

УДК 664.126.1.038

PERSPECTIVES TO USE THE GREEN MASS OF BEETS ON QUALITATIVELY NEW LEVEL

G. Simakhina

National University of Food Technologies

Key words:

green mass,
beets,
proteins,
proteolytic enzymes,
low-temperature procession

Article history:

Received 17.10.2016
Received in revised form
31.10.2016
Accepted 4.11.2016

Corresponding author:
lyutik.0101@gmail.com

ABSTRACT

This article represents the results of experimental researches on amino-acid compound of green mass 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' green mass 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. General proteolysis of proteins extracted from green mass almost achieved the level of analogical index for the control proteins (milk). We can forecast the foodstuffs enriched with an additive of green mass of plants to be outstanding due to high level of protein absorption.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕЛЕНОЇ МАСИ БУРЯКІВ НА ЯКІСНО НОВОМУ РІВНІ

Г.О. Сімахіна, д-р техн. наук

Національний університет харчових технологій

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

Ключові слова: зелена маса, види буряків, білки, протеолітичні ферменти, низькотемпературне перероблення.

Постановка проблеми. 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 і розробок. Саме наукові знання та можливості 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 ефективне використання вторинних сировинних ресурсів галузі, до яких традиційно відносять жом (свіжий або висушений) та мелясу. Досі поза увагою залишалось ще одне важливе джерело цінних для організму людини біологічно активних речовин, передусім білків та амінокислот, – зелена маса буряків [1].

Разом із тим результати власних досліджень, аналіз експериментальних даних зарубіжних і вітчизняних учених свідчать, що в зеленій масі всіх трьох підвидів буряків — столового, цукрового, кормового — міститься значна частина білка (від 1,5 до 3,1%), причому вона переважає вміст білка у коренеплодах [2].

Мета статті: порівняльні дослідження біологічної цінності та перетравлюваності білків зеленої маси коренеплодів буряків для обґрунтування доцільності їх використання у виробництві оздоровчих харчових продуктів з підвищеним вмістом протеїну. Дослідження виконано на базі кафедри технології оздоровчих продуктів.

Матеріали і методи. Дослідження проводили на коренеплодах *Beta vulgaris* ssp. *Esculenta* (столові, цукрові, кормові). Для дослідження хімічного складу коренеплодів застосовано загальноприйняті методи.

Передусім вивчили здатність білків зеленої маси буряків до перетравлювання протеолітичними ферментами, оскільки цей показник є одним із найважливіших при характеристиці якості білків харчових продуктів.

Відомі методи визначення перетравлюваності білків *in vitro* добре узгоджуються з даними, отриманими *in vivo* [3]. 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 зеленої маси буряків.

Білки молока використано як стандартний субстрат. Перетравлюваність визначали таким чином: за розробленим фотоколориметричним методом [4] знаходили масову частку білка до і після ферментативного гідролізу. Різниця між цими величинами являє собою кількість гідролізованого білка. Відношення цієї кількості до вихідного вмісту білка, виражене у відсотках, характеризує перетравлюваність білка.

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

Таблиця 1. Кількість гідролізованих *in vitro* білків зеленої маси 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

З табл. 1 видно, що білки зеленої маси буряків усіх підвидів відзначаються досить високим ступенем перетравлюваності, зіставним із перетравлюваністю контрольного білка — 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 зеленої маси 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 зелена маса буряків може стати істотним джерелом протеїну при виробництві нових харчових продуктів.

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

Таблиця 2. Амінокислотний склад білків зеленої маси буряків (г/100 г білка)

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
Лізин	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
Сірин	3,959	1,347	7,244	3

Порівняння отриманих даних з добовою потребою людини в 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 в 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 зеленої маси цукрових буряків, 4,526 г/100г — для кормових буряків, 3,773 г/100г — для столових), який постачає організм сіркою, запобігає ожирінню печінки, бере участь у синтезі холіну, вітаміну В₁₂, 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, суттєво залежать від наявності тирозину. У поєднанні з триптофаном (частка якого у зеленій масі 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 ніотинової залежності.

Загальний вміст сірковмісних амінокислот у зеленій масі цукрових буряків дещо вищий, ніж у буряку кормовому, і втричі більший, ніж у столовому. Високим є вміст ізолейцину, особливо у зеленій масі цукрових буряків — 5,856 г/100 г. Ця амінокислота відповідає за збереження 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), який ефективно підвищує імунний захист організму, знижує рівень холестерину. Лише 20 років тому учені виявили, що аргінін регулює вміст у крові дивовижної сполуки — оксиду азоту, який відповідає за регулювання кровотоку, імунної 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 набуває статусу незамінної.

Глютамінова кислота — складова білка, наявна в організмі у найбільших кількостях. Деякі учені вважають, що вона також є найбільш важливою. З даних табл. 2 видно, що у зеленій масі 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 спектра дії — від лікування шлунково-кишкових хвороб до зняття наркотичної залежності. Для успішної реабілітації після будь-яких хвороб організмові потрібні певні білки. Не має значення, який саме білок необхідний у той чи той момент — він може бути синтезований за допомогою L-глютаміну, що має додатковий атом азоту і легко віддає його для синтезу інших амінокислот.

Глютамінова кислота бере білки звідтіля, 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 [5].

Аналогічну характеристику можна надати й іншим амінокислотам. Загальний висновок один — зелена маса всіх досліджених видів буряків відзначається істотною біологічною цінністю, що підтверджує можливість розглядати її як багате нетрадиційне джерело харчового протеїну.

