

УДК 664:001.4

**ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ ЯКОНУ (*POLYMNIA SONCHIFOLIA*)
В ОЗДОРОВЧОМУ ХАРЧУВАННІ**

Гріненко І. Г., д.т.н., заст. завідувача
відділу цукру, цукристих речовин та інгредієнтів
<https://orcid.org/0000-0002-7832-7578>

Хомічак Л. М., д.т.н., член-кореспондент НААН, директор,
<http://orcid.org/0000-0001-9003-0315>

Грушецький Р. І., д.т.н., головний науковий співробітник
відділу технології продуктів бродіння
<https://orcid.org/0000-0002-1513-4015>

Інститут продовольчих ресурсів НААН, Київ, Україна

<https://doi.org/10.31073/foodresources2024-22-05>

Предмет. Якон – рослина родини складноцвітих, у їжу вживають його коренеплоди. В дослідженнях було використано 5 сортів якону, а саме: Rojo Et Blanco, New Zealand, White, Morado, Late Red. **Мета.** Оцінка перспектив використання бульб якону в створенні нових продуктів оздоровчого харчування та розроблення технології одержання солодких порошків – природних підсолоджувачів. **Методи.** Стандартні методи визначання показників якості сировини та готових розчинів – органолептичні, фізико-хімічні та хроматографічні. **Результати.** Доведено, що функціональні властивості бульб якону, а саме: низька калорійність, пре біотичні властивості, гіпоглікемічна та гіполіпідемічна активність, антиоксидантні властивості та можливість використання як природного підсолоджувача, цілком доводять його перспективність в якості інгредієнта оздоровчого харчування. Дослідження урожайності та характеристик коренебульб якона різних сортів показало, що в умовах вирощування в Київській області, всі сорти забезпечили середню вагу бульб в межах 185–240 г, вміст фруктанів становив від 24 до 31%, що можна порівняти із вмістом фруктанів у бульбах топінамбуру. Оцінка амінокислотного складу засвідчила, що до складу всіх сортів якону входять майже всі незамінні амінокислоти крім метіоніну, отже його відсутність найкраще компенсувати, використовуючи якон у поєднанні з продуктами, що мають високий вміст цієї амінокислоти. Встановлено, що максимальне накопичення сухих речовин в коренях якону відбувається в жовтні, натомість у листопаді фіксується мінімальна кількість високомолекулярних і максимальна кількість низькомолекулярних фруктанів. Розроблена технологічна схема одержання солодкого порошку із бульб якону. **Сфера застосування результатів.** Одержані результати можуть бути використані при розробленні нової продукції оздоровчого призначення.

Ключові слова: якон, підсолоджувач, пребіотик, сироп, суспензія, порошок.

**PERSPECTIVE OF USING YACON (*POLYMNIA SONCHIFOLIA*)
IN HEALTHY NUTRITION**

Iryna Grinenko, D-r of Science, Engineering
Deputy Head of the Department of Sugar, Sugar Containing Products and Ingredients
<https://orcid.org/0000-0002-7832-7578>

Liubomyr Khomichak, D-r of Sciences, Engineering,
corresponding member of NAAS, Director
<http://orcid.org/0000-0001-9003-0315>

Roman Hrushetskyi, D-r of Sciences, Technical, Chief Researcher
Department of Fermentation Products Technology
<https://orcid.org/0000-0002-1513-4015>

Institute of Food Resources of the National Academy of Agrarian Sciences, Kyiv, Ukraine

Subject. Yacon is a plant of the compositae family, its roots are edible. In the research, varieties of yacon of foreign selection were used, namely: Rojo Et Blanco, New Zealand, White, Morado, Late Red. **Purpose.** To evaluate the prospects of using yacon tubers in the creation of new health food products and to develop the technology for obtaining sweet powders – natural sweeteners. **Methods.** The standard organoleptic, physicochemical and chromatographic methods were used. **Results.** It has been proven that the functional properties of yacon tubers, namely: low calorie content, prebiotic, hypoglycemic and

