

сушильного агенту буде рівномірною по довжині корпусу. Поєднання циліндричної камери розрідження із повністю перфорованою поверхнею барабану забезпечує рівномірний процес фільтрування сушильного агенту крізь матеріал. Це сприяє підтриманню сталого аеродинамічного опору шару, що підвищує керованість процесу, зменшує енерговитрати та забезпечує отримання продукту з однорідною вологістю і збереженими структурними властивостями.

УДК 663.12

В.С. Несваволя

(Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського, Україна)

БІОГЕНЕЗ АРОМАТИЧНИХ СПОЛУК ДРІЖДЖАМИ

V.S. Nesvavolia

BIOGENESIS OF AROMATIC COMPOUNDS BY YEAST

Ароматична характеристика харчових продуктів — один із ключових чинників, який впливає на їх якість, прийняття споживачем та конкурентоспроможність на ринку [1]. За останні роки технології біоферментації набувають великої ваги як інструмент формування смако-ароматичних властивостей, зокрема через використання дріжджів-продуцентів летких сполук [2]. У цьому контексті «ароматичні дріжджі» визначаються як група мікроорганізмів, здатних за умов бродіння продукувати ефіри, спирти, терпени та інші ароматичні метаболіти, що суттєво впливають на ароматичний профіль харчових та напійних систем.

Дріжджі, які мають значний біотехнологічний потенціал, широко застосовуються у виробництві вина, соєвого соусу, ферментованих напоїв та інших продуктів, де аромат — це не просто супутня ознака, а конкурентна перевага [3]. Разом із тим, успішне використання ароматичних дріжджів потребує розуміння їх походження, фізіологічних характеристик (толерантність до алкоголю, кислот, солей) та механізмів утворення ароматичних сполук (наприклад, ефірифікація, Ерліх-шлях, деглікозилювання) [5]. Отже, для подальшого розвитку харчової біотехнології важливо здійснити систематичний огляд цих аспектів з акцентом на можливості практичного застосування у виробництві харчових ароматів.

Ароматичні дріжджі походять з широкого спектра природних екосистем, у яких наявність доступних джерел вуглеводів та рослинних субстратів створює сприятливі умови для їх розвитку [4]. Найчастіше вони виділяються з поверхні фруктів, ягід, квітів, рослинних нектарів, а також із ґрунтів, збагачених органічними сполуками. Значна частина таких дріжджів зустрічається в середовищах, пов'язаних із природним або технологічним бродінням: виноградно-мезгах, какао-ферментаційних масах, традиційних ферментованих соєвих продуктах, а також у напівспонтанних ферментаціях фруктових напоїв. Саме ці екологічні ніші сприяють формуванню дріжджових популяцій із підвищеною ароматичною активністю, оскільки містять прекурсори летких сполук — цукри, органічні кислоти, амінокислоти й вторинні метаболіти рослин. Відомо, що дріжджі родів *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Pichia*, *Hanseniaspora* та *Yarrowia* характеризуються найбільшою різноманітністю ферментів, здатних до утворення складних ефірів, вищих спиртів та терпенових компонентів [3].

Фізіологічні властивості ароматичних дріжджів тісно пов'язані з умовами їхнього росту та бродіння, що визначає інтенсивність утворення летких метаболітів. Ароматичні дріжджі характеризуються здатністю до росту у середовищах з високою

концентрацією цукрів, змінним рівнем кислотності та підвищеною температурою, що робить їх придатними для різних видів ферментованих продуктів [6]. За наявними даними, багато штамів демонструють толерантність до етанолу, солей та органічних кислот, завдяки чому зберігають ароматизувальну активність навіть за стресових умов ферментації. Важливу роль відіграють активність алкоголь-ацилтрансфераз, дегідрогеназ, ліпаз та глікозидаз, які каталізують синтез складних ефірів, вищих спиртів та терпенових компонентів [5]. Фізіологічна здатність дріжджів регулювати експресію відповідних ферментів у відповідь на склад середовища визначає специфічність утворюваних ароматичних профілів. Саме тому такі дріжджі широко застосовуються для корекції смако-ароматичних характеристик харчових продуктів.

Біосинтез ароматичних метаболітів у дріжджів ґрунтується на кількох ключових ферментативних шляхах. Найбільш вивченим є Ерліх-шлях, у межах якого амінокислоти перетворюються на вищі спирти — попередники комплексних ефірів, що забезпечують фруктові та квіткові ноти [6]. Цей процес включає трансамінування, декарбоксилювання та відновлення альдегідів до спиртів. Іншим важливим механізмом є β -окиснення жирних кислот, яке сприяє утворенню γ - та δ -лактонів, характерних для молочних, персикових та кокосових ароматів [5]. Частина дріжджів здатна синтезувати терпеноїдні сполуки завдяки активності мевалонатного шляху, що додає цитрусові або квіткові ноти. Крім того, ферменти глікозидазного комплексу можуть вивільняти ароматичні аглікони з глікозидів рослинного походження, активуючи прихований ароматичний потенціал сировини.

