

RESEARCHES ON BEET OVERGROUND PART AS THE SOURCE OF FOOD PROTEIN

H. Simakhina, L. Solodko

National University of Food Technologies

Key words:

*Sugar beet Forage beet
Red beet proteins
Proteolytic enzymes
Fractioning*

Article history:

Received 20.04.2014
Received in revised form
20.05.2014
Accepted 01.06.2014

Corresponding author:

H. Simakhina

E-mail:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The article represents the results of experimental researches on amino-acid compound of overground part of beets and shows the perspectives of its usage as a source of food protein. The fractional composition of proteins has been studied. It has been elucidated that such proteins contain mostly water-soluble and salt-soluble fractions. This characteristic promotes their better balance on amino-acid compound.

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДЗЕМНОЇ ЧАСТИНИ БУРЯКІВ ЯК ДЖЕРЕЛА ХАРЧОВОГО ПРОТЕЇНУ

Г.О. Сімахіна, Л.М. Солодко

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати експериментальних досліджень білкового складу надземної частини буряків і показано перспективи її використання як джерела харчового протеїну. Вивчено фракційний склад білків і встановлено, що вони містять переважно водо- та солерозчинну фракції. Це сприяє кращій їх збалансованості за амінокислотним складом.

Ключові слова: цукровий буряк, кормовий буряк, столовий буряк, білки, протеолітичні ферменти, фракціонування.

Буряк звичайний (*Beta vulgaris* L. родини мареві *Chenopodiaceae*) є добре знаною сільськогосподарською рослиною. Його було окультурено в давні часи. Як лікарська рослина буряк відомий ще за 1500—2000 років до нашої ери у Вірменії, Ірані. У Київській Русі його почали вирощувати як овочеву рослину у X—XI століттях. На початку XIX ст. буряк почали використовувати як сировину для отримання цукру. Культурний буряк звичайний поділяють на 2 підвиди: *ssp. cicla* — мангольд, який використовують як листовий овоч, та *ssp. esculenta* — коренеплідний буряк. Його різновиди — буряк столовий (*Beta vulgaris* var *conditiva*), буряк цукровий (*Beta vulgaris* var *saccharifera*), буряк кормовий (*Beta vulgaris* var *crassa*) [1].

Результати власних досліджень, аналіз експериментальних даних зарубіжних і вітчизняних учених свідчать, що в надземній частині всіх трьох підвидів буряків міститься значна частина білка (від 1,5 до 3,1%), причому вона переважає вміст білка у коренеплодах [2, 3].

Отже, білок і буряків, і їхньої надземної частини 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.

Метою статті є вивчення протеїнового складу надземної частини буряків і здатності білків до перетравлювання в умовах, що моделюють процес у шлунково-кишковому тракті людини.

Методи досліджень. Перетравлюваність є одним із найважливіших показників якості білка. 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 цей метод використано нами при з'ясуванні біологічної цінності білків надземної частини буряків.

У дослідженні використано зелену масу цукрового, кормового та столового буряку. Білки молока використано як стандартний субстрат. Перетравлюваність визначали таким чином: за розробленим фотоколориметричним методом [5] 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 його перетравлюваність. Умови протеолізу, визначені в результаті підбору фермент-субстратного співвідношення, оптимальна тривалість проведення реакції та кислотність середовища моделюють умови у шлунково-кишковому тракті людини.

До наважки досліджуваного матеріалу 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-відсоткового розчину трихлороцтової кислоти. Проби витримували ще деякий час. Потім їх центрифугували для найповнішого осадження білків і визначали їхній вміст у центрифугатах.

Перетравлюваність трипсином знаходили таким же чином, приливаючи до наважки зразка одновідсотковий розчин ферменту в 0,05 М фосфатному буфері pH 7,0. Потім визначали ступінь пептидазного гідролізу.

Результати та обговорення. Установлено, що білки буряків відзначаються високою біологічною цінністю, а за амінокислотним складом наближаються до білків тваринного походження. Про це свідчать отримані нами результати вивчення гідролізу білків буряків порівняно зі стандартним білком молока (табл. 1). Результати досліджень виражали в ммоль NH₂ на 1 г білка.

З табл. 1 видно, що білки надземної частини буряків усіх підвидів відзначаються досить високим ступенем перетравлюваності, який можна порівняти із перетравлюваністю контрольного білка — молока (78...82 %).