*hypolipidemic activity, antioxidant and natural sweetener traits, fully ensure the possibility of its use as an ingredient of health food. The study of the yield and characteristics of yacon tubers of different varieties of foreign selection showed that under growing conditions in the Kyiv region, all varieties provided an average weight of tubers within the range of 185–240 g, the content of fructans was from 24 to 31%, which can be compared with the content of fructans in tubers of Jerusalem artichoke. The assessment of the amino acid composition proved that the composition of all varieties of yacon includes almost all essential amino acids except methionine, its absence is best compensated by using yacon in combination with products that have a high content of this amino acid. It was established that the maximum accumulation of dry matter in yacon roots occurs in October, while in November the minimum amount of high molecular weight and the maximum amount of low molecular weight fructans is recorded. A technological scheme for obtaining a sweet powder from yacon tubers has been developed. **Scope of the results.** The obtained results can be used in the development of new health products.*

Key words: yacon, sweetener, prebiotic, syrup, suspension, powder.

Постановка проблеми. Якон (*Polymnia sonchifolia*) – представник родини Складноцвітих, близький родич топінамбуру і соняшнику (рис. 1). Основний ареал якону – це середні широти Південної Америки. Він уже масово вирощується в США, Європі, Японії, Ірані, Молдавії, Чехії і Узбекистані. Сільське господарство України теж давно зацікавилася цією культурою. В цілому можна відмітити, що якон досить пластична культура і вирощується на земній кулі в межах 40⁰ пд.ш. ... 45⁰ пн.ш.



Рис. 1. Зовнішній вигляд і коренебульби якону (Київ, 2017 р.)

Рослина має велике бульбове коріння схоже на батат зовнішнім виглядом (рис.1 праворуч). Рослини надзвичайно витривалі і здатні рости при високій або низькій температурі. Якон зростає висотою до двох метрів, має велике протилежно розміщене стрілоподібне листя з зубчаними краями, і кілька жовто-оранжевих квітів 3 см в діаметрі. Рослина відрізняється наявністю двох видів бульбового коріння, кореневища з центральними "вічками" для росту нових стебел, а також кілька їстівних коренів, які відходять від кореневища. Крихіткі, від жовто-коричневого до фіолетового, плавні конічні коренеплоди є насправді їстівними коренями, що можуть бути довжиною до 40 см і важити до 2 кг. Коренеплоди є хрусткими, солодкими та соковитими.

Більша частина кореневої біомаси складається з води, яка зазвичай перевищує 70% від свіжої маси. У зв'язку з високим вмістом води, енергетична цінність кореня низька. Бульбове коріння містить тільки 0,3–3,7% білка, а 70–80% його сухої речовини складається з цукрів, в основному, фруктоолігосахаридів. Існує суттєва відмінність в біосинтезі фруктанів у бульбах топінамбуру і бульбо-коренях якону [1].

І в топінамбурі і в яконі є основних три ферменти:

1. Цукроза: цукрозафруктозилтрансфераза (ЦФТ). Цей фермент є основним каталізатором процесу біосинтезу, і саме він відповідає за початкову стадію синтезу фруктанів, каталізуючи перенесення фруктозного залишку від однієї молекули цукрози до іншої. В даному випадку цукроза є і донором і акцептором фруктозильних залишків.

2. Фруктан:фруктан фруктозилтрансфераза (ФФТ) – це фермент, який бере участь в перерозподіленні фруктозильних залишків між ГФп і сахарозою. Результатом такого неодноразового трансфруктозилювання є утворення високомолекулярних фруктанів.

3. Фруктанексогодроза.

Зазначені ферменти працюють вони по різному. В топінамбурі, як і в інших інуліноносних рослинах, на протязі всього періоду вегетації працюють перші два ферменти, які забезпечують синтез фруктанів. І лише коли закінчується сезон росту підземних органів, запаси цукрози у них знижуються, синтез фруктанів припиняється, ЦЦТ активність швидко зникає і бульби і коріння входять у період відносного спокою. На протязі періоду «сплячки» фруктани піддаються поступовій деполімеризації, яка ініціюється гідролітичним вивільненням фруктозильного залишку під дією фруктанекзогідролази (ФЕГ). Цей фермент є специфічним для олігомерних і полімерних фруктанів і, фактично, не активний у відношенні цукрози.

