

Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine  
Ministry of Education and Science of Ukraine  
National University of Food Technologies  
Institute of Food Resources of the National Academy  
of Agricultural Sciences of Ukraine  
AKKO International

**12<sup>th</sup> International Specialized  
Scientific and Practical Conference**

**Trends in LEAN food production  
and packaging**

Conference's title in 2012-20:  
Resource and Energy Saving Technologies of Production and Packing of Food  
Products as the Main Fundamentals of Their Competitiveness

**September 20, 2023**  
AKKO International Exhibition Centre  
Kyiv, Ukraine

---

**Kyiv 2023**

Міністерство аграрної політики та продовольства України  
Міністерство освіти і науки України  
Національний університет харчових технологій  
Інститут продовольчих ресурсів Національної академії аграрних  
наук України  
ТОВ «АККО Інтернешнл»

## **12-а Міжнародна спеціалізована науково- практична конференція**

# **Тренди Lean-виробництва та пакування харчової продукції**

Назва конференції у 2012–20 р.:  
Ресурсо- та енергоощадні технології виробництва і пакування харчової  
продукції – основні засади її конкурентоздатності

**20 вересня 2023 р**  
Виставковий центр «АССО International»  
Київ, Україна

## Руйнування клітин мікроорганізмів механічним способом

Максим Касинюк<sup>1</sup>, Костянтин Омеляненко<sup>1</sup>, Олексій Губеня<sup>1</sup>,  
Йонуц Аврамія<sup>2</sup>, Катерина Грінінг<sup>1</sup>

*1 – Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

*2 – Університет Штефан чел Маре, Сучава, Румунія*

**Вступ.** Тема руйнування (англ. disruption) одноклітинних мікроорганізмів (бактерій, грибків, водоростей, дріжджів тощо) та тканинних культур у промислових масштабах є актуальною, проте недостатньо розкрита у літературі. Складно знайти інформацію про організацію цього процесу у промислових масштабах.

**Матеріали і методи.** Аналіз наукової літератури, рекламної інформації, опитування фахівців.

### Результати і обговорення.

#### Приклади застосування руйнування клітин:

- Руйнування одноклітинних водоростей для виділення цільових продуктів (рис. 1);
- Руйнування дріжджів для виділення багатьох речовин як із вмісту клітини (білки, ферменти тощо), так і стінок (екстрагування бетаглюкану) (рис. 2);
- Руйнування клітин генно-інженерних штамів бактерій, які синтезують рекомбінантні білки (тобто ті, що не синтезуються природнім шляхом) – людський інсулін, соматрофін, інтерферон тощо) (рис. 3). Вони знаходяться у цитоплазмі у вигляді кілець включень (гранул, крапельок чи кристаликів) та для їх вилучення потрібно зруйнувати клітину. Крім того, у клітинах можуть синтезуватися вітаміни, ферменти, лікарські речовини – антибіотики тощо.

