

**Анотація.** Запропоновано технологію коаксіальної вертикальної екструзії одержання термостабільних капсул з внутрішнім вмістом у вигляді жиру шляхом встановлення кількісних залежностей густини водно-спиртового шару двошарового формуючого середовища. Стабільний процес вертикального капсулювання дозволяє одержати капсули, новація яких полягає в здатності оболонки бути термостійкою істотною упаковкою з точним дозуванням жирового вмісту.

**Ключові слова:** густина, процес капсулювання, етанол, міжфазовий шар, статистичний метод планування

**Аннотация.** Предложена технология коаксиальной вертикальной экструзии получения термостабильных капсул с внутренним содержимым в виде жира путём установления количественных зависимостей плотности водно-спиртового слоя двухслойной формирующей среды. Стабильный процесс вертикального капсулирования позволяет получать капсулы, новация которых заключается в способности оболочки быть термостойкой съедобной упаковкой с точной дозировкой жирового содержимого.

**Ключевые слова:** плотность, процесс капсулирования, этанол, межфазный слой, статистический метод планирования

УДК 664.3.033

## ВЛИЯНИЕ КОМПОНЕНТНОГО СОСТАВА НА СВОЙСТВА ДВУХСЛОЙНОЙ ПРИЁМНОЙ СРЕДЫ В ТЕХНОЛОГИИ КОАКСИАЛЬНОЙ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЭКСТРУЗИИ

Е.А. Коротаева

аспирант  
кафедра технологии пищевой продукции  
Харьковский государственный  
университет питания и торговли  
ул. Клочковская, 333, г. Харьков,  
Украина, 61051  
E-mail: Korotayeva@yandex.ua

### Введение

Улучшение структуры питания населения связано с уровнем научных разработок в области технологий и их адаптации в реальной пищевой сектор. Модернизация производств, совершенствование технологий и возможность быстрой переориентации на новую продукцию позволит предприятиям перерабатывающего комплекса и ресторанного хозяйства успешно конкурировать с отчётливой экспансией зарубежных пищевых товаров и расширить сегмент товаров отечественного производства с важной инновационной составляющей.

### Постановка проблемы и ее связь с важнейшими научными и практическими задачами

Масложировая отрасль разных стран мира выполняет значительный объём работ по переработке жиросодержащего сырья, жиров, масел и поставляет в предприятия ресторанного хозяйства значительный ассортимент жировых продуктов [1]. Разработанные технологии капсулирования масел и жиров влекут за собой необходимость разработки новых процессов, оборудования, производственного менеджмента и могут оказать существенное влияние на развитие технологии перерабатывающего хозяйства. Решение сформированных задач позволяет получить в условиях агрессивной конкуренции инновационную технологию производства капсулированного жиросодержащего продукта. Поэтому актуальной является раз-

работка предложений по интенсификации процессов капсулирования.

### Литературный обзор

Переработка жиросодержащего сырья, богатого на ПНЖК, НЖК, фосфолипиды, а также жирорастворимых витаминов приобретает новое направление создания функционально-оздоровительных продуктов питания [2, 3]. Разработанные технологии капсулирования жировых систем представлены в мире, в основном, биологически-активными добавками в желатиновой оболочке, которая не термостабильна [4, 5]. Учеными США разработан капсулированный продукт с внутренним эмульсионным содержимым и оболочкой в виде высушенного геля альгината кальция [6]. Производство интактного термостабильного полуфабриката в виде капсул является одним из направлений научных исследований ученых Харьковского государственного университета питания и торговли, где изучены основные принципы её получения [7, 8]. Разработка технологии капсулированных растительных масел в термостабильной оболочке определяет развитие технологий ресторанного хозяйства, производящих продукцию для ежедневного питания, выездного обслуживания, питания в офисах, кейтеринга. Наличие таких полуфабрикатов высокой степени готовности позволит создать новые концепции салатов из свежих овощей, новые принципы их хранения, введение в их состав жировые композиции с заданным составом, органолептические показатели, обеспечить «несмешивание» масла с compone-

нтами в технологическом потоке и при хранении. Поэтому разработка технологии жиросодержащих капсул с термостабильной оболочкой является актуальной с точки зрения решения проблем рационального питания, расширения ассортимента функциональных и оздоровительных продуктов питания, лечебно-профилактических добавок.

