

Вплив видової мікрофлори цукрових буряків на розвиток кагатної гнилі

Н.А. Гусятинська, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології цукру і підготовки води, Національний університет харчових технологій

С.М. Тетеріна, кандидат технічних наук, доцент кафедри біотехнології і мікробіології, Національний університет харчових технологій

І.М. Касян, кандидат технічних наук, завідувач відділення Смілянського коледжу харчових технологій Національного університету харчових технологій

Стаття присвячена аналізу перебігу мікробіологічних процесів під час зберігання цукрових буряків. Досліджено контамінуючу мікрофлору коренеплодів після зберігання у кагатах. Наведено результати досліджень щодо визначення активності збудників кагатної гнилі. Проаналізовано вплив окремих видів мікроміцетів на технологічні показники якості бурякового соку.

Ключові слова: цукрові буряки, мікроміцети, технологічна якість цукрових буряків.

The article is devoted to the analysis of the course of microbiological processes during storage of sugar beets. Investigated the contaminating microflora of root crops after storage. The results of researches on activity determination of causative agents of quagmire rot are resulted. The influence of certain types of micromycetes on the technological parameters of beet juice quality is analyzed.

Key words: sugar beet, micromisettes, technological quality of sugar beet.

Мікрофлора цукрових буряків, що надходять на зберігання та перероблення, є змінною характеристикою, яка визначається рядом агротехнічних, кліматичних та інших факторів. До факторів, що призводять до виникнення та перебігу мікробіологічних процесів під час зберігання буряків в кагатах слід віднести такі як: тривале зберігання коренеплодів у польових умовах після викопування; неналежний стан кагатного поля; потрапляння в кагати буряків зі зниженою стійкістю до мікробіологічних уражень (механічно-ушкоджені, недозрілі, уражені мікробіологічними хворобами під час вегетації, в'ялі, підмерзлі). Окрім того, до поширення кагатної гнилі призводить накопичення в окремих місцях кагату значної кількості гички, уламків коренеплодів та бур'янів, які здатні швидко загнитися [1, 2].

За даними С.Ф. Морочковського [3] серед видової мікрофлори кагатної гнилі виділено більше 150 видів мікроміцетів (пліснявих грибів) та більше 60 видів бактерій. Зазвичай бактерії оселяються на буряках після ураження їх міцеліальними грибами, які руйнують клітини бурякової тканини, що створює середовище для розвитку бактерій, і призводить до повного розкладан-

ня бурякової тканини. Здатність коренеплодів до зберігання залежить від сорту та особливостей вегетації цукрових буряків. Типовими представниками мікрофлори кагатів є мікроміцети роду *Botrytis*, *Phoma*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Trichothecium*, *Verticillium*, *Glilocladium*, *Trichoderma*, а також бактерії *Bacillus subtilis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *L. dextranicum* та ін.

Ступінь ураження коренеплодів в значній мірі залежить від активності збудника кагатної гнилі, тобто здатності до руйнування тканини коренеплоду. Більша частина видів кагатних грибів здатна розвиватися виключно на мертвих, загнилих тканинах коренеплодів, тому їх відносять до супутників кагатної гнилі.

Метою проведених нами досліджень було вивчення дії найбільш активних представників міцеліальних грибів щодо інтенсивності розвитку кагатної гнилі.

Для виявлення впливу окремих видів збудників на характер ураження коренеплодів цукрових буряків відбирали неуражені коренеплоди цукрових буряків приблизно однакових розмірів. Попередньо коренеплоди дезінфікували розчином перманганату калію. Для внесення чистої

культури певного виду мікроміцету на верхній частині кожного коренеплоду за допомогою стерильного скальпеля виконували три покосі рубці однакової глибини та вносили в них приблизно еквівалентну кількість спорового матеріалу. Для усереднення результатів експерименту кожним видом мікроорганізму інфікували по чотири коренеплоди. Для дослідження використовували чисті культури мікроорганізмів *Botrytis cinerea*, *Mucor racemosus*, *Penicillium rugulosum*, *Fusarium oxysporum*, *Geotrichum candidum*, *Torula beticola*, *Fusarium culmorum*.

