного складу ліпідів насіння льону методом капілярної газової хроматографії показало, що серед високомолекулярних жирних кислот домінують ненасичені: олеїнова, лінолева і ліноленова, масова частка яких становить 87,7-88,6%.

Порівняно з наявними в літературі даними [1], за складом жирних кислот насіння льону сорту "Дебют" відрізняється більш високим вмістом олеїнової кислоти. Насичені жирні кислоти представлені в основному пальмітиноюю, стеариноюю та арахіноюю кислотами. У ліпідах насіння льону сорту "Дебют" ідентифікували мізерні кількості (сліди) міристиноюю кислоти (табл. 3).

Таким чином, усього було ідентифіковано 25 ліпідних речовин, серед яких переважаючими є тригліцероли, фосфоліпіди, фосфатидилетаноламіни, фосфатидилхоліни, фосфатидилінозитолі та ін.

Жирні кислоти ліпідів представлені 8 компонентами, з яких найбільшою масовою часткою (вмістом) відрізнялася лінолева кислота (12,8-15,4 %), що є одним з найважливіших есенціальних інгредієнтів у харчуванні людини.

Таблиця 3

Жирнокислотний склад ліпідів, масова частка від маси ліпідів, %

Кислоти	Сорти льону	
	Дебют	Південна ніч
Насичені	12,1	11,4
Міристиноюя C _{14:0}	сліди	0
Пальмітиноюя C _{16:0}	7,4	8,0
Стеариноюя C _{18:0}	4,2	3,2
Арахіноюя C _{20:0}	0,5	0,2
Ненасичені	87,9	88,6
Пальмітоолеїноюя C _{16:1}	0,2	сліди
Олеїноюя C _{18:1}	21,4	18,1
Лінолевоюя C _{18:2}	12,8	15,4
Ліноленноюя C _{18:3}	53,5	55,1

У табл. 4 наведено деякі показники якості лляної олії.

Таблиця 4

Показники якості лляної олії при температур 20 °С, (p≤ 0,05, n=3)

Густина, кг/м ³	Показник заломлення	В'язкість, Па·с	Температура застигання, °С	Ацетильне число
912-918	1,48-1,487	0,053-0,056	19-26	7-8

Дані табл. 4 свідчать, що лляна олія має високі показники густини й температури застигання, а ацетильне число знаходиться в межах норми.

У класичній технології для руйнування клітинних структур у рослинній сировині використовують механічну і вологотеплову обробку, після чого пресуванням отримують сиру харчову олію. Залишкову олію виділяють зі шроту екстракцією вуглеводородними розчинниками, з подальшим розділенням міцели. Така технологія має ряд недоліків. Отримана харчова олія (пресова фракція) містить побічні продукти, які утворюються на стадії вологотеплової обробки, що знижує фізіологічну цінність і товарні властивості олії. Виділення олії зі шроту вуглеводородними розчинниками призводить до підвищення пожежо- і вибухонебезпечності на виробництві. Поділ міцел і очищення олії від розчинників - складний і дорогий процес, а одержуваний продукт придатний лише для технологічних цілей.

Ферментативна обробка рослинної сировини дозволяє виділяти олію в м'яких умовах, зберігаючи її біологічні властивості й поживну цінність. Відпадає необхідність застосування вуглеводородних розчинників, підвищується екологічна безпека виробництва [2].

Найбільш ефективно процес проходить при гідромодулі 1:2, що забезпечує достатні дифузійні процеси під час ферментативного розщеплення біополімерів сировини. При обробці насіння льону ферментним комплексом вихід олії становив понад 97 %, що значно перевищує вихід зазначеного продукту при виділенні олії за існуючими технологіями. При цьому повністю зберігаються її біологічні й поживні властивості, особливо есенціальні кислоти (лінолева, ліноленова та олеїнова), що підтверджують характеристики таких показників, як кислотне число (сорт "Південна ніч" – 2,3±0,3 мг КОН; сорт "Дебют" – 2,8±0,1 мг КОН), йодне число (сорт "Південна ніч" – 171±4,3 г J₂; сорт "Дебют" – 180±15,1 г J₂), число омилення (сорт "Південна ніч" – 196±7,4 мг КОН; сорт "Дебют" – 190±6,2 мг КОН), ефірне число (сорт "Південна ніч" – 187,7±5,7 мг КОН; сорт "Дебют" – 182,2±4,1 мг КОН), які відповідають вимогам ГОСТ 10582-76.

