

УДК 60:664.29:633.63

ОСОБЛИВОСТІ НАКОПИЧЕННЯ ПЕКТИНОВИХ РЕЧОВИН У КОРЕНЕПЛОДАХ БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ (*BETA VULGARIS* L.)

О.Л. КЛЯЧЕНКО

*Національний університет біоресурсів і природокористування України
03041 Київ, вул. Героїв Оборони, 15
e-mail: Klyachenko@ukr.net*

Досліджено динаміку біосинтезу різних форм пектинових речовин у коренеплодах буряків цукрових у процесі онтогенезу, визначено фазу максимального накопичення водорозчинного пектину і протопектину. Встановлено значні генотипні відміни за вмістом пектинових речовин у коренеплодах буряків цукрових української і закордонної селекції, високий кореляційний зв'язок між формуванням цукристості й накопиченням протопектину та суми пектинових речовин. Вивчено закономірності зміни вмісту пектинових речовин, показників технологічної якості і стійкості за тривалого зберігання коренеплодів. Найстійкішими виявилися сорти та гібриди української селекції. Зроблено припущення, що пектинові речовини позитивно впливають на стійкість коренеплодів за їх зберігання до переробки.

Ключові слова: *Beta vulgaris* L., буряки цукрові, коренеплід, пектинові речовини, зберігання, стійкість.

В останні десятиліття інтенсивно досліджується фізіологічна роль пектину як одного з найважливіших продуктів рослинництва, що має високу біологічну активність щодо нормалізації метаболічних процесів і запобігання негативній дії токсичних речовин на організм людини. Це зумовлює розробку технологій виробництва пектинових екстрактів і концентратів з якісними показниками [17]. Насамперед вони мають характеризуватись високим вмістом пектинових речовин із підвищеною комплексуютьовальною здатністю [16, 21]. Установлено, що буряковий пектин, отриманий із жому буряків цукрових після виділення цукру, за якісними показниками відрізняється від інших пектинів. Через низький ступінь етерифікації буряковий пектин має високу комплексуютьовальну здатність, тобто він є природним комплексуютьовачем — еталоном низькоетерифікованих пектинів [18]. Цю його властивість широко використовують у харчовій промисловості, лікувальному й лікувально-профілактичному функціональному харчуванні.

Відомо, що вміст сухої речовини у коренеплодах буряків цукрових становить 20—25 %, сахарози — 17,5, органічних розчинних нецукрів — 2,2, нерозчинних речовин, які складаються з клітковини, целюлози, геміцелюлози, білків, сапонінів та інших сполук — до 5 %.

Майже половина м'якоті сформована пектиновими речовинами (2,4 %) [23]. При переробці буряків на цукрових заводах з одного центнера коренеплодів отримують 12—15 кг цукру, до 85 кг жому і 4—6 кг меляси (патоки) [5]. Буряковий жом — це складна колоїдна капілярно-пориста система, яка містить целюлозу, геміцелюлозу, протопектин, білки, лігнін, золу, сапоніни, мінеральні речовини (силікати, сульфати та ін.), тому для оцінки пектинового екстракту особливе значення має його чистота, а саме вміст баластових речовин (решток цукрів, білкових речовин, поліфенолів, глікозидів та ін.) відносно пектину, кількісний і якісний склад яких залежить від використаної сировини [17]. Водночас технології отримання очищеного пектину з бурякового жому та підвищення його якості є доволі дорогими процесами [22, 25]. На сьогодні перевагу віддають розробці високих технологій отримання активних пектинів і протопектинів, які містяться безпосередньо в рослинній сировині [6, 20, 24].

Пектинові речовини входять до складу всіх органів рослин буряків цукрових: листків, черешків, суцвіть, коренеплодів. Вихідними речовинами для їх біосинтезу є галактуринова і глюкуронова кислоти. Хоча цілком цей процес ще не досліджено, відомо, що місцем синтезу фрагментів пектину є апарат Гольджі [20].

