

його пробіотичних і гіпоалергенних властивостей, подовження терміну зберігання, а також часткової адаптації складу продукту до молока жіночого;

– удосконалено технологію напою кисломолочного для дитячого харчування «Біолакт» і наведено її детальне описання.

#### Список літератури:

1. Кузнецов В.В. Справочник технолога молочного производства, Технология детских молочных продуктов / В.В. Кузнецов, Н.Н. Липатова. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2005 г. – 525 с. – ISBN 5-901065-96-4
2. Малышам в Украине катастрофически не хватает материнского молока [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Лекарская правда. – 2012. – Режим доступа: <http://lekpravda.com/malysham-ukraine-katastroficheski-ne-xvataet-materinskogo-moloka/>
3. Ribeiro A. C. Specialty products made from goat milk / A.C. Ribeiro, S.D.A. Ribeiro // Small Ruminant Res. – 2010. – Vol.9. – P. 225-233.
4. Scientific concept of functional foods in Europe: consensus document / A.T. Diplock, P.J. Aggett, M.A. Ashwell et al. // British J. Nutr. – 1999. – V. 81 (1). – P. 1–27.
5. Закон України «Про дитяче харчування» № 142-V від 14.09.2006 р. // Відомості Верховної Ради України. – 2006. – № 44. – С. 433
6. Обзор рынка детского питания в Украине [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Бэби-экспо. – 2014. – Режим доступа: [http://babyexpo.ua/baby\\_expo/news\\_baby\\_expo/detail.php?ELEMENT\\_ID=5788](http://babyexpo.ua/baby_expo/news_baby_expo/detail.php?ELEMENT_ID=5788)
7. Рынок детских молочных продуктов в Украине [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Союз-информ. – 2010. – Режим доступа: [http://www.souz-inform.com.ua/index.php?language=rus&menu=article/detskoe\\_pytanye](http://www.souz-inform.com.ua/index.php?language=rus&menu=article/detskoe_pytanye)
8. Украинский рынок молочных продуктов детского питания [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Инфагро. – 2011. – Режим доступа: <http://www.infagro.com/ru/Product/Yes/37/>
9. "Молочный альянс" прогнозирует рост рынка специализированного молочного детского питания на 15-20% до 23-24 тыс. тонн в 2014 [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Anyfoodanyfeed. – 2013. – Режим доступа: <http://anyfoodanyfeed.com/ru/news/id/46451>
10. Bifidobacteria and bifidogenic factors / Molder H. W., Makellar R. C., Yaguchi M. // Can. Inst. Food Sci. Technol. J. – 1990. – V. 23 (1). – P. 29–41.
11. Biavati B. Probiotics and Bifidobacteria / B. Biavati, V. Bottazzi, L. Morelli. – Novara (Italy): MOFIN ALCE, 2001. – 79 p.
12. Shah N.P. Bifidobacteria: Characteristics and potential for application in fermented milk products // Milchwissenschaft. – 1997. – V. 52 (1). – P. 16–20.
13. Дідух Н.А. Наукові основи виробництва напою кисломолочного дитячого «Біолакт» з подовженням терміном зберігання / Н.А. Дідух, А.С. Авершина // Дитяче харчування: перспективи розвитку та інноваційні технології: матеріали конференції, 19 березня 2013 р. – Київ, 2013. – С. 115-119.
14. Дідух Н.А. Заквашувальні композиції для виробництва молочних продуктів функціонального призначення / Н.А. Дідух, О.П. Чагаровський, Т.А. Лисогор. – Одеса: Видавництво «Поліграф», 2008. – 236 с. – ISBN 978-966-8788-79-6
15. Roberfroid M.V. Prebiotics and synbiotics: concepts and nutritional properties // Br. J. Nutr. – 1998. – № 4. – P. 197–202.
16. Schrezenmeir J. Probiotics, prebiotics and synbiotics – approaching a definition / J. Schrezenmeir, M. de Vrese // Am. J. Clin. Nutr. – 2001. – № 2. – P. 361–364.
17. Некрасов П.А. Медико-биологические исследования напитка кисломолочного детского питания «Біолакт» / П.А. Некрасов, Н.А. Ткаченко, А.С. Авершина // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 10(65). – С. 34-39.