Таким чином, за результатами досліджень можна зробити висновок, що ферментативний спосіб виділення сировини з насіння льону має свої переваги порівняно з механічним, забезпечує збереження біологічної та поживної цінності сировини, дозволяє використовувати її для виробництва продовольчих товарів, а також як есенціальний продукт.

Водорозчинні полісахариди (гумі) насіння льону (ВПСЛ) складають близько 8-10 % від маси сухих речовин. При екстракції ВПСЛ їх вихід становить 80-90 % і залежить від умов виділення. Якісний і кількісний склад ВПЛ залежить від сорту льону, кліматичних умов і місця вирощування [3].

Рядом авторів [1] показана перспективність застосування ВПСЛ як харчових добавок, що мають різноманітні функціональні властивості: структуроутворювачів, емульгаторів, стабілізаторів, водоутримувальних гідроколоїдів. Ці властивості ВПСЛ залежать від багатьох факторів і, насамперед, від хімічного, мономерного й полісахаридного складу фракцій ВПСЛ.

Метою цієї частини досліджень є фракціонування ВПСЛ сортів льону "Дебют" і "Південна ніч", вибір умов їхнього виділення і характеристика хімічного складу фракції, що залежать від вибору екстрагуючого агента. Відомо, що найбільш характерним способом екстракції полісахаридів є хлорування. Результати дослідження з вибору умов виділення сумарних ВПСЛ показали, що масова частка виділюваних ВПСЛ залежить від тривалості екстракції, температури і ГМ.

Аналіз отриманих даних дозволив визначити оптимальні умови, при яких досягається максимальний вихід ВПСЛ: тривалість екстракції – 3 години, температура – 70-80 °С, ГМ – 25. У цих умовах вихід ВПСЛ становить 8,5-9,0 % від маси сухих речовин насіння льону. Сортові особливості практично не впливають на вихід екстрагованих ВПСЛ із насіння, однак слід відзначити, що вихід сумарних полісахаридів (СП) із насіння сорту "Південна ніч" на 0,5 - 0,8 % вищий (табл. 5).

Таблиця 5

Характеристика сумарних полісахаридів насіння (p < 0,8, n = 5), масова частка від вихідної сировини, %

Сорти льону	Вихід	Вологість	Хімічний склад		
			вуглеводи	білки	зола
Південна ніч	7,0-8,3	5,1	86,4	4,8	3,6
Дебют	7,0-7,8	5,4	84,7	5,8	4,1

ВПСЛ сорту "Південна ніч" відрізняються підвищеним вмістом у сумарній фракції вуглеводів (86,4%), меншим вмістом супутніх білків (4,8%) і мінеральних речовин (3,6 %). Під час попередніх досліджень нами було встановлено, що вміст білків у ВПСЛ збільшується зі зростанням температури екстракції [4]. СП насіння сортів льону "Дебют" і "Південна ніч" практично не відрізняються за якісному і кількісним моносахаридним складом (табл. 6).

Таблиця 6

Моносахаридний склад СП насіння льону, масова частка, від сумарних полісахаридів, %

Сорти льону	L-Rhal	L-Fuc	L-Ara	D-Xyl	D-Gal	D-Glc	D-Gl
"Південна ніч"	7,9	3,7	8,9	33,1	14,1	3,7	28,6
"Дебют"	4,4	2,1	9,7	32,6	13,3	4,2	33,7

Як видно з табл. 6 переважаючими моносахаридами ВПСЛ є ксилоза (сорт "Південна ніч" - 33,1%, сорт "Дебют" - 32,6%), галактуронова кислота (сорт Південна ніч" - 28,6%, сорт "Дебют" - 33,7%), і галактоза (сорт Південна ніч" - 14,1%, сорт "Дебют" - 13,3%). ВПСЛ відрізняються вмістом фукози (сорт "Південна ніч" – 3,7%, сорт "Дебют" – 2,1%) і глюкози (сорт "Південна ніч" – 3,7%, сорт "Дебют" – 4,2%).