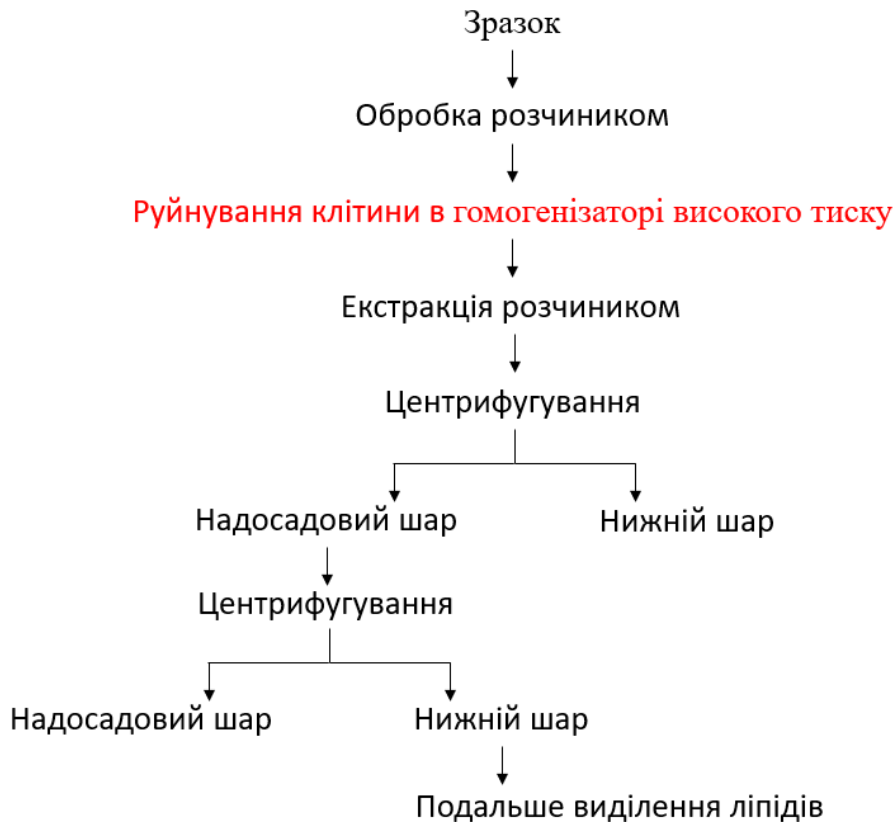
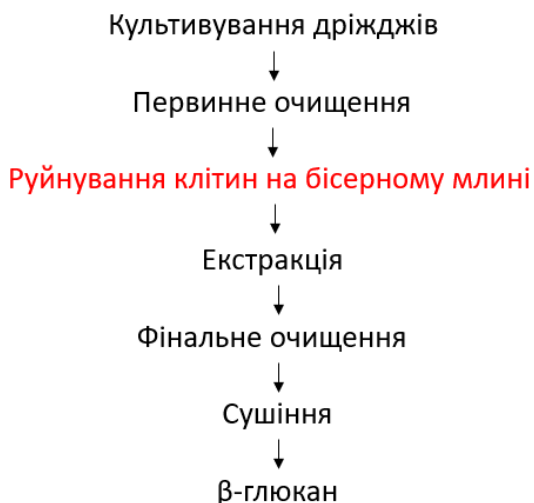


Рисунок 1. Ланка задіяння гомогенізатора для руйнування клітин мікродоростей, для виділення ліпідів [1]



**Рисунок 2.** Ланка задіяння бісерного млину для трощення клітин дріжджів, для виділення β-глюканів[2]



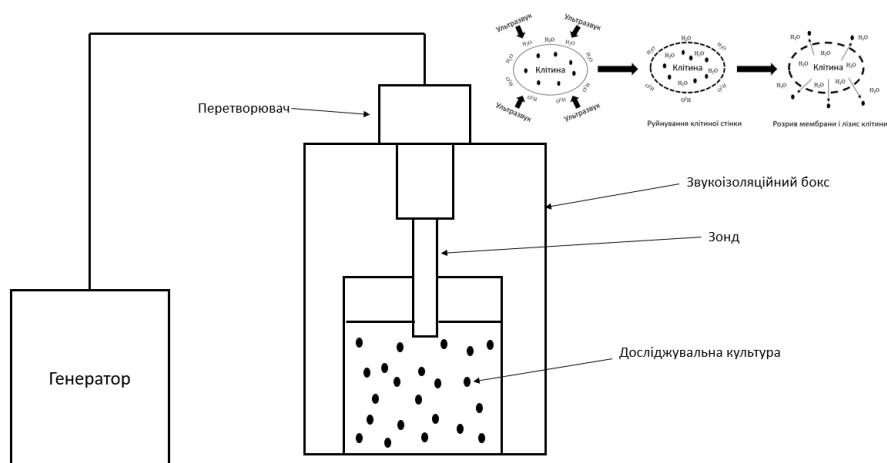
**Рисунок 3.** Ланка задіяння бісерного млину для трощення клітин мікродорослів, для отримання біопалива[3]

**Відомі способи руйнування клітин:**

*Немеханічні* (делікатні) методи – *осмотичний* та інші *лізиси*, *хімічні* способи (детергенами тощо, але вони іноді руйнують цільові компоненти), *осмотичний удар*, *лужне оброблення*.

*Жорсткіші* (*механічні* методи):

*Ультразвуковий* – оброблення охолодженої суспензії ультразвуковими хвилями (рис. 4). Недолік – швидке зношення робочих елементів, низька продуктивність, нагрівання, лише для малих об’ємів.



**Рисунок 4.** Механізм руйнування клітин ультразвуком [4]

*Тиском* (у гомогенізаторах високого тиску, продавлюванням через щілину).