Характерною особливістю якону є те, що всі три ферменти працюють одночасно на протязі всього періоду вегетації. Саме з цієї причини максимальна ступінь полімеризація фруктанів в складі якона не перевищує 12–14 одиниць. Крім того, після збирання урожаю в країнах, з яких походить якон, його залишають на полях під пекучим сонцем на 10–14 днів. За цей період відбувається природний гідроліз фруктанів, і бульби набувають солодкого смаку.

Солодкість якону обумовлена фруктозою, яка на 70% солодша за цукор, не стимулює вироблення інсуліну і не викликає глікемічну реакцію. З цієї точки зору, сахариди якону – ідеальні підсолоджувачі для діабетиків – замість прямого введення в кровотік глюкози, фруктоза має більш повільний і більш повний процес метаболізму і спричиняє негативного впливу на імунну систему.

У світі ця рослина відома досить давно, і з неї виробляють такі продукти, як солодкі скибочки повітряно-висушених бульб, нерафінований сироп якону, який має консистенцію меду і може застосовуватися як дієтичний підсолоджувач, сік без додавання цукру, синтетичних барвників та консервантів, тільки з незначним додаванням вітаміну С тощо. Коріння якону є джерелом сировини для виробництва солодких кондитерських виробів, ферментованих овочів та етанолу, також воно може бути використане в якості «чіпсів» в зневодненій формі [2–5].

Втім, якон цінується не лише своїм солодким смаком, а й за його властивості пребіотика, що має місце за рахунок наявності фруктанів, за рахунок поліфенолів з переважанням хлорогенової кислоти, він має антиоксидантні властивості [6–8]. Функціональні властивості бульб якону наведені на рис. 2. Бульби якону мають досить цінний мінеральний склад, особливо це стосується селену, солей калію, цинку тощо.

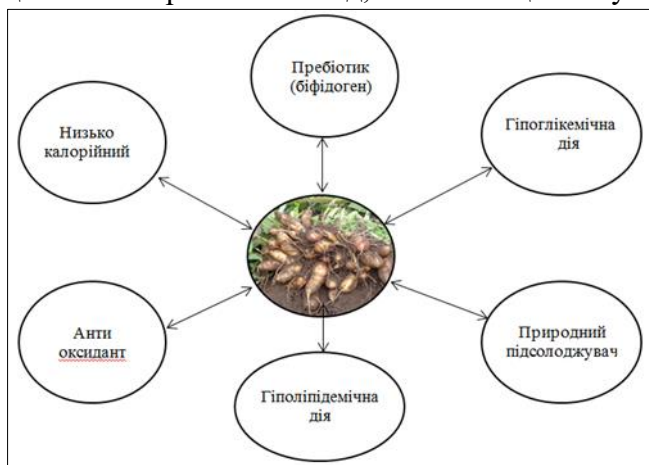


Рис. 2. Функціональні властивості бульбокоренів якону

Матеріали та методи. В дослідженнях було використано 5 сортів якону: Rojo Et Blanco, New Zealand, White, Morado, Late Red. Методами дослідження основних показників якості сировини та готових розчинів були стандартні – органолептичні, фізико-хімічні та хроматографічні методи. Інформаційна база дослідження – наукові статті у вітчизняних та закордонних виданнях, інформаційні електронні ресурси, власні дослідження.

Результати та обговорення. В табл. 1 наведені результати урожайності

та вмісту сухих речовин, фруктанів і рН соку коренебульб якону різних сортів.

Таблиця 1

**Результати досліджень урожайності
та характеристик коренебульб якона різних сортів**

Сорти якону	Маса бульб, г	Вміст сухої речовини, %	Вміст фруктанів, %	pH соку
Rojo Et Blanco	237,7±29,8	14,7±0,5	24,61±3,1	6,71
New Zealand	188,1±25,4	13,90±0,4	31,14±3,0	6,64
White	221,5±26,7	12,9±0,4	25,93±2,8	6,59
Morado	224,8±29,1	15,1±0,5	27,48±2,9	6,78
Late Red	183,9±26,8	14,3±0,5	26,10±2,9	6,62

Амінокислотний склад. Оскільки кінцевою задачею дослідження було одержання порошку із бульб якону, необхідно було дослідити, які ще компоненти крім фруктанів входять до їх складу. Дослідження вмісту незамінних амінокислот 6 сортів якону наведено в табл. 2, дані якої свідчать про те, що до складу всіх сортів якону входять майже всі незамінні амінокислоти, крім метіоніну. Найбільш вираженою є амінокислота аргінін. І хоча вона може синтезуватися в організмі з інших амінокислот, при певних захворюваннях, у разі дефіциту в харчуванні білка, а також у людей похилого віку, її синтез суттєво знижується.