Показано, що на вміст пектинових речовин у коренеплодах буряків цукрових великою мірою впливають режим мінерального живлення, водопостачання, ґрунтово-кліматичні умови, сортові особливості та інші чинники [1, 7, 12]. Однак у літературі досі недостатньо даних щодо сортоспецифічності накопичення пектинових речовин у коренеплодах буряків цукрових, їх взаємозв'язку з біосинтезом сахарози в процесі онтогенезу та зміни їхнього вмісту під час зберігання сировини до переробки на заводі. Для цукрового виробництва залишається актуальним питання зменшення втрат сахарози і маси коренеплодів під час зберігання, оскільки вони доволі високі й на окремих заводах досягають від 2,45 до 8—10 % [19].

Метою наших досліджень було вивчення динаміки накопичення пектинових речовин і сахарози в коренеплодах різних генотипів буряків цукрових протягом вегетації рослин та під час їх зберігання, а також визначення хіміко-фітопатологічних і технологічних показників.

Методика

Об'єктами досліджень були сорти і ЧС гібриди української й закордонної селекції: Білоцерківський однонасінний 45, Ялтушківський однонасінний 64, Ялтушківський ЧС 72, Галина, Рено, Цермо (KWS, Німеччина). Вегетаційні досліді виконували методом ґрунтової культури в 14-кілограмових посудинах Вагнера. Ґрунт — чорнозем опідзолений. Вологість 60 % ПВ підтримували гравіметричним методом. Біологічна повторність — 20 рослин. Польові досліді та обліки проводили згідно з методичними рекомендаціями Інституту цукрових буряків Національної академії аграрних наук України [11] на Біло-

перківській ДСС. Площа посівної ділянки становила 120 м², облікової — 50 м². Повторність — чотири—шестиразова.

Вміст пектинових речовин у коренеплодах визначали карбозольним спектрофотометричним методом на СФ-46 (Російська Федерація) [9], цукристість коренеплодів — поляриметричним методом холодної дигестії за Починком [13]. Технологічні показники якості коренеплодів встановлювали за загальноприйнятими методиками [10]. Сіткові проби коренеплодів зберігали в стаціонарному коренесховищі протягом 70 діб. Для дослідження стійкості буряків цукрових під час формування сіткових проб вибраковували коренеплоди, уражені фітопатогенами протягом періоду вегетації.

Результати досліджень оброблено статистично за допомогою пакета програм аналізу даних електронних таблиць Microsoft Excel.

Результати та обговорення

Відомо, що пектинові речовини містяться в коренеплодах буряків цукрових у формі водорозчинного пектину, Са—Mg сполук пектинової кислоти (пектати) і протопектину, які під час переробки цукросировини значно підвищують вміст колоїдів (арабану) і солей кальцію, що призводить до погіршення фільтрації бурякового соку і зниження його якості. Особливо небажаним для цукровиробництва є високий вміст водорозчинного пектину, який локалізований у вакуолях клітин, повністю переходить у дифузійний сік, порушує перебіг технологічного процесу, збільшує втрати цукру з мелясою. Нерозчинний у воді протопектин, що разом з іншими високомолекулярними полімерами входить до складу клітинної стінки [4], тільки частково переходить у дифузійний сік (0,04—0,25 %) через високу здатність до набухання [15]. Ці форми виконують у рослинній тканині різні функції. Залежно від спрямованості метаболічних процесів пектинові речовини можуть переходити з одного стану в інший, що відіграє велику роль при переробці цукросировини [3].

