

Обґрунтування доцільності використання надземної частини буряків у виробництві оздоровчих харчових продуктів

Г.О. Сімахіна, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології оздоровчих продуктів, Національний університет харчових технологій

Наведено результати експериментальних досліджень білкового та амінокислотного складу надземної частини столового, цукрового та кормового буряків, обґрунтовано перспективи її використання для збагачення традиційних харчових продуктів. Вивчено фракційний склад білків надземної частини та перерозподіл фракцій білків при різних методах оброблення сировини. Зроблено висновок щодо доцільності застосування зеленої маси буряків для виробництва поліфункціональних збагачувачів.

Ключові слова: надземна частина, цукровий буряк, кормовий буряк, столовий буряк, білки, протеолітичні ферменти, фракціонування, низькотемпературне перероблення.

Приведены результаты экспериментальных исследований белкового и аминокислотного состава надземной части столовой, сахарной и кормовой свеклы, обоснованы перспективы ее использования для обогащения традиционных пищевых продуктов. Изучен фракционный состав белков надземной части и перераспределение фракций белков при разных методах обработки сырья. Сделан вывод относительно целесообразности применения зеленой массы свеклы для производства полифункциональных обогащителей.

Ключевые слова: надземная часть, сахарная свекла, кормовая свекла, столовая свекла, белки, протеолитические ферменты, фракционирование, низкотемпературная переработка.

This article represents the results of experimental researches on amino-acid compound of over-ground part of sugar, forage, and red beets, which helped the authors to prove the perspectives of its usage to enrich the traditional foodstuffs. We studied the fractional composition of proteins extracted from beets' over-ground part and the re-spreading of protein factions in the various methods of raw procession. Finally, the conclusion about the expedience of using the beets' green mass in production of polyfunctional enriching substances has been made.

Keywords: over-ground part, sugar beet, forage beet, red beet, proteins, proteolytic enzymes, fractioning, low-temperature procession.

Вступ. Трансформація вітчизняної економіки на інноваційну модель розвитку в галузі харчових технологій, яка забезпечувала б високу якість продукції при одночасній економії витрат, підвищенні ефективності та рентабельності виробництва, потребує активного впровадження результатів наукових досліджень та розробок.

Саме наукові знання та можливість їх використання у практичній діяльності є сьогодні головним чинником економічного зростання країни, в тому числі і в бурякоцукровій промисловості.

З цієї точки зору істотного значення набуває ефективно ви-

користання вторинних сировинних ресурсів галузі, до яких традиційно відносять жом (свіжий або висушений) та мелясу. Досі поза увагою залишалося ще одне важливе джерело цінних для організму людини біологічно активних речовин, передусім білків та амінокислот, – надземна частина буряків [1].

Разом із тим результати власних досліджень, аналіз експериментальних даних зарубіжних та вітчизняних учених свідчать, що в надземній частині усіх трьох підвидів буряків – столового, цукрового, кормового – міститься значна частина білку (від 1,5 до 3,1%), причому вона переважає

вміст білку у коренеплодах [2, 3].

Тому **метою цієї роботи** є порівняльні дослідження біологічної цінності та перетравлюваності білків надземної частини зазначених підвидів коренеплідного буряку *Beta vulgaris ssp. Esculenta* для обґрунтування доцільності її використання у виробництві оздоровчих харчових продуктів з підвищеним вмістом протеїну.

Передусім вивчили здатність білків надземної частини буряків до перетравлювання протеолітичними ферментами, оскільки цей показник є одним із найважливіших при характеристиці якості білків харчових

СИРОВИНА

продуктів.

Відомі методи визначення перетравлюваності білків *in vitro* добре узгоджуються з даними, отриманими *in vivo* [4]. Визначення *in vitro* широко використовується для порівняльної характеристики харчових продуктів одного типу, в тому числі і рослинної сировини, тому ми використали цей метод при з'ясуванні біологічної цінності білків надземної частини буряків.

Білки молока використано як стандартний субстрат. Перетравлюваність визначали таким чином. За розробленим фотоколориметричним методом [5] знаходили масову частку білку до і після ферментативного гідролізу. Різниця між цими величинами являє собою кількість гідролізованого білку. Відношення цієї кількості до вихідного вмісту білку, виражене у відсотках, характеризує перетравлюваність білку.