Робота гомогенізатора високого тиску продавлюванням клітин через довгу щілину забезпечує ефективне руйнування клітин.

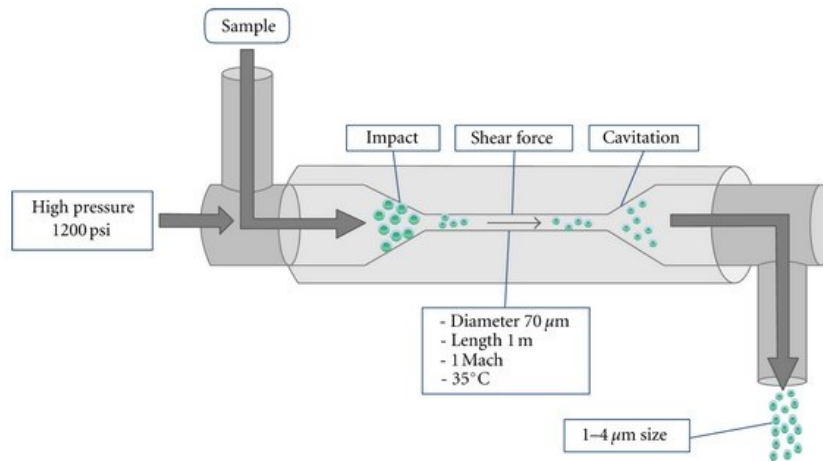


Рисунок 5. Схема гомогенізатора високого тиску, який використовується для попередньої обробки клітин [5]

Подрібнення малої кількості продукту (розмелювання, іноді у замороженому стані) – товкачем у ступках з дрібним піском або бісером.

Механічна гомогенізація у високошвидкісних блендерах лопатевого типу тощо, більш доцільний для руйнування тканин.

У бісерних млинах, шляхом стирання між бісеринками. Метод подрібнення клітин бісерним млином використовується в руйнуванні клітин дріжджів для подальшого виділення β-глюканів.

Бісерні млини широко використовуються для екстракції ліпідів, для подальшого отримання біопалива, під час руйнування клітин мікрободоростей. Вони забезпечують хорошу ефективність руйнування за один прохід, а їх переваги для промислового впровадження включають підтримку температури, прості робочі процедури, встановлення великої біомаси та легкодоступне обладнання.

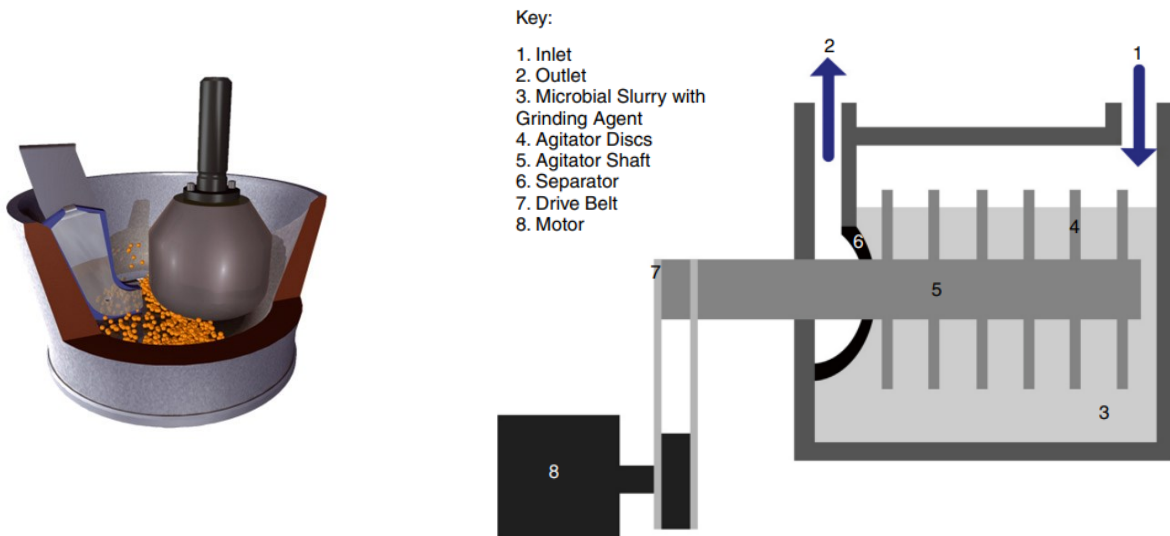


Рисунок 6. Руйнування клітин товкачем у ступках[6]