Згідно з отриманими нами експериментальними даними, процеси біосинтезу пектинових речовин у коренеплодах буряків цукрових досліджених генотипів інтенсивно відбуваються протягом усього періоду вегетації з максимальним їх накопиченням у фазу технічної стиглості коренеплодів (табл. 1). Особливістю накопичення пектинових речовин у коренеплодах буряків цукрових є збільшення кількості протопектину, вміст якого незалежно від генотипу становить основну частку в сумі пектинових речовин. При цьому спостерігалася також тенденція до зростання в тканинах коренеплодів концентрації водорозчинного пектину. Їстотні генотипні відміни виявлено за накопиченням різних форм пектинових речовин. Так, серед досліджених генотипів сорт Білоцерківський однонасінний 45 значно переважав інші сорти та гібриди за вмістом водорозчинного пектину. При цьому найменша частка водорозчинного пектину й, відповідно, найбільша протопектину була в гібрида закордонної селекції Рено. Їстотною була відмінність протягом періоду вегетації за накопиченням суми пектинових речовин, за якою вирізнялись сорт Ялтушківський однонасінний 64 та гібриди Рено і Цермо. Виявлені сор-

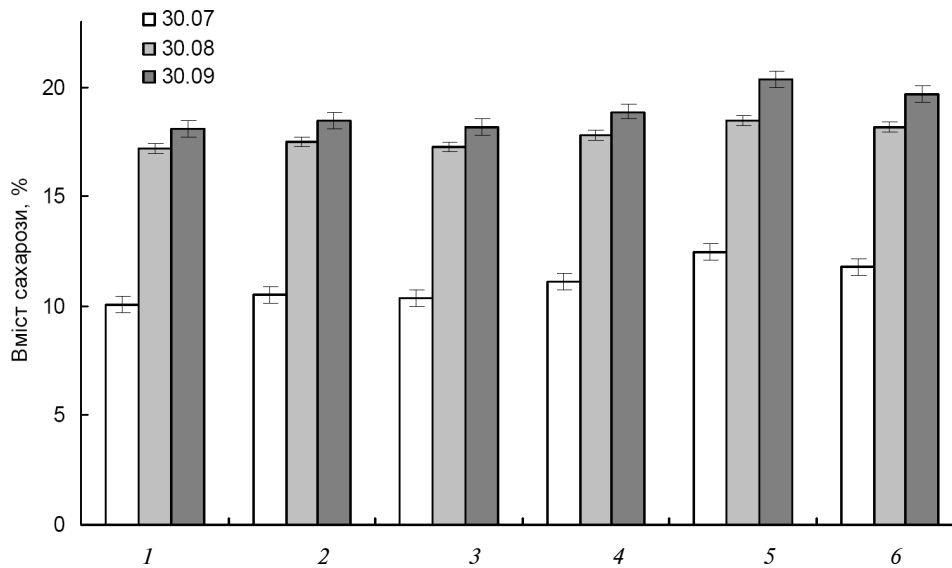
ТАБЛИЦЯ 1. Вміст пектинових речовин у коренеплодах генотипів буряків цукрових

Сорт, гібрид	Водорозчинний пектин		Протопектин		Загальний вміст пектинових речовин, % маси сухої речовини
	% маси сухої речовини	% суми пектинових речовин	% маси сухої речовини	% суми пектинових речовин	
		30,08			
Білоцерківський однонасінний 45	1,604	40,13	2,393	59,86	3,997
Ялтушківський однонасінний 64	0,877	19,50	3,620	80,50	4,497
Ялтушківський ЧС 72	0,990	25,05	2,961	74,95	3,950
Галина	0,991	24,26	3,094	75,74	4,085
Рено	0,673	13,93	4,159	86,07	4,832
Цермо	0,690	17,08	3,350	82,92	4,040
НІР ₀₅	0,041	1,16	0,161	3,82	0,212
		30,09			
Білоцерківський однонасінний 45	2,502	45,55	2,991	54,45	5,493
Ялтушківський однонасінний 64	1,774	29,03	4,338	70,97	6,112
Ялтушківський ЧС 72	1,888	34,65	3,559	65,35	5,447
Галина	1,889	34,12	3,647	65,87	5,581
Рено	1,571	24,83	4,757	75,17	6,328
Цермо	1,588	28,45	3,998	71,63	5,586
НІР ₀₅	0,092	1,63	0,194	3,36	0,287

тоспецифічні особливості накопичення пектинових речовин у коренеплодах буряків цукрових зумовлені, очевидно, як специфічністю метаболізму досліджених генотипів, так і генетично детермінованою адаптивністю рослин у процесі селекції до різних умов навколишнього середовища.