Це пояснюється тим, що до складу насіння льону, на відміну від насіння інших олійних культур, входить фукоза, що характеризує специфічність як самої сировини, так і виділених полісахаридів.

Якщо кількісні відмінності в моносахаридній фракції НП ВПСЛ сортів "Південна ніч" і "Дебют" незначні, то в кислій фракції можна відзначити істотні розбіжності у вмісті галактуранової кислоти, галактози, ксилози і рамнози. У кислій фракції ВПЛ сорту "Південна ніч" на 12 % менше галактуранової кислоти, але на 3,3 % більше рамнози і на 6,4 % ксилози порівняно із сортом "Дебют". Наявність ксилози та арабінози у фракції КП, очевидно, пов'язана з частковим переходом у неї нейтральних полісахаридів, що підтверджується даними інших авторів [5].

Результати досліджень показали, що до складу насіння льону входять нейтральні і кислі фракції полісахаридів, які в основному представлені галактозою, ксилозою та арабінозою. Це дає можливість використовувати їх як біологічно активні компоненти (БАК) при додаванні в харчові системи. Також вони виконують роль загусників, наповнювачів, стабілізаторів емульсій і пін, що забезпечує водоутримувальну здатність і формування термостабільних гелів. Крім того, вони виводять з організму токсини, важкі метали, радіонукліди, що сприяє детоксикації.

Аналіз мінерального складу полісахаридів насіння льону свідчить, що домінуючими елементами СП ВПСЛ є калій, натрій і магній (табл. 7). При фракціонуванні полісахаридів відбувається перерозподіл елементів між фракціями. У КП співвідношення між калієм і магнієм приблизно 2:1, а в НП, навпаки, 1:2.

Таблиця 7

Мінеральний склад полісахаридів насіння льону, масова частка від зольного залишку, %

Елементи	Сумарні полісахариди		Нейтральні полісахариди		Кислі полісахариди	
	сорт льону		сорт льону		сорт льону	
	Південна ніч	Дебют	Південна ніч	Дебют	Південна ніч	Дебют
Калій	2,12	2,94	0,27	0,57	0,82	0,71
Магній	0,51	0,33	0,41	0,26	0,46	0,39
Фосфор	0,15	0,23	0,09	0,18	0,09	0,08
Натрій	0,62	0,44	0,60	0,38	0,61	0,57
Сірка	0,11	0,09	0,07	0,08	0,07	0,06
Кальцій	0,07	0,02	0,06	0,01	0,01	0,01
Мідь	0,04	0,03	0,04	-	0,01	-
Залізо	0,001	0,002	0,01	-	-	0,01

Гумі насіння льону являють собою водорозчинні полісахариди, вміст яких складає 8-10 % від маси сухих речовин. Нами було досліджено фракційний склад і фізико-хімічні властивості ВПСЛ як потенційних гідрокоолідів для харчових систем. У роботі використовували насіння сортів "Південна ніч" і "Дебют". Полісахариди зі здрібненого насіння льону виділяли і фракціонували. Реологічні дослідження (визначення граничної в'язкості) водних розчинів полісахаридів і їхніх фракцій проводили на віскозиметрі при 25 °С.

Молекулярний розподіл сумарних ВПСЛ і їхніх фракцій методом гель-хроматографування показав, що вони складаються з високомолекулярних фракцій, які елюються раніше, ніж лінійний декстран. Гель-хроматографічні профілі препаратів водних екстрактів лляних гумі показали, що вуглеводи елюються зі стовпчика із сефадексом повільніше, ніж лінійний декстран Т-500.