Таблиця 2

Вміст незамінних амінокислот у соку бульбо-коріння якону, мкг/мл

Сорт/амінокислота	Rojo Et Blanco	New Zealand	Morado	White	Late red	Сорт з Таїланду
Аргінін	181,4	164,1	177,3	186,1	190,2	173,2
Валін	4,6	4,9	5,1	3,5	4,7	5,4
Ізолейцин	1,0	1,0	0,7	0,8	1,1	1,0
Лейцин	0,9	0,8	0,8	1,1	1,0	0,9
Лізин	4,6	5,1	4,8	3,9	4,1	5,3
Треонін	4,3	4,7	3,8	5,1	4,9	4,4
Триптофан	3,1	3,6	3,4	2,8	3,1	3,2
Фенілаланін	2,9	2,6	3,4	3,4	3,0	2,7

Аргінін є загальнозміцнюючим засобом для профілактики захворювань серцево-судинної системи та печінки. Також покращує роботу серцево-судинної системи, печінки, центральної нервової системи і імунну функцію амінокислота треонін. Ізолейцин сприяє зниженню ваги за рахунок зменшення апетиту і прискорення метаболізму, збільшує фізичну і психічну витривалість людини. Лейцин знижує рівень цукру в крові при цукровому діабеті, попереджує появу втоми. Фенілаланін пов'язаний з функцією щитовидної і надниркових залоз, а також є основою синтезу ендорфінів. Таким чином, амінокислотний склад бульб якону сприяє використанню цієї культури в оздоровчих продуктах. Відсутність метіоніну найкраще компенсувати, використовуючи якон у поєднанні з продуктами, що мають високий вміст цієї амінокислоти.

Для визначення оптимального часу переробки якона нами було досліджено накопичення сухих речовин і фруктанів з різним ступенем полімеризації (високомолекулярних і низькомолекулярних) протягом осінніх місяців. Дані цього дослідження наведені на рис. 3. Аналізуючи рисунок, можна зробити висновок, що максимальне накопичення сухих речовин відбувається в жовтні місяці, натомість у листопаді фіксується мінімальна кількість ВМФ і максимальна кількість низькомолекулярних фруктанів. Оскільки нашим завданням є одержання порошку з

максимальним вмістом солодких речовин, то оптимальним часом для копання бульб і їхньої переробки є листопад.

Наступним етапом дослідження є процес гідролізу інуліну. В країнах з теплим кліматом цей процес здійснюють наступним чином: бульби викопують і залишають на полі під променями сонця на певний проміжок часу поки вони не стануть солодкими.

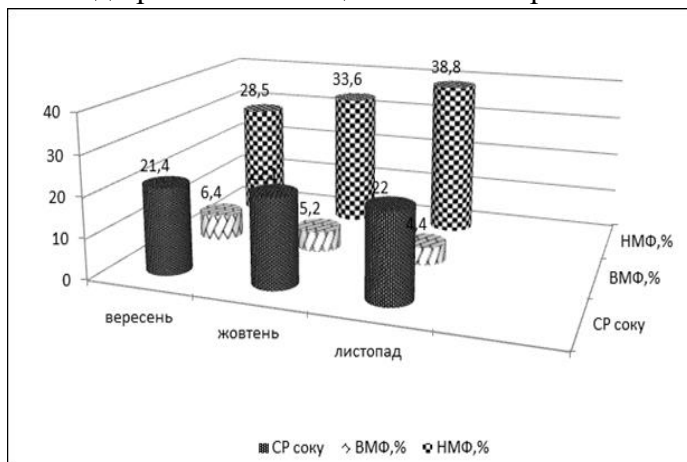


Рис. 3. Дослідження динаміки вмісту сухих речовин і вуглеводного складу якону по місяцям