У результаті досліджень зв'язку між вмістом у тканинах коренеплоду пектинових речовин і цукристістю в процесі росту й розвитку рослин встановлено, що їх накопичення тісно пов'язане з процесом акумуляції сахарози (рисунок) — основної транспортної форми асимілятів, які утворюються в процесі фотосинтезу [8]. Так, згідно з розрахунком парних кореляцій між сумою пектинових речовин і цукристістю коренеплодів, коефіцієнт кореляції змінювався від $r_1 = 0,876$ в середині вегетації до $r_2 = 0,936$ у період їх технічної стиглості. Високий коефіцієнт кореляції був також між цукристістю коренеплодів і вмістом протопектину ($r_1 = 0,592$, $r_2 = 0,876$).

Отримані нами результати підтвердили, що за довготривалого зберігання коренеплодів досліджених сортів і гібридів буряків цукро-



Динаміка накопичення сахарози в коренеплодах різних генотипів буряків цукрових у процесі росту і розвитку рослин:

1 — Білоцерківський однонасінний 45; 2 — Ялтушківський однонасінний 64; 3 — Ялтушківський ЧС 72; 4 — Галина; 5 — Рено; 6 — Цермо

вих, яке негативно впливало на сировину, істотно знижувався вихід цукру і значно більше накопичувалось редуруючих речовин. Найменше знижувався вихід цукру порівняно з початковим вмістом у гібрида Ялтушківський ЧС 72 і сорту Білоцерківський однонасінний 45, найбільше — у гібрида Цермо (табл. 2). Відомо, що серед процесів, які відбуваються в коренеплодах буряків цукрових під час зберігання, важливими є підв'ялювання коренеплодів, їх дихання й підвищення температури в кагатах. Унаслідок випаровування вологи порушується тургор коренеплодів, що зумовлює коагуляцію колоїдів і

ТАБЛИЦЯ 2. Технологічні показники коренеплодів генотипів буряків цукрових після зберігання сіткових проб

Сорт, гібрид	Вихід цукру після зберігання		Редукуючі речовини, %		Пектинові речовини після зберігання	
	% маси сирої речовини	% вихідної величини	до зберігання	після зберігання	% маси сухої речовини	% вихідної величини
Білоцерківський однонасінний 45	13,68	90,4	0,123	0,403	3,093	56,3
Ялтушківський однонасінний 64	14,54	89,8	0,146	0,352	3,541	57,8
Ялтушківський ЧС 72	14,50	92,8	0,106	0,355	3,950	72,5
Галина	13,92	88,6	0,139	0,257	2,870	51,3
Рено	14,42	85,3	0,335	0,840	2,132	33,7
Цермо	12,58	78,9	0,319	0,957	1,736	31,4
НІР ₀₅	0,69	4,3	0,009	0,03	0,144	2,5

ТАБЛИЦЯ 3. Хіміко-фітопатологічні показники коренеплодів генотипів буряків цукрових після зберігання сіткових проб

Сорт, гібрид	Середньодобові втрати цукру, %	Кількість коренеплодів, % маси		Гнила маса, %
		пророслих	вкритих пліснявою	
Білоцерківський однонасінний 45	0,016	51,6	20,6	1,0
Ялтушківський однонасінний 64	0,020	23,8	18,2	0,8
Ялтушківський ЧС 72	0,014	21,4	15,9	0,3
Галина	0,024	25,7	28,9	1,5
Рено	0,018	63,2	53,4	5,6
Цермо	0,031	48,3	47,8	7,0
НІР _{0,5}	0,001	1,9	1,5	0,1

руйнування структури цитоплазми. Тривале в'янення може призвести до незворотних процесів і відмирання клітин. При цьому активізується діяльність ферментів розщеплення (сахарозосинтаза) і гідролізу (нейтральна інвертаза) сахарози, унаслідок чого зростає накопичення редуруючих цукрів (моноцукрів глюкози і фруктози) і знижується цукристість коренеплодів. Втрата цукру за підвищення інтенсивності дихання, що залежить переважно від температури, збільшується в 2,5–3 рази [14].