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 |

Разом з тим виявлено, що на всіх стадіях протеолізу до білків молока за ступенем перетравлюваності максимально наближаються білки цукрового буряку. Загалом, білки надземної частини буряку при надходженні в організм людини в шлунково-кишковому тракті під дією протеолітичних ферментів легко розпадатимуться до амінокислот і повністю всмоктуватимуться в кров.

Амінокислотний склад білків надземної частини буряків відзначається широким спектром компонентів. Результати представлено в табл. 2. Згідно з даними табл. 2, білок надземної частини досліджених видів буряків містить усі незамінні амінокислоти, які підтримують в організмі людини азотну рівновагу і без яких неможливе нормальне його функціонування. Їхня частку складає близько третини всіх амінокислот буряку.

Значну кількість амінокислот складає метіонін (5,065 г/100 г — для надземної частини 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, втомою. Резерви нейромедіаторів, що допомагають людині справлятися зі стресом, зокрема адреналіну та норадреналіну, величезною мірою залежать від наявності тирозину. У поєднанні з 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 і кормових буряків дещо вищий, ніж у моркві (4,412 г/100 г), і втричі більший, ніж у зернових, наприклад, зерні амаранту (1,685 г/100 г). Це узгоджується з відомими літературними даними про те, що у більшості зернових, бобових, картоплі сірковмісні кислоти становлять усього 50...60% оптимальної кількості.

Високим є вміст ізолейцину, особливо у надземній частині 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. Зрозумілою є та велика роль, яку відіграють амінокислоти ізолейцин, лейцин, валін, запобігаючи надмірному розпаду тканин м'язів.

Таблиця 2. Амінокислотний склад білків надземної частини буряків (г/100 г білка)

| Амінокислоти | Матеріали | | |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|
| | Буряк цукровий | Буряк кормовий | Буряк столовий |
| Валін | 1,557 | 1,089 | 1,240 |
| Ізолейцин | 5,856 | 2,727 | 2,315 |
| Лейцин | 2,275 | сліди | 1,920 |
| Лізін | 2,11 | 0,580 | 1,340 |
| Метіонін | 5,065 | 4,526 | 3,773 |
| Цистин | 0,010 | — | — |
| Сума сірковмісних | 5,075 | 4,526 | 3,854 |
| Треонін | 3,288 | 0,958 | 1,465 |
| Фенілаланін | 2,628 | 3,388 | 2,040 |
| Тирозин | 5,278 | 3,292 | 3,450 |
| Сума ароматичних | 8,273 | 6,680 | 7,640 |
| Триптофан | 2,844 | 1,117 | 1,324 |
| Аланін | 5,935 | 2,613 | 3,152 |
| Аргінін | 9,352 | 9,679 | 6,670 |
| Аспарагінова к-та | 9,237 | 3,022 | 5,040 |
| Гістидин | 5,196 | 4,079 | 2,583 |
| Гліцин | 3,526 | 1,348 | 5,470 |
| Глютамінова к-та | 14,045 | 12,987 | 12,322 |
| Пролін | 21,123 | 20,966 | 34,514 |
| Сірін | 3,959 | 1,347 | 7,244 |

Серед усіх визначених амінокислот за вмістом на третьому місці знаходиться аргінін (майже 10 г/100 г), який ефективно підвищує імунний захист організму, знижує рівень холестерину. Лише 20 років тому вчені виявили, що аргінін регулює вміст у крові дивовижної сполуки — оксиду азоту, який відповідає за регулювання кровообігу, 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 вчені вважають, що ця кислота також є найбільш важливою. З даних табл. 2 видно, що у надземній частині буряків вміст глютамінової кислоти майже найвищий, особливо у цукрових буряках. Значення глютамінової кислоти для живого організму полягає в тому, що вона є найкращим джерелом азоту, а це — основна умова позитивного азотного балансу. Лише небагато препаратів, які використовуються в медицині, можуть

зрівняти з глютаміною кислотою за широтою спектру 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 певний 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 звідти, де організм без них може обійтись, і постачає їх туди, де вони потрібні. Більш того, кислота допомагає організмові виробляти інші важливі нутрієнти, зокрема глутатіон, глюкозамін, вітамін B₃ [6].