Умови протеолізу, визначені в результаті підбору фермент-субстратного співвідношення (1:12,5), оптимальна тривалість проведення реакції гідролізу (3 год.), температура (37,5 °C) та кислотність середовища (рН=2) моделюють процес перетравлення білків у шлунково-кишковому тракті людини. Результати досліджень виражали в ммоль NH₂ на 1 г білку (табл. 1).

З таблиці 1 видно, що білки надземної частини буряків усіх підвидів відзначаються досить високим ступенем перетравлюваності, зіставним із перетрав-

люваністю контрольного білку – молока (78...82%).

Разом з тим виявлено, що на всіх стадіях протеолізу до білків молока за ступенем перетравлюваності максимально наближаються білки зеленої маси цукрового буряку. Це свідчить про те, що білки надземної частини буряків при надходженні в організм людини під дією протеолітичних ферментів легко розпадатимуться в шлунково-кишковому тракті до амінокислот і повністю всмоктуватимуться в кров, забезпечуючи вихідний матеріал для синтезу власних білків організму, залежно від його потреб.

Тобто, надземна частина буряків може стати істотним джерелом протеїну при виробництві нових харчових продуктів.

Подальші дослідження показали, що амінокислотний склад білків надземної частини буряків відзначається широким спектром компонентів (табл. 2). Згідно з даними таблиці, білок надземної частини досліджених видів буряків містить усі незамінні амінокислоти, котрі підтримують в організмі людини азотну рівновагу і без яких неможливе нормальне його функціонування. На їхню частку припадає близько третини усіх амінокислот буряку.

Порівняння отриманих даних з добовою потребою людини ви окремих амінокислотах показало, що практично всі вони забезпечують від 20 до 50% потреби живого організму, а за вмістом метіоніну, проліну, гістидину, триптофану перевищують її. Це ж стосується вмісту

ізолейцину у зеленій масі цукрових буряків.

У зв'язку з цим, доцільно охарактеризувати біологічну роль основних амінокислот у функціонуванні організму людини.

Значну кількість амінокислот складає метіонін (5,065 г/100 г – для надземної частини цукрових буряків, 4,526 г/100 г – для кормових буряків, 3,773 г/100 г – для столових), котрий постачає організм сіркою, запобігає ожирінню печінки, бере участь у синтезі холіну, вітаміну B₁₂, фолієвої кислоти, адреналіну.

Тирозин на сьогодні вважається одним із найефективніших засобів боротьби зі стресом, депресіями, втому. Резерви нейромедіаторів, що допомагають людині справлятися зі стресом, – зокрема адреналіну та норадреналіну – величезною мірою залежать від наявності тирозину. У поєднанні із триптофаном (частка якого у надземній частині буряків теж досить значна) тирозин впливає і на лікування інших складних хвороб, пов'язаних із дисбалансом хімії мозку – гіперактивності, дефіциту уваги, хвороби Паркінсона, гіпотиреозу, а також сприяє відвиканню від нікотинової залежності.

Загальний вміст сірковмісних амінокислот у надземній частині цукрових буряків дещо вищий, ніж у буряку кормовому, і втричі більший, ніж у столовому. Високим є вміст ізолейцину, особливо у надземній частині цукрових буряків – 5,856 г/100 г. Ця амінокислота відповідає за збережен-

Таблиця 1

Кількість гідролізованих *in vitro* білків надземної частини буряків

Вид матеріалу	Стадія протеолізу			
	Пепсинова	Трипсинова	Пептидазна	Загальний протеоліз
Буряк цукровий	3,08±0,26	11,48±1,22	15,78±0,09	30,34±0,92
Буряк кормовий	2,65±0,76	11,02±0,54	14,80±0,14	28,47±0,48
Буряк столовий	2,32±0,14	10,36±0,62	13,94±0,38	26,62±0,09
Білки молока (контроль)	3,66±0,12	12,10±0,34	15,32±0,09	31,08±0,22

Таблиця 2

Амінокислотний склад білків надземної частини буряків (г/100 г білку)