Під час зберігання коренеплодів усіх досліджених генотипів буряків цукрових істотно знижувався вміст пектинових речовин. Найменші значення цього показника зафіксовано у гібридів закордонної селекції Рено і Цермо. У них також найбільше знижувався вміст пектинових речовин порівняно з вихідним. Сорти і гібриди української селекції були стабільнішими щодо вмісту пектинових речовин, найліпшим із них виявився гібрид Ялтушківський ЧС 72.

Відомо, що поняття «стійкість до зберігання» буряків цукрових передбачає ступінь ураження коренеплодів кагатними гнилями і зниження їхніх технологічних показників. Згідно з результатами хіміко-фітопатологічних досліджень коренеплодів (табл. 3), найменше пророслих і загнилих коренеплодів було у сіткових пробах генотипів буряків цукрових української селекції (за винятком сорту Білоцерківський однонасінний 45) після зберігання — 21,4–25,7 %. Гібриди закордонної селекції Рено і Цермо істотно поступалися за стійкістю до фітопатогенів: кількість пророслих і загнилих коренеплодів у них становила відповідно 48,3–63,2 і 47,8–53,4 %. За показником середньодобової втрати цукру ліпшими виявились гібрид Ялтушківський ЧС 72 (0,0145 %) і сорт Білоцерківський однонасінний 45 (0,016 %). Найвищим цей показник був у гібрида Цермо (0,031 %). За кількістю гнилої маси у пробах генотипи розмістились у такій послідовності: найменша (0,3–0,8 %) — у сорту Ялтушківський однонасінний 64 і гібрида Ялтушківський ЧС 72, найбільша (5,6–

7,0 %) — у гібридів Рено і Цермо. Проаналізувавши отримані дані, логічно припустити, що утворення максимальної кількості гнилої маси у гібридів закордонної селекції спричинене різким зниженням вмісту пектинових речовин, оскільки нерозчинний протопектин відіграє основну роль у створенні пружної щільної консистенції коренеплоду й бере участь в утриманні клітинними оболонками значної кількості зв'язаної води [4], що позитивно впливає на стійкість коренеплодів до несприятливих чинників під час зберігання. Крім того, селекція закордонних гібридів не спрямована на стійкість коренеплодів до фітопатогенних мікроорганізмів під час зберігання [2].

Отже, на основі комплексних досліджень виявлено генотипні особливості буряків цукрових української і закордонної селекції щодо динаміки біосинтезу водорозчинного пектину, протопектину та суми пектинових речовин у тканинах коренеплодів, встановлено високий кореляційний зв'язок між їх накопиченням і формуванням цукристості протягом періоду вегетації рослин. Показано, що під час тривалого зберігання коренеплодів істотно знижуються вміст пектинових речовин і змінюються хіміко-фітопатологічні й технологічні показники, залежно від генотипу. На основі отриманих даних можна припустити, що вміст пектинових речовин впливає на стійкість коренеплодів при зберіганні до переробки.

Зважаючи на зростання масштабів екологічних проблем та антропогенного тиску на довкілля, що призводить до негативного впливу на агроєкосистеми, і високу біологічну активність пектину, буряки цукрові для виробництва пектинових екстрактів і концентратів необхідно вирощувати за максимально контрольованих умов, які забезпечують не тільки високий вихід цукру, а й отримання вторинних цінних метаболітів, з урахуванням специфіки сортів і гібридів різних селекцій, які нині є на ринку насіння і впроваджуються в масове буряківництво України.

ЦИТОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Балахонцев Е.Н. Влияние режима минерального питания и климата на накопление полисахаридов в корнеплоде сахарной свеклы. *Минеральное питание, метаболизм и продуктивность сахарной свеклы*. Уфа, 1979. С. 37—45.
2. Глевахський В.І. Якість коренеплодів цукрових буряків вітчизняної та зарубіжної селекції після зберігання. *Агробіологія*. 2015. № 2. С. 28—32.
3. Горшкова Т.А. Клеточная стенка растений — камень преткновения для молекулярных биологов. *Физиология растений*. 2005. **52**, № 3. С. 443—462.
4. Горшкова Т.А. Растительная клетка как динамичная система. М.: Наука, 2007. 418 с.
5. Даутова З.Ф., Алимгафаров Р.Р. Химический состав корнеплода сахарной свеклы. *Современные наукоемкие технологии*. 2013. № 9. С. 12—13.
6. Донченко Л.В., Фирсов Г.Г., Красноселова Е.А. Особенности процесса гидролиза протопектина из растительной ткани. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. Краснодар. 2006. № 1. С. 288—297.
7. Кляченко О.Л., Фуніна І.Р. Сортоспецифічні особливості накопичення пектинових речовин в коренеплодах цукрових буряків. *Науковий вісник НАУ*. 2005. Вип. 84. С. 264—269.

8. Курсанов А.Л. Хлоропласт как датчик ассимилятов растений. М.: Наука, 1988. 277 с.
9. Методы биохимического исследования растений: Ермаков А.И. 3-е изд. перераб. и доп. Ленинград: Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1987. 430 с.
10. Методики исследований по сахарной свекле. Киев: ВНИС, 1988. 292 с.
11. Методика і техніка проведення робіт в селекційній сівозміні: Роїк М.В. К.: Науковий світ, 2002. 29 с.
12. Пискурева В.А. Динамика накопления пектиновых веществ в корнеплодах свеклы (*Beta vulgaris* L.) в онтогенезе: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Орловский государственный аграрный ун-т. Орел, 2012.
13. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений. К.: Наукова думка, 1976. 333 с.
14. Сакало В.Д. Метаболізм сахарози і його регуляція в рослинах з різним складом запасних вуглеводів: автореф. дис. ... д-ра біол. наук / Інститут фізіології рослин і генетики. Київ, 2004.
15. Силин П.М., Силина Н.П. Химический контроль свеклосахарного производства. Москва: Пищевая пром-сть, 1960. 448 с.
16. Соболев И.В., Степовой А.В., Родионова Л.Я. Исследование процесса сушки пищевых смесей, обогащенных пектином. *Новые технологии МГТУ*. Майкоп, 2010. С. 73—77.
17. Степовой А.В., Родионова Л.Я. Совершенствование предварительной обработки свекловичного жома для получения пищевого пектинового экстракта. *Молодой ученый*. 2015. № 5. С. 102—106.
18. Степовой А.В. Совершенствование технологии пищевого гидратопектина из свекловичного жома для производства функциональных напитков: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Северо-Кавказский ЗНИИСиВ Россельхозакадемии. Краснодар, 2013.
19. Ярчук Н.Н. Сахарний кризис України, признаки оздоровлення. *Сахар*. 2002. № 3. С. 4—5.
20. Baydoun E.A.-H., Pavlechova N., Cumming C.M., Waldron K.W., Brett C. Control of degidrodiferulate cross-linking in pectins from sugar-beet tissues. *Phytochemistry*. 2004. **65**. P. 1107—1115. doi: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.02.014>
21. Chee Kiong Siew, Williams P.A. Characterization of the surface-active components of sugar beet pectin and the hydrodynamic thickness of the adsorbed pectin layer. *J. Agric. Food Chem.* 2008. **56**. P. 8111—8120.
22. Combo A.M.M., Aguedo M., Quievy N., Danthine S., Goffin D., Jacquet N., Blecker C., Devaux J., Pagout M. Characterization of sugar beet pectin-derived oligosaccharides obtained by enzymatic hydrolysis. *Int. J. of Biol. Macromol.* 2013. **52**. P. 148—156. doi: <https://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2012.09.006>
23. Köhler R., Nolte-Ochsenfurt R. Wertbestimmende Parameter der Zuckerrübe. *Fortschritte im Zuckerrübenanbau*. Südzucker AG Mannheim, 2001. S. 14—21.
24. Yapo B.M., Robert C., Etienne I., Wathelet B., Paquot M. Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts. *Food Chemistry*. 2007. **100**. P. 1356—1364. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.012>
25. Zaidel Dayang, Norulfairuz Abang, Meyer Anne S. Oxidative enzymatic gelation of sugar beet pectin for emulsion stabilization. *Res. J. of Biotechnol.* 2013. **8**, N 7. P. 81—86.