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

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

У літературі відсутні дані про фракційний склад білків надземної частини буряків, тому такі дослідження проведені авторами цієї статті. Білкові сполуки буряків за розчинністю у різних середовищах фракціювали таким чином: масу тонко подрібнених коренеплодів екстрагували відповідними розчинниками при кімнатній температурі та перемішуванні за таких умов:

- співвідношення надземної частини буряків і розчинника 1 : 3;
- тривалість екстрагування 60 хв;
- розчинники альбумінів — 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 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 табл. 3.

Результати, наведені у табл.3, ще раз підтверджують доцільність отримання харчових біодобавок із буряків, оскільки їхні білкові сполуки майже на 70% представлені компонентами високої біологічної цінності.

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 відо-

мих методів консервування. Щоб максимально зберегти в готовому продукті весь нативний біокомплекс сировини, оброблення надземної частини буряків треба проводити в найбільш щадних технологічних умовах.

Таблиця 3. Фракційний склад білків надземної частини цукрового буряку

| Фракція білка | Масова частка фракціонованих 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 |

При переробленні білковмісних матеріалів традиційними тепловими методами білки зазнають небажаних різноманітних перетворень, які погіршують їхні властивості, змінюючи, зокрема, здатність до гідратації. 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 й денатурації білків і залежить від інтенсивності утворення міжмолекулярних ковалентних S-S-зв'язків у результаті окиснення SH-груп. Зважаючи на це, найбільш придатним способом зневоднення надземної частини буряків є її низькотемпературне сушіння при температурах, нижчих 20 °С [7].

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

З даних табл.4 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 й 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, що найбільш доступними для дії цих ферментів є легкорозчинні білкові фракції надземної частини буряків після низькотемпературного сушіння. Швидкість ферментативного гідролізу білків оцінювали за величиною приросту оптичної густини гідролізатів водорозчинної фракції білка надземної частини буряків після низькотемпературного і теплового сушіння, визначеною на спектрофотометрі СФ-16 при довжині хвилі 280 нм. Контроль — білки свіжої надземної частини буряків.

Отримані дані показали, що 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 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].

Таблиця 4. Перерозподіл фракційного складу білків надземної частини цукрового буряку при різних методах оброблення

| Умови експерименту | Масова частка фракцій білків, % від загальної маси білка | | | | |
|---|--|--------------|---------------|----------------|---------------------|
| | Водорозчинна | Солерозчинна | Лужнорозчинна | Спирторозчинна | Нерозчинний залишок |
| Свіжа надземна частина буряків | 46,8 | 26,0 | 9,7 | 4,1 | 13,4 |
| Надземна частина буряку при зберіганні (4... 8 °С) протягом 7 діб | 44,0 | 25,2 | 9,4 | 3,6 | 17,8 |
| Надземна частина буряку після низькотемпературного сушіння (0... 25 °С) | 42,2 | 24,0 | 8,6 | 3,8 | 21,4 |
| Надземна частина буряку після теплового сушіння (100... 110 °С) | 27,4 | 13,6 | 7,8 | 3,0 | 48,2 |

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 білка свіжої маси буряку і висушеної тепловим способом відрізняється в 2,5...2,7 раза.

Висновки

Білки надземної частини всіх досліджених видів буряків відзначаються високою біологічною цінністю, зумовленою переважним вмістом водо- та солерозчинної фракції, які характеризуються найкращою збалансованістю за амінокислотним складом і перетравлюються в організмі людини протеолітичними ферментами з мінімальними витратами енергії. Одним із способів підвищення біологічної цінності біокомпонентів надземної частини буряків є її зневоднення при температурах, що не перевищують 20 °С. 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 для синтезу власних білків.

Література

1. Утір Л.В. Дослідження біологічно активних речовин буряка звичайного / Л.В. Утір, В.М. Ковальов // Фізіологічно активні речовини. — 2000. — №2. — С. 82–86.
2. Петров В.А. Свекловодство / В.А. Петров, В.Ф. Зубенко. — 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. Сімахіна // 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.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ СВЕКЛЫ КАК ИСТОЧНИКА ПИЩЕВОГО ПРОТЕИНА

Г.А. Сімахіна, Л.М. Солодко

Национальный университет пищевых технологий

В статье приведены результаты экспериментальных исследований белкового состава надземной части свеклы и показаны перспективы ее использования как источника пищевого протеина. Изучен фракционный состав белков; установлено, что они содержат преимущественно водо- и солерастворимую фракции. Это способствует лучшей их сбалансированности по аминокислотному составу.

Ключевые слова: сахарная свекла, кормовая свекла, столовая свекла, белки, протеолитические ферменты, фракционирование.