Для досліджень використовували коренеплоди вирощені в дослідних умовах фермерського господарства. Показники технологічної якості коренеплодів в середньому становили: вміст сахарози у буряках – 16,2...16,4%, чистота бурякового соку 85,9...86,3%, соковий коефіцієнт – 93,0...93,4%, маса коренеплоду 640...750 г.

Інфіковані, згідно з вищенаведеною методикою, коренеплоди розміщували у вологій камері (в ексікатори або стерильні поліетиленові пакети), де їх зберігали протягом 25-45 діб при певному температурному режимі. Використовували 2 діапазони температур: 3...8°C – аналіз проводили через 25 та 45 діб зберігання, а при зберіганні за температури 15...22°C враховували підвищення інтенсивності мікробіологічних процесів і проводили аналіз через 10 та 25 діб зберігання. Після закінчення встановленого терміну зберігання проводили фітопатологічне обстеження коренеплодів. Спочатку проводили зовнішній огляд коренеплодів та визначали характер росту міцелію, зовнішню картину ураження, потім коренеплоди розрізали поперек рубців і визначали ступінь загнивання бурякової тканини.

В **табл. 1** наведено результати досліджень за різних термінів та температури зберігання коренеплодів, попередньо уражених певним видом збудника кагатної гнилі.

Порівняльний аналіз результатів представлених у **табл. 1** свідчить про те, що серед обраних культур мікроміцетів присутні не лише активні збудники кагатної гнилі, які здатні самостійно руйнувати тканини коренеплоду, а й види здатні руйнувати тканини коренеплоду менш активно. Таким чином встановлено, що мікроміцети виду *Botrytis cinerea* є дуже активним збудником кагатної гнилі, що узгоджується з результатами інших дослідників [3, 4]. На коренеплодах цукрових буряків, уражених *Geotrichum candidum* і *Torula beticola*, під час зберігання за температури 3-8 °C протягом 45 діб спостерігалась наявність зовнішнього міцелію, але розвиток кагатної гнилі практично не відбувався.

Оскільки, як зазначалося вище, розвиток кагатної гнилі є складним процесом, зумовленим рядом чинників, і є наслідком життєдіяльності широкого спектру мікроорганізмів, то метою наших подальших досліджень було вивчення сукупного впливу температури та тривалості зберігання коренеплодів цукрових буряків за умови їх примусового ураження асоціативною групою міцеліальних грибів, виділених безпосередньо з коренеплодів після зберігання у кагатах.

Для виділення збудників кагатної гнилі використовували метод поверхневого та глибинного виділення мікроміцетів з тканини коренеплоду цукрових буряків [4]. Відомо, що активні збудники кагатної гнилі здатні проникати всередину бурякової тканини та судинно-волокнистих пучків через неушкоджену поверхню коренепло-

Таблиця 1

Аналіз активності збудників кагатної гнилі при зберіганні цукрових буряків за різних температурних режимів зберігання

Вид мікроорганізму	Вміст загнилої тканини, %			
	Температура зберігання 15...22°C		Температура зберігання 3...8 °C	
	10 діб	25 діб	через 25 діб	через 45 діб
<i>Botrytis cinerea</i>	20	49,3	6,9	16,4
<i>Fusarium angustum</i>	14	30,4	1,1	2,64
<i>Penicillium rugulosum</i>	10	17,5	0,3	0,75
<i>Fusarium oxysporum</i>	4,5	9	0,5	0,9
<i>Geotrichum candidum</i>	0,9	1,3	-	-
<i>Torula beticola</i>	1,7	3	-	-
<i>Fusarium culmorum</i>	0,4	1,2	-	-

ду. Методика виділення активних збудників полягає у дослідженні ураженої тканини, що знаходиться на межі зі здоровою. Для цього в стерильних умовах розрізали коренеплоди через загнилу частину, відбирали скальпелем невелику кількість тканини на межі здорової і загнилої частин коренеплоду та поміщали її в стерильних умовах у пробірку з розплавленим середовищем Чапека та буряковим агаром. Після перемішування вміст пробірок розливали в чашки Петрі.

