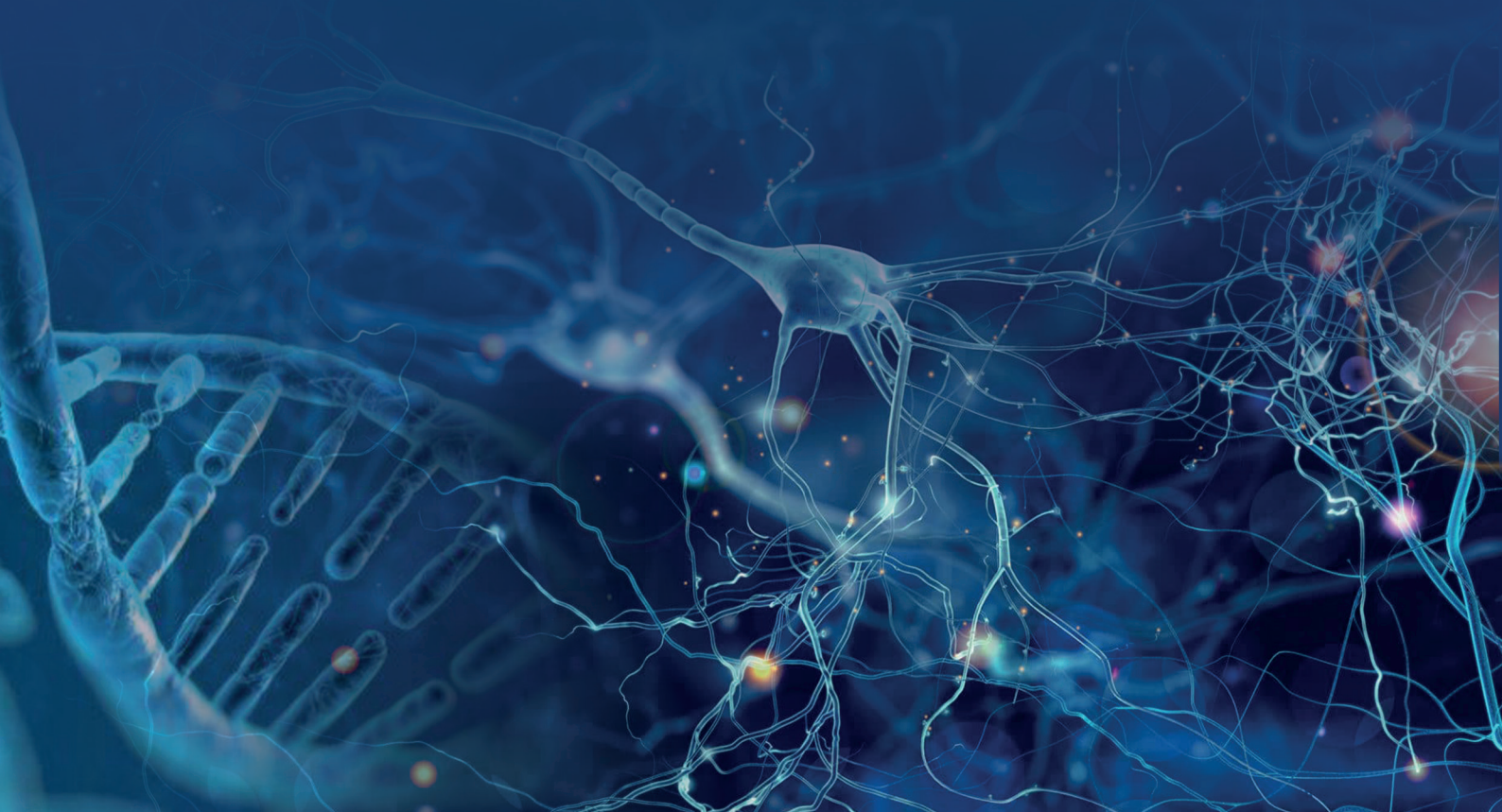


ISSN 2712-7648

HEALTH, FOOD, & BIOTECHNOLOGY

Volume 3, Issue 1
Year 2021



HFB

Health, Food and Biotechnology

№ 1 – 2021

Периодичность издания – 4 номера в год

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет пищевых производств» (ФГБОУ ВО МГУПП)

Редакция

Заведующий редакцией – Косычева Марина Александровна
Выпускающий редактор – Косычева Марина Александровна
Редактор по этике – Хорохорина Галина Анатольевна
Медийный редактор – Вохминцева Елена Павловна

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ЭЛ №ФС77-72959 от 25 мая 2018 г.

Адрес:

125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, 11

Тел. +7 (499) 750-01-11*6585

E-mail: info@spfp-mgupp.ru

Официальный сайт учредителя: mgupp.ru

Официальный сайт редакции: hfb-mgupp.com

© ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», 2020.

No 1 – 2021

Periodicity of publication – 4 issues per year

Founder: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State University of Food Production» (FSBEI HE MSUFP)

Editorial Team

Head of Editorial Team – Marina A. Kosycheva
Editor of Issue – Marina A. Kosycheva
Ethics Editor – Galina A. Khorokhorina
Social Media and Product Editor – Elena P. Vokhmintseva

The Journal is registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communication, Information Technologies and Mass Media. The Mass Media Registration Certificate EL No FS77-72959 dated May 25, 2018.

Address:

11, Volokolamskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 125080

Tel. +7 (499) 750-01-11*6585

E-mail: info@spfp-mgupp.ru

Official web site of Founder: mgupp.ru

Official web site of the Editorial Office: hfb-mgupp.com

© FSBEI HE «Moscow State University of Food Production», 2020.

Редакционный совет

Главный редактор **БАЛЫХИН Михаил Григорьевич** – доктор экономических наук, профессор, ректор

Члены редакционного совета:

Абаева Курманкуль Тулеутаевна	Казахский национальный аграрный университет, Республика Казахстан
Асанова Дания Касимовна	Казахский национальный аграрный университет, Республика Казахстан
Бурлибаев Малик Жолдасович	Казахское агентство прикладной экологии, Республика Казахстан
Есполов Тлектес Исабаевич	Казахский национальный аграрный университет, Республика Казахстан
Игнар Штефан	Варшавский университет естественных наук, Польша
Игнатенко Григорий Анатольевич	Донецкий национальный медицинский университет им М. Горького, Украина
Сагян Ашот Серобович	Научно-производственный центр "Армбиотехнология" НАН РА, Республика Армения
Самбандам Ананадан	Национальный институт технологий, Индия
Сарсекова Дани Нургисаевна	Казахский агротехнический университет имени Сакена Сейфуллина, Республика Казахстан
Северинов Константин Викторович	Институт молекулярной генетики РАН, Институт биологии гена РАН, Россия
Фриас Йезус	Дублинский технологический институт, Ирландия
Хайтович Филипп Ефимович	Институт Вычислительной Биологии в Шанхае, Сколтех, Китай, Россия
Цыганова Татьяна Борисовна	Московский государственный университет пищевых производств, Россия,
Щетинин Михаил Павлович	Московский государственный университет пищевых производств, Россия
Юнусова Гульнара Батырбековна	Костанайский государственный университет имени А.Байтурсынова, Республика Казахстан

Editorial Board

Editor-in-Chief **Mikhail G. Balykhin** – Doctor of Economics, Professor, Rector

Members of the Editorial Board:

Kurmankul T. Abayeva	Kazakh National Agrarian University, Kazakhstan
Daniya K. Asanova	Kazakh National Agrarian University, Kazakhstan
Jesus Frias	Dublin Institute of Technology, Ireland
Malik Burlibayev	Kazakhstan Agency of Applied Ecology, Kazakhstan
Tlektas I. Espolov	Kazakh National Agrarian University, Kazakhstan
Philipp E. Khaitovich	Institute for Computational Biology by the Chinese Academy of Sciences; Skoltech, China, Russia
Ashot S. Saghyan	National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, Armenia
Anandan Sambandam	National Institute of Technology Tiruchirappalli, India
Dani N. Sarsekova	S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Kazakhstan
Mikhail P. Schetinin	Moscow State University of Food Production, Russia
Konstantin V. Severinov	Institute of Gene Biology Russian Academy of Sciences, Russia
Ignar Stefan	Warsaw University of Life Sciences, Poland
Tatiana B. Tsyganova	Moscow State University of Food Production, Russia
Gulnara B. Yunusova	A. Baitursynov Kostanay State University, Kazakhstan
Grigory A. Ignatenko	M. Gorky Donetsk National Medical University, Ukraine

Содержание

Редакторская статья

Косычева М.А.

Рецензирование как инструмент научной коммуникации..... 7

Здоровье

Игнатенко Г.А., Тарадин Г.Г., Ракитская И.В., Гнилицкая В.Б., Куликова С.О.

Морфин при остром коронарном синдроме и инфаркте миокарда: pro et contra 13

Викар С.М., Удавлиев Д.И., Исмаэлзаи А.В., Рахмани М.

Исследование по обнаружению фальсифицированных компонентов в пакетированном молоке..... 34

Абдуллаева А.М., Блинкова Л.П., Серегин И.Г., Амбражеевич Ю.В.

Микробиологические показатели воздушной среды в камерах сушки сырокопченых колбасных изделий после УФ-облучения и озонирования 35

Питание

Вольнова Е.Р., Бутова С.Н., Николаева Ю.В., Ольшанова Е.А.

Моделирование жирнокислотного состава основы для дрессинга..... 45

Филинская Ю.А., Заболотный Е.А., Банникова О.А.

Разработка дизайна упаковки для нового шоколада «Мафт» с заменителем сахара..... 55

Благовещенская М.М., Аднодворцев А.М.

Автоматизированная система расчета и контроля соотношения входящего сырья и готовой продукции в кондитерском производстве (на примере линии по производству шоколада). 63

Биотехнологии

Данильчук Т.Н., Альхатиб М-К.

Воздействие микроволнового излучения на живые микроорганизмы: эффекты и механизмы..... 82

Content

Editorial

M. Kosycheva

Peer-reviewing as a tool of scientific communication 12

Health

G. Ignatenko, G. Taradin, I. Rakitskaya, V. Gnilitskaya, S. Kulikova

Morphine in acute coronary syndrome and myocardial infarction: pro et contra 25

S. M. Weqar, D. Udaliev, A. W. Ismaelzai, M. Rahmani

Study on detection of adulteration components in packed milk 30

A. Abdullaeva, L. Blinkova, I. Seriogin, U. Ambrazhevich

Microbiological parameters of the air environment in the drying chambers of raw smoked sausage products after UV irradiation and ozonation 43

Food

S. Butova, E. Volnova, J. Nicolaeva, E. Olshanova

Modeling of fatty acid composition for dressing bases 53

Y. Filinskaya, E. Zabolotniy, O. Bannikova

Development of packaging design for new chocolate “Maft” with sugar substitute 61

M. Blagoveshenskaya, A. Adnodvortsev

Automated system for calculating and controlling the ratio of incoming raw materials and finished products in confectionery production (a line for the production of chocolate) 73

Biotechnology

T. Danilchuk, M-K. Alkhateeb

Effects of microwave radiation on living microorganisms: effects and mechanisms 75

Рецензирование как инструмент научной коммуникации

Косычева Марина Александровна¹

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Косычевой М.А., ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», адрес: 125080, город Москва, Волоколамское шоссе, дом 11. e-mail: kosychevama@mgupr.ru

Рассматриваются основные виды рецензирования. Описывается важность рецензирования для обеспечения качества публикуемых научных исследований в рамках научной коммуникации. Затрагиваются вопросы взаимодействия редакции, рецензентов и авторов, а также спорные вопросы рецензирования. Объясняется принцип метарецензирования. Освещены вопросы таксономии рецензирования.

Ключевые слова: виды рецензирования, метарецензия, открытая и закрытая системы рецензирования, таксономия рецензирования

Проблема рецензирования научных статей сегодня приобрела особо актуальное звучание. Критика устоявшегося в мировой практике двойного слепого рецензирования вынуждает редакторов научных журналов искать новые механизмы рецензирования, способные качественно улучшить публикуемый контент и обеспечить соблюдение всех норм публикационной этики.

Двойное слепое рецензирование в течение длительного периода времени считалось неприкосновенным стандартом рецензирования. Но в последнее время все более активно используются формы открытого рецензирования, постпубликационное рецензирование, комментирование статей и присвоение им рейтинга, каскадное рецензирование, интерактивное рецензирование и метарецензирование (Тихонова, Раицкая, 2021).

В повседневную практику входит использование независимых платформ для рецензирования. К примеру, некоммерческая организация ASAPbio и издательство EMBO Press запустили платформу Review Commons¹. Данная платформа предоставляет качественное независимое рецензирование для рукописей по широкому спектру биологических наук, известных как «науки о жизни» (Life Sciences). При этом у авторов есть возможность отправить на рецензирование препринты или неопубликованные рукописи и, получив результат, сделать информированный выбор относительно

того, в какое издание отправлять свою работу. Платформа Review Commons сотрудничает с 17 научными журналами шести научных издательств, которые согласились принимать уже готовые отзывы рецензентов Review Commons и не возобновлять процесс рецензирования. Авторы рукописей не обязаны отправлять свои рукописи в данные журналы, однако, они могут использовать результаты рецензирования, чтобы улучшить свои рукописи и отправить их для публикации в интересующие их журналы. Еще одна возможность данной платформы состоит в том, что авторы могут попросить платформу Review Commons опубликовать полученные рецензии и их ответы на bioRxiv посредством нового проекта Transparent Review in Preprints (TRiP)². Ряд других платформ для рецензирования (Rubriq, Editage, Peerage of Science, Axios, Open Scholar) также предлагают услуги по подготовке рукописей статей к публикации (стилистические правки, структурирование, перевод, оформление под требование журнала и т.д.).

Под рецензированием обычно подразумевают объективный анализ степени новаторства работы, оценку профессиональной компетенции автора и его перспектив. Как следствие качество рукописи после рецензирования должно улучшиться, и чем престижнее журнал, тем выше требования к процессу и результату рецензирования. Такой подход как нельзя лучше раскрывает сущность процесса рецензирования – он помогает отобрать наибо-

¹ Review Commons. <https://www.reviewcommons.org/about/>

² Transparent Review in Preprints. <https://www.cshl.edu/transparent-review-in-preprints/>

лее интересные исследования в различных областях науки, помочь редактору в принятии решения о публикации рукописи, чтобы максимально расширить свою потенциальную читательскую аудиторию и избавить научное сообщество от статей, которые не приносят ничего нового в науку.

Для редактора научного журнала качественная рецензия имеет принципиальное значение, так как именно на ее основе ему предстоит вынести окончательное решение в отношении поданной рукописи (Tikhonova, Raitskaya, 2021).

В задачи редакции входит следование корректной политики рецензирования журнала, чтобы иметь возможность сохранить качество публикуемого научного контента. При этом, редактор несет ответственность не только за соблюдение норм публикационной этики, но также и за то, какую рецензию получит автор на свое исследование. Если отзыв на статью будет резким и категоричным, он может демотивировать не только начинающего, но и опытного автора.

Большинство научных журналов по всему миру придерживаются политики двойного слепого рецензирования, которое задумывалось как эталон непредвзятости, когда ничто, кроме содержания и качества работы, не влияет на решение рецензента. Но в последние годы данный вид рецензирования все больше подвергается критике (Manchikanti et al, 2015).

Одной из причин данной критики считается отсутствие механизмов отслеживания качества процесса рецензирования (Jefferson et al, 2007). Зачастую в свет выходят статьи, данные которых при проверке оказываются недостоверными, что в свою очередь вызывает сомнения в квалификации рецензентов, которые допустили возможность печати подобной рукописи. Критики данного вида рецензирования считают, что в отсутствии публичной ответственности, рецензенты выполняют свою работу недобросовестно.

Получается, что в данном виде процесс рецензирования остается крайне непрозрачным, так как качество работы рецензентов никто кроме редакции не оценивает. Отсюда вторая причина для критики слепого рецензирования – предвзятость и необъективность рецензентов. Полная анонимность, по мнению критиков, дает возможность не-

добросовестным рецензентам использовать рукопись в своих интересах – дать плохую оценку, если имеется конфликт интересов, или, что хуже, использовать неопубликованные данные в своих исследованиях.

Редакторы должны иметь в виду вероятность манипулирования экспертными оценками, при этом особую внимательность стоит проявить, если рецензия предоставляется слишком быстро или является слишком поверхностной по содержанию и оценивает рукопись исключительно положительно. В подобных случаях рекомендуется запросить дополнительную независимую рецензию, а также еще раз проверить личность рецензента и его контактные данные (Зельдина, 2019).

Еще одним аргументом против политики двойного слепого рецензирования выступает факт компрометаций рецензионного цикла. Громкий скандал 2014 года, связанный с издательством Sage, до сих пор обсуждается научным сообществом. Редакция журнала *Journal of Vibration and Control* (JVC) в результате 14-ти месячного расследования раскрыла фальсификации в раундах рецензирования статей бывшего сотрудника National Pingtung University of Education, Taiwan (NPUE) Питера Чена и его соавторов, что привело к ретракции 60 статей из данного журнала³. Исследователи были обвинены в создании фейковых аккаунтов рецензентов, которые давали положительные отзывы на свои собственные рукописи.

Еще одним ярким примером компрометации процесса двойного слепого рецензирования можно считать научный скандал 2018 года, когда ученые Джеймс Линдси, Хелен Плакроуз и Питер Богоссян целый год писали фейковые статьи в различные журналы под вымышленными именами, которые, как и предполагали авторы социального эксперимента, проходили экспертную проверку и успешно печатались в уважаемых научных рецензируемых журналах.

С научной точки зрения статьи не выдерживали никакой критики. Выдвигаемые теории не подтверждались приводимыми цифрами, иногда ссылались на несуществующие источники или работы того же фиктивного автора и так далее. Из 20-ти рукописей, по меньшей мере, 7 были отрецензированы и опубликованы⁴. Данный факт еще раз под-

³ SAGE Publications busts “peer review and citation ring,” 60 papers retracted <https://retractionwatch.com/2014/07/08/sage-publications-busts-peer-review-and-citation-ring-60-papers-retracted/>

⁴ Воронин, Н. (2018). Научный скандал года: ученые писали фейк-исследования, чтобы разоблачить лженауку. <https://www.bbc.com/russian/features-45751968>

тверждает уязвимость системы двойного слепого рецензирования и требует от редакторов и научного сообщества новых идей по развитию рецензирования, при котором данный процесс будет оставаться максимально прозрачным.

