

Біологічна цінність та фракційний склад білків цукрових буряків

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

Вивчено фракційний склад білків цукрових буряків як один із критеріїв біологічної цінності. Встановлено, що білки містять переважно водо- та солерозчинну фракції, і саме це сприяє кращій їх збалансованості за амінокислотним складом та передбачає більш високий ступінь перетравлюваності білків в організмі людини протеолітичними ферментами. Вивчено перерозподіл фракційного складу білків цукрових буряків при різних способах їх перероблення.

Ключові слова: цукрові буряки, білки, амінокислоти, перетравлюваність, протеолітичні ферменти, фракціонування.

Изучен фракционный состав белков сахарной свеклы как один из критериев биологической ценности. Установлено, что белки содержат преимущественно водо- и солерастворимую фракции, и именно это способствует лучшей их сбалансированности по аминокислотному составу и предусматривает более высокую степень перевариваемости белков в организме человека протеолитическими ферментами. Изучено перераспределение фракционного состава белков сахарной свеклы при разных способах их переработки.

Ключевые слова: сахарная свекла, белки, аминокислоты, перевариваемость, протеолитические ферменты, фракционирование.

The factional composition of sugar beet proteins was studied in this article as one of the main criteria for their biological value. We confirmed that proteins contain mostly water and salt soluble fractions, and this fact provides their better balance by amino acid content and conditions the higher grade of proteins' digestibility by proteolytic enzymes in human organism. The re-placement of factional composition of sugar beet was also studied for different types of their procession.

Keywords: sugar beet, proteins, amino acids, digestibility, proteolytic enzymes, fractioning

Азотисті сполуки харчової сировини, до складу яких у переважній кількості входять білки, амінокислоти, рослинні основи, є найважливішим компонентом їжі людини. Потреба живого організму в цих сполуках залежить від віку, статі, характеру трудової діяльності. В організмі здорової людини має існувати рівновага між кількістю тих білків, що надійшли, і тих, що виділились з продуктами розкладу. Тому для оцінки білкового обміну введено поняття азотного балансу [1]. В молодому організмі йде накопичення білкової маси, і рівновагу азотного балансу зміщено в позитивну сторону – кількість азоту, що надійшла з їжею, переважає кількість виведеного з організму. У людей старшого віку, ослаблених та хворих при нестачі в раціоні харчування

білків, незамінних амінокислот, вітамінів спостерігається негативний азотний баланс. При його тривалій дії організм гине.

Результати власних досліджень, аналіз експериментальних даних зарубіжних та вітчизняних дослідників показали, що в цукрових буряках – одній із найважливіших сільськогосподарських культур України – частка білкового азоту складає 55-62% до загальної маси азотистих сполук. І, таким чином, білок буряків може стати істотним джерелом протеїну в раціоні харчування людини.

Відомо, що біологічна цінність продукту визначається не лише вмістом у ньому білку, а й його якістю. Тому **метою цієї роботи** є вивчення фракційного складу білків цукрових буряків, від якого значною мірою залежить перетравлюваність білків.

Перетравлюваність, тобто здатність білку гідролізуватися ферментами шлунково-кишкового тракту, – найважливіший показник якості білку. Цю властивість вивчають методами *in vitro* та *in vivo*. Відомі методи визначення перетравлюваності білків *in vitro* добре узгоджуються з даними, отриманими *in vivo* [2]. Визначення *in vitro* широко використовується для порівняльної характеристики харчових продуктів одного типу, в тому числі і рослинної сировини, тому ми і використали цей метод при з'ясуванні біологічної цінності білків цукрових буряків у порівнянні з іншими культурами.

У роботі використано продукти низькотемпературного сушіння цукрових буряків, моркви, амаранту та білків м'яса як стандартного субстра-

Кількість гідролізованих *in vitro* білків сублімованих матеріалів

Вид кріоматеріалу	Стадія протеолізу							
	Пепсинова	σ_{\pm}	Трипсинова	σ_{\pm}	Пептидазна	σ_{\pm}	Загальний протеоліз	σ_{\pm}
Білки молока (контроль)	3,50	0,76	11,24	0,39	15,27	0,34	30,01	1,46
Буряк	3,14	0,34	11,19	1,44	15,04	0,19	29,37	0,94
Зерно амаранту	1,22	0,14	11,07	0,56	16,52	2,32	28,81	1,16
Морква	2,65	0,82	11,04	0,48	14,92	0,11	28,61	0,32

ту. Перетравлюваність визначали таким чином. За розробленим фотоколориметричним методом [3] 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, оптимальна тривалість проведення реакції та кислотність середовища відповідають умовам

у шлунково-кишковому тракті людини.