**Перспективи подальших досліджень:** затвердження пакету нормативних документів на виробництво напою кисломолочного для дитячого харчування «Біолакт»; впровадження удосконаленої технології у виробництво.

**Аннотация.** В статье рассмотрены состав и свойства кофейного шлама, показана целесообразность его переработки. Проанализированы процессы извлечения из шлама водорастворимых ароматических веществ кофе и кофейного масла. Представлены образцы микроволнового оборудования для экстрагирования водорастворимых веществ и масла из кофейного шлама. Приведены характеристики оборудования и результаты производственных испытаний.

**Ключевые слова:** кофейный шлам, бародиффузия, экстрактор, микроволны.

**Анотация.** В роботі розглянуто склад і властивості шלאму кави, показано доцільність його переробки. Проаналізовано процеси вилучення зі шלאму водорозчинних та ароматичних речовин кави та олії кави. Наведено зразки микровильового обладнання для екстрагування водорозчинних речовин і олії кави зі шלאму кави. Наведено характеристики обладнання і результати виробничих випробувань.

**Ключові слова:** шלאм кави, бародиффузія, екстрактор, микровхвлі.

#### Введение

По данным [1] рынок кофе является одним из наиболее стабильных, ему свойственна небольшая сезонность. Наиболее популярным в структуре продаж кофейной продукции является растворимый кофе, который составляет около 40 % общего объема продаж, молотый кофе – 30 %, кофейные миксы – 25 % [1]. Технология производства растворимого кофе характеризуется высокими затратами дорогостоящего сырья и большими объемами отходов.

#### Постановка проблемы

В процессе производства растворимого кофе шлам составляет 60 – 65 % исходного сырья. На 1 т готовой продукции приходится 1,5 – 2,0 т шлама [2]. Соответственно шлама в Украине ежегодно образуется порядка 1,5 – 2,0 тыс. т. Неутилизированные отходы оказывают неблагоприятное воздействие на окружающую среду и создают экологически опасную ситуацию [3].

#### Обзор литературы

Кофейный шлам представляет собой порошкообразную массу влажностью 79 – 82 %, темнокоричневого цвета, с выраженным ароматом кофе. После экстрагирования в шламе остается до 4 % экстрактивных веществ, 0,75 – 0,80 % редуцирующих сахаров [3].

За рубежом кофейный шлам предлагается использовать для получения биометана [4] или до-

УДК 663.933.061-027.332:537-962

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОВОЛНОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССАХ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КОФЕЙНОГО ШЛАМА

С.Г.Терзев

Кандидат технических наук, ассистент\*  
st@enniifoods.com

Н.В. Ружицкая

Кандидат технических наук, ассистент\*  
garka.nataga@yandex.ua

Т.Л. Макиевская

Кандидат технических наук  
oneice@mail.ru

О.Г. Бурдо

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой\*  
terma\_onaft@rambler.ru

\*Кафедра процессов, аппаратов и энергетического менеджмента  
Одесская национальная академия пищевых технологий  
ул. Канатная, 112, г. Одесса, Украина, 65039

экстрагировать на линии производства растворимого кофе, возвращая в одну из секций экстракционной установки [5].

Наиболее ценными компонентами шлама, пригодными для дальнейшей переработки являются: кофейное масло (7 – 12 %), целлюлоза и лигнин (60 – 75 %), смесь вкусоароматических веществ (3 – 5 %), белков (5 – 7 %) [6]. Кроме того в шламе сохраняется 0,12 – 0,15 % кофеина, 2,4 % органических кислот, а pH шлама в среднем составляет 4,3 – 4,8 [3]. Кофейное масло благодаря содержанию лигненов кафеола и кафестола представляет интерес для фармацевтической промышленности как противовоспалительное и онкопротекторное средство [7].

Таким образом, при утилизации кофейного шлама возможно получение из него дополнительных водорастворимых веществ кофе и кофейного масла.

Остаток полнокачественных экстрактивных веществ (до 4 %) в кофейном шламе, содержится в микро- и наночастицах зерен, поэтому их не удается удалить существующими промышленными технологиями.

