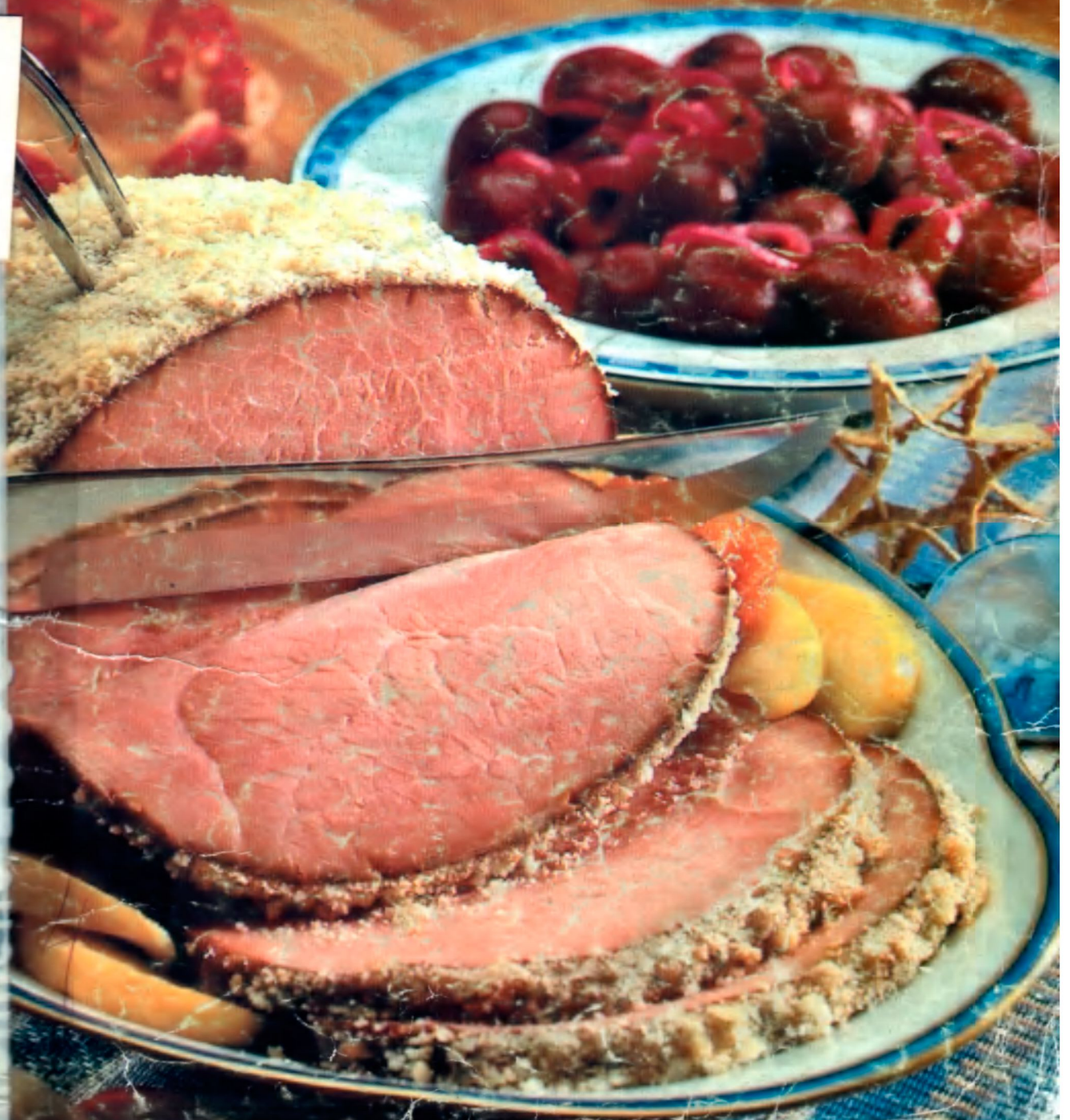


ЖАРЧОВА

і переробна
промисловість





ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ МЕЛЯСИ НА СПИРТ

з біологічним підкисленням середовища

Л.ТКАЧЕНКО,
науковий співробітник
С.ОЛІЙНИЧУК,
Л.ЛЕВАНДОВСЬКИЙ,
доктори технічних наук
УкрНДІспиртбіопрод.

У СПИРТОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ для підкислення м'ясяного сусла використовують сірчану або соляну кислоти. Відомо, що кислоти є токсичними по відношенню до дріжджових клітин і належать до плазмолітичних отрут. За негативністю впливу на дріжджі молочна кислота займає передостаннє місце, тобто менше за інші кислоти пригнічує життєдіяльність дріжджових клітин. Тож використання молочної кислоти для підкислення м'ясяного сусла може значно покращити фізіологічну активність дріжджів та результати анаеробного зброджування.