До наважки досліджуваного кріоматеріалу додавали водний розчин пепсину, підкисленого HCl до pH 2, у співвідношенні **фермент : субстрат = 1 : 12,5**. Тривалість гідролізу – 3 години, температура 37,5 °C. Після зазначеного часу фермент інактивували додаванням 20%-ного розчину трихлороцтової кислоти. Проби витримували ще деякий час. Потім їх центрифугували для найповнішого осадження білків і визначали в центрифугатах їх вміст.

Перетравлюваність трипси-

ном знаходили таким же чином, приливаючи до наважки зразка 1%-ний розчин ферменту в 0,05 М фосфатному буфері pH 7,0. Потім визначали ступінь пептидазного гідролізу.

Установлено, що білки буряків відзначаються високою біологічною цінністю, а за амінокислотним складом (табл. 2) наближаються до білків тваринного походження. Про це свідчать отримані нами результати вивчення гідролізу білків буряків після низькотемпературного зневоднення, у порівнянні зі стандартним білком молока та легкоперетравними білками

Таблиця 2.

Амінокислотний склад білків сублімованих рослинних матеріалів (г/100 г білку)

Амінокислоти	Сублімовані матеріали		
	буряків	моркви	амаранту
Валін	1,557 (32,8)	1,089 (21,7)	3,243 (64,8)
Ізолейцин	5,856 (146,4)	2,727 (68,2)	3,350 (87,7)
Лейцин	2,275 (32,5)	сліди	5,942 (84,9)
Лізин	2,11 (38,4)	0,580 (10,5)	5,271 (95,8)
Метіонін	5,065	4,526	0,673
Цистин	0,010	-	1,012
Сума сірковмісних	5,075 (145,0)	4,526 (129,3)	1,685 (48,1)
Треонін	3,288 (81,9)	0,958 (23,9)	3,770 (94,2)
Фенілаланін	2,975	3,388	5,050
Тирозин	5,278	3,292	3,540
Сума ароматичних	8,273 (137,8)	6,680 (111,3)	8,590 (143,1)
Триптофан	2,239 (22,3)	1,117 (11,2)	2,327 (23,2)
Аланін	5,935	2,613	3,152
Аргінін	11,356	9,679	5,701
Аспарагінова к-та	9,237	3,022	5,039
Гістидин	5,196	4,079	2,683
Гліцин	3,526	1,348	12,560
Глютамінова к-та	10,045	4,987	3,220
Пролін	25,123	30,966	3,612
Сірин	3,959	1,347	4,120

зерна амаранту і моркви (табл. 1).

Результати досліджень виражали в ммоль NH₂ на 1 г білку.

З наведених даних видно, що на всіх стадіях протеолізу перетравність білків сублімованих буряків становить 78-82% і дуже мало відрізняється від аналогічних показників для контрольного білку – молока та дещо переважає показники для амаранту і моркви. Тому білки буряків при надходженні в організм людини в шлунково-кишковому тракту під дією протеолітичних ферментів легко розпадатимуться до амінокислот і повністю всмоктуватимуться в кров.

Амінокислотний склад сублімованих буряків відзначається широким спектром компонентів, кількісні показники яких зіставні з амінокислотами зерна амаранту та моркви (табл. 2). В дужках у відсотках вказано скор деяких незамінних амінокислот стосовно шкали ФАО/ВООЗ.

Згідно з даними таблиці 2, білок сублімованих цукрових 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 буряків.

Значну кількість складає метіонін (5,065 г/100 г), котрий постачає організм сіркою, запобігає ожирінню печінки, бере участь у синтезі холіну, вітаміну В₁₂, фолієвої кислоти, адреналіну.

Загальний вміст сірковмісних кислот у буряках дещо вищий, ніж у моркві, і втричі більший, ніж у зерні амаранту. Це узгоджується з відомими літературними даними щодо того, що у більшості зернових, бобових, картоплі сірковмісні кислоти складають усього 50-60% оптимальної кількості.

Високий вміст тирозину у сублімованих буряках свідчить про його значні бактеріологічні властивості. А аспарагінова та глютамінова кислоти, сума яких у цьому матеріалі складає 20 г/100 г білку, відіграють важливу роль в обміні речовин, особливо білковому, використовуються при лікуванні захворювань центральної нервової системи, депресій.