#### Основная часть

**Экстрактор для извлечения водорастворимых веществ из шлама** В последнее время растет интерес к методам, при которых интенсификация процесса достигается за счет использования электроимпульсных технологий [8-11]. Применение данных воздействий позволяет значительно

повысить эффективность процесса даже при комнатных температурах, резко снизить величину затрат электрической энергии. Процесс извлечения экстрактивных веществ из кофейного сырья в электромагнитном поле сверхвысоких частот осуществляется не только массопроводностью, конвективной диффузией, а также благодаря действию микроволнового излучения. Физика процесса МВ экстракции основана на свойствах воды, которая является хорошим растворителем и обладает ярко выраженными дипольными свойствами. Под воздействием электромагнитного излучения дипольные молекулы воды в клетках растительного сырья начинают вращаться в соответствии с законом изменения электрического поля в течение периода рабочей частоты. Трение молекул приводит к нагреву воды в клетках растительного сырья, образованию пара и выносу вместе с ним продуктов экстракции в рабочий объем.

Для экстрагирования водорастворимых веществ из кофейного шлама разработана противоточная микроволновая установка непрерывного действия (рис. 1).

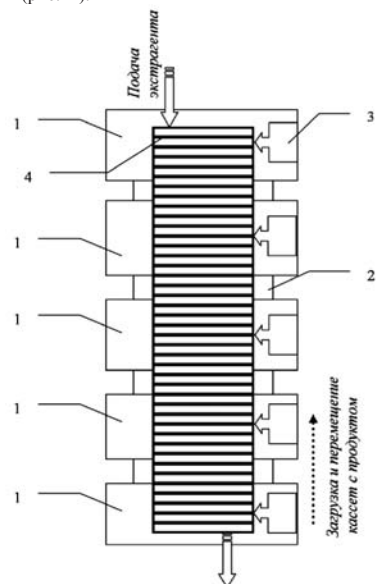


Рис. 1 – Схема экспериментально-промышленного образца МВ экстрактора: 1 – резонаторные камеры с системами управления; 2 – шлюзы; 3 – генераторы микроволнового излучения; 4 – массообменные модули (блок кассет)

В металлической шахте размещено 38 кассет, собранных в блоки из диэлектрического материала, выполненные в форме прямоугольного па-

раллелепипеда, предназначенные для закладки кофейного сырья.

Конструктивные особенности экстрактора позволяют регулировать скорость перемещения кассет по высоте шахты (кассет/мин) при проведении процесса экстракции.

Характеристики экспериментального образца микроволнового экстрактора непрерывного действия представлены в табл. 1. Массообменный модуль, выполненный из радиопрозрачного материала, размеры которого составляют: длина 0,22 м, высота 0,04 м, ширина 0,135 м. Модуль был заполнен кофейным шламом с размерами 0,5 – 2,0 мм.

Система управления позволяла регулировать мощность установки и в каждую резонаторную камеру подавалась энергия микроволнового генератора ( $N_i = 0,148; 0,247; 0,370$  кВт/кг). Объемный расход жидкости был равен 7,2 л/ч (или  $2 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с). Высота слоя продукта в массообменном модуле – 0,008 м.

Таблица 1 – Основные характеристики установки

Параметры	Экспериментальный образец МВ экстрактора
Частота излучения МВ генераторов, МГц	2450 ± 50
Выходная мощность МВ излучения, кВт	≤ 4,5 кВт (регулируемая)
Магнетроны (0,9 кВт), шт.	5
Габаритные размеры установки (l/b/h), м:	0,52/0,68/2,05

Именно совокупность воздействия на растительное сырье микроволнового поля и противоточного движения экстрагента по отношению к твердой фазе приводит к значительной интенсификации процесса экстракции. Под действием микроволнового поля скорость процесса диффузионного переноса возрастает в несколько раз, за счет образования эффекта бародиффузии.