Розроблено технологію одержання етилового спирту з м'ясяси з біологічним підкисленням середовища, в якій для підкислення м'ясяного сусла використовується молочна кислота, синтезована молочнокислими бактеріями (МКБ) безпосередньо в середовищі. В основі технології — принцип співіснування в одному технологічному процесі змішаної популяції мікроорганізмів (дріжджів і МКБ), які знаходяться у симбіотичних відносинах. При цьому необхідного оптимуму рН для дріжджів досягають завдяки попередньому розвитку МКБ, у результаті якого синтезується молочна кислота.

Для підкислення технологічного середовища використовували продуцент молочної кислоти *Lactobacillus delbrusckii*, а для біосинтезу спирту — дріжджі *Saccharomyces cerevisiae* (раса У-563). При проведенні безперервного технологічного процесу, в якому беруть участь два різних роди мікроорганізмів — бактерії та дріжджі — необхідно, щоб питомі швидкості росту обох культур збігалися або були достатньо близькими. Дослідження показали, що питома

швидкість росту *Lactobacillus delbrusckii* нижча, ніж у дріжджів і становить 0,056—0,058 год⁻¹. Таким чином, при розробці апаратурно-технологічної схеми для досягнення необхідної швидкості розбавлення середовища об'єм апаратури для культивування МКБ потрібен у 2 рази більший порівняно з дріжджоростильною, що зменшує ефективність такої технології.

Один із шляхів інтенсифікації біотехнологічних процесів — багаторазове використання біомаси промислових продуцентів, прикладом якого є іммобілізація клітин мікроорганізмів. Виходячи з цього, було проведено дослідження по інтенсифікації швидкості кислотоутворення культури *Lactobacillus delbrusckii* використанням закріплених клітин продуцента на різних сорбентах. Визначено, що для даної культури МКБ найкращі іммобілізаційні можливості мають полімерні волокна "ВІІ". Для оцінки ефективності процесу іммобілізації бактеріальних клітин при різних способах закріплення використовували константу іммобілізації (K_i), яку розраховували за законом діючих мас:

$$K_i = \frac{G_c \cdot C_b}{G_b \cdot C_c}$$

де G_c — кількість клітин на сорбенті;

C_b — рівноважна концентрація клітин на сорбенті;

G_b — кількість клітин у середовищі;

C_c — рівноважна концентрація клітин у середовищі.

Визначено, що K_i була достатньо близькою при проведенні процесу закріплення МКБ у стаціонарних умовах, а також при іммобілізації у потоці й дорівнювала відповідно 32,2 і 39,4. Незалежно від способу іммобілізації бактеріальних клітин на сорбенті "ВІІ" визначення K_i дає змогу провести практичні розрахунки необхідної кількості сорбенту у ферментаційному обладнанні. Використання іммобілізованих клітин МКБ дало змогу підвищити швидкість розбавлення середовища до 0,18—0,22 год⁻¹ та збільшити швидкість біосинтезу молочної кислоти. Завдяки цьому забезпечено необхідний рівень концентрації іонів водню у зброджуваному середовищі та організовано безперервний процес біосинтезу спирту з м'ясяси.

У результаті проведених досліджень по розробці процесів спільного культивування МКБ та дріжджів-сахароміцетів у технології спиртового зброджування м'ясяного сусла розроблено апаратурно-технологічну схему (див. рисунок).

Нативну м'ясясу із збірника 1 подають для приготування м'ясяного сусла в розсиропники 2, де її розбавляють гарячою водою та вносять поживні речовини (карбамід та діамонійфосфат). З розсиропників 2, які працюють почергово, м'ясясне сусло направляють у культиватори 3, які працюють у періодичному режимі. Туди ж задають чисту культуру МКБ, яку попередньо вирощують у лабораторних умовах. Культуру МКБ з середньої частини апаратів 3 насосом 4 подають на іммобілізацію в колонний апарат 5, в якому рівномірно по всій висоті розташований полімерний носій "ВІІ". Після іммобілізації МКБ у колонний апарат тим же насосом 4 безперервно подають для підкислення м'ясясне

Таблиця 1
Режимні параметри зброджуваного м'ясяного сусла, підкисленого молочною кислотою, синтезованою іммобілізованими МКБ

Показники	М'ясясне сусло, після біологічного підкислення	Виробничі дріжджі	Зріла бражка
Видима густина, % СР	3,9—4,1	5,2—5,6	6,9—7,1
Справжні СР, %	3,9—4,1	5,7—6,1	9,0—9,2
рН середовища	4,3—4,5	4,7—4,9	5,4
Кислотність, град.	0,55—0,65	0,45—0,5	0,4
Біомаса дріжджів, г/дм ³	0	14—17	15—18
Концентрація спирту, % об.	0	2,8—3,3	7,8—8,1
Вміст незброджених вуглеводів, г/100 см ³	1,8—2,1	—	0,22—0,25
Початкова концентрація СР сусла, г/100 см ³	3,9—4,1	10,8—12,4	21,0—21,5