Щоб максимально зберегти в готовому продукті весь нативний біокомплекс сировини, оброблення 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. Має місце деструкція полімерів, втрата летких ароматичних сполук, модифікація текстури, збільшення нерозчинного білкового залишку, котрий не засвоюється організмом людини.

У крохмалистій сировині після термічного оброблення спостерігається утворення білково-крохмальних комплексів, що не перетравлюють-

ся протеолітичними ферментами. Це пов'язано з підвищенням ступеню агрегації і денатурації білків і залежить від інтенсивності утворення міжмолекулярних ковалентних S-S-зв'язків у результаті окислення SH-груп.

Відомо, що за розчинністю у різних системах білкові сполуки поділяються на альбуміни, глобуліни, проламіни та глютеліни. **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 (**глютеліни** 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 буряків, тому такі дослідження було проведено в цій роботі. Білкові сполуки буряків за розчинністю у різних середовищах фракціонували таким чином: масу тонко подрібнених коренеплодів екстрагували відповідними розчинниками при кімнатній температурі та перемішуванні відповідно до умов, наведених у табл. 3. Витяжки отримували на центрифугі протягом 15 хвилин при 6000 об/хв.

Таблиця 3.

Умови фракціонування білків буряків

Умови аналізу	Фракції білкових сполук			
	альбуміни	глобуліни	глютеліни	проламіни
Розчинники	вода	1 М NaCl у 0,1 М фосфатному буфері (pH 6,8)	0,1 н NaOH	70% етиловий спирт
Бурякова маса: розчинник	1 : 3	1 : 3	1 : 2,5	1 : 2,5
Тривалість екстрагування, хв.	60	60	60	60

Фракційний склад білків цукрового буряків

Фракція білку	Масова частка фракціонованих білків, % від загального вмісту білку	$\sigma \pm$
Водорозчинна (альбуміни та легкорозчинний глобулін)	44,4	0,36
Солерозчинна (важкорозчинні глобуліни)	23,9	0,89
Лужнорозчинна (глутеліни)	10,4	0,17
Спирторозчинна (проламіни)	3,06	0,44
Нерозчинний залишок	18,1	0,67

Осад промивали і промивними водами доводили об'єм кожної витяжки до 150 см³. Вміст білкових речовин буряків визначали у відповідних витяжках та в осаді після останнього екстрагування за розробленим нами методом, заснованим на біуретовій реакції.

Отримані результати фракційного складу білків цукрових буряків за розчинністю у різних розчинниках наведено в табл. 4.

Результати таблиці ще раз підтверджують доцільність отримання харчових біодобавок із буряків, оскільки їхні білкові сполуки майже на 70% представлені компонентами високої біологічної цінності.

Цікаві дані отримано у дослідженнях із перерозподілу фракційного складу білків сублімованих буряків при різних температурних методах його оброблення. Отримані дані наведено у табл. 5 у зіставленні з

контрольним зразком – білками свіжих буряків.

З даних таблиці видно, що заморожування і наступна сублімація буряків сприяє значному зменшенню кількості нерозчинного залишку (в 2-4 рази). Навпаки, після високотемпературного оброблення буряків частка нерозчинного залишку збільшується більш ніж удвічі, знижуючи біологічну цінність білків і продуктів, що його містять.

Виявлено зміну і інших властивостей білків буряків під дією різних температур. Температура оброблення впливає перш за все 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 сублімованих буряків.

Швидкість ферментативного гідролізу білків оцінювали за величиною приросту оптичної густини гідролізатів водорозчинної фракції білку буряків після низькотемпературного і теплового сушіння, визначеною на спектрофотометрі СФ-16 при довжині хвилі 280 нм. Контроль – білки свіжих буряків.

Отримані дані показали, що білок буряків після низькотемпературного сушіння перетравлюється навіть краще, ніж білок свіжих буряків. Причина полягає в тому, що під дією низьких температур частина білків із нерозчинного переходить у розчинний стан. Ймовірно, що у свіжих буряках унаслідок певного вмісту зв'язаної води білкові молекули міцно агреговані, і цей стан ускладнює розщеплення білків ферментами. Температурний шок, котрому піддаються клітини матеріалу при швидкому зниженні темпе-

Таблиця 5.