**Микроволновый экстрактор для извлечения масла из шлама.** Экстрагирование водой не извлекает из шлама масла, ряд ароматических и красящих веществ. Вследствие высокой влажности (около 80%), кофейный шлам в первоначальном виде нестойк при хранении и в течение 2 – 3 суток подвергается микробиологической порче [4]. Присутствие воды также затрудняет экстрагирование масла из шлама, поскольку попадает в экстрагент, который в результате этого требует значительной очистки. Поэтому шлам после водного экстрагирования подвергается сушке.

Высушенный шлам поступает в экстрактор с микроволновым интенсификатором периодического действия, в котором чередуются операции экстрагирования и дистилляции экстракта (рис. 2).

В режиме экстрагирования в экстракционную камеру 1 загружаются шлам и экстрагент. Эк-

тракционная камера выполнена из пищевой нержавеющей стали. Характеристики установки: объем экстрагента 0,005 – 0,020 м<sup>3</sup>; масса шлама, который можно загрузить – 1,6 – 6,0 кг; продолжительность экстрагирования  $\tau = 30 - 90$  мин; удельная мощность микроволнового поля – 6,00 – 0,15 кВт/кг, общая мощность магнетронов – 3 кВт.

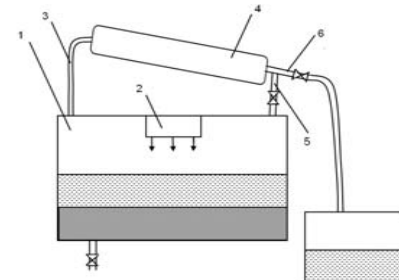


Рис. 2 – Экстрактор-дистиллятор периодического действия с микроволновым интенсификатором

Микроволновая энергия излучается магнетроном 2, изолированным от паров продукта радио-

прозрачным экраном. Пары экстрагента, которые выделяются в процессе, через патрубок 3 поступают в конденсатор 4, где конденсируются и возвращаются по патрубку 5, поддерживая постоянный гидромодуль в экстракторе. При этом клапан патрубку 6 закрыт.

После экстрагирования экстракт сливается через патрубок 7 и фильтруется. Патрубок 5 перекрывается, патрубок 6 открывается. Из шлама отгоняется экстрагент, пары конденсируются в холодильнике и стекают через патрубок 6 в емкость для экстрагента.

Сухой шлам выгружается из камеры 1, в камеру подается экстракт, из которого аналогично отгоняется экстрагент. Готовое масло стекает через патрубок 7 в приемную емкость для масла. Экстрагент используется для следующего цикла экстрагирования.

Апробация результатов исследований

Проведены испытания противоточного микроволнового экстрактора в условиях кофейного производства. Результаты экспериментов представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты испытания противоточного микроволнового экстрактора

№ п/п	Параметры	Температура, $t_k, ^\circ\text{C}$	Расход экстрагента, $G_э, \text{л/ч}$	Расход шлама, $G_c, \text{кг/ч}$	Высота слоя шлама в кассете, $H, \text{м}$	Удельная мощность, $N, \text{кВт/кг}$	Концентрация сухих веществ в экстракте, $X_э, \%$
1	Эксперимент	60	7,2	3,6	0,008	0,59	2,2
2	Эксперимент	75	7,2	3,6	0,008	0,99	2,8
3	Эксперимент	85	7,2	3,6	0,008	1,48	3,5

Полученный кофейный экстракт может быть возвращен в экстракционную батарею в качестве экстрагента или высушен с получением сухого растворимого кофе. Установлено, что дополнительные капитальные затраты составят 25500 грн, которые окупятся в течении 0,4 года.

Производственные испытания микроволнового экстрактора-дистиллятора периодического действия проводились с использованием этанола в качестве экстрагента. Результаты испытаний приведены в табл. 3 и на рис. 3.