Отримано 24.04.2018

REFERENCES

1. Balahoncev, E.N. (1979). Influence of the regime of mineral nutrition and climate on the accumulation of polysaccharides in the sugar beet root crop. *Mineral'noe pitanie, metabolism i produktivnost' saharnoj svekly* (pp. 37-45), Ufa [in Russian].
2. Hlevaskyi, V.I. (2015). The quality of sugar beet root crops of domestic and foreign breeding after storage. *Ahrobiolohiia*, No. 2, pp. 28-32 [in Ukrainian].
3. Gorshkova, T.A. (2005). Plant cell wall — a stumbling block for molecular biologists. *Fiziologija rastenij*, 52, No. 3, pp. 443-462 [in Russian].

4. Gorshkova, T.A. (2007). Plant cell as a dynamic system. Moscow: Nauka [in Russian].
5. Dautova, Z.F. & Alimgafarov, R.R. (2013). Chemical composition of the sugar beet root crop. *Sovremennye naukoemkie technologii*, No. 9, pp. 12-13 [in Russian].
6. Donchenko, L.V., Firsov, G.G. & Krasnoselova, E.A. (2006). Features of the process of protopectin hydrolysis from plant tissue. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, (pp. 288-297), Krasnodar [in Russian].
7. Kliachenko, O.L. & Funina, I.R. (2005). Specificity features of accumulation of pectin substances in sugar beet root crops. *Naukovyi visnyk NAU*, Iss. 84, pp. 264-269 [in Ukrainian].
8. Kursanov, A.L. (1988). Chloroplast as a sensor of plant assimilates. Moscow: Nauka [in Russian].
9. Ermakov, A.I. (Ed.) (1987). *Methods of biochemical research of plants*. Leningrad: Agropromizdat [in Russian].
10. *Methods of research on sugar beet*. (1988.) Kyiv: VNIS [in Russian].
11. Roik, M.V. (Ed.) (2002). *Methodology and technique of conducting works in breeding crop rotation*. Kyiv: Naukovyi svit [in Ukrainian].
12. Piskureva, V.A. (2012). Dynamics of accumulation of pectic substances in beet root crops (*Beta vulgaris* L.) in ontogenesis. (Extended abstract of Candidate thesis). Orel, Russia [in Russian].
13. Pochinok, H.N. (1976). *Methods of biochemical analysis of plants*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
14. Sakalo, V.D. (2004). The metabolism of sucrose and its regulation in plants with different composition of storage carbohydrates. (Extended abstract of Doctor thesis). Institute of Plant Physiology and Genetics, Kyiv, Ukraine [in Ukrainian].
15. Silin, P.M. & Silina, N.P. (1960). Chemical control of sugar beet production. Moscow: Pishhevaya promyshlennost' [in Russian].
16. Sobol, I.V., Stepovoj, A.V. & Rodionova, L.Ja. (2010). Investigation of the drying process of food mixtures enriched with pectin. In *Novye tehnologii MGTU* (pp. 73-77). Majkop [in Russian].
17. Stepovoj, A.V. & Rodionova, L.Ja. (2015). Improvement of pretreatment of beet pulp for production of food pectin extract. *Molodoj uchenyj*, No. 5, pp. 102-106.
18. Stepovoj, A.V. (2013). Perfection of food hydrate-pectin technology from beet pulp for the production of functional drinks. (Extended abstract of Candidate thesis). Krasnodar, Russia [in Russian].
19. Jarchuk, N.N. (2002). Sugar crisis of Ukraine, signs of recovery. *Sahar*, No. 3, pp. 4-5 [in Russian].
20. Baydoun, E.A.-H., Pavlencheva, N., Cumming, C.M., Waldron, K.W. & Breett, C. (2004). Control of degidrodiferulate cross-linking in pectins from sugar-beet tissues. *Phytochemistry*, 65, pp. 1107-1115. doi: <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.02.014>
21. Chee Kiong, Siew & Williams, P.A. (2008). Characterization of the surface-active components of sugar beet pectin and the hydrodynamic thickness of the adsorbed pectin layer. *J. Agric. Food Chem*, 56, pp. 8111-8120.
22. Combo, A.M.M., Aguedo, M., Quievy, N., Danthine, S., Goffin, D., Jacquet, N., Blecker, C., Devaux, J. & Pagout, M. (2013). Characterization of sugar beet pectin-derived oligosaccharides obtained by enzymatic hydrolysis. *Int. J. of Biol. Macromol.*, 52, pp. 148-156. doi: <https://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2012.09.006>
23. Köhler, R. & Nolte-Ochsenfurt, R. (2001). Wertbestimmende Parameter der Zuckerrübe. *Fortschritte im Zuckerrübenanbau* (pp. 14-21), Südzucker AG Mannheim.
24. Yapo, B.M., Robert, C., Etienne, I., Wathelet, B. & Paquot, M. (2007). Effect of extraction conditions on the yield, purity and surface properties of sugar beet pulp pectin extracts. *Food Chemistry*, 100, pp. 1356-1364. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.012>.
25. Zaidel, Dayang, Norulfairuz, Abang & Meyer Anne, S. (2013). Oxidative enzymatic gelation of sugar beet pectin for emulsion stabilization. *Research J. of Biotechnology*, 8 (7), pp. 81-86.