При виділенні міцеліальних грибів з уражень поверхні коренеплоду, тонкою стерильною мікробіологічною голкою відбирали частинку зовнішнього міцелію і поміщали її в пробірки з відповідним поживним середовищем. Після перемішування середовище міцеліальною масою розливали у стерильні чашки Петрі. Культивування в обох випадках проводили за температури 27 °С протягом 7 діб. З виділених колоній проводили відвівки культур у пробірки з поживним середовищем. Чисті культури міцеліальних грибів висівали на відповідні щільні поживні середовища для вивчення культуральних і морфологічних ознак виділених культур мікроорганізмів.

Морфологічні ознаки досліджували методом мікроскопіювання при збільшенні в 600...800 разів. Для попередньої родової ідентифікації порівнювали культуральні та морфологічні ознаки кожної з культур згідно визначника.

В результаті досліджень встановлено, що коренеплоди, відібрані з кагатів, були уражені великою асоціативною групою міцеліальних грибів, що й призвело до їх швидкого загнивання. Зокрема, в уражених коренеплодах після зберігання виявлено мікроміцети видів *Botrytis cinerea*, *Mucor mucedo*, *Rhizopus nigricans*, родів *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichothecium*, *Verticillium*,

Gliocladium, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Torula*.

Наступним етапом досліджень було використання виділених збудників для ураження коренеплодів цукрових буряків. В якості об'єктів досліджень використовували чотири асоціативні групи мікроорганізмів: 1 – *Botrytis cinerea*, *Triothecium roseum*; 2 – *Botrytis cinerea*, *Fusarium culmorum*, *Trichoderma coningi*; 3 – *Mucor mucedo*, *Rhizopus nigricans*, *Penicillium rugulosum*, *Aspergillus niger*; 4 – *Mucor mucedo*, *Rhizopus nigricans*.

Ураження коренеплодів проводили згідно методики описаної вище. Цукрові буряки, відібрані для проведення досліджень, не мали видимих ознак фітопатогенних уражень. Показники технологічної якості коренеплодів в середньому становили: вміст сахарози у буряках – 16,0...16,2%, чистота бурякового соку 85,8...86,2%, соковий коефіцієнт – 93,0...93,2%, маса коренеплоду 600...630 г. Після штучного ураження цукрові буряки зберігали протягом 30 діб за температур: 3...8°С та 15...22°С. Результати фітопатологічного обстеження коренеплодів наведено в **табл. 2**.

Аналіз результатів досліджень, наведений в **таблиці 2**, свідчить, що у разі ураження коренеплодів асоціативною групою мікроорганізмів спостерігається більш інтенсивний розвиток кагатної гнилі, порівняно з ураженням одним із видів. Підвищення температури зберігання до 15-22 °С сприяє розвитку *Mucorales*, зокрема найбільш розповсюджених видів *Mucor mucedo* та *Rhizopus nigricans*, які за короткий термін здатні перетворити бурякову сировину у непридатний до перероблення стан. За даними [3, 5], за температурних умов вище 15-20 °С ці гриби за активністю порушення тканини значно переважають *Botrytis cinerea*.

На **рис. 1** наведено графічну залежність сту-

Таблиця 2

Активність збудників кагатної гнилі при зберіганні цукрових буряків протягом 30 діб за різних температурних режимів зберігання

Асоціативна група мікроміцетів	Вміст загнилої тканини, %	
	15...22 °С	3...8 °С
<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Triothecium roseum</i>	56,2	29,8
<i>Botrytis cinerea</i> , <i>Fusarium culmorum</i> , <i>Trichoderma coningi</i>	59,5	33,6
<i>Mucor mucedo</i> , <i>Rhizopus nigricans</i> , <i>Penicillium rugulosum</i> , <i>Aspergillus niger</i>	63,4	10,5
<i>Mucor mucedo</i> , <i>Rhizopus nigricans</i>	58,2	4,1