Рисунок 7. Бісерний млин [7]

Переваги та недоліки різних механічних методів руйнування клітин у промислових масштабах наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Переваги та недоліки різних механічних методів руйнування клітин у промислових масштабах

Метод руйнування клітин	Переваги	Недоліки
Ультразвуковий	Висока ефективність руйнування клітин. Можливість руйнування в м'якому режимі.	Потребує спеціального обладнання. Висока споживана потужність.
Гомогенізатори високого тиску	Високий тиск для ефективного руйнування. Можливість обробки великої об'єму матеріалу. Можливість руйнування в різних режимах.	Високі витрати енергії. Можливість руйнування біомолекул. Потребує об'ємного обладнання.
Бісерні млини	Здатність до створення однорідного розмелювання. Можливість регулювання розмірів часток. Відносно просте обслуговування.	Обмеженість в розмірах часток. Можливість забруднення від млинового матеріалу. Потребує досить тривалого часу для обробки.

*Припущення.* На відміну від подрібнення твердих тіл, руйнування клітин має іншу природу. Потрібно лише пошкодити стінку, не перетираючи її повністю. Невідомо, які властивості притаманні клітині, ймовірно, вона пружна, деформується між робочими елементами, вислизує, а потім відновлює форму.

#### **Висновки.**

- Процес порушення цілісності клітини правильно називати «Руйнування» (англ. – “*Disruption*”). Терміни «Подрібнення», «Дезінтеграція» хоча і зустрічається у літературі стосовно клітин, проте не є раціональними: завдання зруйнувати клітину на частини не ставиться. Зазвичай потрібно порушити цілісність її стінки.
- У промислових масштабах застосовуються механічні методи руйнування клітин – у бісерних млинах та під тиском у довгих щілинах. Інші способи, зокрема хімічні, можуть бути доповненням для інтенсифікації процесу.
- Руйнування клітин дріжджів частіше виконується у бісерних млинах. Руйнування клітин водоростей та бактерій проводиться у тонких щілинах під тиском.
- Ультразвуковий спосіб руйнування клітин використовується лише у лабораторних умовах на рівні «пробірки». Прикладів його використання у промислових масштабах не виявлено, що, ймовірно, пояснюється значними енергозатратами, енергоємністю та швидким руйнуванням елементів технологічного обладнання.
- Умови та режими подрібнення описані недостатньо, це питання потребує детального вивчення.
- Залишається дискусійним питання «Що є зруйнованою клітиною», які ознаки зруйнованої клітини, що приймати за показник руйнування під час досліджень.

#### **Література**

1. Ceok-Cheol C., Choi W., Oh S. (2012), Enhancement of Lipid Extraction from Marine Microalga, *Scenedesmus* Associated with High-Pressure Homogenization Process,

*Hindawi Publishing Corporation Journal of Biomedicine and Biotechnology*, Volume 2012, p.6.

2. Avramia I., Amariei S. (2021), Spent Brewer’s Yeast as a Source of Insoluble  $\beta$ -Glucans, *International Journal of Molecular Sciences*, 22, 825.
3. Montalescot V., Rinaldi T., Touchard R. (2015), Optimization of bead milling parameters for the cell disruption of microalgae: Process modeling and application to *Porphyridium cruentum* and *Nannochloropsis oculata*, *Bioresource Technology*, Volume 196, pp. 339–346.
4. Ying Lia, Xin Liu, Yan Cui, Wenqiao Yuan. (2022), Ultrasound for microalgal cell disruption and product extraction, *Ultrasonics Sonochemistry*, Volume 87, 106054.
5. Ceok-Cheol C, Choi W., Oh S. (2012), Enhancement of Lipid Extraction from Marine Microalga, *Scenedesmus* Associated with High-Pressure Homogenization Process, *Hindawi Publishing Corporation Journal of Biomedicine and Biotechnology*, Volume 2012, p.6.
6. Glen Mills, Available at: <https://www.glenmills.com/product/rm-200-mortar-grinder/>.
7. Moo-Young M. (2001), Cell Disruption, *Comprehensive Biotechnology (Second Edition)*, Academic Press, pp. 619–640.