Таблица 3 – Характеристики экстрактора при экстрагировании этанолом

Показатель	Гидромодуль	
	1:3	1:5
Масса шлама, кг	4,2	2,5
Масса экстрагента, кг	10	10
Общая мощность магнетронов, Вт	3000	3000
Продолжительность экстрагирования, мин	32	36
Температура, $^\circ\text{C}$	78,5	78,5
Удельная мощность, Вт/кг	215	240
Расход энергии, МДж/кг смеси	0,4	0,46
Продолжительность отгонки, мин	53	53
Расход электроэнергии, кВт-ч	4,25	4,45
Выход масла, кг	0,57	0,37

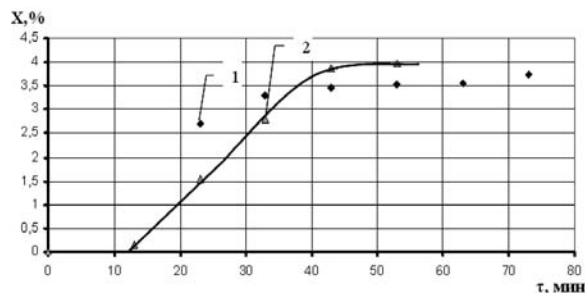


Рис. 3 Сравнение расчетных и экспериментальных значений концентраций масла в экстракте:  
1 – экспериментальные, 2 – расчетные.

В результате испытаний получено ароматизированное кофейное масло, которое характеризуется выраженным ароматом и вкусом кофе и интенсивным темно-коричневым цветом. Выход масла составил 13 – 20 % от массы сухого шлама. Установлено, что внедрение такого экстрактора окупается менее чем за 1 год, что является высоким показателем экономической эффективности. Это обусловлено в первую очередь высокой ценой продукта – кофейного масла.

#### Выводы

Разработанный опытно-промышленный МВ экстрактор непрерывного действия, обеспечивает экологически безопасную технологию экстрагирования,

так как во время работы установка не выделяет вредных веществ, а также отсутствуют вредные отходы производства. Конструкция экстрактора позволяет реализовать непрерывный процесс экстрагирования кофейного шлама при атмосферном давлении. По сути это новые технологии по переработке кофейного шлама.

Экстрактор-дистиллятор периодического действия обеспечивает получение ценного сырья для парфюмерной и фармацевтической промышленности – кофейного масла из кофейного шлама. Конструкция установки позволяет сократить продолжительность процесса и исключить из линии оборудование для отгонки экстрагента.

#### Список литературы:

- Обзор рынка кофе: [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zmk.com.ua>
- Вторичные материальные ресурсы пищевой промышленности (образование и использование). – М.: Экономика – 1984 г. – 327 с.
- Нахмедов Ф.Г. Технология кофепродуктов / Ф.Г. Нахмедов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 2000. – 184 с.
- Neves L. Anaerobic co-digestion of coffee waste and sewage sludge/ L. Neves, M. M. Alves // Waste management № 26, 2006, P. 176 – 182.
- Пат. США №5151287 МПК<sup>5</sup> A23FS/26 Process for increasing coffee extraction yield / K. Schlecht, O. Wehrspann. – № 688054; Заявл. 19.04.1991, Опубл. 29.09.1992.
- Бурдо О.Г. Процеси переробки шлама в технології виробництва розчинної кави/ О.Г. Бурдо, С.Г. Терзієв, В.В. Шведов, Н.В. Ружицька – Наукові праці ОНАХТ. – Вип. 37. – Одеса, - 2010. – С.252 – 255.
- Julio M.A. Coffee Oil, Cafestol, and Khawcol: Extraction Using Supercritical Carbon Dioxide/ M.A. Julio, Delcio Sandi, Jane S.R. Coimbra // Food Science and Technology: New Research, Nova Science Publishers, Inc, New York, 2008, P. 441 – 457.
- Бурдо О.Г. Экстрагирование в «системе кофе-вода». / Бурдо О.Г., Ряшко Г.М. – Одесса, 2007. – 176 с.
- PHCOG REV.: Microwave Assisted Extraction – An Innovative and Promising Extraction Tool for Medicinal Plant Research/ Vivecananda Mandal, Yogesh Mohan, S. Hemalatha // Pharmacognosy Reviews, Vol.1, Issue 1, Jan-May, 2007, P. 7 – 18.
- Chemat-Djenni Z. Atmospheric Pressure Microwave Assisted Heterogeneous Catalytic Reactions/ Z. Chemat-Djenni, Boudjema Hamada, F. Chemat // Molecules 2007, 12, P. 1399 – 1409.
- El Khorri S. The Microwave-assisted process (MAP<sup>TM</sup>): Extraction and Determination of Fat from Cocoa Powder and Cocoa Nibs/ S. El Khorri, J.R. Jocelyn Pare, Jacqueline M.R. Belanger, E. Perez // Journal of Food Engineering 79 (2007), P. 1110 – 1114.