Ароматичні дріжджі займають важливе місце у сучасних харчових технологіях, оскільки здатні природним шляхом покращувати смако-ароматичні властивості ферментованих продуктів [2]. Завдяки активності ферментів, що беруть участь в утворенні вищих спиртів, ефірів, органічних кислот та терпенових сполук, такі дріжджі формують виразний сенсорний профіль напоїв і харчових систем. Окремі штами здатні не лише утворювати леткі сполуки, але й посилювати наявні аромати рослинної сировини шляхом вивільнення прихованих ароматичних агліконів. Завдяки цьому ароматичні дріжджі розглядаються як перспективний інструмент для створення інноваційних ферментованих продуктів, збагачених природними смако-ароматичними компонентами [5].

Отже ароматичні дріжджі відіграють важливу роль у формуванні смако-ароматичного профілю ферментованих продуктів завдяки здатності синтезувати широкий спектр летких метаболітів. Їхня активність визначається видовими особливостями, фізіологічною толерантністю та доступністю попередників ароматичних сполук у середовищі. Залучення таких дріжджів у харчові технології дозволяє створювати продукти з виразними природними ароматами та розширювати асортимент ферментованих напоїв і продуктів рослинного чи тваринного походження.

Література

1. Fleet G. H. Yeasts in foods and beverages: impact on product quality and safety. *Current Opinion in Biotechnology*. 2007. Vol. 18, no. 2. P. 170–175.
2. Pretorius I. S. Modulating aroma and flavour through yeast fermentation. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2019. Vol. 103, no. 1. P. 27–41.
3. Ciani M., Capece A. Non-Saccharomyces yeasts in winemaking: technological and sensory aspects. *Fermentation*. 2018. Vol. 4, no. 3. P. 62–74.
4. Morales P., Rojas V., Quirós M. Biodiversity and ecological role of yeasts on fruit and plant surfaces. *International Journal of Food Microbiology*. 2020. Vol. 317. P. 108–118.

5. Snoek T., Steensels J., Verstrepen K. J. Yeast diversity and the metabolic basis for aroma formation in fermented foods. *Current Opinion in Food Science*. 2021. Vol. 37. P. 16–24.
6. Saerens S. M., Verstrepen K. J., Van Dijck P. Formation of flavour esters in yeast: role of alcohol acetyltransferases. *Applied and Environmental Microbiology*. 2010. Vol. 76, no. 2. P. 511–522

УДК 637

Р.В.Паперняк, М.М.Шинкарик, О.І. Кравець к.т.н., доц.

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

СУЧАСНІ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА СИРУ КИСЛОМОЛОЧНОГО: ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ

**R.V.Paperniak, M.M Shynkaryk, Ph.D., Assoc. Prof., O.I. Kravets, Ph.D., Assoc. Prof.
MODERN CURD CHEESE PRODUCTION LINES: CHALLENGES AND
PERSPECTIVES**

Сучасні лінії виробництва сиру кисломолочного забезпечують проведення технологічного процесу в закритому потоці та механізацію всіх технологічних операцій, що дозволяє вирішити дві задачі сталого розвитку – забезпечення належного рівня санітарії та зменшення впливу людського фактору [1].

Збільшення енергетичних витрат є очевидними для високопродуктивних механізованих ліній, проте в даному випадку воно не є визначальним з точки зору сталого розвитку. Значну економію енерговитрат в даних лініях одержують за рахунок нагрівання молока, а в подальшому сирного згустку, в закритих ємкостях. Проте суттєвою проблемою з точки зору сталого розвитку є забезпечення повного перероблення і утилізації сироватки.

Об'єми сироватки при виготовленні сиру кисломолочного досить значні – так при виробництві 1 тони продукту одержується до 9 тонн сироватки. У загальному різних видів сироватки (підсирна, казеїнова, кисло-молочна) в Україні щороку виробляється понад 3 млн. тонн. Не дивлячись на те, що сироватка містить ряд цінних компонентів, в Україні переробляється до 30% сироватки, що пов'язано з малою концентрацією виробництва та необхідними значними капіталовкладеннями у новітні технології. Інша частина сироватки зливається в каналізацію і створює значне навантаження на екосистему.

Якщо кількісний склад сироватки (жир, білок, лактоза) пов'язаний з видом основного продукту, то вміст у сироватці дрібних частинок білку (білкової пилюки), що утворюються в результаті механічного впливу, визначається роботою кожного обладнання лінії. Водночас промислове перероблення сироватки передбачає її попереднє очищення від білкової пилюки.

Метою роботи було дослідити вплив механічної обробки сиру кисломолочного на екологічну складову сталого розвитку.

На першому етапі досліджень були вибрані основні апарати де відбувається механічна дія на сир кисломолочний. Такими апаратами були: вертикальний 10 тонний сировиготовлювач, кулачковий насос, трубчастий охолоджувач, стрічковий відділювач сироватки.

Були розроблені методики досліджень: відбору проб, визначення вмісту та гранулометричного складу білкової пилюки.

В результаті проведених досліджень було встановлено гранулометричний склад білкової пилюки після кожного апарату та вплив механічного оброблення сиру