Перерозподіл фракційного складу білків буряків при різних методах оброблення

Умови експерименту	Масова частка фракцій білків, % від загальної маси білку				
	Водорозчинна	Солерозчинна	Лужнорозчинна	Спирторозчинна	Нерозчинний залишок
Свіжі буряки	44,4	23,9	10,4	3,06	18,24
Буряки при зберіганні (4...8 °С) 16 тижнів	44,0	23,9	8,6	2,94	20,56
Буряки після заморожування (0...-28 °С)	51,6	27,8	11,9	4,2	4,5
Буряки після сублімації (0...25 °С)	46,2	29,4	9,6	4,2	10,6
Буряки після теплового оброблення (100...110 °С)	31,7	17,8	7,5	3,9	39,1

ТЕХНОЛОГІЇ

ратури, сприяє руйнуванню цих агрегатів, вивільненню значної кількості білкових молекул, їх частковій деструкції і збільшенню числа вільних амінокислот, що загалом підвищує біологічну цінність отриманих кріопродуктів [4].

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 свіжих буряків і висушеного тепловим способом відрізняється в 2,5-2,7 рази.

Висновки

Білки цукрових буряків відзначаються високою біологічною цінністю, зумовленою пе-

реважним вмістом водо- та солерозчинної фракції, які характеризуються найкращою збалансованістю за амінокислотним складом та перетравлюються в організмі людини протеолітичними ферментами з мінімальними витратами енергії. Одним із засобів підвищення біологічної цінності біокомпонентів цукрових буряків є їх перероблення при температурах, нижчих від нуля. При цьому зростає частка водо- та солерозчинної фракцій, зменшується вміст нерозчинного залишку, що загалом позитивно впливає на процеси засвоєння амінокислот організмом людини і їх використання на синтез власних білків.

Список використаних джерел

1. Покровский А.А. Роль биохимии в развитии науки о питании : некоторые закономер-

ности ассимиляции пищевых веществ на уровне клетки и целостного организма / Алексей Покровский. – М. : Наука, 1974. – 178 с.

2. Методы белкового и аминокислотного анализа растений / под ред. В.Г. Канарева. – 4-е изд. – СПб : Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2003. – 284 с.

3. 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.

4. Симахина Г.О. Низькі температури у технологіях оздоровчих продуктів : монографія / Г.О. Симахина, Н.В. Науменко. – К. : Видавництво «Сталь», 2011. – 363 с.

Рецензент: В.М. Логвін, д.т.н., проф.

ЦІКАВІ НОВИНИ

Цукор вбирає нафтові плями і замінює ціанід при видобутку золота

Новий клас штучних матеріалів на основі цукру знадобиться для створення молекулярних сит, каталізаторів, фільтрів. При цьому відкриття було зроблене практично випадково. Як розповідає хімік Мік Мойлан (Австралія), він експериментував з цукрами, на кшталт глюкози і галактози. Виявилось, що вони утворюють стабільні з'єднання з такими металами, як кобальт і цинк.

Результат схожий на каркас, де молекули цукру утворюють пруті, а атоми металу - шарнірні з'єднання каркасу. Новий матеріал може замінити цеоліти в промисловості. Цеоліти, це пористі губки природного походження використовуються при створенні кормів для тварин, для розпушуючих добавок в ґрунт, і фільтрації води.

Синтетичні цеоліти використовуються як каталізатори, миючі засоби і молекулярні решета. Наноматеріал на основі цукру вигідно відрізняється від цеолітів тим, що можна програмувати розмір, форму і кут нахилу стін ґрат, що значно збільшує кількість можливих реакцій, і комбінацій за участю нового матеріалу.

За словами Мік Мойлана похідні цукру - природний, широко поширений, ресурс, що відновлюється, а також розкладається мікроорганізмами. Якби була можливість комерційно розвинути наноматеріали, і технології, ґрунтовані на цукрі, це стало б великим досягненням, і принесло б великі вигоди для цукрової промисловості.

Молекули цукру мають на кінцях своєрідні «щипці», які міцно утримують атоми металу. Нові наномодифікації цукру прекрасно фільтрують забруднення, включаючи нафту, інші олії, іржу, і важкі метали. Більше того, наноцукор можна застосовувати для відділення одного компонента суміші від іншого в індустріальних процесах. При видобутку золота і його відділенні від руди широко використовується ціанід - надзвичайно небезпечна, і отруйна речовина. Якби його вдалося замінити наномодифікованим цукром, дешевим і екологічним рішенням, це був би великий крок вперед для гірничодобувної промисловості.

Джерело: Український сайт нанотехнологій