Одним из подобных форматов стало открытое рецензирование. Как правило, открытость подразумевает гораздо больше ответственности за качество процесса: все рецензии должны публиковаться вместе со статьями, в идеале с именами всех рецензентов и ответственных за публикацию редакторов. Среди крупных журналов, практикующих открытое рецензирование, — BMJ, EMBO Journal, PeerJ, eLife, Biology Direct⁵. Кроме того, открытая экспертная оценка получает особую значимость в ситуации потенциального конфликта интересов. Доступность рецензии для ознакомления всех читателей журнала имеет и образовательную ценность, помогая последним понять критерии оценивания рукописи, что не менее важно, так как менее опытные авторы таким образом получают возможность улучшить собственные работы.

Открытое рецензирование развивает научную коммуникацию, при этом отслеживание различных точек зрения, оценка новых подходов помогают исследователям формировать научные коллаборации, апробировать новые идеи. Однако, как показывает практика, не все к этому готовы.

Конечно же данная модель рецензирования также имеет свои недостатки. Существует мнение, что открытое рецензирование побуждает экспертов быть менее критичными, особенно в отношении более выдающихся и именитых коллег.

По модели открытого постпубликационного рецензирования работает издательская платформа F1000Research⁶.

Только за первый год работы F1000Research было отмечено, что отказ от анонимности рецензентов не привел к появлению хвалебных рецензий на статьи своих друзей или влиятельных ученых. Более того, когда рецензенты знали, что рецензии будут опубликованы, качество их работы выросло — они более ответственно относились к своим аргументам. Как правило, научное сообщество в целом положительно относится к открытой публикации текстов рецензий, хотя относи-

тельно раскрытия личностей рецензентов мнения неоднозначные.

В настоящее время все большее внимание редакторов привлекает модель метарецензирования, которая представляет собой новый формат принятия решения относительно рукописи при спорных экспертных оценках. Это своего рода обобщение всех полученных рецензий, призванное помочь редактору. Метарецензент приглашается в ситуации, когда на рукопись получена серия диаметрально противоположных мнений со стороны различных рецензентов. Только признанный эксперт в заявленной предметной области, способный максимально объективно проанализировать все предложенные рецензентами комментарии и характер внесенных авторами правок по их результатам, может быть приглашен в качестве метарецензента. При этом он будет иметь доступ к информации о рецензентах (даже в ситуации двойного слепого рецензирования) и их квалификации. Метарецензент может ограничиться комментированием представленных на рукопись отзывов других рецензентов, а может дополнить их и собственной рецензией. Основная его цель — представить окончательную рекомендацию редактору журнала относительно дальнейшей судьбы рукописи (Тихонова, Раицкая, 2021).

Одним из самых активно обсуждаемых, но не признанных широко видов рецензирования, является постпубликационное рецензирование, которое изначально задумывалось как мера, способствующая решению всех вышеперечисленных проблем, связанных с принципами организации процесса рецензирования.

Данный вид рецензирования позволяет комментировать уже опубликованную статью любому, кто пожелает оставить свой комментарий (Тихонова, 2020). Постпубликационное рецензирование может быть реализовано тремя способами: 1) с привлечением средств массовой информации в качестве инструмента пострецензирования; 2) на базе веб-сайта журнала; 3) с использованием независимых платформ для осуществления пострецензирования. Именно социальные сети зачастую помогают стать триггером для отзыва или опровержения некоторых статей, как это произошло с журналом Science (Yeo et al, 2017).

Постпубликационное рецензирование может быть реализовано двумя способами. Первый способ под-

⁵ Ерохина, Е. (2019). На страже науки: как (не) работает peer review. Двойное слепое рецензирование: ожидания и реальность. <https://indicator.ru/humanitarian-science/na-strazhe-nauki.htm>

⁶ F1000Research. <https://f1000research.com/>

разумеает, что рукопись проходит традиционный цикл двойного слепого рецензирования, после чего она размещается в открытом доступе для комментирования на сайте журнала. У читателей также есть возможность ознакомиться с рецензиями и последующими переработанными версиями статьей. При этом новые версии статей получают новый doi и параллельно размещаются на сайте издания. Второй способ более быстрый, но не гарантирует, что статья обладает достаточным уровнем актуальности и новизны. При реализации данной модели рукописи проходят проверку редакторами, которые проверяют ее на соответствие нормам публикационной этики и отсутствию плагиата, после чего они публикуют статью, оставляя читателям возможность комментировать результаты исследования. Причем весь процесс комментирования отражен на сайте и позволяет оценить те изменения, которые статья претерпела в результате постпубликационного рецензирования (Тихонова, Раицкая, 2021).

Однако данная модель также не избежала критики. С одной стороны, постпубликационное рецензирование помогает решить проблемы, возникшие в сфере рецензирования, так как с момента опубликования статья постоянно находится во внимании специалистов, которые в полной мере могут оценить качество публикуемой статьи, не препятствуя новым исследованиям и открытиям. С другой стороны, данная модель вызывает ряд сложностей, чаще всего под сомнение данный вид рецензирования ставят длинные и противоречащие друг другу комментарии (Abdin et al, 2021). Публичная критика при использовании данной модели является единственным средством отслеживания качества статьи. Кроме того, специалисты не довольны тем фактом, что автор, даже после корректировки своей статьи по результатам новых комментариев рецензентов, сталкивается с проблемами повторного присвоения DOI статье, избыточного архивирования предыдущих версий статьи, а также сложностями, связанными со способами отслеживания новых версий статьи. Дополнительные проблемы возникают в связи с вопросами этики – насколько правомерно комментировать статьи, которые были опубликованы несколько лет назад в условиях быстрых изменений и технического прогресса. Кроме того, споры вызывает возможность использования новых источников, которые могли выйти в свет во время доработки статьи. Все эти аспекты указывают на то, что исследование может попросту стать бесконечным. Естественно, что авторы не приветствуют такой формат, так как предпочита-

ют приступить к новому исследованию, завершив предыдущее (Vazquez et al, 2020).

Поиски модели качественного рецензирования привели к созданию проекта по разработке таксономии рецензирования⁷.

Таксономия описывает различные модели рецензирования, связанные с четырьмя этапами процесса рецензирования:

- 1) открытость информации о личности участника процесса рецензирования (описывает, насколько личность участников процесса рецензирования может быть анонимной);
- 2) с кем взаимодействует рецензент (рецензенты могут коммуницировать с редакцией, напрямую с другими рецензентами и авторами, либо через электронную редакцию журнала, при этом личности участников процесса рецензирования могут быть известны или скрыты по желанию);
- 3) какая информация о процессе рецензирования публикуется (в соответствии с политикой журнала может быть принято решение относительно информации о процессе рецензирования – будут ли предоставлены тексты рецензии в свободном доступе, статья в первоначальном виде, переписка между редакцией и рецензентом или рецензентом и автором и т.д.);
- 4) реализуется ли постпубликационное комментирование, рецензирование (оно может быть открытым, либо редакция приглашает специалиста, который бы мог прокомментировать статью (Тихонова, 2020).

В современном мире в условиях огромного потока информации очень важно отследить и получить качественный контент, научная коммуникация не стала исключением – вопросы прозрачности рецензирования, доверия к авторам и данным, чистоты редакций научных журналов и качество публикуемого материала являются теми вопросами, которые требуют пристального внимания. Отсюда качество рецензирования, реализация его различных форм и следование принципам этики научных публикаций имеют первостепенное значение. А следовательно, рецензия как инструмент научной коммуникации прежде всего должна гарантировать доверие ко всему процессу публикации рукописей.

⁷ STM's Peer Review Taxonomy To Be Formalized As An ANSI/NISO Standard <https://www.niso.org/press-releases/2021/07/stms-peer-review-taxonomy-be-formalized-ansiniso-standard>

Литература

- Зельдина, М. М. (2019). *Рецензирование*. Некоммерческое партнерство «Национальный электронно-информационный консорциум». ООО «Ваше цифровое издательство».
- Тихонова, Е. В. (2020). Международный форум «Peer Review Week 2020», 21–25 сентября 2020 г. Сессия Российского отделения Европейской ассоциации научных редакторов (EASE) и Ассоциации научных редакторов и издателей (АНРИ), 24 сентября 2020 г., Москва, Россия. *Научный редактор и издатель*, 5(2), 135–144. <https://dx.doi.org/10.24069/2542-0267-2020-2-135-144>
- Тихонова, Е. В., & Раицкая, Л. К. (2021). Рецензирование как инструмент обеспечения эффективной научной коммуникации: традиции и инновации. *Научный редактор и издатель*, 6(1), 6–17. <https://dx.doi.org/10.24069/2542-0267-2021-1-6-17>.
- Abdin, A. Y., Nasim, M. J., Ney, Y., & Jacob C. (2021). The Pioneering Role of Sci in Post Publication Public Peer Review (P4R). *Publications*, 9(1), 13. <https://dx.doi.org/10.3390/publications9010013>
- Jefferson, T., Rudin, M., Brodney Folse, S., & Davidoff, F. (2007). Editorial peer review for improving the quality of biomedical studies. *Cochrane Database of Systematic Review*, 2, MR000016. <https://dx.doi.org/10.1002/14651858.MR000016.pub3>
- Manchikanti, L., Kaye, A. D., Boswell, M., & Hirsch J. A. (2015). Medical journal peer review: Process and bias. *Pain Physician*, 18(1), E1–E14. <https://dx.doi.org/10.36076/ppj/2015.18.E1>
- Tikhonova, E., & Raitskaya, L. (2021). Improving Submissions to Scholarly Journals via Peer Review. *Journal of Language and Education*, 7(2), 5–9. <https://doi.org/10.17323/jle.2021.12686>
- Vazquez, F., Lin, S. K., & Jacob, C. (2020). Changing Sci from post-publication peer-review to single-blind peer-review. *Sci*, 2(4), 82. <https://dx.doi.org/10.3390/sci2040082>
- Yeo, S. K., Liang, X., Brossard, D., Rose, K. M., Korzekwa, K., Scheufele, D. A., & Xenos, M. A. (2017). The case of #arseniclife: Blogs and Twitter in informal peer review. *Public Understanding of Science*, 26(8), 937–952. <https://dx.doi.org/10.1177/0963662516649806>

Peer-Reviewing as a Tool of Scientific Communication

Marina A. Kosycheva¹

¹ *Moscow State University of Food Production*

Correspondence concerning this article should be addressed to Marina A. Kosycheva, Moscow State University of Food Production, 11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation. e-mail: kosychevama@mgupp.ru

The main types of peer review are considered. The interaction of reviewers is described. Controversial issues of peer review are touched upon. The principle of meta-reviewing is explained. The issues of taxonomy of scientific reviewing are highlighted.

Key words: types of peer review, meta-review, open and closed review systems, review taxonomy

References

- Zeldina, M. M. (2019). *Retsenzirovaniye* [Reviewing]. Non-profit partnership "National Electronic Information Consortium". LLC "Your Digital Publishing House".
- Tikhonova, E. V. (2020). Peer Review Week 2020, September 21–25, 2020: Joint Session of the Russian Regional Chapter of EASE & Association of Science Editors and Publishers (ASEP), September 24, 2020, Moscow, Russia. *Nauchnyi Redaktor i Izdatel'* [Science Editor and Publisher], 5(2), 135–144. <https://doi.org/10.24069/2542-0267-2020-2-135-144>
- Tikhonova, E. V., & Raitskaya, L. K. (2021). Ensuring effective scholarly communication: traditions and innovations of peer review. *Nauchnyi Redaktor i Izdatel'* [Science Editor and Publisher], 6(1), 6–17. <https://doi.org/10.24069/2542-0267-2021-1-6-17>
- Abdin, A. Y., Nasim, M. J., Ney, Y., & Jacob C. (2021). The Pioneering Role of Sci in Post Publication Public Peer Review (P4R). *Publications*, 9(1), 13. <https://dx.doi.org/10.3390/publications9010013>
- Jefferson, T., Rudin, M., Brodny Folse, S., & Davidoff, F. (2007). Editorial peer review for improving the quality of biomedical studies. *Cochrane Database of Systematic Review*, 2, MR000016. <https://dx.doi.org/10.1002/14651858.MR000016.pub3>
- Manchikanti, L., Kaye, A.D., Boswell, M., & Hirsch J.A. (2015). Medical journal peer review: Process and bias. *Pain Physician*, 18(1), E1–E14. <https://dx.doi.org/10.36076/ppj/2015.18.E1>
- Tikhonova, E., & Raitskaya, L. (2021). Improving Submissions to Scholarly Journals via Peer Review. *Journal of Language and Education*, 7(2), 5–9. <https://doi.org/10.17323/jle.2021.12686>
- Vazquez, F., Lin, S.K., & Jacob, C. (2020). Changing Sci from post-publication peer-review to single-blind peer-review. *Sci*, 2(4), 82. <https://dx.doi.org/10.3390/sci2040082>
- Yeo, S. K., Liang, X., Brossard, D., Rose, K. M., Korzekwa, K., Scheufele, D. A., & Xenos, M. A. (2017). The case of #arseniclife: Blogs and Twitter in informal peer review. *Public Understanding of Science*, 26(8), 937–952. <https://dx.doi.org/10.1177/0963662516649806>

Морфин при остром коронарном синдроме и инфаркте миокарда: pro et contra

Игнатенко Григорий Анатольевич¹, Тарадин Геннадий Геннадьевич^{1,2},
Ракитская Ирина Валериевна¹, Гнилицкая Виктория Борисовна¹,
Куликова Светлана Олеговна¹

¹ ГОО ВПО «Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького»

² ГУ «Институт неотложной и восстановительной хирургии им. В.К. Гусака»

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована: Тарадину Геннадью Геннадьевичу, ГОО ВПО «Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького», адрес: 283003, город Донецк, пр. Ильича, 16, e-mail: taradin@inbox.ru, Донецкая Народная Республика (Украина)

В обзоре обобщены данные литературы по применению морфина у пациентов с острым коронарным синдромом и инфарктом миокарда. Кратко сообщается о возможности назначения морфина в таких клинических ситуациях в соответствии с действующими рекомендациями Организации Американской Коллегии Кардиологов/Американской Ассоциации Сердца и Европейского Общества Кардиологов. После описания фармакологических свойств морфина, подробно обсуждаются его положительные эффекты: обезболивание, улучшение гемодинамики, предполагаемое влияние на ремоделирование миокарда. Для полноценного представления о препарате приводится информация о влиянии морфина на клинические исходы – смерть, рецидив инфаркта миокарда, инсульт, кровотечение. Обзор содержит важную информацию о взаимодействии морфина с антитромбоцитарными препаратами, назначаемыми пациентам с острым коронарным синдромом и инфарктом миокарда. В заключение статьи обсуждаются необходимые варианты оптимального обезболивания пациентов с острым коронарным синдромом и инфарктом миокарда, а также востребованность в изучении новых антитромбоцитарных препаратов в этих условиях.

Ключевые слова: опиоидные анальгетики, морфин, болевой синдром, анальгезия, острый коронарный синдром, инфаркт миокарда, клинические исходы

Перечень сокращений: ИМ – инфаркт миокарда, ACCF/АНА – Организация Американской Коллегии Кардиологов/Американская Ассоциация Сердца, ESC – Европейское Общество Кардиологов, АД – артериальное давление, ДИ – доверительный интервал, ЖКТ – желудочно-кишечный тракт, МРТ – магнитно-резонансная томография, ОКС – острый коронарный синдром, ОР – отношение рисков, ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство, ЧСС – частота сердечных сокращений.

Введение

В то время как в последние десятилетия достигнуты существенные успехи в медикаментозной терапии и интервенционных методах лечения пациентов с острым коронарным синдромом (ОКС), применение морфина у пациентов с инфарктом миокарда (ИМ) остается относительно неизменным. Фармакодинамические свойства препарата, обеспечивающие его анальгетический и благоприятные гемодинамические эффекты, послужили основанием для его включения в рекомендации Организации Американской Коллегии Кардиологов/Американской Ассоциации

Сердца (ACCF/АНА) и Европейского Общества Кардиологов (ESC) по лечению нитратрезистентного ОКС (Amsterdam et al., 2014; O'Gara et al., 2013; Steg et al., 2012; Roffi et al., 2016).

Очевидные преимущества морфина были поставлены под сомнение после проведенного в 2005 г. исследования, результаты которого показали, что у пациентов с ИМ без подъема сегмента ST, получавших морфин, наблюдались более тяжёлые клинические исходы (Meine et al., 2005). К тому же, современные исследования показывают, что морфин подавляет и замедляет абсорбцию оральных антиагрегантов с задержкой и ослаблением мак-

симального ингибирования тромбоцитов (Hobl et al., 2014; Montalescot et al., 2014; Parodi et al., 2015). Более того, действие морфина сопровождается недостаточно эффективной реперфузией при ИМ по данным магнитно-резонансной томографии (МРТ) сердца (De Waha et al., 2015).

Целью настоящего обзора является обсуждение места морфина в лечении ОКС/ИМ, с учетом его фармакологических свойств, преимуществ и недостатков в зависимости от варианта клинического диагноза, сопутствующего лечения и влияния на исходы острых коронарных событий.

Методология

При работе с источниками использовались поисковые запросы в базе данных Scopus и Web of Science. В обзор были включены статьи, опубликованные на английском языке; поиск был ограничен периодом с 1999 по 2021 год. В центре внимания были статьи, опубликованные в научных журналах, прошедшие процедуру рецензирования.

Результаты и их обсуждение

Действующие рекомендации по использованию морфина при остром коронарном синдроме

В рекомендациях 2013 г. ACCF/АНА (O'Gara et al., 2013) указано, что при отсутствии артериальной гипертензии в анамнезе, сульфат морфина является препаратом выбора для снятия боли у пациентов с ИМ с подъемом сегмента ST, особенно при развитии осложнения в виде отека легких. Морфин уменьшает частоту дыхательных движений, снижает тревогу и благоприятно влияет на нагрузку желудочков (O'Gara et al., 2013). Однако класс представленной рекомендации и уровень доказательности в этом документе не указывается.