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

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

У літературі відсутні дані щодо фракційного складу білків зеленої маси буряків, тому таке дослідження було проведено в цій статті. Білки фракціювали таким чином: масу тонко подрібненої сировини екстрагували відповідними розчинниками у співвідношенні 1 : 3, тривалості 60 хв при кімнатній температурі та перемішуванні. Розчинником альбумінів виступає вода; глобулінів — 1 М NaCl у 0,1 М фосфатному буфері (рН 6,8); глютелінів — 0,1 н NaOH; проламінів — 70-відсотковий 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 зеленої маси буряків визначали за розробленим нами методом, заснованим на біуретовій реакції.

Отримані результати фракційного складу білків зеленої маси цукрового буряку за розчинністю у різних розчинниках наведено в табл. 3. Результати, наведені у табл. 3, ще раз підтверджують доцільність отримання харчових біодобавок із зеленої маси буряків, оскільки їхні білкові сполуки майже на 70% представлені компонентами високої біологічної цінності (альбумінами та глобулінами).

Таблиця 3. Фракційний склад білків зеленої маси цукрового буряку

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

Зелена маса 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 зеленої маси буряків треба проводити в найбільш щадних технологічних умовах.

При переробленні білковмісних матеріалів традиційними тепловими методами білки зазнають небажаних різноманітних перетворень, які погіршують їх властивості, змінюючи, зокрема, здатність до гідратації [6]. Відбувається деструкція полімерів, втрата летких ароматичних сполук, модифікація текстури, збільшення нерозчинного білкового залишку, що не засвоюється організмом людини. У крохмалистій сировині після термічного оброблення 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 зеленої маси буряків є її низькотемпературне сушіння при температурах, нижчих від 20 °C [7].

Цікаві дані отримано у дослідженнях із перерозподілу фракційного складу білків зеленої маси цукрових буряків при різних температурних методах її оброблення. Їх наведено у табл. 4 у зіставленні з контрольним зразком — білками свіжої зеленої маси буряків. З даних, наведених у табл. 4, видно, що після високотемпературного оброблення зеленої маси буряків частка нерозчинного залишку зростає майже у чотири рази, істотно знижуючи біологічну цінність білків і продуктів, отриманих на його основі.

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 білка				
	Водорозчинна	Соле-розчинна	Лужнорозчинна	Спирторозчинна	Нерозчинний залишок
Свіжа	46,8	26,0	9,7	4,1	13,4
Зберігання (7 днів, 4... 8 °C)	44,0	25,2	9,4	3,6	17,8
Низькотемпературне сушіння (0... 25 °C)	42,2	24,0	8,6	3,8	21,4
Теплове сушіння (100... 110 °C)	27,4	13,6	7,8	3,0	48,2

Також виявлено зміну інших властивостей білків зеленої маси 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, що найбільш доступними для дії цих ферментів є легкорозчинні білкові фракції зеленої маси буряків після низькотемпературного сушіння. Більш того, білок зеленої маси 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 унаслідок певного вмісту зв'язаної води білкові 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 білка таких продуктів різко падає. Особливо це виявляється на стадії хімотрипсिनного гідролізу — моделі процесів, які відбуваються в тонкому кишечнику. В цьому випадку значення перетравності білка свіжої маси буряку і висушеної тепловим способом відрізняється в 2,5...2,7 раза.

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 енергетичних та ресурсощадних технологій і раціональне використання вторинних сировинних ресурсів галузі. Окрім жому та меляси, привабливі перспективи вбачаються у застосуванні зеленої маси цукрових буряків, переробленої відповідним чином, як білкових збагачувачів різних харчових продуктів, оскільки її білки майже на 70 % представлені легкорозчинними і легкозасвоюваними альбумінами та глобулінами.

Загалом результати досліджень показали, що зелена маса всіх трьох підвидів коренеплідного буряку може стати істотним джерелом протеїну в раціоні харчування людини, зважаючи на ту величезну увагу, яка приділяється сьогодні проблемам пошуку нових джерел білка, виділення легкозасвоюваних високобілкових композицій із рослинної сировини традиційних і нетрадиційних для харчової промисловості видів.

ЛІТЕРАТУРА

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. Методы белкового и аминокислотного анализа растений / под ред. В.Г. Канарева. — 4-е изд. — СПб: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2003. — 284 с.
4. 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.
5. 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.
6. Фурсік, О.П. Рослинні білкові препарати у технології повноцінних м'ясопродуктів / О.П. Фурсік, І.М. Страшинський // Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 12—13 травня 2016 р. — К.: НУХТ, 2016. — С. 52—54.

7. Фізико-хімічні методи обробки сировини і стабілізація харчових продуктів: [монографія] / А.І. Соколенко, О.Ю. Шевченко, В.А. Піддубний та ін. — К.: ПП Люксар, 2009. — 454 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ СВЕКЛЫ НА КАЧЕСТВЕННО НОВОМ УРОВНЕ

Г.А. Симахина

Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены результаты экспериментальных исследований белкового и аминокислотного состава зеленой массы столовой, сахарной и кормовой свеклы, обоснованы перспективы ее использования для обогащения традиционных зеленой массы надземной части и перераспределение фракций белков при разных методах обработки сырья. Сделан вывод относительно целесообразности применения зеленой массы свеклы для производства полифункциональных обогатителей.

Ключевые слова: *зеленая масса, виды свеклы, белки, протеолитические ферменты, низкотемпературная переработка.*