Амінокислоти	Матеріали			Добова потреба, г
	Буряк цукровий	Буряк кормовий	Буряк столовий	
Валін	1,434	1,089	1,240	3...4
Ізолейцин	5,856	2,727	2,315	3...4
Лейцин	2,275	сліди	1,920	4...6
Лізін	2,11	0,580	1,340	3...5
Метіонін	5,065	4,526	3,773	2...4
Цистин	0,010	-	-	2...3
Сума сірковмісних	5,075	4,526	3,773	-
Треонін	3,288	0,958	1,465	2...3
Фенілаланін	2,995	3,388	2,040	2...4
Тирозин	5,278	3,292	3,450	3...4
Сума ароматичних	8,273	6,680	5,490	-
Триптофан	2,844	1,117	1,324	1
Аланін	5,935	2,613	3,152	3
Аргінін	9,836	9,679	6,670	5...6
Аспарагінова к-та	9,237	3,022	5,040	6
Гістидин	5,196	4,079	2,583	1,5...2
Гліцин	3,526	1,348	5,470	2...3
Глютамінова к-та	15,142	12,987	12,322	16
Пролін	21,123	20,966	34,514	5
Сірін	3,959	1,347	7,244	3

ня м'язів, і її називають «паливом для м'язів». Вона та інші амінокислоти з розгалуженими ланцюгами захищають тканини м'язів від розпаду, що є частиною природного обміну речовин. У нормі організм сам регенерує ці тканини, використовуючи амінокислоти для побудови нових білків. Однак у багатьох випадках розпад відбувається швидше, ніж відновлення. Наприклад, коли людина вживає мало білкової їжі, перебуває у стані стресу, хворіє. Тому зрозумілою є та велика роль, яку відіграють амінокислоти ізолейцин, лейцин, валін, запобігаючи надмірному розпаду тканин м'язів.

У ряду всіх визначених амінокислот за вмістом на третьому місці стоїть аргінін (майже 10 г/100 г). Він ефективно підвищує імунний захист організму, знижує рівень холестерину. Лише 20 років тому учені виявили, що аргінін регулює вміст у крові дивовижної сполуки – оксиду азоту, котрий відповідає за регулювання кровотоку, імун-

ної функції, комунікації між нервовими клітинами, роботи печінки, згортання крові тощо. У певних випадках, наприклад при активному рості, відновленні після травм, за необхідності в посиленому імунному захисті організм не може задовольнити свої потреби в аргініні, і тоді ця кислота набирає статусу незамінної.

Глютамінова кислота – складова білку, присутня в організмі у найбільших кількостях. Деякі учені вважають, що вона також є найбільш важливою. З даних **таблиці 2** видно, що у надземній частині буряків вміст глютамінової кислоти майже найвищий, особливо у цукрових буряках. Значущість глютамінової кислоти для живого організму – в тому, що вона є найкращим джерелом азоту, а це – основна умова позитивного азотного балансу. Лише небагато препаратів, які використовуються в медицині, можуть зрівнятись із глютаміновою кислотою за широтою спектру дії – від лікуван-

ня шлунково-кишкових хвороб до зняття наркотичної залежності. Для успішної реабілітації після будь-яких хвороб організмові потрібні певні білки. Не має значення, котрий саме білок необхідний у той чи той момент – він може бути синтезований за допомогою L-глютаміну, який має додатковий атом азоту і легко віддає його для синтезу інших амінокислот. Глютамінова кислота бере білки відтіля, де організм без них може обійтись, і постачає їх туди, де вони потрібні. Більш того, вона допомагає організмові виробляти інші важливі нутрієнти, зокрема глутатіон, глюкозамін, вітамін B₃ [6].

Аналогічну характеристику можна надати й іншим амінокислотам. Загальний висновок один – надземна частина всіх досліджених видів буряків відзначається істотною біологічною цінністю, і це підтверджує можливість розглядати її як багате нетрадиційне джерело харчового протеїну.

Важливою характеристикою

Таблиця 3

Фракційний склад білків надземної частини цукрового буряку

Фракція білку	Масова частка фракцій білків, % від загального вмісту білку
Водорозчинна (альбуміни)	46,8 ± 0,24
Солерозчинна (глобуліни)	26,0 ± 0,73
Лужнорозчинна (глутеліни)	9,7 ± 0,28
Спирторозчинна (проламіни)	4,1 ± 0,56
Нерозчинний залишок	13,4 ± 0,57

білків є також ступінь їх розчинності у різних середовищах. За цим показником білкові сполуки поділяються на альбуміни, глобуліни, проламіни та глутеліни.