Received 24.04.2018

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ В КОРНЕПЛОДАХ
САХАРНОЙ СВЕКЛЫ (*BETA VULGARIS* L.)

О.Л. Кляченко

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев

Исследована динамика биосинтеза разных форм пектиновых веществ в корнеплодах сахарной свеклы в процессе онтогенеза, определена фаза максимального накопления водорастворимого пектина и протопектина. Установлены значительные генотипические отличия по содержанию пектиновых веществ в корнеплодах сахарной свеклы украинской и зарубежной селекции, высокая корреляционная связь между формированием сахаристости, накоплением протопектина и суммы пектиновых веществ. Изучены закономерности изменения содержания пектиновых веществ, показателей технического качества и устойчивости при длительном хранении корнеплодов. Наиболее устойчивыми оказались сорта и гибриды украинской селекции. Сделано предположение, что содержание пектиновых веществ оказывает положительное влияние на устойчивость корнеплодов при их хранении до переработки.

PECULIARITIES OF ACCUMULATION OF PECTIC SUBSTANCES IN SUGAR
BEET (*BETA VULGARIS* L.) ROOTS

O.L. Klyachenko

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine
e-mail: Klyachenko@ukr.net

The dynamics of biosynthesis of various forms of pectin substances in sugar beet roots during the ontogenesis was studied, and the phase of maximum accumulation of water-soluble pectin and protopectin was determined. Significant genotypic differences in the content of pectin substances in sugar beet roots of Ukrainian and foreign breeding were revealed and a high correlation between the formation of sugar content and the accumulation of protopectin and the amount of pectin substances was found. The regularities of changes in pectin substances and indices of technical quality and stability during long-term storage of roots were investigated. It is proved that varieties and hybrids of Ukrainian selection were the most stable. It is assumed that the content of pectin substances has a positive effect on the stability of roots during their storage before processing.

Key words: *Beta vulgaris* L., sugar beet, root crop, pectin substances, storage, sustainability.