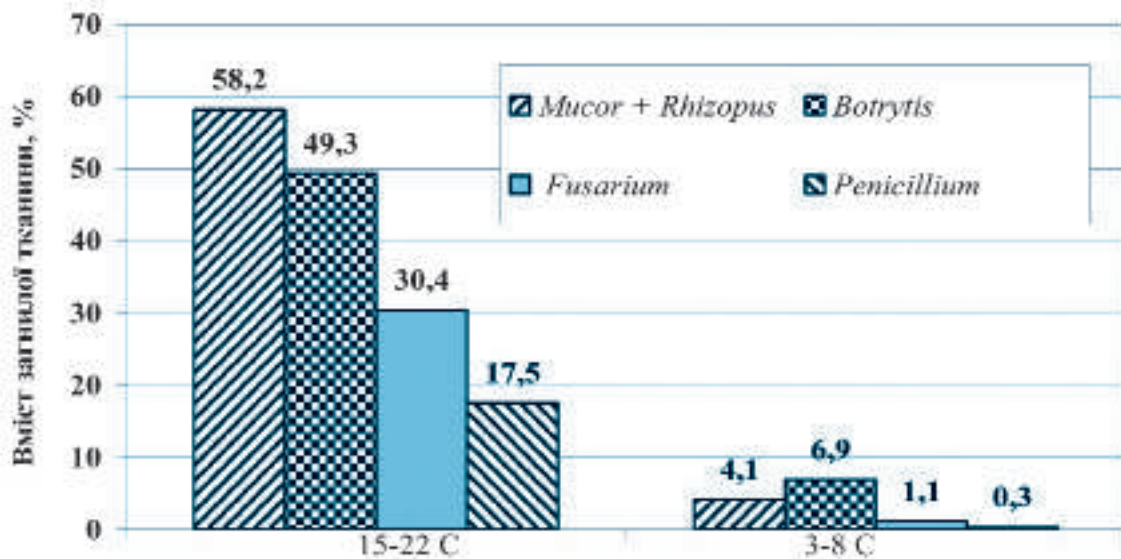


Рис. 1. Вміст загнилої тканини у коренеплодах цукрових буряків після зберігання протягом 25 діб за ураження окремими збудниками кагатної гнилі за різної температури

пеня ураження коренеплодів найбільш активними збудниками кагатної гнилі, зокрема мікроміцетами роду *Botrytis cinerea* Pers, *Mucor mucedo*, *Rhizopus nigricans*, *Fusarium angustum*, *Penicillium rugulosum* за температури зберігання 3-8 та 15-22°C.

Отже, розвиток кагатної гнилі під час зберігання цукрових буряків зумовлюється активністю збудників кагатної гнилі та залежить від умов зберігання (температура в кагатах, тривалість зберігання та ін.). Експериментально встановлено, що до найбільш активних збудників слід віднести види *Botrytis cinerea* Pers, *Mucor mucedo* і *Rhizopus nigricans*. Зокрема активність останніх

зростає при підвищенні температури зберігання до 15...20°C та вище. Активність інших видів, зокрема роду *Fusarium*, *Torula* *Penicillium* збільшується у присутності вищезазначених найбільш активних видів мікроміцетів, описаних вище.

Характер ураження тканини за досліджуваних збудників відрізнявся за кольором, щільністю та запахом ураженої тканини. Необхідно зазначити, що у разі ураження міцеліальними грибами *Mucor* та *Rhizopus* уражена тканина набувала світло-кремове, а з часом – бежевого відтінку, що ускладнює ідентифікацію у разі вивчення бурякової стружки. Зовнішній міцелій мав світло-сірий павутинчатий вигляд.

Таблиця 3

Технологічні показники буряків та бурякового соку при ураженні мікроміцетами роду *Botrytis*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Fusarium*, *Penicillium*

Показники	Збудники кагатної гнилі			
	<i>Botrytis</i>	<i>Mucor Rhizopus</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Penicillium</i>
Масова частка сухих речовин, %	16,2	17,4	14,4	14,0
Масова частка сахарози, %	-3,2	-4,9	-3,6	-0,2
pH ₂₀ бурякового соку	4,3	3,6	4,5	3,7
Масова частка у соку:				
- ВМС, % на 100 г СР	11,84	10,63	7,04	9,93
- пектинових речовин, % на 100 г СР	8,5	9,3	5,6	8,7
- білків, % на 100 г СР	1,02	0,41	0,49	0,31
- α - амінного азоту мг/см ³	0,122	0,11	0,14	0,133
- нітритів мг/л	6,9	9,14	19,95	4,5
- молочної кислоти мг/100 см ³	14,6	12,8	26,3	21,2
Загальна кислотність, мг/100 г СР соку	5377	11090	4650	9765