Альбуміни – водорозчинні білки – характеризуються найбільшою харчовою та біологічною цінністю. Вони з мінімальними витратами енергії перетворюються в організмі людини та найбільш збалансовані за амінокислотним складом. **Глобуліни** – солерозчинні білки – також відзначаються високою біологічною цінністю, але здебільшого лімітовані за сірковмісними амінокислотами. В спирто- та лужнорозчинних фракціях білків (глутеліни та проламіни) відсутні деякі незамінні амінокислоти, вони важче піддаються дії протеолітичних ферментів і своєю присутністю знижують біологічну цінність харчових продуктів.

У літературі відсутні дані щодо фракційного складу білків надземної частини буряків, тому таке дослідження було проведено в цій роботі. Їх фракціювали таким чином – масу тонко по-

дрібненої сировини екстрагували відповідними розчинниками у співвідношенні 1 : 3, тривалості 60 хв. при кімнатній температурі та перемішуванні.

У якості розчинників альбумінів виступає вода; глобулінів – 1 М NaCl у 0,1 М фосфатному буфері (рН 6,8); глутелінів – 0,1 н NaOH; проламінів – 70%-ний етиловий спирт.

Витяжки отримували на центрифугі протягом 15 хвилин при 6000 об/хв. Осад промивали і промивними водами доводили об'єм кожної витяжки до 150 см³. Вміст білкових речовин надземної частини буряків визначали за розробленим нами методом, заснованим на біуретовій реакції [5].

Отримані результати фракційного складу білків надземної частини цукрового буряку за розчинністю у різних розчинниках наведено в **таблиці 3**.

Результати таблиці ще раз підтверджують доцільність отримання харчових біодобавок із зеленої маси буряків, оскільки їхні білкові сполуки майже на 70% представлені компонентами ви-

сокої біологічної цінності (альбумінами та глобулінами).

Надземна частина буряків є сезонною сировиною, тому для забезпечення виробництва протеїновмісних композицій упродовж року необхідно зробити достатні запаси вихідних матеріалів. Для цього використовують один із відомих методів консервування. Щоб максимально зберегти в готовому продукті весь нативний біокомплекс сировини, оброблення надземної частини буряків треба проводити в найбільш щадних технологічних умовах.

При переробленні білковмісних матеріалів традиційними тепловими методами білки зазнають небажаних різноманітних перетворень, котрі погіршують їх властивості, змінюючи, зокрема, здатність до гідратації. Відбувається деструкція полімерів, втрата летких ароматичних сполук, модифікація текстури, збільшення нерозчинного білкового залишку, котрий не засвоюється організмом людини. У крохмалистій сировині після термічного оброблен-

Таблиця 4

Фракційний склад білків зеленої маси цукрового буряку при різних методах оброблення

Зелена маса буряку за умов експерименту	Масова частка фракцій білків, % від загальної маси білку				
	Водорозчинна	Солерозчинна	Лужнорозчинна	Спирторозчинна	Нерозчинний залишок
Свіжа	46,8	26,0	9,7	4,1	13,4
При зберіганні (4...8 °С) протягом 7 діб	44,0	25,2	9,4	3,6	17,8
Після низькотемпературного сушіння (0...25 °С)	42,2	24,0	8,6	3,8	21,4
Після теплового сушіння (100...110 °С)	27,4	13,6	7,8	3,0	48,2

ня спостерігається утворення білково-крохмальних комплексів, що не перетравлюються протеолітичними ферментами. Це пов'язано з підвищенням ступеня агрегації і денатурації білків і залежить від інтенсивності утворення міжмолекулярних ковалентних S-S-зв'язків у результаті окиснення SH-груп. Тому найбільш придатним способом зневоднення надземної частини буряків є її низькотемпературне сушіння при температурах, нижчих від 20 °C [7].

Цікаві дані отримано у дослідженнях із перерозподілу фракційного складу білків надземної частини цукрових буряків при різних температурних методах її оброблення. Їх наведено у таблиці 4 у зіставленні з контрольним зразком – білками свіжої надземної частини буряків.

З даних таблиці видно, що після високотемпературного оброблення надземної частини буряків частка нерозчинного залишку зростає майже у чотири рази, істотно знижуючи біологічну цінність білків і продуктів, отриманих на його основі.