На основании литературного обзора разработаны основные принципы технологии жировой капсулы с термостабильной оболочкой. Технология заключается в коаксиальном вертикальном экструдировании раствора полисахарида (внешний поток) и жирового сырья (внутренний поток) в двухслойную приёмную среду, которая состоит из масла подсолнечного рафинированного дезодорированного (верхний слой) и водно-спиртового слоя (нижний слой).

### Влияние компонентного состава на свойства водно-спиртовой приёмной среды

Целью статьи является: научное обоснование соотношения компонентов состава водно-спиртового слоя (нижний) двухслойной формирующей среды эффективной технологии коаксиальной экструзии с использованием статистических методов планирования эксперимента; определение зависимостей межфазного натяжения системы «растительное масло рафинированное дезодорированное – водно-спиртовый раствор» от концентрации ПАВ с целью обоснования рационального рецептурного состава водно-спиртовой формирующей среды и обеспечения технологической задачи.

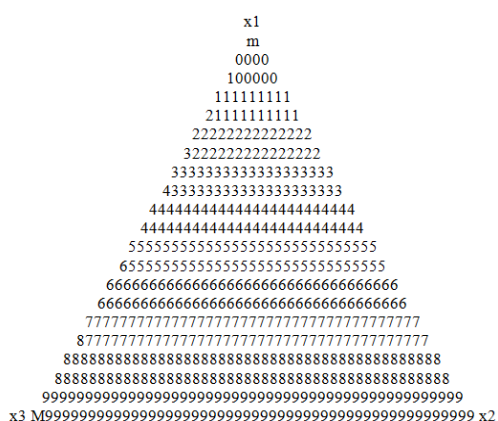


Рис. 1 Диаграмма зависимости плотности ( $y(x_1, x_2, x_3)$ ) водно-спиртового слоя от соотношения компонентов

В результате исследования определен диапазон соотношений компонентов основы водно-спиртового слоя, при котором плотность находится в значении  $0,926 \text{ г/см}^3$ , при этом можно максимально снизить его себестоимость в сравнении с этиловым спиртом в чистом виде. При этом концентрация водно-спиртового слоя по хлориду кальция должна быть в диапазоне  $0,3 - 1,0 \%$ , что заложено

Функция этанола в составе двухслойной формирующей среды заключается в снижении значения плотности водного раствора хлорида кальция. Поскольку при температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  значение плотности масла подсолнечного рафинированного дезодорированного  $0,926 \text{ г/см}^3$ , воды –  $0,998 \text{ г/см}^3$ , водного раствора хлорида кальция –  $1,007 \text{ г/см}^3$ , а этанола (96%) –  $0,789 \text{ г/см}^3$  [9], то получение водно-спиртовых растворов с плотностью близкой  $0,92 \text{ г/см}^3$  обеспечивает эффективный гравитационный переход капсулы из верхнего жирового слоя в нижний водно-спиртовый слой приёмной среды, и, при этом фазы по плотности не вытесняются одна другой.

Статистические методы планирования эксперимента позволяют идентифицировать работу исследователей, сократить сроки и расходы на эксперимент, повысить достоверность выводов по результатам эксперимента. Создание математической модели позволит отобразить зависимость влияния концентраций компонентов на плотность нижнего водно-спиртового слоя.

Экспериментальные исследования водно-спиртового слоя проведены согласно планов экспериментов «состав – свойство» [10]. Исходя из этого, заданное значение плотности водно-спиртового слоя должно быть  $0,926 \text{ г/см}^3$ . Результаты исследований приведены на рис. 1. Уравнение регрессии имеет вид:

$$y(x_1, x_2, x_3) = 0,789 \cdot x_1 + 0,998 \cdot x_2 + 1,007 \cdot x_3. \quad (1)$$

Адекватность полученного уравнения подтверждена по критерию Фишера при уровне значимости  $0,05$ .

$x_1$  – этиловый спирт 96 %;

$x_2$  – вода;

$x_3$  – 1%-ный водный раствор хлорида кальция.