Кислі полісахариди елюються пізніше, ніж нейтральні, що ймовірно зв'язано з меншим гідродинамічним об'ємом кислих ВПСЛ. Полісахариди елюються переважно у вільному об'ємі стовпчика, тоді як білкові речовини – у вільному і загальному об'ємі. Хроматографічні профілі ВПСЛ істотно не відрізняються в залежності від сорту насіння льону, але спостерігаються розбіжності в полідисперсності фракцій, що є, мабуть, характерними ознаками ВПС.

Гель-хроматографічні профілі препаратів водних екстрактів лляних гумі (сортів "Південна ніч" і "Дебют") показали, що вуглеводи елюються зі стовпчика у вільному об'ємі, а білки як у вільному, так і в загальному об'ємах.

Як сумарний препарат, так і його кисла та нейтральна фракції складаються з високомолекулярних полімерів, що елюються зі стовпчика із сефадексом повільніше, ніж лінійний декстрин Т-500. Істотні кількості уронових кислот були виявлені в кислій фракції екстракту. У цілому, елюований об'єм кислих полісахаридів з'являється пізніше, ніж пік елюованого об'єму нейтральних полісахаридів, що свідчить про низький гідродинамічний об'єм кислих полісахаридів лляних гумі. Ці результати погоджуються з даними мелування, моносахаридного аналізу і ¹³С та ЯМР-спектроскопії [5], які показують, що нейтральні полісахариди лляних гумі є однорідними нейтральними фракціями.

В обох досліджуваних зразках при гель-хроматографуванні відзначено основний пік, близький до вільного об'єму стовпчика. Це також є свідченням того, що НП лляних гумі містять головним чином високомолекулярні фракції з незначною наявністю нейтральних низькомолекулярних полісахаридів.

Молекулярний розподіл КП показав наявність вуглеводів з меншими гідродинамічними об'ємами, ніж у нейтральних сумарних фракціях лляних гумі.

Реологічні дослідження (визначення граничної в'язкості) водних розчинів полісахаридів і їхніх фракцій (C=0,1-1,5 %). проводили на віскозиметрі Ubbelohde при 25 °С. Реологічні властивості і В33 вище, ніж окремих фракцій, що можливо за рахунок полімер-полімерних взаємодій.

На підставі отриманих даних було встановлено, що за реологічними властивостями полісахариди сумарного препарату лляних гумі незначно поступаються ксантановій камеді.

Очевидно, реологічні властивості СП ВПСЛ обумовлюються головним чином арабіноксиланами, які є основними полісахаридами ВПЛ і відповідають за процеси гелеутворення у водних розчинах. Високі показники в'язкісних властивостей розчинів НП ВПЛ можуть бути пояснені наявністю β-Д-(1,4) - ксиланових залишків арабіноксиланових компонентів, що виявляють кращі гідродинамічні властивості, ніж КП.

У результаті досліджень також було встановлено, що зі збільшенням масової частки НП гумі насіння льону у водному розчині збільшуються міцнісні властивості гелів, що характерно для властивостей високомолекулярних полімерів.

Порівняльні дослідження водозв'язуючої здатності (В33) різних гідро колоїдів у лляних гумі (табл.8) свідчать, що цей показник для гуарової та ксантанової камеді коливається в межах 2150 г H₂O/100 г сухих речовин і 1700 г H₂O/100 г сухих речовин.

Як відомо, виділені з насіння льону гумі містять близько 75-83 % вуглеводів. Сумарний препарат лляних гумі був фракціонований на кислу і нейтральну фракції. Значення В33 для досліджених гідроколоїдів свідчить про те, що гумі насіння льону мають відносно високу водозв'язуючу здатність, яка більш ніж в 1,5 рази перевищує цей показник для ксантанової камеді.