Если в рекомендациях ESC по ведению острого ИМ с подъемом сегмента ST, опубликованных в 2012 г., морфину был присвоен класс рекомендаций I, уровень доказательств C (Steg et al., 2012), то в рекомендациях 2017 г. просто указывается возможность применения «опиоидов (например, морфина)» (Ibanez et al., 2017). В рекомендациях отмечается, что необходимость анальгезии при ИМ в первую очередь продиктована тем, что боль связана с симпатической активацией, которая вызывает вазоконстрикцию и рост нагрузки на сердце (Roffi et al., 2016; Ibanez et al., 2017). Однако,

применение морфина сочетается с замедленным началом действия и снижением эффективности оральных антиагрегантных препаратов (клопидогреля, тикагрелора и прасугреля), что может привести к недостаточным терапевтическим эффектам у отдельных больных (Ibanez et al., 2017).

Острый коронарный синдром без подъема сегмента ST

В рекомендациях 2014 г. ACC/АНА (Amsterdam et al., 2014) по ведению пациентов с ОКС без подъема сегмента ST сохраняется обоснованность применения морфина сульфата у пациентов при боли, резистентной к применению нитроглицерина, а также, если симптомы рецидивируют, несмотря на адекватную антиишемическую терапию. Вместе с тем класс рекомендаций этого положения понизился с I до IIb в сравнении с предыдущими рекомендациями ACC/АНА 2007 года. Последние руководства ESC по ведению ОКС без подъема сегмента ST (Roffi et al., 2016), так же предлагают использовать морфин, но только в случае сохраняющейся боли в грудной клетке после терапии нитратами и β -блокаторами, однако не указывают класс рекомендаций и уровень доказательности. Эксперты ESC также отмечают, что действие морфина ассоциировано с ослаблением абсорбции антиагрегантных препаратов и его применение должно быть строго обосновано (Roffi et al., 2016).

Фармакологические аспекты

Полученные из маковых цветков *Papaver somniferum*, опиоиды многие века использовались как анальгетики. Представители опиоидных препаратов морфин и кодеин являются агонистами опиоидных рецепторов.

Семейство опиоидных рецепторов состоит из трех основных подтипов: μ -(мю), δ -(дельта), κ -(каппа). С клинической точки зрения особенно важны μ -опиоидные рецепторы, поскольку большинство опиоидных препаратов, используемых в клинической практике, нацелены именно на них. Все три подтипа опиоидных рецепторов представлены в центральной нервной системе. В то же время δ -, и κ -опиоидные рецепторы обнаружены в миокарде взрослых. Степень экспрессии μ -опиоидных рецепторов в миокарде по-прежнему остается спорной и предположительно может изменяться при патологических состояниях (Pasternak, 2012; Wu et al., 2021).

Соединения, высоко селективные в отношении μ -опиоидных рецепторов, включают морфин, ко-

деин, фентанил, героин и другие. В течение многих лет фармакологи считали эти медикаменты взаимозаменяемыми. Однако клиницистам давно известны тонкие, но важные фармакологические различия между ними. Клинически их действие, эффективность, а также побочные эффекты могут непредсказуемо отличаться у разных пациентов (Pasternak, 2010). Воздействие на опиоидные рецепторы активирует специфические белки на внутренней стороне клеточной мембраны, вызывая, таким образом, снижение активности аденилатциклазы и приводя к подавлению внутриклеточного циклического адениозинмонофосфата. Результатом чего является гиперполяризация клеточной мембраны, ингибирование кальциевых каналов и ухудшение высвобождения медиаторов в нервных окончаниях (Kupnicka et al., 2020).

Мощные анальгетические свойства морфина связаны с возможностью имитировать эффект эндогенных опиоидных пептидов (энцефалина, эндорфина и динарфина). Активация μ -рецепторов вызывает обезболивающее, наркотическое действие, угнетение дыхания и нарушения со стороны желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), в то время как дисфория (болезненно-пониженное настроение) и анксиолитическое действие опосредованы активацией δ -опиоидных рецепторов (Devereaux et al., 2018).

Предполагаемая польза морфина при инфаркте миокарда

Анальгезия

Боль в грудной клетке – наиболее частая манифестирующая жалоба у пациентов с острым ИМ. Была выдвинута гипотеза в отношении существования взаимосвязи между продолжительностью боли и размером ИМ (Fernando et al., 2020; Sandoval & Jaffe, 2019). Однако, точно предсказать размер инфаркта, основываясь на выраженности болевого синдрома у конкретного пациента невозможно. Теоретически боль через активацию симпатической нервной системы, может повышать потребность миокарда в кислороде и впоследствии увеличивать размеры ИМ. Поэтому контроль над болью имеет решающее значение у пациентов с ОКС.

Недавно было проведено проспективное мультицентровое рандомизированное исследование (Koh et al., 2019), оценивающее взаимосвязь между дозой морфина, назначаемого пациентам с ИМ с подъёмом ST, и размером инфаркта. Изучались эффекты морфина, вводимого внутривенно в дозировках 7 мг, 12,5 мг и 21,5 мг. Несмотря на по-

тенциальные гемодинамические преимущества, не было установлено взаимосвязи между увеличением дозы опиоидных препаратов и предполагаемым уменьшением площади ИМ. Кроме того, у пациентов, получающих высокие дозы морфина, определялись более высокие уровни креатининазы и тропонина I, а также отмечена тенденция к увеличению размера инфаркта по данным МРТ сердца (Koh et al., 2019).

В систематическом обзоре и мета-анализе исследований проведено изучение влияния морфина на реактивность тромбоцитов при внутривенном введении пациентам перед проведением процедуры чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) при ИМ с подъёмом ST (Parodi et al., 2014). Перед процедурой ЧКВ пациенты получали или тикагрелор, или прасутрел с последующей оценкой реактивности тромбоцитов через 1, 2 и 4 ч после приема препаратов в нагрузочной дозе. Не было обнаружено связи между применением морфина и неблагоприятными краткосрочными клиническими исходами – реактивность тромбоцитов сохранялась на высоком уровне. Авторы обзора приходят к выводу, что следует продолжать использовать морфин по мере необходимости у пациентов в острой стадии ИМ с сильной болью в грудной клетке (Parodi et al., 2014).

Существует несколько научных работ, в которых сравнивался морфин с другими фармакологическими средствами у пациентов с ОКС. В двойном слепом рандомизированном проспективном исследовании MEMO (MEtoprolol-MORphine) среди 265 больных с предполагаемым или подтверждённым ИМ морфин показал более быстрое и эффективное анальгетическое действие, чем метопролол (Everts et al., 1999). В другом исследовании (DeDea, 2010) меперидин, синтетический опиат, продемонстрировал анальгетический эффект при ИМ, сопоставимый по силе действия с морфином. Однако, в связи с опасениями по поводу возбудимости центральной нервной системы и возможности развития судорог его клиническое применение остается ограниченным (DeDea, 2010).

Влияние на гемодинамику и ремоделирование миокарда

Активация симпатической нервной системы, связанная с болью, приводит к увеличению частоты сердечных сокращений (ЧСС) и артериального давления (АД). Морфин понижает ЧСС, АД и венозный возврат (благодаря дилатации вен). Предполагается, что венодилатация связана с изменением тонуса блуждающего нерва, однако, в

её генезе могут играть роль локальные гистаминопосредованные процессы (Ellingsrud et al., 2016; Caspi & Aronson, 2020).

Благодаря этим эффектам была выдвинута гипотеза, что морфин способен снижать потребность миокарда в кислороде. Однако, реальное влияние морфина на потребность миокарда в кислороде при ИМ не было окончательно изучено. Указанное предположение основывалось на небольших исследованиях, в том числе на анализе пациентов отделения реанимации и интенсивной терапии без ОКС на поддерживающей искусственной вентиляции лёгких. При анализе полученных результатов высказано мнение, что морфин снижает потребление в кислороде скорее из-за снижения потребности в нём, чем из-за неадекватной доставки кислорода в связи с гиповентиляцией (Caspi & Aronson, 2020).

Одним из направлений изучения применения морфина при ИМ является оценка его возможного влияния на процессы ремоделирования миокарда. Известно, что после перенесенного ИМ сердце претерпевает ряд компенсаторных изменений, которые главным образом проявляются дилатацией желудочков и нарушением насосной функции. Было показано, что среди нескольких опиоидных препаратов морфин обеспечивает защиту от так называемого ремоделирования (Rajani et al., 2019).

Побочные эффекты при использовании морфина при остром инфаркте миокарда

Тошнота и рвота

Тошнота и рвота являются характерными побочными эффектами морфина. По результатам исследований рвота возникает почти у 15% пациентов с ИМ, получающих морфин, и только у 2% пациентов, в терапии которых морфин не применялся (Parodi, 2016; Ellingsrud et al., 2016).

Эметогенный эффект опиоидных препаратов возникает за счет нескольких механизмов, главными из которых являются раздражение хеморецепторов триггерных зон, ингибирование моторики кишечника и стимуляция вестибулярного аппарата. Ингибирование моторики кишечника опиоидными препаратами преимущественно опосредовано активацией μ -рецепторов, что приводит к ухудшению сокращения продольных и циркулярных мышц кишечника (Kurz et al., 2003). Наступает снижение кишечной перистальтики, растяжение кишки, которое активирует серотонинэргический сигнальный путь от ЖКТ к рвотному центру в стволе мозга (Herndon et al., 2002).

Из-за побочных эффектов со стороны ЖКТ при приёме морфина происходит ограничение всасывания основных препаратов, наиболее часто используемых в лечении ОКС, в первую очередь оральных антиагрегантов. Кроме того, ограничена абсорбция других важных пероральных препаратов, таких как β -блокаторов, статинов, ингибиторов ангиотензинпревращающего фермента и др.

Угнетение дыхания

Опиоид-индуцированное угнетение дыхания является ещё одним осложнением, ограничивающим применение морфина. Опиоид индуцирует угнетение дыхания посредством воздействия на комплекс, генерирующий дыхательный ритм (пре-Bötzinger комплекс), а так же на центральные и периферические хеморецепторы. В то время как морфин может снижать потребность миокарда в кислороде, у пациентов с достаточным подавлением дыхания может возникать обратный эффект. В частности, возникшая из-за угнетения дыхания гипоксия, может быть причиной повышения нагрузки на миокард, который уже испытывает недостаток кислорода (McCarthy et al., 2016; Caspi & Aronson, 2020).

Клинические исходы

До сих пор предметом дискуссий остается клиническая безопасность морфина у пациентов с ОКС. В крупном ретроспективном анализе оценивались исходы (смерть, нефатальный повторный ИМ, инсульт, тромбоз стента и кровотечение) и однолетняя выживаемость среди пациентов с ОКС из Французского регистра (2438 пациентов с ИМ с подъемом сегмента ST/блокадой левой ножки пучка Гиса). Исследователи не обнаружили какой-либо связи между летальными случаями, однолетней выживаемостью и применением морфина до госпитализации в стационар у пациентов с ИМ с подъемом сегмента ST. В то же время частота нефатального повторного ИМ на фоне применения морфина была несколько выше, чем в группе больных, не принимавших опиоид (1,8% и 0,7%) (Puymirat et al., 2016).

De Waha et al. провели сравнительный анализ у 276 больных, перенесших ИМ с элевацией сегмента ST с последующим восстановлением коронарного кровотока с помощью ЧКВ. В зависимости от того, получали ли больные внутривенно морфин или нет, пациенты были разделены на 2 группы (123 вводился морфин, 153 – нет) (De Waha et al., 2015). Всем больным спустя 3 дня после инициального события (интерквартильный диапазон 2-4)

была выполнена МРТ сердца для оценки глобальной систолической функции левого желудочка, определения зон миокардиального отёка и некроза, индекса жизнеспособного миокарда, наличия и выраженности микроваскулярной обструкции. У пациентов, получавших морфин, отмечены большие значения площади инфарктированного миокарда, более выраженная микроваскулярная обструкция и низкие индексы жизнеспособного миокарда по сравнению с группой больных, которым морфин не назначался. Авторы резюмируют, что внутривенное введение морфина до ЧКВ независимо ассоциируется с субоптимальным уровнем реперфузии и полагают необходимым проведение рандомизированных клинических исследований для изучения влияния морфина на клинический исход ИМ (De Waha et al., 2015).

Последующие исследования поставили под сомнение факт неблагоприятного воздействия морфина у пациентов с ОКС. В частности, Z. Iakobishvili et al. проанализировали смертность 218 пациентов, которые получали морфин внутривенно при острой декомпенсированной сердечной недостаточности. Пациенты с ОКС составляли большую часть выборки (65,6%). Анализ не выявил связи внутривенного применения морфина с ростом смертности (Iakobishvili et al., 2011).

Еще одно исследование, выполненное теми же авторами (Iakobishvili et al., 2011), касалось изучения летальных исходов только у пациентов с ОКС, которые получали морфин. Авторы выполнили ретроспективный анализ исходов на 30-й день госпитализации среди 249 пациентов с ИМ с подъёмом сегмента ST в сравнении с контрольной группой. Смертность в указанные сроки оказалась ниже в группе, которая получала наркотические препараты (2,4% в сравнении с 6,2%, $p=0,04$) (Iakobishvili et al., 2010). Аналогичные результаты получены в исследовании пациентов с ИМ без подъёма сегмента ST (смертность на 30-й день у пациентов, которые внутривенно получали наркотические анальгетики составила 2,2% и 6,3% у пациентов, которые их не получали) (Iakobishvili et al., 2010).

Безусловный интерес представляют результаты крупного мета-анализа, охватившего 64 323 больных и выполненного R. Ghadban et al. (Ghadban et al., 2019). Авторы оценивали безопасность применения морфина по уровням внутрибольничного ИМ, смертности от любой причины, инсульта, массивного и немассивного кровотечения и развития одышки у больных ОКС, разделенных на 2 группы: получавших или нет морфин (19215 и 45108 пациентов соответственно). Назначение морфина ассо-

циировалось с повышенным риском повторного внутрибольничного ИМ (отношение рисков (ОР) 1,30, доверительный интервал (ДИ) 95% 1,18-1,43, $p < 0,00001$). Выявлены различия, однако, не достигшие статистической достоверности, в уровнях смертности от любой причины (ОР 0,87, 95% ДИ 0,62-1,22, $p=0,44$), инсульта (ОР 0,81, 95% ДИ 0,39-1,66, $p=0,57$), массивных кровотечений (ОР 0,49, 95% ДИ 0,24-1,00, $p=0,05$), немассивных кровотечений (ОР 0,98, 95% ДИ 0,41-2,34, $p=0,97$) и одышки (ОР 0,55, 95% ДИ 0,16-1,83, $p=0,33$).

Повышенный риск рецидива ИМ у пациентов, получавших морфин при поступлении, был отмечен независимо от типа ОКС (т. е. с подъёмом или без сегмента ST). Кроме этого, морфин ассоциировался со снижением всасывания, пролонгацией максимального эффекта антитромбоцитарных препаратов и недостаточной реперфузией миокарда. В заключении авторы отмечают, что использование морфина при ОКС связано с повышенным риском рецидива ИМ в течение госпитализации больного. Требуется проведение рандомизированных клинических исследований в будущем для всесторонней оценки безопасности морфина при ОКС и определения предпочтительного антитромбоцитарного режима при одновременном использовании морфина (Ghadban et al., 2019).

Как морфин, так и другие методы анальгезии не являются абсолютно безопасными при использовании у пациентов с ОКС. Так сравнительное исследование (Burduk et al., 2000) оценивало применение морфина и нейролептаналгезию (комбинация фентанила и дроперидола) для обезболивания 112 пациентов с нестабильной стенокардией. Те, кто получал нейролептаналгезию, имели более неблагоприятные клинические исходы (гемодинамическая нестабильность в периоде госпитализации и рецидивы ИМ в течение 12 мес.) по сравнению с исходами больных, получавших только морфин (Burduk et al., 2000). Однако это сравнительное исследование было ограничено относительно небольшим размером выборки больных.

Взаимодействие с антитромбоцитарными препаратами

Со временем появляется все больше данных, свидетельствующих, что морфин может ингибировать и задерживать абсорбцию оральных антитромбоцитарных препаратов. С учетом важности быстрого ингибирования тромбоцитов при ОКС, подобный эффект может быть связанным с неблагоприятными исходами у части больных. В не-

большом исследовании с участием 24 здоровых лиц E. Hobl et al. проанализировали эффекты морфина на абсорбцию клопидогреля и ингибирование тромбоцитов (Hobl et al., 2013). Пациенты получали нагрузочные дозы клопидогреля по 600 мг вместе с плацебо или 5 мг морфина внутривенно в рандомизированном двойном слепом плацебо-контролируемом перекрестном исследовании. Авторы обнаружили, что введение морфина замедляло абсорбцию клопидогреля ($T_{max} = 105$ и 85 мин, $p=0,025$), уменьшая концентрацию и общее воздействие активных метаболитов клопидогреля. Кроме того было установлено, что морфин приводил к повышению остаточной реактивности тромбоцитов и замедлению максимального их ингибирования в среднем на 2 часа (Hobl et al., 2013). Для объяснения механизма возникновения наблюдаемых эффектов авторы выдвинули гипотезу об ингибировании опорожнения желудка и ограничении моторики ЖКТ, обусловленные морфином.

Эта же группа авторов в следующем исследовании с участием 24 здоровых людей, оценивала влияние морфина на абсорбцию тикагрелора и ингибирование тромбоцитов (Hobl et al., 2016). Морфин замедлял всасывание тикагрелора на один час и уменьшал уровень его активных метаболитов в плазме на 25%. Аналогичные результаты в 2016 г. были получены для прасугреля (Hobl et al., 2016). Однако, влияние морфина на реактивность тромбоцитов у пациентов, принимающих эти два мощных препарата, менее выражено, чем у больных, которым назначался клопидогрель.

Вместе с тем, в мультицентровом исследовании, проведенном G. Parodi et al., с участием 300 пациентов с ИМ с подъемом сегмента ST, перенесших ЧКВ, и получавших нагрузочные дозы тикагрелора или прасугреля, авторы продемонстрировали, что резидуальная реактивность тромбоцитов у больных, принимавших морфин, была выше, чем у пациентов, которым он не назначался. Обнаруженная особенность наблюдалась в обеих подгруппах (тикагрелора или прасугреля), на основании чего можно предположить, что взаимодействие морфина и оральных антитромбоцитарных препаратов не является лекарственно (фармакологически) специфичным, а скорее, объясняется побочными действиями морфина на ЖКТ (Parodi et al., 2015).