0 – соответствует интервалу  $0,789 : 0,8108 \text{ г/см}^3$

1 – соответствует интервалу  $0,8108 : 0,8326 \text{ г/см}^3$

2 – соответствует интервалу  $0,8326 : 0,8544 \text{ г/см}^3$

3 – соответствует интервалу  $0,8544 : 0,8762 \text{ г/см}^3$

4 – соответствует интервалу  $0,8762 : 0,898 \text{ г/см}^3$

5 – соответствует интервалу  $0,898 : 0,9198 \text{ г/см}^3$

6 – соответствует интервалу  $0,9198 : 0,9416 \text{ г/см}^3$

7 – соответствует интервалу  $0,9416 : 0,9634 \text{ г/см}^3$

8 – соответствует интервалу  $0,9634 : 0,9852 \text{ г/см}^3$

9 – соответствует интервалу  $0,9852 : 1,007 \text{ г/см}^3$

рование физической формы капсулы с заданными размерами в верхнем слое двухслойной среды, и, после прохождения межфазного слоя квазистабильная капсула переходит в реакционную зону, где образуется стабильная термостабильная оболочка капсулы. Для обеспечения гравитационного перехода жировых капсул из верхнего в нижний водно-спиртовой слой необходимо вводить поверхностно активные вещества, подбор которых производился согласно нормативной документации МОЗ Украины [11].

Таблица 1 – Состав основы водно-спиртового слоя с минимальной себестоимостью и плотностью раствора 0,92 г/см<sup>3</sup>

Компонент водно-спиртовой основы	Состав, %
Этиловый спирт 96%	20 – 40
Вода	0 – 23
1%-ный водный раствор хлорида кальция	45 – 65

На рис. 2, 3, 4 представлены зависимости межфазных натяжений системы «масло подсолнечное рафинированное дезодорированное – водно-спиртовой раствор» в присутствии соевого лецитина, Е 471, Tween 20 при концентрации спирта этилового (96 %) в системе водно-спиртовой – 40 % и хлорида кальция – 0,55 %.

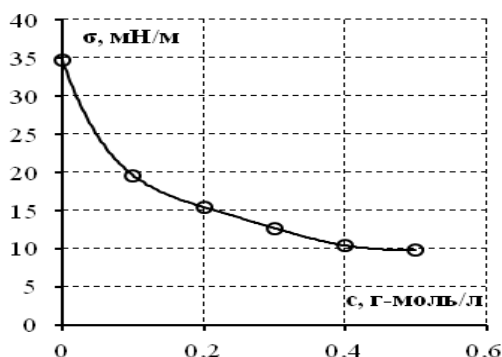


Рис. 2. Изотерма межфазного натяжения «системы» в присутствии лецитина соевого

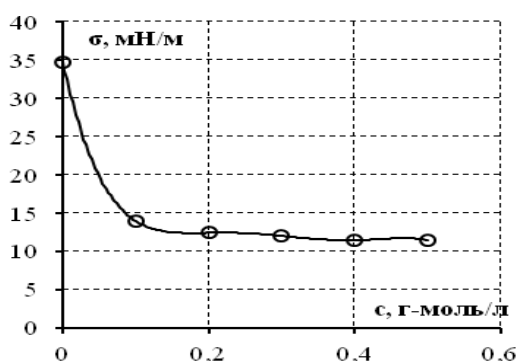


Рис. 3. Изотерма межфазного натяжения «системы» в присутствии Е 471

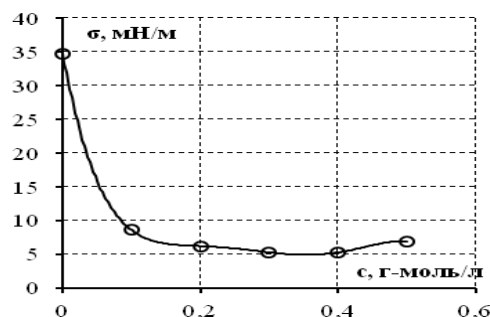


Рис. 4. Изотерма межфазного натяжения «системы» в присутствии Tween20

Изотерма межфазного натяжения «системы» (рис. 2) отображает снижение  $\sigma$  в 3,53 раза в присутствии лецитина соевого при концентрации 0,5 % в сравнении с контролем. При концентрации соевого лецитина 0,4 % наблюдается критическая концентрация мицеллообразования (ККМ), которая является рациональной.

$\sigma$  «системы» в присутствии Е471 в количестве 0,1 % снижается в 2,71 раза в сравнении с контролем (рис. 3). С последующим насыщением «системы» ПАВом происходит незначительное снижение  $\sigma$ . При концентрации Е471 0,4 % происходит замутнение водно-спиртового раствора, что обусловлено ККМ.