УДК 663.4.011-048.34:530.162

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПИВОВАРІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СЦЕНАРНОГО ПІДХОДУ В УМОВАХ СИТУАЦІЙНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

**Анотація.** Роботу присвячено дослідженню питання оптимізації основних технологічних процесів виробництва пива. Користуючись отриманими знаннями, розроблено інтелектуальну систему управління процесами виробництва пива, в основу якої покладено принципи ситуаційного аналізу поведінки об'єкта управління. Проведений аналіз отриманих результатів дає змогу розробити алгоритми керування, які б дали можливість покращити такі техніко-економічні показники як якість продукції, витрати сировини та продуктивність технологічного комплексу.

**Ключові слова:** оптимізація виробництва пива, сценарний підхід, ситуаційне змінювання, ідентифікація, інтелектуальна система.

**Анотація.** Работа посвящена исследованию вопроса оптимизации основных технологических процессов производства пива. Используя полученные знания, разработана интеллектуальная система управления процессами производства пива, в основу которой положены принципы ситуационного анализа поведения объекта управления. Проведенный анализ полученных результатов дает возможность разработать алгоритмы управления, которые позволили бы улучшить такие технико-экономические показатели как качество продукции, затраты сырья и производительность технологического комплекса.

**Ключевые слова:** оптимизация производства пива, сценарный подход, ситуационное изменение, идентификация, интеллектуальная система.

**М.С. Романов**

Аспірант, асистент\*

E-mail: [gluk7c5@gmail.com](mailto:gluk7c5@gmail.com)

**В.Д. Кишенько**

кандидат технічних наук, професор\*

E-mail: [kvd1948@gmail.com](mailto:kvd1948@gmail.com)

**А.П. Ладанюк**

Доктор технічних наук, професор\*

E-mail: [ladaniuk@ukr.net](mailto:ladaniuk@ukr.net)

\*Кафедра автоматизації процесів управління  
Національний університет харчових технологій  
вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601

#### Вступ.

У зв'язку з бурхливим розвитком технічних засобів (мікропроцесорних пристроїв та ПЕОМ) з'явилась можливість створювати складні системи управління. Переважною тенденцією є впровадження комплексних автоматизованих ліній, що забезпечують автоматизацію усіх технологічних процесів і створюють єдину діючу систему керування. Такі системи автоматизації найчастіше складаються у вигляді багатоступневих детермінованих структур, послідовно здійснюючих усі необхідні функції контролю і керування процесами.

#### Постановка проблеми

Стало реальним об'єднання управління технологічним процесом і всім виробництвом в одній загальній системі управління. Такі системи прийнято називати комп'ютерно-інтегровані системи управління (КІСУ). Комп'ютерно-інтегроване виробництво можна визначити як єдину систему, що об'єднує різні підрозділи підприємства з метою отримання мінімальної собівартості та максимального прибутку від реалізації виробленої продукції.

Системи автоматизації набувають нових властивостей системного характеру [1]:

– впровадження комп'ютерних технологій та вдосконалення структури існуючих багаторівневих систем управління;

– використання сучасних програмних засобів для візуалізації технологічної інформації, її зберігання;

– інтелектуалізація виконуваних функцій з використанням елементів штучного інтелекту.

Світовий досвід автоматизації виробництва показує, що при створенні систем управління загальна задача розподіляється на дві складові:

– використання типових рішень та структур, програмних оболонок, які існують на ринку і мають комерційний характер;

– адаптація готових рішень до конкретних умов, забезпечення ефективності функціонування з урахуванням показників живучості, надійності, вартості.

Використання в нашому випадку лише традиційних підходів до керування технологічним процесом не може повністю задовольнити усіх поставлених вимог до системи автоматичного регулювання.

#### Аналіз літератури

Пивоварне виробництво є однією із важливих галузей харчової промисловості. Сучасний стан у пивоварній промисловості характеризується за-