сусло, яке готують в апаратах-розси-ропниках 2. Для інактивації клітин МКБ, які виносяться з суслим, підкислене сусло надходить у нагрівач 7, де воно нагрівається до потрібної температури, а далі у витримувач 8. Потім сусло охолоджують у теплообміннику 9 і направляють у дріжджогенератор 10. Для підтримки необхідного значення початкової концентрації сухих речовин (СР) у виробничих дріжджах та в зброджуваному середовищі в дріжджогенератор 10 та в головні бродильні апарати 11 вносять нативну антисептовану мелясу з другого збірника 1а. Виробничі дріжджі самопливом потрапляють у головний бродильний апарат бродильної батареї, а зрілу бражку з останнього бродильного апарата насосом 4 направляють у брагоперегонний апарат 12, де одержують спирт-сирець та молочнокислу післяспиртову барду.

Технологія спирту з біологічним підкисленням середовища успішно пройшла виробничі випробування на дослідно-промисловій дріжджобродильній установці Лужанського спиртозаводу й була прийнята відомчою комісією. Показники зброджування мелясного сусли, одержані при випробуваннях, подано в табл. 1.

На основі проведених випробувань було зроблено висновки, які свідчать, що динаміка й кінетика технологічних показників дріжджогенерування та зброджування мелясного сусли, підкисленого молочною кислотою за допомогою іммобілізованих МКБ, не відрізняється від показників традиційних технологій з використанням неорганічних кислот. Отже, розроблена технологія дає змогу виклю-

Таблиця 2
Показники та складові післяспиртрової барди при різних способах підкислення

Показники	Барда одержана при підкисленні мелясного сусли	
	сірчаною кислотою	молочною кислотою, синтезованою МКБ
Сухі речовини, %	9,3	9,3
pH середовища	5,0	5,0
Кислотність, град.	0,45	0,50
Вуглеводи, %	0,35	0,32
Протеїн, % до СР	25,0	30,1
<u>Кількість амінокислот, % до СР</u>		
аспарагінова	0,51	0,57
треонін	0,25	0,38
серин	0,15	0,18
глутамінова + пірролідон-карбонова	9,97	9,97
гліцин	0,26	0,26
аланін	0,34	0,37
валін	0,17	0,17
метіонін	0,01	0,02
лейцин	0,19	0,20
ізолейцин	0,17	0,17
тирозин + γ-аміномасляна кислота	0,84	0,85
фенілаланін	0,06	0,08
гістидин	0,04	0,05
лізин	0,09	0,06
аргінін	0,06	0,06
<u>Аніони, % до СР</u>		
SO ₄	1,96	0,65
СГ	1,24	0,9
H ₂ PO ₄	0,49	0,25
<u>Органічні кислоти, % до СР</u>		
молочна	3,8	12,4
яблучна	—	0,18
оцтова	5,8	4,6
лимонна	2,0	1,2
янтарна	0,8	0,6

чити застосування неорганічних кислот з виробництва, що створює умови для покращення якості післяспиртрової мелясної барди для використання її на кормові цілі.

Порівняння показників та складових післяспиртрової мелясної барди, яку одержали при різних способах підкислення, подано в табл. 2. Бачимо, що в барді з використанням біологічного підкислення середовища аніонів сірчаної кислоти міститься у 3 рази менше, а молочної кислоти в 3,3 рази більше, ніж у сірчаною кислотою барді. Завдяки життєдіяльності МКБ у складі молочною кислотою барди на 10—50 % збільшується вміст амінокислот (аспарагінової, треоніну, серину, аланіну, метіоніну, фенілаланіну), що підтверджується підвищеною на 2,4 % кількістю протеїну порівняно з бардою, одержаною за традиційною технологією. До того ж молочною кислотою барда має більш приємний запах.

Дослідження по відгодівлі великої рогатої худоби із застосуванням молочною кислотою барди, які було проведено Інститутом кормів УААН (м.Вінниця), показали високу ефективність використання цього продукту як кормової добавки до раціону тварин.

Апаратурно-технологічна схема виробництва спирту з меляси з використанням іммобілізованих МКБ

- 1, 1а — збірники меляси;
2 — розсиропник;
3 — культиватор МКБ;
4 — насос;
5 — колонний апарат;
6 — полімерний носій "ВІІ";
7 — нагрівач;
8 — витримувач;
9 — охолоджувач;
10 — дріжджогенератор;
11 — бродильний апарат;
12 — брагоперегонний апарат.