На рис. 4 изображена изотерма  $\sigma$ , мН/м, «системы» в присутствии синтетического ПАВа Tween 20. При его концентрации 0,1 % происходит снижение  $\sigma$  в 4,893 раза в сравнении с контролем; при концентрации 0,3 %, которая является критической концентрацией мицеллообразования, – в 9,2 раза.

Рецептурный состав двухслойной приёмной среды определяется рациональной концентрацией с точки зрения ККМ и свойством ПАВ снижать межфазное натяжение системы «масло подсолнечное рафинированное дезодорированное – водно-спиртовой раствор».

#### Выводы

Установлены количественные зависимости (в виде линейных уравнений) плотности образцов водно-спиртовой основы двухслойной приёмной среды от концентрации компонентов (вода, этанол 96 %-ный, раствор кальция хлорида 1 %-ный) при температуре 20 °С, обоснован оптимальный состав плотностей водно-спиртового слоя для масла подсолнечного рафинированного дезодорированного. Данные разработки позволят корректировать эффективность экструдирования и быть мобильным при работе на другом жировом сырье двухслойной приёмной среды.

Определена зависимость межфазного натяжения системы «растительное масло рафинированное дезодорированное – водно-спиртовой раствор»

от вида и концентрации ПАВ. Таким образом, для обеспечения технологической задачи – беспрепятственного гравитационного прохождения квазистабильной жировой капсулы, выбран соевый лецитин, который имеет статус GRAS (концентрация

0,4 % по отношению к массе растительного масла двухслойной приёмной среды) и Tween 20 (концентрации 0,3 % по отношению к массе растительного масла двухслойной приёмной среды).

**Список литературы:**

1. De Man J.M. Principles of Food Chemistry / De Man J.M. – Westport, Conn: Avi Publish Co Inc., 1976. – 426 p.
2. McHugh D. J. A guide to the seaweed industry / McHugh D.J. – Rome, FAO: FAO Fisheries Technical Paper. – 2003. – № 5. – P. 441–105.
3. Fennema O.R. (ed.). Food chemistry / Fennema O.R. – New York, Basel, Marcel: Denker Inc., 1985. – 991 p.
4. Morch Y. A. Molecular Engineering as an Approach to Design New Functional Properties of Alginate / Y. A. Morch, I. Donati, B. L. Strand, G. Skjak-Brak // Biomacromolecules. – 2007. – Vol. 8. – P. 2809–2814.
5. Hannigan K. Structured fruit / K. Hannigan // Food Engineering. – 1993. – № 3. – P. 48–49.
6. Пат. Россия 2 157 192 С1, МПК<sup>7</sup> А 61 К 9/48. Мягкая желатиновая капсула / В.Г. Макаров, В.А. Детали, А.Н. Шишков – 99111660/14; заявл. 01.06.1990; опубл. 10.10.2000.
7. Пат. Україна 94959 С2, МПК<sup>7</sup> А23Р1/04, А61К9/48. Спосіб одержання желатинових капсул з вмістом жирової і водної фази / П.П. Пивоваров, О.О. Гринченко, Є.П. Пивоваров, О.Ю. Нагорний – а200901885; заявл. 03.03.2009; опубл. 25.06.2011.
8. Пат. США 20110059165 А1, МПК А61К35/60, А61К9/48, В01J13/20, А61Р3/02. АПК 424/451, 424/523, 264/4.3. Seamless alginate capsules / Olav Gaserod, Christian Klein Larsen, Peder Oscar Andersen – 12/874,567; заявл. 2 вер. 2010; опубл. 10 бер. 2011.
9. Рябець О. Ю. Технологія аналогу ікри чорної з використанням альгінату натрію: дисертація канд. техн. наук: 05.18.16 / О.Ю. Рябець. – Харків : Харківський держ. ун-т харчування та торгівлі. – Х., 2008.
10. Рабинович В.А. Краткий химический справочник / В.А. Рабинович, З.Я. Хавин // Изд. 2-е, испр. и доп. Л.: Химия, 1978. – 280 с.
11. Обработка экспериментальных данных [Электронный ресурс] / Б.Д. Агапье, В.Н. Белов, И.П. Кесаманлы и др. – Санкт-Петербург: Изд-во СББГТУ, 2001. – Режим доступа.
12. Санітарні правила і норми по застосуванню харчових добавок : [затверджено Наказом МОЗ України від 23 липня 1996 р. № 222, з 16 грудня 1996 р.]. – К., 1996. – 66 с.