Таблиця 8

Водозв'язуюча здатність лляних гумі і промислових зразків харчових гідроколоїдів

Гідроколоїди	В33, г H ₂ O/100 г сухих речовин	Сумарні полісахариди	В33, г H ₂ O/100 г сухих речовин
Гуарова камедь	2150±300	насіння сорт "Південна ніч"	2600±340
Ксантанова камедь	1700±550	насіння сорт "Дебют"	2950±400

Беручи до уваги простоту виділення гумі з насіння льону і досить високі показники їх якості як гідроколоїдів, можна зробити висновок про перспективність їхнього використання в нових рецептах харчових продуктів.

Наукові розробки в галузі застосування натуральних лляних гідро колоїдів як стабілізаторів дозволять розширити асортимент функціональних продуктів харчування.

Останнім часом людство страждає від недостатнього споживання білка, що відіграє унікальну роль у життєдіяльності людини. Лляний білок (линулін) має повний склад незамінних для людського організму амінокислот, тому що лляному насінню, уживаному в їжу, не потрібна попередня термічна обробка, яка призводить до зміни білкової молекули. У зв'язку з цим він зберігає свою біологічну активність і є цінною сировиною для одержання білкових продуктів.

Це спонукає країни, населення яких використовувало в раціоні додатковий рослинний білок, до витиснення сої з продовольчої сфери і заміни її льоном.

Через сильно розвинуту хімічну структуру лляний білок виявляє гідрофільні властивості, тому одержати його безпосередньо з лляного насіння неможливо. З цього випливає, що першою технологічною стадією при одержанні білка з насіння льону може бути тільки виробництво лляної олії, яка має цінні поживні та лікувальні властивості. Відходами виробництва лляної олії холодним пресуванням насіння є макуха, яка містить понад 40 % харчового білка. Крім білка, лляна макуха містить до 11 % олії, не менше 33 % вуглеводів, близько 8 % золи і не більше 8 % води.

Аналіз складу і кількості інгредієнтів лляної макухи показує, що вона має високу харчову цінність і її застосування як кормової добавки є прикладом марнотратства продовольчої сировини. Тому доцільно використовувати лляну макуху як основу вітчизняну сировину з метою одержання рослинного білка для потреб харчової і фармацевтичної промисловості.

Результати дослідження білкового концентрату (табл. 9) свідчать, що він складається з 18 амінокислот, містить як замінні, так і незамінні амінокислоти. Вивчення хімічного складу білкового концентрату (визначання масової частки компонентів) показало, що основна його маса 74,30 % – це білки, з яких 44,33% є водорозчинними, крім того наявні 20,3% вуглеводів, 1,9% жирів і 2,1% мінеральних речовин.

Таблиця 9

Амінокислотний склад лляного борошна, макухи і білкового концентрату (г/100 м білка)

№	Амінокислоти	Лляне борошно		Макуха	Білковий концентрат
		Південна ніч	Дебют		
1.	Аспарагінова кислота	9,32±0,27	10,73±0,41	14,12±0,63	13,40±0,49
2.	Треонін	5,12±0,11	3,93±0,17	4,32±0,12	3,84±0,13
3.	Серин	4,02±0,11	5,14±0,20	5,72±0,10	5,54±0,12
4.	Глутамінова кислота	21,30±1,33	22,34±0,93	23,17±0,95	20,44±1,05
5.	Пролін	3,12±0,16	4,40±0,12	3,11±0,12	5,35±0,21
6.	Гліцин	6,12±0,13	5,57±0,19	4,32±0,14	3,73±0,15
7.	Аланін	3,30±0,14	3,92±0,12	2,94±0,089	3,06±0,12
8.	Валін	1,43±0,07	1,81±0,05	1,92±0,03	0,94±0,02
9.	Метіонін	2,10±0,07	1,77±0,03	2,09±0,02	3,34±0,11
10.	Ізолейцин	3,37±0,14	3,86±0,15	4,32±0,62	4,17±0,40
11.	Лейцин	4,21±0,11	4,87±0,13	4,09±0,51	4,52±0,41
12.	Тирозин	2,02±0,03	1,80±0,02	1,55±0,02	2,20±0,04
13.	Фенілаланін	6,17±0,21	5,47±0,21	4,09±0,03	5,92±0,23
14.	Гістидин	3,17±0,16	2,81±0,09	3,35±0,17	4,29±0,31
15.	Лізин	4,92±0,27	4,47±0,18	4,09±0,31	5,19±0,30
16.	Аргінін	11,74±0,52	9,72±0,41	10,27±0,39	8,98±0,34
17.	Триптофан	2,34±0,60	1,90±0,04	1,00±0,03	0,82±0,01
18.	Цистин	11,40±0,07	1,80±0,05	1,98±0,06	0,92±0,02