В ретроспективном исследовании PINPOINT-PPCI (Johnson et al., 2015) проводился анализ воздействия морфина на активность тромбоцитов у пациентов при назначении прасугреля и бивалирудина. Ингибирование активности тромбоци-

тарного аденозина дифосфата морфином значительно варьировало во времени. Максимальный эффект наблюдался в конце процедуры первичного ЧКВ, причем пациенты, получавшие морфин перед процедурой, имели более высокий уровень аденозина дифосфата по сравнению с теми, кто получал морфин плюс противорвотные средства, или теми, кто опиоид не получал. Подавление активности тромбоцитов у пациентов, получавших морфин, сохранялось спустя 1 и 2 часа после первичного ЧКВ и существенно снижалось через 24 часа после завершения процедуры (Johnson et al., 2015). Аналогичные результаты были получены в другом ретроспективном исследовании, проведенном I. Xanthopoulou et al, где морфин приводил к росту тромбоцитарной активности на 40% спустя два часа после нагрузочной дозы антагонистов рецепторов P2Y₁₂ у пациентов, подвергающихся ЧКВ (Xanthopoulou et al., 2016).

Эти результаты наблюдательных и ретроспективных исследований были подкреплены проспективным двойным слепым рандомизированным контролируемым исследованием, посвященным влиянию морфина на фармакокинетику и фармакодинамику тикагрелора у больных с ИМ (IMPRESSION) (Kubica et al., 2016). В нем 70 пациентов были рандомизированы в группу, получавших морфин (5 мг), или группу плацебо, а затем нагрузочную дозу тикагрелора 180 мг. Морфин понижал суммарное воздействие тикагрелора и его активных метаболитов на 36% с сопутствующим замедлением максимальной концентрации в плазме тикагрелора (Kubica et al., 2016). Несмотря на значимость полученных результатов, исследование имело ряд недостатков. Размер выборки был мал, отсутствовали данные о дозозависимом эффекте морфина, в связи с чем, трудно судить о влиянии дозы менее 5 мг. Кроме того, из исследования были исключены пациенты с «нестерпимой болью в груди» и те, кто «просили обезболивание», что могло повлиять на полученные результаты.

Результаты других исследований дают возможность предположить, что морфин имеет непосредственное воздействие на функцию тромбоцитов. Например, J. Sheu et al. (Sheu et al., 2002) продемонстрировали дозозависимый эффект в потенцировании агрегации тромбоцитов и реакции высвобождения АТФ, стимулируемой агонистами (например, коллагеном и U46619) посредством концентрации морфина с повышением тромбообразования в мезентериальных венах. Перечисленные эффекты могут быть связаны с взаимодействием морфина с тромбоцитами, α_2 -

адренорецепторами с последующими эффектами на циклический аденозинмонофосфат и ионы кальция (Sheu et al., 2002).

Результаты некоторых исследований, посвященные оценке применения морфина при ОКС и ИМ представлены в таблице.

Таблица

Результаты исследований применения морфина при остром коронарном синдроме и инфаркте миокарда

Оцениваемый показатель	Автор, год публикации	Дизайн исследования	Количество больных	Количество пациентов, получавших морфин	Результат
Размер зоны инфаркта	Gwag et al. (2017) (Gwag et al., 2017)	Проспективное, нерандомизированное, наблюдательное	299	96 (32,1%)	увеличение
	de Waha et al. (2015) (de Waha et al., 2015)	Ретроспективное, нерандомизированное, когортное	276	123 (44,6%)	увеличение
Время абсорбции антиагрегантов	Hobl et al. (2014) (Hobl et al., 2014)	Рандомизированное, двойное слепое, плацебо-контролируемое	24	12 (50%)	замедление
	Kubica et al. (2016) (Kubica et al., 2016)	Рандомизированное, двойное слепое, плацебо-контролируемое	70	35 (50%)	замедление
	Parodi et al. (2015) (Parodi et al., 2015)	Проспективное, наблюдательное	300	95 (31,7%)	замедление
Смертность	Meine et al. (2005) (Meine et al., 2005)	Ретроспективное, нерандомизированное, наблюдательное	57 039	17 003 (29,8%)	увеличение
	Iakobishvili et al., (2011) (Iakobishvili et al., 2011)	Ретроспективное, нерандомизированное, когортное	1 758	358 (20,4%)	нет значимых различий
	Farag et al. (2018) (Farag et al., 2018)	Проспективное, нерандомизированное	300	218 (72,7%)	нет значимых различий

Адаптировано из A. Chen et al. (Chen et al., 2018)

Оценка роли морфина в лечении острого коронарного синдрома и инфаркта миокарда на современном этапе

Несмотря на колоссальную распространённость ОКС во многих странах мира, на данный момент нет достаточного количества результатов исследований, свидетельствующих об оптимальном обезболивании при ИМ. В то же время планирование и проведение исследований существенно затруднено из-за этических моментов (например, правомочность применения плацебо) и необходимости обеспечения адекватной анальгезии.

Первым рандомизированным плацебо контролируемым исследованием применения морфина у пациентов с ИМ был анализ IMPRESSION (Kubica et al., 2016). Однако, чтобы оценить клинические результаты в полной мере, масштаб исследования оказал-

ся недостаточным, опять-таки в связи с этическими соображениями. Кроме того, из исследования были исключены пациенты с выраженной болью в грудной клетке и те, кто просил обезболивание. Поэтому, необходимы альтернативные подходы для организации и проведения исследований в будущем.

McCarthy et al. (McCarthy et al., 2016) полагают, что будущие научные работы должны быть предприняты по одному из двух направлений: 1. поиск альтернативных методов анальгезии или; 2. использование антитромбоцитарных препаратов, на фармакокинетический профиль которых не влияют опиаты.

1. Альтернативная стратегия анальгезии

Идеальный анальгетик должен быть не только мощным болеутоляющим, но и препаратом, ко-

торый имел бы минимум побочных эффектов, в частности не ограничивал бы моторику ЖКТ. Например, G. Parodi (Parodi, 2016) предлагает применять парацетамол при устойчивой боли в груди при оценке болевых ощущений по шкале до 7 баллов, резервируя морфин для случаев, когда индекс боли превышает 7 (Parodi, 2016). Хотя седативные препараты, например бензодиазепин, не относятся к анальгетикам, они часто используются при лечении боли в грудной клетке, особенно в состоянии морфин-индуцированной ишемии. Имеются предварительные данные о том, что седативные средства уменьшают уровень катехоламинов, вызывают дилатацию коронарных артерий, предупреждают возникновение нарушений ритма и даже могут блокировать агрегацию тромбоцитов (при применении высоких доз) (Huffman et al., 2010).

Исследователи из IMPRESSION предложили другой μ -агонист алфентанил, как возможное решение проблемы. Алфентанил является мощным и быстродействующим опиоидным препаратом. Несмотря на схожие с морфином влияния на ЖКТ, продолжительность действия алфентанила короче. Однако, этот препарат часто вызывает аритмии, непредсказуемое угнетение дыхания (даже при применении низких доз) и довольно часто тошноту и рвоту. Несмотря на то, что авторы из IMPRESSION предлагают использовать прокинетики, такие как метоклопрамид (Kubica et al., 2016), у пациентов с ИМ, следует с осторожностью относиться к его широкому применению, что обусловлено ассоциацией этого препарата с развитием нарушений ритма сердца (Cowan et al., 2020).

В качестве альтернативы рассматривается назначение налоксона per os, который противодействует эффекту морфина на опиоидные μ -рецепторы кишечника. При пероральном приеме налоксон оказывает минимальные системные эффекты в связи с ограниченной его абсорбцией в кишечнике (Corli et al., 2019). Налоксегол – производный налоксона оральный антагонист опиоидных μ -рецепторов, специфичный для некоторых периферических тканей (например, ЖКТ), и за счет пегилирования не проникает через гематоэнцефалический барьер. Однако, в связи с тем, что максимальная концентрация этих препаратов достигается спустя 2 часа, применение налоксона и налоксегола у пациентов с ИМ с интенсивной болью в грудной клетке в основном в первые часы ограничено.

Новый быстродействующий антагонист μ -опиоидных рецепторов периферического действия метилналтрексон лишь в минимальных количествах

проникает через гематоэнцефалический барьер. Несмотря на ожидаемую пользу его применения, в исследованиях, изучавших безопасность метилналтрексона со стороны сердечно-сосудистой системы у пациентов, принимавших его 2 р/сут, отмечено увеличение частоты ИМ (Yuan et al., 2000; Pergolizzi et al., 2020).

Следует отметить, что широко используемый при ЧКВ препарат фентанил, вводимый в таких ситуациях вместе с антитромбоцитарными препаратами, оказывает такой же эффект на ЖКТ, как и морфин, в связи с чем его польза довольно сомнительна (Goli et al., 2019).

2. Альтернативные подходы к назначению анти-тромбоцитарных препаратов

Еще одно направление исследований – это изучение парентеральных антиагрегантов, у пациентов с ИМ, принимающих морфин, в частности внутривенно вводимых гликопротеин IIb/IIIa средств и прямого ингибитора рецепторов тромбоцитов P2Y₁₂ кангрелора (Angiolillo et al., 2012). Кангрелор был одобрен к применению на основании исследования CHAMPION PHOENIX, у 11145 пациентов, которым было выполнено urgentное или плановое ЧКВ. Пациенты были рандомизированы на тех, кто принимал кангрелор в нагрузочной дозе 600 мг, и тех, кто принимал 300 мг клопидогреля. Первичные конечные точки, включая смерть, ИМ, ишемия миокарда, реваскуляризация, обусловленная ишемией миокарда или тромбозом стента в течение 48 ч после рандомизации, были ниже после приема кангрелора (OR 0,78 [0,66-0,93]) (Bhatt et al., 2013). Учитывая, что кангрелор не абсорбируется в ЖКТ, его применение у пациентов, получающих морфин при ОКС считается предпочтительным других пуринаргических антитромбоцитарных препаратов.

Очередным перспективным направлением будущих научных разработок является изучение эффекта измельченных оральных P2Y₁₂ препаратов у пациентов, получающих морфин. В 2015 г. опубликованы результаты проспективного мультицентрового рандомизированного исследования MOJITO (Mashed Or Just Integral pill of Ticagrelor). Его целью стало сравнение влияния измельченных таблеток тикагрелора с его целыми таблетками на реактивность тромбоцитов у 82 пациентов с ИМ с подъемом сегмента ST, которым выполняется первичное ЧКВ. Значение единиц действия P2Y₁₂ через 1 час после нагрузочной дозы было 168 (допустимый диапазон 61-251) в группе пациентов принявших измельченные таблетки и 252

(допустимый диапазон 167 до 301) в группе пациентов, принявших таблетки целыми без значимых различий спустя 2, 4 и 8 ч. Среди группы пациентов, принимавших измельченные таблетки тикагрелора в сочетании с морфином, значение единиц реакции P2Y12 спустя 1 час были выше ($p=0,001$) (Parodi et al., 2015). Авторы считают, что использование измельченных таблеток тикагрелора в лечении пациентов с ИМ с подъемом сегмента ST ассоциировано с более ранним ингибированием тромбоцитов по сравнению со стандартной терапией. Однако данное наблюдение было ограничено небольшим количеством пациентов и отсутствием фармакокинетического анализа.

Выводы

Морфин остается основным анальгетиком для купирования интенсивной боли в грудной клетке при ОКС/ИМ. Клиницисты должны быть осведомлены о возможных осложнениях, которые могут возникнуть при применении морфина при ОКС, в частности нарушение всасывания в ЖКТ оральных антиагрегантов, возможное увеличение частоты неблагоприятных исходов, отмеченных в обсервационных исследованиях. До появления результатов дополнительных рандомизированных исследований, морфин должен использоваться только у пациентов с ОКС с болью в грудной клетке резистентной к стандартной терапии. Приоритетом научных исследований, посвященных вопросам лечения ОКС, должны стать направления по изучению альтернативных методов обезболивания и новых антиагрегантов, назначаемых парентерально.

Литература

- Amsterdam, E. A., Wenger, N. K., Brindis, R. G., Casey, D. E., Ganiats, T. G., Holmes, D. R., Jaffe, A. S., Jneid, H., Kelly, R. F., Kontos, M. C., Levine, G. N., Liebson, P. R., Mukherjee, D., Peterson, E. D., Sabatine, M. S., Smalling, R. W., & Zieman, S. J. (2014). 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with non-ST-elevation acute coronary syndromes: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines. *Circulation*, 130, e344-426. <http://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000134>
- Angiolillo, D. J., Schneider, D. J., Bhatt, D. L., French, W. J., Price, M. J., Saucedo, J. F., Shaburishvili, T., Huber, K., Prats, J., Liu, T., Harrington, R. A., & Becker, R. C. (2012). Pharmacodynamic effects of cangrelor and clopidogrel: The platelet function substudy from the cangrelor versus standard therapy to achieve optimal management of platelet inhibition (CHAMPION) trials. *Journal of Thrombosis and Thrombolysis*, 34, 44-55. <http://doi.org/10.1007/s11239-012-0737-3>
- Batchelor, R., Liu, D. H., Bloom, J., Noaman, S., & Chan, W. (2020). Association of periprocedural intravenous morphine use on clinical outcomes in ST-elevation myocardial infarction (STEMI) treated by primary percutaneous coronary intervention: Systematic review and meta-analysis. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, 96, 76-88. <http://doi.org/10.1002/ccd.28561>
- Bhatt, D. L., Stone, G. W., Mahaffey, K. W., Gibson, C. M., Steg, P. G., Hamm, C. W., Price, M. J., Leonardi, S., Gallup, D., Bramucci, E., Radke, P. W., Widimsky, P., Tousek, F., Tauth, J., Spriqs, D., McLaurin, B. T., Anquilillo, D. J., Genereux, P., Liu, T., Pratz, J., Todd, M., Skerjanec, S., White, H. D., & Harrington, R. A. (2013). Effect of platelet inhibition with cangrelor during PCI on ischemic events. *New England Journal of Medicine*, 368, 1303-1313. <http://doi.org/10.1056/NEJMoa1300815>
- Burduk, P., Guzik, P., Piechocka, M., Bronisz, M., Rozek, A., Jazdon, M., & Jordan, M. R. (2000). Comparison of fentanyl and droperidol mixture (neuroleptanalgesia II) with morphine on clinical outcomes in unstable angina patients. *Cardiovascular Drugs and Therapy*, 14, 259-269. <http://doi.org/10.1023/a:1007826506825>
- Caspi, O. & Aronson, D. (2020). Morphine in the setting of acute heart failure: Do the risks outweigh the benefits? *Cardiac Failure Review*, 28, 6:e20. <http://doi.org/10.15420/cfr.2019.22>
- Chen, A., Shariati, F., Chan, T., & Lebowitz, D. (2018). A review of adverse outcomes following intravenous morphine usage for pain relief in Acute Coronary Syndrome. *Cureus*, 10, e3246. <http://doi.org/7759/cureus.3246>
- Corli, O., Iorno, V., Legramandi, L., Rulli, E., Roberto, A., Azzarello, G., Schiavon, S., Cavanna, L., De Santis, S., Cartoni, C., Di Marco, P., Dauri, M., Mistretta, R., Bortolussi, R., Clerico, M., Pacchioni, M., Crispino, C., Marabese, M., & Corsi, N. (2019). Oral prolonged-release oxycodone-naloxone: Analgesic response, safety profile, and factors influencing the response in advanced cancer patients. *Pain Practice*, Mar 27. <http://doi.org/10.1111/papr.12784>
- Cowan, A., Garg, A. X., McArthur, E., Tsobo, F. M., & Weir, M. A. (2020). Cardiovascular safety of metoclopramide compared to domperidone: A population-based cohort study. *Journal of the Canadian Association of Gastroenterology*, XX(XX), 1-10. <https://doi.org/10.1093/jcag/gwaa041>
- DeDea L. (2010). Meperidine versus morphine, and PPIs with clopidogrel. *Journal of the American*