3–5 годин за температури 33 °C; заморожування коренів. Всі три методи привели до підвищення солодкості коренів, але 1-й і 3-й мали певні недоліки. При використанні 1-го методу після тривалого зберігання шкірка коренебульб зморщилася, вони зів'яли, і тому подальша очистка (відмивання) стала проблематичною. Крім того, необхідне спеціальне приміщення для зберігання великої кількості рослинної сировини, де можна було б підтримувати відповідну температуру. Що стосується заморожування, то воно призводить до швидкого руйнування структури клітин коренів, а це викликає проблеми з подальшим сушінням. Тому було прийнято рішення дослідити як впливає обробка ультрафіолетом на вуглеводний вміст бульб.

Дані проведеного дослідження (рис.4.) свідчить про те, що кількість моноцукрів суттєво підвищилася, отже порошок буде солодким на смак. Незначна кількість сахарози робить можливим застосування цього порошку в продуктах здорового та оздоровчого харчування, а наявність певної кількості фруктанів робить його корисним продуктом з пребіотичною активністю.

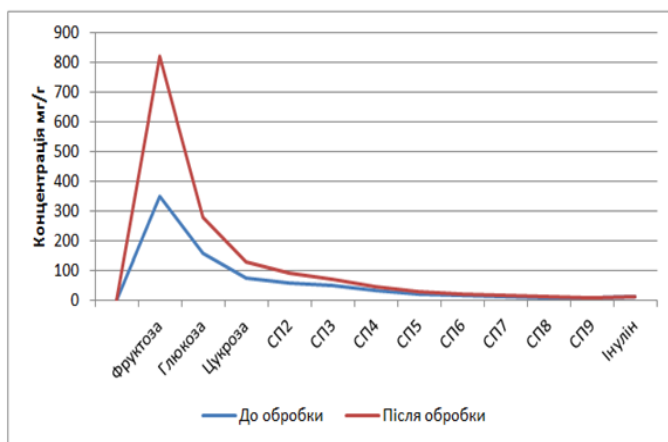


Рис. 4. Гель-хроматограма якону до і після обробки ультрафіолетом

функціональним властивостям, хімічному складу і лабільності до гідролізу, порошок із бульб якону може бути використаний в якості збагачувача, наповнювача, пребіотика і

Однак у наших кліматичних умовах збір урожаю бульб якону проводять лише в кінці осені, і в цей час гідролізувати фруктани під дією сонячного проміння неможливо. Отже потрібно було створити умови для природного гідролізу фруктанів в бульбах якону і на їх основі розробити технологію одержання природного підсолоджувача – сухого порошку із бульб якону.

Було протестовано декілька методів: зберігання протягом 10 днів за температури 33–35 °C; обробка ультрафіолетом на протязі

Таким чином, проведені дослідження дали можливість розробити технологічну схему одержання порошку із коренебульб якону, яка включає наступні стадії: миття коренебульб, витримання в ультрафіолеті протягом 3–3,5 год., подрібнення, сушіння, помел і класифікацію.

Висновки. Завдяки проведеним дослідженням було обґрунтовано доцільність і перспективу використання коренебульб якону в якості інгредієнту оздоровчого харчування. Встановлено, що завдяки

підсолоджувача в спеціальних харчових продуктах. В ході подальших досліджень будуть розроблені рецептури і технології використання цього солодкого порошку