Рис. 2. Коренеплід цукрового буряку уражений міцеліальними грибами виду *Fusarium angustum* у розрізі

У разі розвитку на коренеплодах цукрових буряків мікроміцетів роду *Botrytis cinerea* Pers щільний зовнішній міцелій сірого кольору з наявними склероціями чорного кольору оточував більшу частину коренеплоду, а уражена тканина набувала яскраво-коричневого кольору. Відповідно у разі розвитку грибів роду *Fusarium* утворювався зовнішній міцелій жовтувато-рожевих відтінків (рис. 2), а бурякова тканина набувала в більшому ступені темно-коричневого забарвлення. У разі пеніцельозного гниття наявний характерний зовнішній міцелій сіро-голубого кольору та утворення темно-коричневої (майже чорної) ураженої тканини.

Представляє інтерес вивчення впливу розвитку певних видів збудників кагатної гнилі на показники технологічної якості цукрових буряків.

Тому, наступним етапом проведених досліджень було вивчення технологічних показників бурякового соку з коренеплодів, уражених окремими видами збудників кагатної гнилі. Для проведення аналізу використовували загнилу бурякову тканину, отриману після штучного ураження коренеплодів мікроміцетами родів *Botrytis*; *Mucor*; *Rhizopus*; *Fusarium*; *Penicillium*. Результати дослідження представлені в табл. 3.

Аналіз бурякового соку коренеплодів після ураження свідчить, що технологічна якість цукрових буряків значно погіршилась.

Аналізуючи отримані дані можна зробити висновок, що існують відмінності у характері хімічних перетворень при мікробіологічних ураженнях, спричинених різними збудниками. Необхідно зазначити, що поляризація одержаних проб

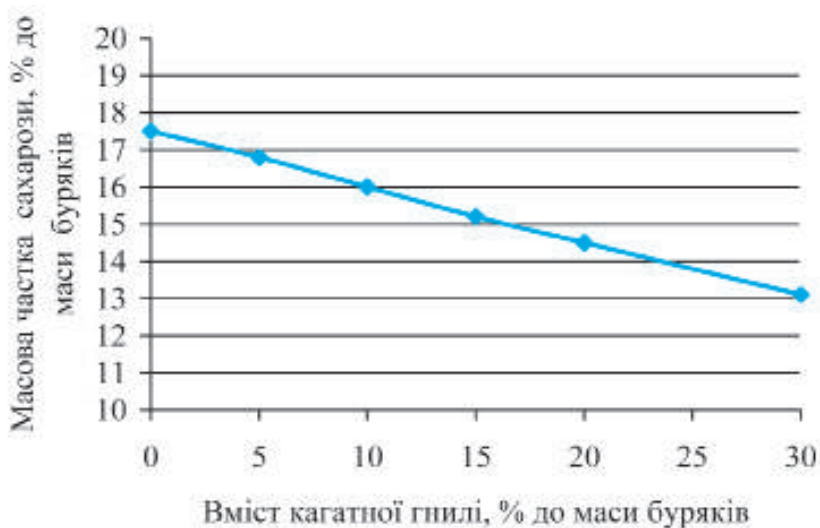


Рис. 3. Залежність цукристості буряків від вмісту гнилої маси

бурякового соку у всіх випадках була від'ємною. Найбільше зниження рН соку спостерігалось у разі ураження коренеплодів мікроміцетами роду *Mucor*, *Rhizopus* та *Penicillium*. В цих випадках загальна кислотність бурякового соку підвищилась більше ніж у 10 разів і склала 9766...11089 мг/100см³. При цьому також спостерігається підвищення вмісту пектинових речовин до 8,6-9,3% на 100 г СР. Крім того, за уражень *Mucor*, *Rhizopus*, *Fusarium* та *Penicillium* відбувалося значне зниження вмісту білків.