Виявлено зміну і інших властивостей білків надземної частини буряків під дією різних температур. Температура сушіння впливає передусім на біологічну цінність, одним із основних показників якої є перетравлюваність білків протеолітичними ферментами шлунково-кишкового тракту. Результати показали також, що найбільш доступними для дії цих ферментів є легкорозчинні білкові фракції надземної частини буряків після низькотемпературного сушіння.

Більш того, білок надземної частини буряків після низькотемпературного сушіння перетравлюється навіть краще, ніж білок свіжої маси. Причина полягає в тому, що під дією низьких температур частина білків із нерозчинного переходить у розчинний стан. Імовірно, що у свіжій масі буряків внаслідок певного вмісту зв'язаної води білко-

ві молекули міцно агреговані, і цей стан ускладнює розщеплення білків ферментами. Температурний шок, якому піддаються клітини матеріалу при швидкому зниженні температури, сприяє руйнуванню цих агрегатів, вивільненню значної кількості білкових молекул, їх частковій деструкції і збільшенню числа вільних амінокислот, що підвищує біологічну цінність отриманих продуктів [7].

Після теплового сушіння, навпаки, в декілька разів збільшується частка нерозчинного білкового залишку, і ступінь розщеплення білку таких продуктів різко падає. Особливо це виявляється на стадії хімотрипсिनного гідролізу – моделі процесів, які відбуваються в тонкому кишечнику. В цьому випадку значення перетравності білку свіжої маси буряку і висушеної тепловим способом відрізняється в 2,5...2,7 рази.

Висновки

Для забезпечення сучасного розвитку підприємств харчової промисловості, в тому числі бурякоцукрової галузі, необхідним є раціональне поєднання фінансової (інвестиційної) складової діяльності з інноваційним потенціалом наукових досліджень і розробок. Це передусім впровадження нових енерго- та ресурсощадних технологій і раціональне використання вторинних сировинних ресурсів галузі. Окрім жому та м'яси, привабливі перспективи вбачаються у застосуванні надземної частини цукрових буряків, переробленої відповідним чином, у якості білкових збагачувачів різних харчових продуктів, оскільки її білки майже на 70 % представлені легкорозчинними і легкозасвоюваними альбумінами та глобулінами.

Загалом результати досліджень показали, що надземна частина усіх трьох підвидів коренеплідного буряку може стати істотним джерелом протеїну в раціоні харчування людини, зважаючи на ту величезну увагу, ко-

тра приділяється сьогодні проблемам пошуку нових джерел білку, виділення легкозасвоюваних високобілкових композицій із рослинної сировини традиційних і нетрадиційних для харчової промисловості видів.

Список використаних джерел

1. Упир Л.В. Дослідження біологічно активних речовин буряка звичайного / Л.В. Упир, В.М. Ковальов // Фізіологічно активні речовини. – 2000. – №2. – С. 82-86.
2. Петров В.А. Свекловодство / В.А. Петров, В.Ф. Зубенко. – 3-е изд., стереотипное. – М. : Колос, 2001. – 258 с.
3. Сімахіна Г.О. Розроблення та вдосконалення технологій цукристих речовин та цукромістких харчових добавок : дис. на здобуття наукового ступеня д-ра техн. наук (05.18.05) / Галина Сімахіна. – К., 1999. – 456 с.
4. Методы белкового и аминокислотного анализа растений / под ред. В.Г. Канарева. – 4-е изд. – СПб : Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2003. – 284 с.
5. Рева Л.П. Быстрый метод количественного определения белков в соках сахарного производства / Л.П. Рева, Г.А. Симахина // Реф. сб. «Сахарная пром-сть». – М. : ЦНИИТЭИпищепром, 1982. – Вып. 1. – С. 12-18.
6. Покровский А.А. Роль биохимии в развитии науки о питании : некоторые закономерности ассимиляции пищевых веществ на уровне клетки и целостного организма / Алексей Покровский. – М. : Наука, 1974. – 178 с.
7. Сімахіна Г.О. Низькі температури у технологіях оздоровчих продуктів : монографія / Г.О. Сімахіна, Н.В. Науменко. – К. : Видавництво «Сталь», 2011. – 363 с.

Рецензент: В.М. Логвін,
д.т.н., проф.