Бібліографія

1. Грушецький Р., Грінченко І. Вміст та фракційний склад інулінів з різної рослинної сировини залежно від умов її вирощування. *Продовольча індустрія АПК*. 2018. № 4. С. 24–27.
2. Caetano B. F., de Moura N. A., Almeida A. P., Dias M. C., Sivieri K., Barbisan L. F. Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) as a food supplement: Health-promoting benefits of fructooligosaccharides. *Nutrients*. 2016 Jul; 8(7): 436. <https://doi.org/10.3390/nu8070436>.
3. Castro A., Céspedes G., Carballo S., Bergenståhl B., Tornberg E. Dietary fiber, fructooligosaccharides, and physicochemical properties of homogenized aqueous suspensions of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *Food Res. Int.* 2013;50:392–400. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.10.048>
4. Bibas Bonet M.E., Meson O., de Moreno de LeBlanc A., Dogib C.A., Chaves S., Kortsarz A., Grau A., Perdigón G. Prebiotic effect of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) on intestinal mucosa using a mouse model. *Food Agric. Immunol.* 2010. <https://doi.org/10.1080/09540100903563589>
5. Lachman, J.; Fernández, E.C.; Orsák, M. Yacon [*Smallanthus sonchifolia* (Poepp. et Endl.) H. Robinson] chemical composition and use – a review. *Plant Soil Environ.* 2003, 49, 283–290. <https://doi.org/10.17221/4126-PSE>
6. Genta S., Cabrera W., Habib N., Pons J., Carillo I.M., Grau A., Sanchez S. Yacon syrup: Beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. *Clin. Nutr.* 2009;28:182–187. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2009.01.013>.
7. Barcellona C.S., Cabrera W.M., Honoré S.M., Mercado M.I., Sánchez S.S., Genta S.B. Safety assessment of aqueous extract from leaf *Smallanthus sonchifolius* and its main active lactone, enhydrin. *J. Ethnopharmacol.* 2012;144:362–370. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.09.021>
8. Cao Y., Ma Z. F., Zhang H., Jin Y., Zhang Y., Hayford F. Phytochemical properties and nutrigenomic implications of yacon as a potential source of prebiotic: Current evidence and future directions. *Foods*. 2018;7 <https://doi.org/10.3390/foods7040059>.

References

1. Grushetskiy, R., GrInenko, I. (2018). Vmist ta fraktsiyniy sklad inuliniv z riznoyi roslinnoyi sirovini zalezno vid umov yiyi viroschuvannya [The content and fractional composition of inulins from different plant materials depending on the conditions of its cultivation]. *Prodovolcha Industriya APK*. [Food industry of agriculture] № 4. 24–27. [in Ukrainian].
2. Caetano, B. F., de Moura, N. A., Almeida, A. P., Dias, M. C., Sivieri, K., Barbisan, L. F. (2016). Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) as a food supplement: Health-promoting benefits of fructooligosaccharides. *Nutrients*. Jul; 8(7): 436. <https://doi.org/10.3390/nu8070436>.
3. Castro A., Céspedes G., Carballo S., Bergenståhl B., Tornberg E. (2013). Dietary fiber, fructooligosaccharides, and physicochemical properties of homogenized aqueous suspensions of yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *Food Research International*. 50:392–400. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.10.048>.
4. Bibas Bonet, M. E., Meson, O., de Moreno de LeBlanc, A., Dogib, C. A., Chaves, S., Kortsarz, A., Grau, A., Perdigón, G. (2010). Prebiotic effect of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) on intestinal mucosa using a mouse model. *Food and Agricultural Immunology*. 21 (2). <https://doi.org/10.1080/09540100903563589>.
5. Lachman, J.; Fernández, E. C.; Orsák, M. (2003). Yacon [*Smallanthus sonchifolia* (Poepp. et Endl.) H. Robinson] chemical composition and use – a review. *Plant Soil Environ.* 49, 283–290. <https://doi.org/10.17221/4126-PSE>.
6. Genta, S., Cabrera, W., Habib, N., Pons, J., Carillo, I. M., Grau, A., Sanchez, S. (2009). Yacon syrup: Beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. *Clin. Nutr.* 28:182–187. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2009.01.013>.
7. Barcellona, C. S., Cabrera, W. M., Honoré, S. M., Mercado, M. I., Sánchez, S. S., Genta, S. B. (2012). Safety assessment of aqueous extract from leaf *Smallanthus sonchifolius* and its main active lactone, enhydrin. *J. Ethnopharmacol.* 144:362–370. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.09.021>.
8. Cao, Y., Ma, Z. F., Zhang, H., Jin, Y., Zhang, Y., Hayford F. (2018). Phytochemical properties and nutrigenomic implications of yacon as a potential source of prebiotic: Current evidence and future directions. *Foods*. 7. <https://doi.org/10.3390/foods7040059>.