- Academy of Physician Assistants*, 23, 13. <http://doi.org/10.1097/01720610-201009000-00002>
- Devereaux, A. L., Mercer, S. L., & Cunningham, C. W. (2018). DARK classics in chemical neuroscience: Morphine. *ACS Chemical Neuroscience*, 9, 2395-2407. <http://doi.org/10.1021/acscchemneuro.8b00150>
- De Waha, S., Eitel, I., Desch, S., Fuernau, G., Lurz, P., Urban, D., Schuler, G., & Thiele, H. (2015). Intravenous morphine administration and reperfusion success in ST-elevation myocardial infarction: Insights from cardiac magnetic resonance imaging. *Clinical Research in Cardiology*, 104, 727-734. <http://doi.org/10.1007/s00392-015-0835-2>
- Ellingsrud, C. & Agewall, S. (2016). Morphine in the treatment of acute pulmonary oedema – Why? *International Journal of Cardiology*, 202, 870-873. <http://doi.org/10.1016/j.ijcard.2015.10.014>
- Everts, B., Karlson, B., Abdon, N. J., Herlitz, J., & Hedner, T. (1999). A comparison of metoprolol and morphine in the treatment of chest pain in patients with suspected acute myocardial infarction – the MEMO study. *Journal of Internal Medicine*, 245, 133-141. <http://doi.org/10.1046/j.1365-2796.1999.00415.x>
- Farag, M., Spinthakis, N., Srinivasan, M., Sullivan, K., Wellsted, D., & Gorog, D. A. (2018). Morphine analgesia Pre-PPCI is associated with prothrombotic state, reduced spontaneous reperfusion and greater infarct size. *Thrombosis and Haemostasis*, 118, 601-612. <http://doi.org/10.1055/s-0038-1629896>
- Fernando, H., Nehme, Z., Peter, K., Bernard, S., Stephenson, M., Bray, J., Cameron, P., Ellims, A., Taylor, A., Kaye, D. M., Smith, K., & Stub, D. (2020). Prehospital opioid dose and myocardial injury in patients with ST elevation myocardial infarction. *Open Heart*, 7, e001307. <http://doi.org/10.1136/openhrt-2020-001307>
- Furtado, R. H. M., Nicolau, J. C., Guo, J., Im, K., White, J. A., Sabatine, M. S., Newby, L. K., & Giugliano, R. P. (2020). Morphine and cardiovascular outcomes among patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndromes undergoing coronary angiography. *Journal of the American College of Cardiology*, 75, 289-300. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.11.035>
- Ghadban, R., Enezate, T., Payne, J., Allaham, H., Halawa, A., Fong, H. K., Abdullah, O., & Aggarwal K. (2019). The safety of morphine use in acute coronary syndrome: A meta-analysis. *Heart Asia*, 11, e011142. <http://doi.org/10.1136/heartasia-2018-011142>
- Goli, R. R., Ibrahim, K., Shah, R., Kickler, T. S., Clarke, W. A., Resar, J. R., Schulman, S. P., & McEvoy, J. W. (2019). The dose and timing of fentanyl impacts on ticagrelor absorption and platelet inhibition during percutaneous coronary intervention: The PACIFY randomized clinical trial. *Journal of Invasive Cardiology*, 31, 265-271.
- Gwag, H. B., Park, T. K., Song, Y. B., Kim, E. K., Jang, W. J., Yang, J. H., Hahn, J.-Y., Choi, S.-H., Choi, J.-H., Lee, S. H., Choe, Y. H., Ahn, J., Carriere, K. C., & Gwon, H.-C. (2017). Morphine does not affect myocardial salvage in ST-segment elevation myocardial infarction. *PLoS One*, 12, e0170115. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0170115>
- Herndon, C. M., Jackson, K. C. 2nd., & Hallin, P. A. (2021). Management of opioid-induced gastrointestinal effects in patients receiving palliative care. *Pharmacotherapy*, 22, 240-250. <http://doi.org/10.1592/phco.22.3.240.33552>
- Hobl, E. L., Reiter, B., Schoergenhofer, C., Schwameis, M., Derhaschnig, U., Lang, I. M., Stimpfl, T., & Jilma, B. (2016). Morphine interaction with prasugrel: A double-blind, cross-over trial in healthy volunteers. *Clinical Research in Cardiology*, 105, 349-355. <http://doi.org/10.1007/s00392-015-0927-z>
- Hobl, E. L., Stimpfl, T., Ebner, J., Schoergenhofer, C., Derhaschnig, U., Sunder-Plassmann, R., Jilma-Stohlawetz, P., Mannhalter, C., Posch, M., & Jilma, B. (2014). Morphine decreases clopidogrel concentrations and effects: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Journal of the American College of Cardiology*, 63, 630-635. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.10.068>
- Huffman, J. C., Celano, C. M., & Januzzi, J. L. (2010). The relationship between depression, anxiety, and cardiovascular outcomes in patients with acute coronary syndromes. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 6, 123-36. <http://doi.org/10.2147/ndt.s6880>
- Iakobishvili, Z., Cohen, E., Garty, M., Behar, S., Shotan, A., Sandach, A., Gottlieb, S., Mager, A., Battler, A., & Hasdai, D. (2011). Use of intravenous morphine for acute decompensated heart failure in patients with and without acute coronary syndromes. *Acute Cardiac Care*, 13, 76-80. <http://doi.org/10.3109/17482941.2011.575165>
- Ibanez, B., James, S., Agewall, S., Antunes, M. J., Bucciarelli-Ducci, C., Bueno, H., Caforio, A. L. P., Crea, F., Goudevenos, J. A., Halvorsen, S., Hindricks, G., Kastrati, A., Lenzen, M. J., Prescott, E., Roffi, M., Valgimigli, M., Varenhorst, C., Vranckx, P., & Widimský, P. (2017). 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The task force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*, 39, 119-177. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx393>

- Iakobishvili, Z., Porter, A., Battler, A., Behar, S., Roth, A., Atar, S., Boyko, V., Mager, A., & Hasdai, D. (2010). Effect of narcotic treatment on outcomes of acute coronary syndromes. *The American Journal of Cardiology*, 105, 912-916. <http://doi.org/10.1016/j.amjcard.2009.11.027>
- Johnson, T. W., Mumford, A. D., Scott, L. J., Mundell, S., Butler, M., Strange, J. W., Rogers, C. A., Reeves, B. C., & Baumbach, A. (2015). A study of platelet inhibition, using a 'Point of care' platelet function test, following primary percutaneous coronary intervention for ST-elevation myocardial infarction. *PLoS One*, 10, e0144984. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0144984>
- Koh, J. Q. S., Fernando, H., Peter, K., & Stub, D. (2019). Opioids and ST elevation myocardial infarction: A systematic review. *Heart, Lung and Circulation*, 28, 697-706. <http://doi.org/10.1016/j.hlc.2018.12.015>
- Kubica, J., Adamski, P., Ostrowska, M., Sikora, J., Kubica, J. M., Sroka, W. D., Stankowska, K., Buszko, K., Navarese, E. P., Jilma, B., Siller-Matula, J. M., Marszał, M. P., Roś, D., & Koziński, M. (2016). Morphine delays and attenuates ticagrelor exposure and action in patients with myocardial infarction: The randomized, double-blind, placebo-controlled IMPRESSION trial. *European Heart Journal*, 37, 245-252. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv547>
- Kupnicka, P., Kojder, K., Metryka, E., Kapczuk, P., Jeżewski, D., Gutowska, I., Goschorska, M., & Chlubek, D., Baranowska-Bosiacka, I. (2020). Morphine-element interactions - The influence of selected chemical elements on neural pathways associated with addiction. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 60, 126495. <http://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126495>
- Kurz, A. & Sessler, D. I. (2003). Opioid-induced bowel dysfunction: Pathophysiology and potential new therapies. *Drugs*, 63, 649-671. <http://doi.org/10.2165/00003495-200363070-00003>
- McCarthy, C. P., Mullins, K. V., Sidhu, S. S., Schulman, S. P., & McEvoy, J. W. (2016). The on- and off-target effects of morphine in acute coronary syndrome: A narrative review. *American Heart Journal*, 176, 114-121. <http://doi.org/10.1016/j.ahj.2016.04.004>
- Meine, T. J., Roe, M. T., Chen, A. Y., Patel, M. R., Washam, J. B., Ohman, E. M., Peacock, W. F., Pollack, C. V., Gibler, W. B., & Peterson, E. D. CRUSADE Investigators. (2005). Association of intravenous morphine use and outcomes in acute coronary syndromes: Results from the CRUSADE Quality Improvement Initiative. *American Heart Journal*, 149, 1043-1049. <http://doi.org/10.1016/j.ahj.2005.02.010>
- Montalescot, G., van't Hof, A. W., Lapostolle, F., Silvain, J., Lassen, J. F., Bolognese, L., Cantor, W. J., Cequier, A., Chettibi, M., Goodman, S. G., Hammett, C. J., Huber, K., Janzon, M., Merkely, B., Storey, R. F., Zeymer, U., Stibbe, O., Ecollan, P., Heutz, W. M. J. M., Swahn, E., Collet, J. P., Willems, F. F., Baradat, C., Licour, M., Tsatsaris, A., Vicaut, E., & Hamm, C. W. (2014). Prehospital ticagrelor in ST-segment elevation myocardial infarction. *New England Journal of Medicine*, 371, 1016-1027. <http://doi.org/10.1056/NEJMoa1407024>
- O'Gara, P. T., Kushner, F. G., Ascheim, D. D., Casey, D. E., Chung, M. K., de Lemos, J. A., Ettinger, S. M., Fang, J. C., Fesmire, F. M., Franklin, B. A., Granger, C. B., Krumholz, H. M., Linderbaum, J. A., Morrow, D. A., Newby, L. K., Ornato, J. P., Ou, N., Radford, M. J., Tamis-Holland, J. E., Tommaso, C. L., Tracy, C. M., Woo, Y. J., Zhao, D. X., Anderson, J. L., Jacobs, A. K., Halperin, J. L., Albert, N. M., Brindis, R. G., Creager, M. A., DeMets, D., Guyton, R. A., Hochman, J. S., Kovacs, R. J., Kushner, F. G., Ohman, E. M., Stevenson, W. G., & Yancy, C. W. (2013). American College of Cardiology Foundation/American Heart task force on practice guidelines. ACCF/AHA guideline for the management of ST-elevation myocardial infarction: A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation*, 127, e362-425. <http://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3182742cf6>
- Parodi, G., Bellandi, B., Xanthopoulou, I., Capranzano, P., Capodanno, D., Valenti, R., Stavrou, K., Migliorini, A., Antoniucci, D., Tamburino, C., & Alexopoulos, D. (2014). Morphine is associated with a delayed activity of oral antiplatelet agents in patients with ST-elevation acute myocardial infarction undergoing primary percutaneous coronary intervention. *Circulation: Cardiovascular Intervention*, 8, e001593. <http://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.114.001593>
- Parodi, G., Xanthopoulou, I., Bellandi, B., Gkizas, V., Valenti, R., Karanikas, S., Migliorini, A., Angelidis, C., Abbate, R., Patsilnakos, S., Baldereschi, G. J., Marcucci, R., Gensini, G. F., Antoniucci, D., & Alexopoulos D. (2015). Ticagrelor crushed tablets administration in STEMI patients: The MOJITO study. *Journal of the American College of Cardiology*, 65, 511-512. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2014.08.056>
- Parodi G. (2016). Editor's Choice-Chest pain relief in patients with acute myocardial infarction. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*, 5, 277-281. <http://doi.org/10.1177/2048872615584078>
- Pasternak, G. W. (2010). Molecular insights into mu opioid pharmacology: From the clinic to the bench. *The Clinical Journal of Pain*, 26 Suppl 10(Suppl 10), S3-9. <http://doi.org/10.1097/AJP.0b013e3181c49d2e>

- Pasternak, G. W. (2012). Preclinical pharmacology and opioid combinations. *Pain Medicine*, 13 Suppl 1(s1), S4-11. <http://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2012.01335.x>
- Pergolizzi, Jr. J. V., Christo, P. J., LeQuang, J. A., & Magnusson, P. (2020). The use of peripheral μ -opioid receptor antagonists (PAMORA) in the management of opioid-induced constipation: An update on their efficacy and safety. *Drug Design, Development and Therapy*, 14, 1009-1025. <http://doi.org/10.2147/DDDT.S221278>
- Puymirat, E., Lamhaut, L., Bonnet, N., Aissaoui, N., Henry, P., Cayla, G., Cattan, S., Steg, G., Mock, L., Ducrocq, G., Goldstein, P., Schiele, F., Bonnefoy-Cudraz, E., Simon, T., & Danchin, N. (2016). Correlates of pre-hospital morphine use in ST-elevation myocardial infarction patients and its association with in-hospital outcomes and long-term mortality: The FAST-MI (French Registry of Acute ST-elevation and non-ST-elevation Myocardial Infarction) programme. *European Heart Journal*, 37, 1063-1071. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv567>
- Rajani, S. F., Imani, A., Faghihi, M., Izad, M., Kardar, G. A., & Salehi, Z. (2019). Post-infarct morphine treatment mitigates left ventricular remodeling and dysfunction in a rat model of ischemia-reperfusion. *European Journal of Pharmacology*, 847, 61-71. <http://doi.org/10.1016/j.ejphar.2019.01.023>
- Roffi, M., Patrono, C., Collet, J. P., Mueller, C., Valgimigli, M., Andreotti, F., Bax, J. J., Borger, M. A., Brotons, C., Chew, D. P., Gencer, B., Hasenfuss, G., Kjeldsen, K., Lancellotti, P., Landmesser, U., Mehilli, J., Mukherjee, D., Storey, R. F., & Windecker, S. (2016). ESC scientific document group. 2015 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation: Task force for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*, 37, 267-315. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv320>
- Sandoval, Y. & Jaffe, A. S. (2019). Type 2 Myocardial infarction: JACC review topic of the week. *Journal of the American College of Cardiology*, 73, 1846-1860. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.02.018>
- Sheu, J. R., Yeh, G. C., Fang, C. L., Lin, C. H., & Hsiao, G. (2002). Morphine-potentiated agonist-induced platelet aggregation through α 2-adrenoceptors in human platelets. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*, 40, 743-750. <http://doi.org/10.1097/00005344-200211000-00012>
- Steg, Ph. G., James, S. K., Atar, D., Badano, L.P., Blömsstrom-Lundqvist, C., Borger, M. A., Mario, C. Di., Dickstein, K., Ducrocq, G., Fernandez-Aviles, F., Gershlick, A. H., Giannuzzi, P., Halvorsen, S., Huber, K., Juni, P., Kastrati, A., Knuuti, J., Lenzen, M. J., Mahaffey, K. W., Valgimigli, M., van't Hof, A., Widimsky, P., & Zahger, D. (2012). ESC guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation. *European Heart Journal*, 33, 2569-2619. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehs215>
- Xanthopoulou, I., Davlourous, P., Tsigkas, G., Koutsogiannis, N., Patsilinos, S., Deftereos, S., Hahalis, G., & Alexopoulos, D. (2016). Factors affecting platelet reactivity 2 hours after P2Y₁₂ receptor antagonist loading in primary percutaneous coronary intervention for ST-elevation myocardial infarction - impact of pain-to-loading time. *Circulation Journal*, 80, 442-449. <http://doi.org/10.1253/circj.CJ-15-0495>
- Yuan, C. S., Foss, J. F., O'Connor, M., Osinski, J., Karrison, T., Moss, J., & Roizen, M. F. (2000). Methylnaltrexone for reversal of constipation due to chronic methadone use. *JAMA*. 283, 367-372. <http://doi.org/10.1001/jama.283.3.367>
- Wu, L. N., Hu, R., & Yu, J. M. (2021). Morphine and myocardial ischaemia-reperfusion. *European Journal of Pharmacology*, 891, 173683. <http://doi.org/10.1016/j.ejphar.2020.173683>

Morphine in Acute Coronary Syndrome and Myocardial Infarction: Pro et Contra

Grigoriy A. Ignatenko¹, Gennadiy G. Taradin^{1,2}, Irina V. Rakitskaya¹,
Viktoriya B. Gnilitkaya¹, Svetlana O. Kulikova¹

¹ State Educational Organization of Higher Professional Education "M. Gorky Donetsk National Medical University"

² State Institution "Institute of Urgent and Reconstructive Surgery named after V.K. Gusak"

Correspondence concerning this article should be addressed to Gennadiy G. Taradin, State Educational Organization of Higher Professional Education "M. Gorky Donetsk National Medical University", 16 Ilyicha avenue, Donetsk, 283003, e-mail: taradin@inbox.ru

The review summarizes the current literature data on the use of the morphine in patients with acute coronary syndrome and myocardial infarction. It briefly reports on the possibility of prescribing morphine in such clinical situations in accordance with the current guidance of the American College of Cardiology Foundation, the American Heart Association and the European Society of Cardiology. After describing the pharmacological properties of the morphine, including its effect on the heart, the positive effects of the drug are discussed in detail: pain relief, hemodynamic effects, and the alleged effect on myocardial remodeling. To form a complete understanding of the analyzed opioid drug, information on the effect of morphine on clinical outcomes – death, recurrence of myocardial infarction, stroke, bleeding is provided. Equally important is the section describing the interaction of morphine with antiplatelet drugs prescribed to the patients with acute coronary syndrome and myocardial infarction. In conclusion, the article discusses the necessary options for optimal pain relief in the patients with acute coronary syndrome and myocardial infarction, as well as the need to study new antiplatelet drugs.

Key words: opioid analgesics, morphine, pain syndrome, analgesia, acute coronary syndrome, myocardial infarction, clinical outcomes

References

- Amsterdam, E. A., Wenger, N. K., Brindis, R. G., Casey, D. E., Ganiats, T. G., Holmes, D. R., Jaffe, A. S., Jneid, H., Kelly, R. F., Kontos, M. C., Levine, G. N., Liebson, P. R., Mukherjee, D., Peterson, E. D., Sabatine, M. S., Smalling, R. W., & Zieman, S. J. (2014). 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with non-ST-elevation acute coronary syndromes: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines. *Circulation*, 130, e344-426. <http://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000134>
- Angiolillo, D. J., Schneider, D. J., Bhatt, D. L., French, W. J., Price, M. J., Saucedo, J. F., Shaburishvili, T., Huber, K., Prats, J., Liu, T., Harrington, R. A., & Becker, R. C. (2012). Pharmacodynamic effects of cangrelor and clopidogrel: The platelet function substudy from the cangrelor versus standard therapy to achieve optimal management of platelet inhibition (CHAMPION) trials. *Journal of Thrombosis and Thrombolysis*, 34, 44-55. <http://doi.org/10.1007/s11239-012-0737-3>
- Batchelor, R., Liu, D. H., Bloom, J., Noaman, S., & Chan, W. (2020). Association of periprocedural intravenous morphine use on clinical outcomes in ST-elevation myocardial infarction (STEMI) treated by primary percutaneous coronary intervention: Systematic review and meta-analysis. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, 96, 76-88. <http://doi.org/10.1002/ccd.28561>
- Bhatt, D. L., Stone, G. W., Mahaffey, K. W., Gibson, C. M., Steg, P. G., Hamm, C. W., Price, M. J., Leonardi, S., Gallup, D., Bramucci, E., Radke, P. W., Widimsky, P., Tousek, F., Tauth, J., Spriqs, D., McLaurin, B. T., Angiolillo, D. J., Genereux, P., Liu, T., Pratz, J., Todd, M., Skerjanec, S., White, H. D., & Harrington, R. A. (2013). Effect of platelet inhibition with cangrelor during PCI on ischemic events. *New England Journal of Medicine*, 368, 1303-1313. <http://doi.org/10.1056/NEJMoa1300815>
- Burduk, P., Guzik, P., Piechocka, M., Bronisz, M., Rozek, A., Jazdon, M., & Jordan, M. R. (2000).