У разі ураження *Botrytis* спостерігався найвищий вміст високомолекулярних сполук (ВМС) та речовин колоїдної дисперсності (РКД), що пояснюється незначним зменшенням вмісту білків за умови підвищення вмісту пектинових речовин.

Отже, мікробіологічне ураження коренеплодів призводить до розвитку кагатної гнилі та перебігу ряду біохімічних реакцій розкладання органічних сполук. Загнила частина коренеплодів цукрових буряків характеризується невисоким вмістом сахарози та підвищеним вмістом шкідливих у технологічному відношенні нецукрів, таких як: редукувальні речовини, розчинний азот, органічні кислоти, розчинні пектинові речовини.

Нами проведено також дослідження зміни вмісту сахарози у цукрових буряках від вмісту загнилої тканини коренеплодів. Результати досліджень представлено на **рис. 3**. Так, при збільшенні вмісту загнилої тканини від 0 до 30% до маси буряків масова частка сахарози зменшилась на 4,2 од., що в середньому призводить до втрат 0,12...0,15% сахарози на 1% гнилої маси.

Перебіг мікробіологічних процесів призводить до погіршення технологічної якості цукрових буряків. При цьому має місце практично повне розкладання сахарози, накопичення у буряковому соку редукувальних речовин, розчинних азотистих сполук, пектинових речовин, зміна структури тканин і механічних властивостей цукрових буряків. Отже, наявність кагатної гнилі спричинює не тільки прямі втрати сахарози внаслідок розкладання, але й призводить до погіршення технологічних показників продуктів та ускладнень на всіх стадіях виробничих процесів, зменшення виходу цукру і погіршення його якості. При переробленні цукрових буряків, уражених кагатною гниллю, необхідно уточнювати технологічний режим, що пов'язано зі зміною фізико-хімічних показників їх якості [6]. На нашу

думку, слід звернути особливу увагу щодо уражень, викликаних муковоривими грибами, оскільки, по-перше, за певних умов температурного режиму зберігання вони призводять до швидкого ураження коренеплодів. По-друге, уражена бурякова тканина набуває світло-кремового кольору, який незначно вирізняється у загальній масі стружки, окрім наявності спиртового запаху, що не викликає достатньої уваги технологів. Проте у разі виникнення мукової кагатної гнилі відбувається інтенсивний процес інвертування сахарози, зниження рН₂₀ бурякового соку, значний приріст вмісту розчинних пектинових речовин та суттєве зменшення вмісту білків у клітинному соку буряків.

Таким чином, на основі проведених досліджень можна зробити висновок про актуальність питання забезпечення високої технологічної якості сировини. Важливим напрямком є пошук механізмів запобігання розвитку кагатної гнилі, а також способів удосконалення технологічних процесів з метою покращення якості продуктів при переробленні буряків погіршеної якості. ■

Список використаних джерел

1. Князев В.А. Приемка и хранение сахарной свеклы по прогрессивной технологии. – М. : Легк. и пищ. пром-сть. – 1984. – 199 с.
2. Чернявская Л.И. Сахарная свекла. Проблемы повышения технологических качеств и эффективности переработки / Л.И. Чернявская, Ю.С. Ионицей, В.О. Штангеев и др. // К. : Фитосоциос-центр. - 2003. – 308 с.
3. Морочковский С.Ф. Грибная микрофлора кагатной гнили сахарной свеклы. - М. : Пищепромиздат. - 1948. – 214 с.
4. Билай В.И. Основы общей микологии: учебное пособие для вузов. – 2-е изд., переработанное и дополненное. – К. : Вища школа. Головное издательство. - 1980. – 360 с.
5. Гусятинська Н.А. Аналіз мікробіологічних процесів та способів їх пригнічення при зберіганні цукрових буряків / Н.А. Гусятинська, С.М. Тертіна, І.М. Касян, М.В. Гусятинський // Харчова промисловість 2010. - №9. - С. 36-39.
6. Ліпец А.А. Перероблення буряків, уражених кагатною гниллю та слизистим бактеріозом. / А.А. Ліпец, Н.А. Гусятинська // Наукові праці УДУХТ. – 2000.– № 7. – С.62-65.