Висновки

Аналіз проведених досліджень дозволяє стверджувати що:

1. Рослинні білки, що вводяться в традиційні харчові системи, можуть відгравати в них двояку роль: по-перше, використовуватися як збагачувальні добавки (до 10-15 % маси), при цьому підвищується загальний вміст білка, харчова й біологічна цінність харчового продукту; по-друге, вони мають більш високі показники функціональних властивостей (жиро- і водорозчинності), ніж тваринні, до того ж вони є легко поновлюваними і менш дорогими.

2. Якщо порівняти за амінокислотним складом лляне борошно, макуху з білковим концентратом, то за якісним складом вони йому не поступаються, але спостерігаються розбіжності в кількісному складі. Так, наприклад, сумарний вміст незамінних амінокислот (масова частка від білка) у лляному борошні сорту "Південна ніч" становить 29,66 %, сорту "Дебют" – 28,08 %, у макусі – 25,92 %, у білковому концентраті – 28,74 %. З наведених даних видно, що БК за сумарним вмістом незамінних амінокислот наближається до лляного борошна, а в макусі міститься найменша їх кількість.

3. БК відрізняється від інших білкових продуктів тим, що має більш виражений ліпофільний характер. Його ліпофільні властивості пояснюються наявністю специфічних полісахаридів насіння льону, що переходять у розчин при одержанні білкових продуктів.

4. Виходячи з біохімічного складу і властивостей, можна зробити висновок, що лляне борошно, макуха і БК можуть бути використані як білково-вуглеводні та ліпідно-білково-вуглеводні функціональні добавки в харчових системах.

5. Такі білкові добавки називаються функціонально-технологічними, а будучи введеними в обмеженій кількості до складу багатьох харчових продуктів без погіршення органолептичних показників з масовою часткою 1-3%, виконують функції емульгаторів, стабілізаторів пін, зв'язуючих речовин, що сприяють поліпшенню біологічної й харчової цінності готової продукції. При застосуванні цих добавок у складі багатокомпонентних традиційних харчових систем визначається сукупність таких функціонально-технологічних властивостей, що роблять їх придатними для введення в той чи інший продукт без зниження органолептичних, біологічних і якісних показників, які відповідають традиційним загальноприйнятим уявленням про ці види продуктів харчування.

Список використаної літератури

1. Budwig J. Flax oil as a True Aid Against Arthritis, Heart Infection, Cancer and Other Diseases/ Vancouver: Appl. Publishing, 1992. – P. 34.
2. Матусевич Л.Г. Селиверстова Т.С., Кузнецова И.В., Резников В.М. Исследование химического состава лубяной и древесной частей льняного стебля // Химия древесины.- 1982.- №2.- С.45-49.
3. Технология производства растительных масел/В.М. Копейковский, С.И. Данильчук, Г.И. Данильчук, Г.И. Гарбузова и др. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 416 с.
4. Соболев М.А. Химия льна и лубоволокнистых материалов. - М: Гизлеспром, 1963.-120с.
5. Johnston P.V. Flaxseed oil and cancer: α -linolenic acid and carcinogenesis // Flaxseed in Human Nutrition, S.C. Cunnane and L.U. Thompson, Champaign, IL: AOCS Press. – 1995. – P. 207-218.