How to Cite

Ignatenko, G. A., Taradin, G. G., Rakitskaya, I. V., Gnilitkaya, V. B., & Kulikova, S. O. (2021). Morphine in acute coronary syndrome and myocardial infarction: pro et contra. *Health, Food & Biotechnology*, 3(1). <https://doi.org/10.36107/hfb.2021.i1.s92>

- Comparison of fentanyl and droperidol mixture (neuroleptanalgesia II) with morphine on clinical outcomes in unstable angina patients. *Cardiovascular Drugs and Therapy*, 14, 259-269. <http://doi.org/10.1023/a:1007826506825>
- Caspi, O. & Aronson, D. (2020). Morphine in the setting of acute heart failure: Do the risks outweigh the benefits? *Cardiac Failure Review*, 28, 6:e20. <http://doi.org/10.15420/cfr.2019.22>
- Chen, A., Shariati, F., Chan, T., & Lebowitz, D. (2018). A review of adverse outcomes following intravenous morphine usage for pain relief in Acute Coronary Syndrome. *Cureus*, 10, e3246. <http://doi.org/7759/cureus.3246>.
- Corli, O., Iorno, V., Legramandi, L., Rulli, E., Roberto, A., Azzarello, G., Schiavon, S., Cavanna, L., De Santis, S., Cartoni, C., Di Marco, P., Dauri, M., Mistretta, R., Bortolussi, R., Clerico, M., Pacchioni, M., Crispino, C., Marabese, M., & Corsi, N. (2019). Oral prolonged-release oxycodone-naloxone: Analgesic response, safety profile, and factors influencing the response in advanced cancer patients. *Pain Practice*, Mar 27. <http://doi.org/10.1111/papr.12784>
- Cowan, A., Garg, A. X., McArthur, E., Tsobo, F. M., & Weir, M. A. (2020). Cardiovascular safety of metoclopramide compared to domperidone: A population-based cohort study. *Journal of the Canadian Association of Gastroenterology*, XX(XX), 1–10. <https://doi.org/10.1093/jcag/gwaa041>
- DeDea L. (2010). Meperidine versus morphine, and PPIs with clopidogrel. *Journal of the American Academy of Physician Assistants*, 23, 13. <http://doi.org/10.1097/01720610-201009000-00002>
- Devereaux, A. L., Mercer, S. L., & Cunningham, C. W. (2018). DARK classics in chemical neuroscience: Morphine. *ACS Chemical Neuroscience*, 9, 2395–2407. <http://doi.org/10.1021/acscchemneuro.8b00150>
- De Waha, S., Eitel, I., Desch, S., Fuernau, G., Lurz, P., Urban, D., Schuler, G., & Thiele, H. (2015). Intravenous morphine administration and reperfusion success in ST-elevation myocardial infarction: Insights from cardiac magnetic resonance imaging. *Clinical Research in Cardiology*, 104, 727-734. <http://doi.org/10.1007/s00392-015-0835-2>
- Ellingsrud, C. & Agewall, S. (2016). Morphine in the treatment of acute pulmonary oedema – Why? *International Journal of Cardiology*, 202, 870-873. <http://doi.org/10.1016/j.ijcard.2015.10.014>
- Everts, B., Karlson, B., Abdon, N. J., Herlitz, J., & Hedner, T. (1999). A comparison of metoprolol and morphine in the treatment of chest pain in patients with suspected acute myocardial infarction – the MEMO study. *Journal of Internal Medicine*, 245, 133-141. <http://doi.org/10.1046/j.1365-2796.1999.00415.x>
- Farag, M., Spinhakis, N., Srinivasan, M., Sullivan, K., Wellsted, D., & Gorog, D. A. (2018). Morphine analgesia Pre-PPCI is associated with prothrombotic state, reduced spontaneous reperfusion and greater infarct size. *Thrombosis and Haemostasis*, 118, 601-612. <http://doi.org/10.1055/s-0038-1629896>
- Fernando, H., Nehme, Z., Peter, K., Bernard, S., Stephenson, M., Bray, J., Cameron, P., Ellims, A., Taylor, A., Kaye, D. M., Smith, K., & Stub, D. (2020). Prehospital opioid dose and myocardial injury in patients with ST elevation myocardial infarction. *Open Heart*, 7, e001307. <http://doi.org/10.1136/openhrt-2020-001307>
- Furtado, R. H. M., Nicolau, J. C., Guo, J., Im, K., White, J. A., Sabatine, M. S., Newby, L. K., & Giugliano, R. P. (2020). Morphine and cardiovascular outcomes among patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndromes undergoing coronary angiography. *Journal of the American College of Cardiology*, 75, 289-300. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.11.035>
- Ghadban, R., Enezate, T., Payne, J., Allaham, H., Halawa, A., Fong, H. K., Abdullah, O., & Aggarwal K. (2019). The safety of morphine use in acute coronary syndrome: A meta-analysis. *Heart Asia*, 11, e011142. <http://doi.org/10.1136/heartasia-2018-011142>
- Goli, R. R., Ibrahim, K., Shah, R., Kickler, T. S., Clarke, W. A., Resar, J. R., Schulman, S. P., & McEvoy, J. W. (2019). The dose and timing of fentanyl impacts on ticagrelor absorption and platelet inhibition during percutaneous coronary intervention: The PACIFY randomized clinical trial. *Journal of Invasive Cardiology*, 31, 265-271.
- Gwag, H. B., Park, T. K., Song, Y. B., Kim, E. K., Jang, W. J., Yang, J. H., Hahn, J.-Y., Choi, S.-H., Choi, J.-H., Lee, S. H., Choe, Y. H., Ahn, J., Carriere, K. C., & Gwon, H.-C. (2017). Morphine does not affect myocardial salvage in ST-segment elevation myocardial infarction. *PLoS One*, 12, e0170115. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0170115>
- Herndon, C. M., Jackson, K. C. 2nd., & Hallin, P. A. (2021). Management of opioid-induced gastrointestinal effects in patients receiving palliative care. *Pharmacotherapy*, 22, 240-250. <http://doi.org/10.1592/phco.22.3.240.33552>
- Hobl, E. L., Reiter, B., Schoergenhofer, C., Schwameis, M., Derhaschnig, U., Lang, I. M., Stimpfl, T., & Jilma, B. (2016). Morphine interaction with prasugrel: A double-blind, cross-over trial in healthy volunteers. *Clinical Research in Cardiology*, 105, 349-355. <http://doi.org/10.1007/s00392-015-0927-z>
- Hobl, E. L., Stimpfl, T., Ebner, J., Schoergenhofer, C., Derhaschnig, U., Sunder-Plassmann, R., Jilma-

- Stohlawetz, P., Mannhalter, C., Posch, M., & Jilma, B. (2014). Morphine decreases clopidogrel concentrations and effects: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Journal of the American College of Cardiology*, 63, 630-635. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2013.10.068>
- Huffman, J. C., Celano, C. M., & Januzzi, J. L. (2010). The relationship between depression, anxiety, and cardiovascular outcomes in patients with acute coronary syndromes. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 6, 123-36. <http://doi.org/10.2147/ndt.s6880>
- Iakobishvili, Z., Cohen, E., Garty, M., Behar, S., Shotan, A., Sandach, A., Gottlieb, S., Mager, A., Battler, A., & Hasdai, D. (2011). Use of intravenous morphine for acute decompensated heart failure in patients with and without acute coronary syndromes. *Acute Cardiac Care*, 13, 76-80. <http://doi.org/10.3109/17482941.2011.575165>
- Ibanez, B., James, S., Agewall, S., Antunes, M. J., Bucciarelli-Ducci, C., Bueno, H., Caforio, A. L. P., Crea, F., Goudevenos, J. A., Halvorsen, S., Hindricks, G., Kastrati, A., Lenzen, M. J., Prescott, E., Roffi, M., Valgimigli, M., Varenhorst, C., Vranckx, P., & Widimský, P. (2017). 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The task force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*, 39, 119-177. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx393>
- Iakobishvili, Z., Porter, A., Battler, A., Behar, S., Roth, A., Atar, S., Boyko, V., Mager, A., & Hasdai, D. (2010). Effect of narcotic treatment on outcomes of acute coronary syndromes. *The American Journal of Cardiology*, 105, 912-916. <http://doi.org/10.1016/j.amjcard.2009.11.027>
- Johnson, T. W., Mumford, A. D., Scott, L. J., Mundell, S., Butler, M., Strange, J. W., Rogers, C. A., Reeves, B. C., & Baumbach, A. (2015). A study of platelet inhibition, using a 'Point of care' platelet function test, following primary percutaneous coronary intervention for ST-elevation myocardial infarction. *PLoS One*, 10, e0144984. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0144984>
- Koh, J. Q. S., Fernando, H., Peter, K., & Stub, D. (2019). Opioids and ST elevation myocardial infarction: A systematic review. *Heart, Lung and Circulation*, 28, 697-706. <http://doi.org/10.1016/j.hlc.2018.12.015>
- Kubica, J., Adamski, P., Ostrowska, M., Sikora, J., Kubica, J. M., Sroka, W. D., Stankowska, K., Buszko, K., Navarese, E. P., Jilma, B., Siller-Matula, J. M., Marszał, M. P., Roś, D., & Kosiński, M. (2016). Morphine delays and attenuates ticagrelor exposure and action in patients with myocardial infarction: The randomized, double-blind, placebo-controlled IMPRESSION trial. *European Heart Journal*, 37, 245-252. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv547>
- Kupnicka, P., Kojder, K., Metryka, E., Kapczuk, P., Jeżewski, D., Gutowska, I., Goschorska, M., & Chlubek, D., Baranowska-Bosiacka, I. (2020). Morphine-element interactions - The influence of selected chemical elements on neural pathways associated with addiction. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 60, 126495. <http://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126495>
- Kurz, A. & Sessler, D. I. (2003). Opioid-induced bowel dysfunction: Pathophysiology and potential new therapies. *Drugs*, 63, 649-671. <http://doi.org/10.2165/00003495-200363070-00003>
- McCarthy, C. P., Mullins, K. V., Sidhu, S. S., Schulman, S. P., & McEvoy, J. W. (2016). The on- and off-target effects of morphine in acute coronary syndrome: A narrative review. *American Heart Journal*, 176, 114-121. <http://doi.org/10.1016/j.ahj.2016.04.004>
- Meine, T. J., Roe, M. T., Chen, A. Y., Patel, M. R., Washam, J. B., Ohman, E. M., Peacock, W. F., Pollack, C. V., Gibler, W. B., & Peterson, E. D. CRUSADE Investigators. (2005). Association of intravenous morphine use and outcomes in acute coronary syndromes: Results from the CRUSADE Quality Improvement Initiative. *American Heart Journal*, 149, 1043-1049. <http://doi.org/10.1016/j.ahj.2005.02.010>
- Montalescot, G., van't Hof, A. W., Lapostolle, F., Silvain, J., Lassen, J. F., Bolognese, L., Cantor, W. J., Cequier, A., Chettibi, M., Goodman, S. G., Hammett, C. J., Huber, K., Janzon, M., Merkely, B., Storey, R. F., Zeymer, U., Stibbe, O., Ecollan, P., Heutz, W. M. J. M., Swahn, E., Collet, J. P., Willems, F. F., Baradat, C., Licour, M., Tsatsaris, A., Vicaut, E., & Hamm, C. W. (2014). Prehospital ticagrelor in ST-segment elevation myocardial infarction. *New England Journal of Medicine*, 371, 1016-1027. <http://doi.org/10.1056/NEJMoa1407024>
- O'Gara, P. T., Kushner, F. G., Ascheim, D. D., Casey, D. E., Chung, M. K., de Lemos, J. A., Ettinger, S. M., Fang, J. C., Fesmire, F. M., Franklin, B. A., Granger, C. B., Krumholz, H. M., Linderbaum, J. A., Morrow, D. A., Newby, L. K., Ornato, J. P., Ou, N., Radford, M. J., Tamis-Holland, J. E., Tommaso, C. L., Tracy, C. M., Woo, Y. J., Zhao, D. X., Anderson, J. L., Jacobs, A. K., Halperin, J. L., Albert, N. M., Brindis, R. G., Creager, M. A., DeMets, D., Guyton, R. A., Hochman, J. S., Kovacs, R. J., Kushner, F. G., Ohman, E. M., Stevenson, W. G., & Yancy, C. W. (2013). American College of Cardiology Foundation/American Heart

- force on practice guidelines. ACCF/AHA guideline for the management of ST-elevation myocardial infarction: A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation*, 127, e362-425. <http://doi.org/10.1161/CIR.0b013e3182742cf6>
- Parodi, G., Bellandi, B., Xanthopoulou, I., Capranzano, P., Capodanno, D., Valenti, R., Stavrou, K., Migliorini, A., Antonucci, D., Tamburino, C., & Alexopoulos, D. (2014). Morphine is associated with a delayed activity of oral antiplatelet agents in patients with ST-elevation acute myocardial infarction undergoing primary percutaneous coronary intervention. *Circulation: Cardiovascular Intervention*, 8, e001593. <http://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.114.001593>
- Parodi, G., Xanthopoulou, I., Bellandi, B., Gkizas, V., Valenti, R., Karanikas, S., Migliorini, A., Angelidis, C., Abbate, R., Patsilinakos, S., Baldereschi, G. J., Marcucci, R., Gensini, G. F., Antonucci, D., & Alexopoulos D. (2015). Ticagrelor crushed tablets administration in STEMI patients: The MOJITO study. *Journal of the American College of Cardiology*, 65, 511-512. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2014.08.056>
- Parodi G. (2016). Editor's Choice-Chest pain relief in patients with acute myocardial infarction. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*, 5, 277-281. <http://doi.org/10.1177/2048872615584078>
- Pasternak, G. W. (2010). Molecular insights into mu opioid pharmacology: From the clinic to the bench. *The Clinical Journal of Pain*, 26 Suppl 10(Suppl 10), S3-9. <http://doi.org/10.1097/AJP.0b013e3181c49d2e>
- Pasternak, G. W. (2010). Molecular insights into mu opioid pharmacology: From the clinic to the bench. *The Clinical Journal of Pain*, 26 Suppl 10(Suppl 10), S3-9. <http://doi.org/10.1097/AJP.0b013e3181c49d2e>
- Pasternak, G. W. (2012). Preclinical pharmacology and opioid combinations. *Pain Medicine*, 13 Suppl 1(s1), S4-11. <http://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2012.01335.x>
- Pergolizzi, Jr. J. V., Christo, P. J., LeQuang, J. A., & Magnusson, P. (2020). The use of peripheral μ -opioid receptor antagonists (PAMORA) in the management of opioid-induced constipation: An update on their efficacy and safety. *Drug Design, Development and Therapy*, 14, 1009-1025. <http://doi.org/10.2147/DDDT.S221278>
- Puymirat, E., Lamhaut, L., Bonnet, N., Aissaoui, N., Henry, P., Cayla, G., Cattan, S., Steg, G., Mock, L., Ducrocq, G., Goldstein, P., Schiele, F., Bonnefoy-Cudraz, E., Simon, T., & Danchin, N. (2016). Correlates of pre-hospital morphine use in ST-elevation myocardial infarction patients and its association with in-hospital outcomes and long-term mortality: The FAST-MI (French Registry of Acute ST-elevation and non-ST-elevation Myocardial Infarction) programme. *European Heart Journal*, 37, 1063-1071. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv567>
- Rajani, S. F., Imani, A., Faghihi, M., Izad, M., Kardar, G. A., & Salehi, Z. (2019). Post-infarct morphine treatment mitigates left ventricular remodeling and dysfunction in a rat model of ischemia-reperfusion. *European Journal of Pharmacology*, 847, 61-71. <http://doi.org/10.1016/j.ejphar.2019.01.023>
- Roffi, M., Patrono, C., Collet, J. P., Mueller, C., Valgimigli, M., Andreotti, F., Bax, J. J., Borger, M. A., Brotons, C., Chew, D. P., Gencer, B., Hasenfuss, G., Kjeldsen, K., Lancellotti, P., Landmesser, U., Mehilli, J., Mukherjee, D., Storey, R. F., & Windecker, S. (2016). ESC scientific document group. 2015 ESC Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation: Task force for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*, 37, 267-315. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv320>
- Sandoval, Y. & Jaffe, A. S. (2019). Type 2 Myocardial infarction: JACC review topic of the week. *Journal of the American College of Cardiology*, 73, 1846-1860. <http://doi.org/10.1016/j.jacc.2019.02.018>
- Sheu, J. R., Yeh, G. C., Fang, C. L., Lin, C. H., & Hsiao, G. (2002). Morphine-potentiated agonist-induced platelet aggregation through α 2-adrenoceptors in human platelets. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*, 40, 743-750. <http://doi.org/10.1097/00005344-200211000-00012>
- Steg, Ph. G., James, S. K., Atar, D., Badano, L.P., Blömlstrom-Lundqvist, C., Borger, M.A., Mario, C. Di., Dickstein, K., Ducrocq, G., Fernandez-Aviles, F., Gershlick, A. H., Giannuzzi, P., Halvorsen, S., Huber, K., Juni, P., Kastrati, A., Knuuti, J., Lenzen, M. J., Mahaffey, K. W., Valgimigli, M., van't Hof, A., Widimsky, P., & Zahger, D. (2012). ESC guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation. *European Heart Journal*, 33, 2569-2619. <http://doi.org/10.1093/eurheartj/ehs215>
- Xanthopoulou, I., Davlourous, P., Tsigkas, G., Koutsogiannis, N., Patsilinakos, S., Deftereos, S., Hahalis, G., & Alexopoulos, D. (2016). Factors affecting platelet reactivity 2 hours after P2Y₁₂ receptor antagonist loading in primary percutaneous coronary intervention for ST-

- elevation myocardial infarction - impact of pain-to-loading time. *Circulation Journal*, 80, 442-449. <http://doi.org/10.1253/circj.CJ-15-0495>
- Yuan, C. S., Foss, J. F., O'Connor, M., Osinski, J., Kar-rison, T., Moss, J., & Roizen, M. F. (2000). Methylnaltrexone for reversal of constipation due to chronic methadone use. *JAMA*. 283, 367-372. <http://doi.org/10.1001/jama.283.3.367>
- Wu, L. N., Hu, R., & Yu, J. M. (2021). Morphine and myocardial ischaemia-reperfusion. *European Journal of Pharmacology*, 891, 173683. <http://doi.org/10.1016/j.ejphar.2020.173683>

Study on Detection of Adulteration Components in Packed Milk

Sayed M. Weqar¹, Damier I. Udaliyev², Abdul W. Ismaelzai¹, Malyar Rahmani¹

¹ Nangarhar University

² Moscow State University of Food Production

Correspondence concerning this article should be addressed to Udaliyev Damier Isalmavich, Moscow State University of Food Production, 11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation. e-mail: UdaliyevDI@mgupp.ru

Milk is a basic source of human diets, which contain essential materials such as carbohydrates, protein, lipids, minerals, vitamins and essential amino acids. In order to keep milk temporarily fresh, some unethical activities are usually adapted to prevent the financial losses due to the spoilage of milk during its transportation and sale. The aim of study is to identifying the adulterants presents in the samples and compare them with the standard products. The method used for the detection of neutralizers in milk is rosolic acid and for the detection of formalin there was used Hehner's Test in this study. The study had done on seven type of packed milk (Milk Pack Nestle, Milk Pack Plus, Qudrat, Tarang, Taza, Every Day And Khatiz). Finally the result showed, neutralizer which are using for the neutralizing of acidity in milk were negative in mentioned samples, but formalin which is used for the extending of milk shelf life was positive in Milk Pack Nestle and Taza Packed Milk samples. From total 42 samples, we detected adulteration of formalin in 12 (28-30%) samples. We are advising to Society for the rejections of Milk Pack Nestle and Taza Packed Milk as use, and related administrations' must control the above packed milk imports.

Key words: chemical contamination, neutralizer, antioxidant, packed milk, quality, additives

Introduction

Milk is a white liquid produced by the mammary glands of mammals. It is the primary source of nutrition for infant mammals before they are able to digest other types of food. Milk in its natural form has high food value. It supplies nutrients like proteins, fat, carbohydrates, vitamins and minerals in moderate amounts in an easily digestible form. Due to its nutritive value, milk is significant to young and old people (Singuluri and Sukumara, 2014). The composition of milk varies considerably with the breed of cow, stage of lactation, feed, season of the year, and many other factors. However, some relationships between constituents are very stable and can be used to indicate whether any tampering with the milk composition has occurred (Afzal et al, 2012). Milk is a perishable commodity and is likely to be spoiled during summer season when weather becomes very hot (Tipu et al, 2007). Unfortunately, due to unorganized and non-regulated marketing systems, the quality of milk is hardly maintained at

consumer level (Javaid et al, 2009). In order to keep milk temporarily fresh, some unethical activities are usually adapted to prevent the financial losses due to the spoilage of milk during its transportation and sale¹. For instance, the addition of water to increase volume of milk, thickening agents like starch, flour, skimmed milk powder, whey powder or other ingredients to counter the dilution and extend the solids content of the milk². The adulteration of milk is banned due to the ill effects. Carbonate in milk produce gastrointestinal problems including gastric ulcer, diarrhea, colon ulcer and electrolytes disturbance. The hydrogen peroxide disturbs the antioxidants in the body disturbing the natural immunity hence increasing aging. Chloride in the milk disturbs the acid base balance in the body and blood pH. Ammonia in milk develops regression, loss of acquired speech and sensory disturbances (Ayub et al, 2007) despite food legislation, adulteration remains uncontrolled, furthermore legal steps laid down in the PFA Act are extremely difficult to maintain due to inadequate

¹ Naaz, W. (2000). Subject: The dairy sector. <http://www.Pakistan.economist>.

² Fakhar, H., Law, F. & Walker, G. (2006). The white revolution-dhoodh darya. Pakistan dairy development company.pp. 72.

and untrained man power and laboratory facilities (Monika et al, 2008). Several studies have reported a wide variety of adulterants being added to milk for sale to consumers, meaning that it is of substantially poorer quality with a lower nutritional value and toxic substances present (Fischer et al, 2011).

Adulteration of milk is one of the most serious issues that the dairy sector of Afghanistan is facing today, which not only causes major economic losses for the processing industry, but also a major health risk for the consumers. Milk adulterated with contaminated water is a serious health hazard because of potential waterborne diseases. The chemicals which are being used as adulterants in milk may affect the health of consumers. Packed Milk from neighbor countries and Jalalabd is not only consumed in Jalalabad city but also transported for marketing to big cities like Kabul, Mazaar and Kandahar. Moreover, the handling of milk and its sale process has been practiced through intermediaries under such conditions; it is hard to maintain the purity or wholesome quality of milk. Thus present study is planned to evaluate the adulterations and composition of milk sold at Jalalabad.

The main hypothesis of our study is that neighbor countries packed milk purchased in the local market of Jalalabad city has adulterants components in its composition. The aim is to identify the adulterants present in the samples and compare with the standard products. The main parameters being detection of formaline and neutralizer in packed milk

Materials and methods

Participants of this study are shopkeepers of Jalalabad city.

General considerations

We had collected 42 samples from seven kinds of packed milk, which are purchasing in Jalalabad city. From every kind we had tacked twenty samples and then we had detected the below adulteration materials. The studying samples were Pakistani Milk Pack Nestle, Milk Pack Plus, Tarang, Halib, Every Day and Afghani Khatiz.

Detection of Neutralizers in Milk

Neutralizers (NaOH, 0.1% for Na_2CO_3 and 0.2% for NaHCO_3) are added to milk to neutralize the developed acidity in milk. Rosalic acid method can be used for the detection of presence of these neutralizers in milk.

Method 1 (Rosalic acid Method)

Reagents

First making of Rosalic acid solution (0.1%, w/v): We took 100 mg of rosalic acid powder and dissolved it in 30 ml of ethyl alcohol to make the volume with distilled water for obtaining final volume of 100 ml.

Procedure

10 ml of milk were added equal volume of 95% alcohol in a test tube. Then added a few drops of 0.1% alcoholic solution (w/v) rosalic acid. Milk showed only a brownish color whereas alkali is presents a rose red color appears.

Test for Presence of Formalin in Milk

Method 1: Hehner's Test

Reagent used is concentrated sulphuric acid.

Procedure

We took (2 ml) milk sample in a test tube and slowly added 2 ml of 90% H_2SO_4 containing traces of ferric chloride from the side of the test tube. Formation of purple ring at the junction indicated formaldehyde presence in milk. The violet coloration did not appear the presence of formaldehyde.

Results

Milk used for human consumption can be adulterated with inferior, cheaper materials or hazardous chemicals, including pond water, formalin, and neutralizers. I resulted that, packed milk imported from neighbor countries especially from Pakistan has low quality and 28-30% of milk samples were positive for formalin. In this research, we did not see positive sample for neutralizers. The completed result showed in below Table 1.

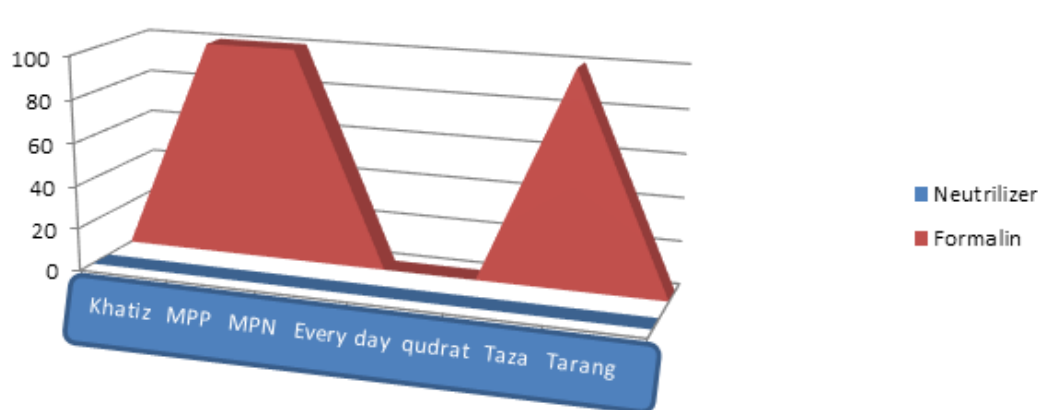
Discussion

Adulterants in milk mainly include addition of vegetable protein, milk from different species, addition of whey and watering which are known as economically motivated adulteration (Brototi et al, 2017). Some chemicals such as, bicarbonates, even the most lethal chemical formalin, are used to increase the storage period of milk (Ramya et al, 2015). A study carried out by Ramyaet and his colleagues in 2015

Table 1
Formalin and neutrilizers in packed milk

Detection of formalin and neutralizers in packed milk						
	Samples	Number of samples	Neutralizers	Percentages of the positive samples	Formalin	Percentages of the positive samples
1	Khatiz	6	Negative	0%	Negative	0%
2	Milk Pack plus	6	Negative	0%	Positve	100%
3	Milk pack Nestle	6	Negative	0%	Positve	100%
4	Everyday	6	Negative	0%	Negative	0%
5	Qudrat	6	Negative	0%	Negative	0%
6	Taza	6	Negative	0%	Positve	100%
7	Tarang	6	Negative	0%	0%	0%

Figure 1
The above fig shows presence of Neutralizers and formalin in packed milk



found neutralizers and water in their studied packed milk samples (Ramya et al, 2015). The similar result showed by Singuluri and their colleagues (Singuluri et al, 2014). Therefore a researched completed in 2014, also diagnosed neutralizers and formalin in packed milk positive (Swetha et al, 2014). However, this study did not find positive sample for neutralizers. A study carried out by Sinha for formalin detection in packed milk found formalin in 2,2-3,3% milk samples³. The same result was given by a study by Ghulam shabir and his colleagues for formalin and water detection (Bahram et al, 2014); 15-20% positive samples for formalin and 25-28% for water samples were detected. Although a study result obtained by Singuluri and Sukumaran, detected 32% milk samples for formalin and 30% for water (Singuluri et al, 2014). But only 12 out of 42 milk samples (28-32%) positive for formalin and approximately 25% for water detection which is

similar with Singuluri and Sukumaran's results and higher than other mentioned researchers' data.

Conclusion

Milk is the Essential source of nutrition for Humans diet and has high food value. It has nutrients like proteins, fat, carbohydrates, vitamins and minerals. According to the extension of shelf life of milk, some materials like neutralizers and formalin used by various companies are dangerous for human health. In our result we have seen 28-30% samples positive for formalin and neutralizers were negative in all samples. In this regards we want the Governments to control borders for the imports of packed milk and give permission to those packed milks which is free from adulterations.

³ Sinha, K. (2012). 70% of milk in Delhi, country is adulterated consultancy Report <http://timesofindia.indiatimes.com/topic/Food-Safety-Standards-Authority-of-India>.

References

- Afzal, A., Mahmood, M. S., Hussain, I. & Akhtar, M. (2011). Adulteration and Microbiological Quality of Milk (A Review). *Pakistan Journal of Nutrition*, 10, 1195-1202.
- Ayub, M., Ahmad, Q., Abbas, M., Qazi, I. M., & Khatta, I. F. A. (2007). Composition and adulteration analysis of milk samples. *Sarhad Journal of Agriculture*, 23(4), 1127-1130.
- Brototi, R., Jyoti, S., Sonali, S., Gunjan, D., Binduma, Y., Chitra, B. & Ankita, T. (2017). *Detection of harmful adulterants in milk supplied to Delhi, India*. Maitreyi College.
- Fischer, W., Schilter, B., Tritscher, A., & Stadler, R. (2011). Contaminants of milk and dairy products: contamination resulting from farm and dairy practices. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2, 887-897.
- Barham, G. S., Khaskheli, M., Soomro, A. H. & Nizamani, Z. A. (2014). Extent of extraneous water and detection of various adulterants in market milk at Mirpurkhas, Pakistan. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7, 83-89.
- Javaid, S. B., Gadahi, J. A., Khaskheli, M., Bhutto, M. B., Kumbher, S. & Panhwar, A. H. (2009). Physical and chemical quality of market milk sold at Tandojam. *Pakistan Veterinary Journal*, 29(1), 27-31.
- Monika, G., & Gupta, M. P. (2008). *Recent trends in detection of adulteration of milk & dairy products*. (8th edn). Dairy Book.
- Ramya, P., Swetha, C. S., Venkateswara R. L., Tirupathi, R. E., & Jagadeeshbabu, A. (2015). Detection of adulterants in retail milk samples procured in Proddatur town, YSR Kadapa (DT), Andhra Pradesh. *International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine*, 3, 1.
- Singuluri, H., & Sukumaran, M. K. (2014). Milk Adulteration in Hyderabad, India – A Comparative Study on the Levels of Different Adulterants Present in Milk. *Journal of Chromatography and Separation Techniques*, 5, 212. doi:10.4172/2157-7064.1000212
- Swetha, Ch. S., Sukumar, B., & Sudhanthirakodi, S. (2014). The Study on Detection of Adulteration in Milk Samples Supplied by Local Vendors in Tirupathi Region, India. *Shanlax International Journal of Veterinary Science*, 2(22), 4-11.
- Tipu, M. S., Altaf, I., Ashfaqu, M. & Siddique, S. (2007). *Monitoring of chemical adulterants and hygienic status of market milk*. Quality Control Laboratory, University of Veterinary and Animal Sciences.

Исследование по обнаружению фальсифицированных компонентов в пакетированном молоке

Викар Саид М.¹, Удавлиев Дамир И.², Исмаэлзаи Абдула В.¹, Рахмани Маляр¹

¹ Университет Нангархар

² ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Удавлиев Дамир Исмаилович, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», адрес: 125080, Москва, Волоколамское ш., 11, e-mail: UdalievDI@mgpp.ru

Молоко – основной источник питания для человека, содержащее такие вещества, как углеводы, белок, липиды, минералы, витамины и незаменимые аминокислоты. Для предотвращения финансовых потерь во время транспортировки и реализации, производители иногда используют фальсифицированные компоненты, чтобы молоко дольше оставалось свежим. Цель исследования – выявить примеси, присутствующие в образцах, и сравнить их со стандартами продукта. В исследовании, которое мы провели с семью образцами пакетированного молока (Milk Pack Nestle, Milk Pack Plus, Qudrat, Tarang, Taza, Every Day и Khatiz), нейтрализатор не обнаружен, но обнаружен формалин, который используется для продления срока годности молока, в пакетированных образцах Milk Pack Nestle и Taza Packed Milk. Из 42 проб фальсификацию с формалином обнаружили в 12. Процент от общего количества образцов примесей составляет 28-30%, и мы рекомендуем отказаться от использования молока в Milk Pack Nestle и Taza Packed Milk и контролировать его импорт.

Ключевые слова: химическое загрязнение, нейтрализатор, антиоксидант, фасованное молоко, качество, добавки

Литература

- Afzal, A., Mahmood, M. S., Hussain, I. & Akhtar, M. (2011). Adulteration and Microbiological Quality of Milk (A Review). *Pakistan Journal of Nutrition*, 10, 1195-1202.
- Ayub, M., Ahmad, Q., Abbas, M., Qazi, I. M., & Khat-ta, I. F. A. (2007). Composition and adultera-tion analysis of milk samples. *Sarhad Journal of Agriculture*, 23(4), 1127-1130.
- Brototi, R., Jyoti, S., Sonali, S., Gunjan, D., Binduma, Y., Chitra, B. & Ankita, T. (2017). *Detection of harm-ful adulterants in milk supplied to Derlhi, India*. Maitreyi College.
- Fischer, W., Schilter, B., Tritscher, A., & Stadler, R. (2011). Contaminants of milk and dairy products: contamination resulting from farm and dairy prac-tices. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2, 887-897.
- Barham, G. S., Khaskheli, M., Soomro, A. H. & Niza-mani, Z. A. (2014). Extent of extraneous water and detection of various adulterants in market milk at Mirpurkhas, Pakistan. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7, 83-89.
- Javaid, S. B., Gadahi, J. A., Khaskheli, M. Bhut-to., M. B., Kumbher, S. & Panhwar, A. H. (2009). Physical and chemical quality of market milk sold at Tandojam. *Pakistan Veterinary Journal*, 29(1), 27-31.
- Monika, G., & Gupta, M. P. (2008). *Recent trends in detection of adulteration of milk & dairy products*. Dairy Book.
- Ramya, P., Swetha, C. S., Venkateswara R. L., Tiru-pathi, R. E., & Jagadeeshbabu, A. (2015). Detection of adulterants in retail milk samples procured in Proddatur town, YSR Kadapa (DT), Andhra Pradesh. *International Journal of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine*, 3, 1.
- Singuluri, H., & Sukumaran, M. K. (2014) Milk Adul-teration in Hyderabad, India – A Comparative Study on the Levels of Different Adulterants Present in Milk. *Journal of Chromatography and Separation Techniques*, 5, 212.
- Swetha, Ch. S., Sukumar, B., & Sudhanthirakodi, S. (2014). The study on detection of adultera-tion in milk samples supplied by local vendors in Tirupathi Region, India. *Shanlax International Journal of Veterinary Science*, 2(22), 4-11.
- Tipu, M. S., Altaf, I., Ashfaqu, M. & Siddique, S. (2007). *Monitoring of chemical adulterants and hygienic sta-tus of market milk*. University of Veterinary and Animal Sciences.

Микробиологические показатели воздушной среды в камерах сушки сырокопченых колбасных изделий после УФ-облучения и озонирования

Абдуллаева Асият Мухтаровна¹, Блинкова Лариса Петровна²,
СерEGIN Иван Георгиевич¹, Амбражеевич Юлия Витальевна¹

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

² ФГБНУ НИИ вакцин и сывороток им. И.И. Мечникова

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Абдуллаева А.М., ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», адрес: 125080, Москва, Волоколамское ш., 11, e-mail:abdullaevaam@mgupr.ru

В работе представлены результаты исследования эффективности источников УФ-облучения и озонирования с целью снижения бактериальной загрязненности воздушной среды в камерах сушки сырокопченых колбас. При длительном созревании сырокопченых колбасных изделий достаточно часто отмечаются признаки ослизнения и плесневения поверхности батонов. Такая порча у сырокопченых колбас обычно возникает при повышении микробной загрязненности воздушной среды в камерах сушки, где батоны выдерживаются при температуре $(11-13) \pm 2^\circ \text{C}$ в течение 20-23 суток. Установлено, что обработка УФ-лучами в камерах в течение 30 и 60 мин снижает общую бактериальную загрязненность на 23,9 – 68,4 %, спорами микромицетов – на 9,7 – 18,6 %. Применение источника ОЗУФ в течение такого же времени снижает бактериальное загрязнение на 67,7 – 78,7 %, спорами плесневых грибов – на 35,0 – 76,2 %. Эффективность обработки воздушной среды с помощью ОЗУФ оказалась выше на 11,5 – 14,0 % по сравнению с УФ-облучателем.

Ключевые слова: УФ-облучение, озонирование, колбасные изделия, камеры сушки, воздушная среда, плесневение колбас, микробиологическая порча.

Введение

При нарушении условий производства и хранения колбасных изделий часто возникает микробиологическая порча в виде ослизнения, плесневения, гниения и пигментации (СерEGIN и др.; 2016, Соколова и др., 2020¹). Известно, что в исходном фарше и специях, используемых для выработки сырокопченых колбас, содержится большое количество различных микробных клеток, среди которых выявляются непатогенные, условно патогенные и иногда патогенные микроор-

ганизмы (Greg J. et al., 2009; СерEGIN и др., 2015; СерEGIN и др., 2016²; 2017³; 2020⁴; Кожевникова и др., 2016⁵; Абдуллаева, 2020; Абдуллаева и др., 2020; Abdullaeva et al., 2020). Их количественный и видовой состав зависит от многих факторов, в том числе от pH используемого сырья, качества специй, температурных режимов при производстве продуктов, а также от санитарного состояния воздушной среды и поверхности оборудования (СерEGIN и др. 2014; Абдуллаева и др., 2019; 2020; Лабинская, Блинкова и др., 2020⁶; Мишанин, 2020; Abdullaeva et al., 2020).

¹ Соколова, Н. А., Абдуллаева, А. М., & Лощинин, М. Н. (2020). Возбудители зооантропонозов, пищевых отравлений, порчи сырья и продуктов животного происхождения. ДеЛи плюс.

² СерEGIN, И. Г., Васильев, Д. А., Курмакаева, Т. В., & Никитченко, Д. В. (2016). Производственный ветеринарно-санитарный контроль в цехах мясокомбината. ООО «Колор-Принт».

³ СерEGIN, И. Г., Дюльгер, Г. П., Кульмакова, Н. И., & Абдуллаева, А. М. (2017). Ветеринарно-санитарная экспертиза при переработке птицы. Квадро.

⁴ СерEGIN, И. Г., Абдуллаева, А. М., & Боронович Е. С. (2020). Производственный ветеринарно-санитарный контроль обработки субпродуктов и изготовления мясных полуфабрикатов. Издательские технологии.

⁵ Кожевникова, О. Н., & Стаценко, Е. Н. (2016). Микробиология мяса и мясных продуктов. Ставрополь, 196. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30659768>

⁶ Лабинская, А. С., Блинкова, Л. П., & Ещина А. С. (2020). Общая и санитарная микробиология с техникой микробиологических исследований. СПб.: Лань-Пресс, 592.

Как цитировать

Абдуллаева, А. М., Блинкова, Л. П., СерEGIN, И. Г., & Амбражеевич, Ю. В. (2021). Микробиологические показатели воздушной среды в камерах сушки сырокопченых колбасных изделий после УФ-облучения и озонирования. *Health, Food & Biotechnology*, 3(1). <https://doi.org/10.36107/hfb.2021.i1.s95>

При подсушивании в течение 20-23 суток на поверхности многих колбасных батонов накапливаются молочнокислые и маслянокислые бактерии, микрококки, плесени, дрожжи и другие микроорганизмы, которые могут быть причиной пищевых отравлений (Abdullaeva et al., 2019; 2020; Серегин и др., 2020). Видовой состав микробиоты, вызывающей порчу колбас, представлен грамотрицательными палочками семейства *Enterobacteriaceae*, спорообразующими грамположительными бактериями родов *Bacillus* и *Clostridium*. На поверхности колбасных изделий часто выявляют плесневые грибы родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium* и др. (Абдуллаева и др., 2017; 2020; Серегин и др., 2017, Соколова и др., 2020).

На основании литературных данных и существующей документации⁷, для предотвращения микробной порчи поверхности оболочки колбасных батонов при длительной выдержке их в камерах сушки эффективным, по нашему мнению, может быть использование УФ-облучения и озонирования воздушной среды.

Вопрос использования УФ-облучения для предохранения пищевой продукции от микробиологической порчи изучается в разных странах длительное время (Stermer et al., 1987; Kuo et al., 1997; Masschelein, Rice, 2002; Ngadi et al., 2003; Прокопенко, Юфеев, 2005; Choi, Nelsen, 2005; Guerrero-Beltrán, Barbosa, 2005; Altic et al., 2007; Krishnamurthy et al., 2007; Koutchma et al., 2009; Oteiza et al., 2010; Yong Sik Cho et al., 2010; Летяев, 2012; Anugu, 2013; Харитонов, Шерстнева, 2014). Американское управление по контролю за продуктами и лекарственными средствами (FDA) впервые разрешило в 2000 г. использовать УФ-обработку фруктовых соков и сокодержавных напитков (Харитонов, Шерстнева, 2014) только с применением ртутных ламп низкого давления с 90 % содержанием волн, равных 253,7 нм. Изучение возможности использования УФ-излучения продолжается. Однако многие страны Евросоюза и другие государства с осторожностью относятся к этому методу обработки и ожидают появления новых подтверждающих фактов о его безопасности. УФ-обработка воздушной среды, в которой проводятся технологические операции, например, длительное низкотемпературное хранение готовой продукции признается перспективным для применения, т.к. исключается глубинное воздействие УФ-лучей на белково-ли-

пидные пищевые субстраты, что разрушительно влияет на органолептические и физико-химические свойства (Akshay Kumar Anugu, 2013, Харитонов, Шерстнева, 2014).

Для инактивации и бактерицидного воздействия на микробиоту наиболее эффективным считается УФ-облучение в диапазонах длин волн 205 – 315 нм с пиком 265 нм (Летяев, 2012, Харитонов, Шерстнева, 2014).

Разные представители микроорганизмов отличаются по своей устойчивости к воздействию УФ-лучей. Чувствительность постепенно снижается в соответствии с последовательностью: грамположительные бактерии → грамотрицательные бактерии → дрожжи → споры микроорганизмов → плесени → вирусы. Это объясняется структурными особенностями их ДНК. У бактерий резистентность к УФ-обработке увеличивалась в соответствии с размерами клеток. Положительные результаты обеззараживающего воздействия УФ-лучей показаны для воды и других жидких, твердых и сыпучих продуктов (Stermer, Lasater-Smith, Brassington, 1987; Kuo, Carey, Ricke, 1997; Masschelein, Rice, 2002; Ngadi, Smith, Cayouette, 2003; Guerrero-Beltrán, Barbosa, 2005; Altic, Rowe, Grant, 2007; Krishnamurthy, Demirci, Irudayaray, 2007; Koutchma, Forney, Moraru, 2009; Oteiza, Giannuzzi, Zaritzky, 2010).

Среди инактивированных УФ-облучением микроорганизмов приведены *Micrococcus*, *E. coli*, *Salmonella*, *Shigella*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Listeria*, *Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Campylobacter*, *Eberthella*, *Phytomonas*, *Bacillus*, ряд дрожжей, плесени, а также простейшие и т.д.

Что касается другого перспективного средства – озона, известно, что он в оптимально подобранных концентрациях действует щадяще и более эффективно по сравнению с разрешенными в пищевой промышленности химическими средствами инактивации бактерий, грибов, вирусов (Доброхотова и др., 2005). Имеющаяся информация свидетельствует о безопасности озона при обработке продуктов питания и классифицирует его как GRAS (Generally Recognized As Safe). Он не обладает мутагенным или канцерогенным действием. Исследования свойств продуктов после обработки озоном проводили по разным направлениям. Выявлено, что сочетание

⁷ Методические указания 2.3.975-00 (2000). Гигиена питания. Применение ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздушной среды помещений организаций пищевой промышленности, общественного питания и торговли продовольственными товарами. МУ 2.3.975-00. 2000, МЗ РФ, Москва.

озона с другими агентами может повышать результативность его действия^{8,9} (Назирова и др., 2020; Дударев и др., 2010; МУК 4.3, 2003; СанПиН 2.2.4.1294.03, 2003).

Антибактериальная активность озона проявлялась интенсивнее в воде, чем в воздухе. Для обработки в воздушной среде необходимы более высокие концентрации. Что касается антифунгального действия, то для ингибирования роста грибов требовалось озонирование в более низких дозах, чем для обеззараживания грибов в виде колоний или спор. Показано, что дрожжи легче подавляются озоном, чем бактерии. Установлены сроки увеличения хранения продукции и снижения уровня заражения различных видов продуктов (рыба разных сортов до 5 дней, мясо свежее и замороженное (точно не установлено), птицепродукты (на 2-4 дня), яйца без скорлупы (до 10 дней), кондитерские изделия и сыр (до нескольких дней или месяцев).

Поэтому целью нашего исследования являлось определение микробиологических показателей воздушной среды в камерах сушки сырокопченых колбас при применении УФ-облучения и озонирования.

Материалы и методы

В работе для сушки сырокопченых колбас использовали камеру объемом 200 м³, снабженную УФ-облучателями ОБН-150 с двумя ртутными лампами низкого давления мощностью 30 Вт каждая, создающими облучение на расстоянии 1 м не менее 0,75 Вт/м³ при λ 253,7 нм и УФ-облучателями – озонаторами ОЗУФ (40 Вт) с производительностью 0,25-0,3 г/ч. Прибор ОЗУФ разрешен для использования в мясоперерабатывающей промышленности. Облучение воздушной среды и поверхности колбасных изделий проводили в течение 30 и 60 минут. Колбасы для сушки размещали в подвешенном состоянии на рамах в несколько рядов, так, чтобы сохранялась свободная циркуляция воздуха между колбасными батонами. Микробиологические показатели воздушной среды определяли в сравнительном аспекте до и после обработки. При этом учитывали КМАФАнМ и отдельно количество плесневых грибов в 1 м³ (КОЕ/м³) воздуха камеры. Пробы воздуха отбирали с помощью пробоотборного устройства ПУ-1Б.

Статистическую обработку данных проводили с использованием параметрических критери-

Таблица 1

Результаты обработки воздуха сушильной камеры УФ-облучателями ОБН-150 в течение 30 мин

№№ проб	Количество микроорганизмов и плесневых грибов в 1 м ³ воздуха (КОЕ/м ³)			
	до обработки		после обработки	
	МАФАнМ	из них плесневых грибов	МАФАнМ	из них плесневых грибов
1	2,67×10 ⁵	0,933×10 ⁵	2,09×10 ⁵	0,776×10 ⁵
2	2,53×10 ⁵	0,665×10 ⁵	1,73×10 ⁵	0,657×10 ⁵
3	2,40×10 ⁵	0,795×10 ⁵	1,87×10 ⁵	0,677×10 ⁵
4	2,51×10 ⁵	0,919×10 ⁵	2,07×10 ⁵	0,820×10 ⁵
5	2,27×10 ⁵	0,926×10 ⁵	1,93×10 ⁵	0,913×10 ⁵
6	2,42×10 ⁵	0,844×10 ⁵	1,77×10 ⁵	0,780×10 ⁵
7	2,39×10 ⁵	0,757×10 ⁵	1,83×10 ⁵	0,553×10 ⁵
8	2,67×10 ⁵	0,825×10 ⁵	1,64×10 ⁵	0,764×10 ⁵
9	2,58×10 ⁵	0,792×10 ⁵	1,96×10 ⁵	0,711×10 ⁵
10	2,27×10 ⁵	0,921×10 ⁵	1,91×10 ⁵	0,824×10 ⁵
$\bar{X} \pm m$	(2,47 ± 0,043)×10 ⁵	(0,827 ± 0,031)×10 ⁵	(1,88 ± 0,035)×10 ⁵	(0,747 ± 0,034)×10 ⁵
$\bar{X} \pm I_{95}$	(2,47 ± 0,043)×10 ⁵	(0,827 ± 0,069)×10 ⁵	(1,88 ± 0,078)×10 ⁵	(0,747 ± 0,076)×10 ⁵

⁸ МУК 4.3. (2003). Санитарно-эпидемиологическая оценка и эксплуатация аэроионизирующего оборудования.

⁹ СанПиН 2.2.4.1294_03. (2003) Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений.

Таблица 2

Результаты обработки воздуха сушильной камеры с помощью озонатора-облучателя ОЗУФ в течение 30 мин

№№ проб	Количество микроорганизмов и плесневых грибов в 1 м ³ воздуха (КОЕ/м ³)			
	до обработки		после обработки	
	МАФАнМ	из них плесневых грибов	МАФАнМ	из них плесневых грибов
1	2,40×10 ⁵	0,933×10 ⁵	0,663×10 ⁵	0,513×10 ⁵
2	2,53×10 ⁵	0,667×10 ⁵	0,796×10 ⁵	0,424×10 ⁵
3	2,37×10 ⁵	0,812×10 ⁵	0,812×10 ⁵	0,529×10 ⁵
4	2,67×10 ⁵	0,788×10 ⁵	0,921×10 ⁵	0,412×10 ⁵
5	2,48×10 ⁵	0,927×10 ⁵	0,933×10 ⁵	0,521×10 ⁵
6	2,61×10 ⁵	0,939×10 ⁵	0,679×10 ⁵	0,657×10 ⁵
7	2,46×10 ⁵	0,659×10 ⁵	0,788×10 ⁵	0,410×10 ⁵
8	2,26×10 ⁵	0,808×10 ⁵	0,809×10 ⁵	0,523×10 ⁵
9	2,44×10 ⁵	0,785×10 ⁵	0,924×10 ⁵	0,545×10 ⁵
10	2,58×10 ⁵	0,682×10 ⁵	0,667×10 ⁵	0,665×10 ⁵
$\bar{X} \pm m$	$(2,48 \pm 0,039) \times 10^5$	$(0,800 \pm 0,033) \times 10^5$	$(0,800 \pm 0,033) \times 10^5$	$(0,520 \pm 0,030) \times 10^5$
$\bar{X} \pm I_{95}$	$(2,48 \pm 0,087) \times 10^5$	$(0,800 \pm 0,074) \times 10^5$	$(0,800 \pm 0,074) \times 10^5$	$(0,520 \pm 0,067) \times 10^5$

Таблица 3

Результаты обработки воздуха сушильной камеры УФ-облучателями ОБН-150 в течение 60 мин

№№ проб	Количество колоний микроорганизмов и плесневых грибов в 1 м ³ воздуха (КОЕ/м ³)			
	До обработки		После обработки	
	МАФАнМ	из них плесневых грибов	МАФАнМ	из них плесневых грибов
1	2,27×10 ⁵	1,12×10 ⁵	0,536×10 ⁵	0,665×10 ⁵
2	2,13×10 ⁵	0,93×10 ⁵	0,537×10 ⁵	0,822×10 ⁵
3	2,08×10 ⁵	1,27×10 ⁵	0,658×10 ⁵	0,878×10 ⁵
4	2,35×10 ⁵	1,18×10 ⁵	0,669×10 ⁵	0,932×10 ⁵
5	2,09×10 ⁵	1,35×10 ⁵	0,780×10 ⁵	1,02×10 ⁵
6	2,14×10 ⁵	1,24×10 ⁵	0,823×10 ⁵	1,09×10 ⁵
7	2,19×10 ⁵	0,98×10 ⁵	0,930×10 ⁵	0,936×10 ⁵
8	2,21×10 ⁵	1,03×10 ⁵	0,775×10 ⁵	0,916×10 ⁵
9	2,17×10 ⁵	1,17×10 ⁵	0,667×10 ⁵	0,912×10 ⁵
10	2,23×10 ⁵	1,07×10 ⁵	0,558×10 ⁵	1,03×10 ⁵
$\bar{X} \pm m$	$(2,19 \pm 0,043) \times 10^5$	$(1,13 \pm 0,047) \times 10^5$	$(0,693 \pm 0,041) \times 10^5$	$(0,920 \pm 0,044) \times 10^5$
$\bar{X} \pm I_{95}$	$(2,19 \pm 0,096) \times 10^5$	$(1,13 \pm 0,105) \times 10^5$	$(0,693 \pm 0,091) \times 10^5$	$(0,920 \pm 0,098) \times 10^5$

ев: средней арифметической ($\bar{X}$), ее ошибки (m) и доверительного интервала колебания величины средней арифметической (I₉₅) для достоверности (p ≤ 0,05).

Результаты и их обсуждение

Экспериментальные результаты до и после 30 и 60-минутной обработки УФ-облучателями ОБН-

Таблица 4

Результаты обработки воздуха сушильной камеры с помощью озонатора-облучателя ОЗУФ в течение 60 мин

№№ проб	Количество колоний микроорганизмов и плесневых грибов в 1 м ³ воздуха (КОЕ/м ³)			
	До обработки		После обработки	
	МАФАНМ	из них плесневых грибов	МАФАНМ	из них плесневых грибов
1	2,16×10 ⁵	1,33×10 ⁵	0,567×10 ⁵	0,267×10 ⁵
2	2,38×10 ⁵	1,47×10 ⁵	0,437×10 ⁵	0,255×10 ⁵
3	2,13×10 ⁵	1,35×10 ⁵	0,466×10 ⁵	0,426×10 ⁵
4	2,21×10 ⁵	1,28×10 ⁵	0,614×10 ⁵	0,234×10 ⁵
5	2,27×10 ⁵	1,26×10 ⁵	0,478×10 ⁵	0,418×10 ⁵
6	2,34×10 ⁵	1,07×10 ⁵	0,536×10 ⁵	0,328×10 ⁵
7	2,09×10 ⁵	1,26×10 ⁵	0,435×10 ⁵	0,259×10 ⁵
8	2,13×10 ⁵	1,24×10 ⁵	0,387×10 ⁵	0,388×10 ⁵
9	2,32×10 ⁵	1,31×10 ⁵	0,432×10 ⁵	0,264×10 ⁵
10	2,51×10 ⁵	1,37×10 ⁵	0,448×10 ⁵	0,235×10 ⁵
$\bar{X} \pm m$	$(2,25 \pm 0,048) \times 10^5$	$(1,29 \pm 0,038) \times 10^5$	$(0,480 \pm 0,039) \times 10^5$	$(0,307 \pm 0,019) \times 10^5$
$\bar{X} \pm 195$	$(2,25 \pm 0,107) \times 10^5$	$(1,29 \pm 0,085) \times 10^5$	$(0,480 \pm 0,087) \times 10^5$	$(0,307 \pm 0,042) \times 10^5$

Таблица 5

Сравнительная характеристика бактерицидных и фунгицидных свойств ОБН-150 и ОЗУФ при обработке воздуха в сушильной камере в течение 30 и 60 мин

Облучатель	Количество микроорганизмов и плесневых грибов в 1 м³ воздуха, ($\bar{X} \pm 195$)×10³, КОЕ/м³				Достоверность различий до и после обработки рмикроорг. ргрибов	Эффективность облучателей (% гибели микроорганизмов)	
	до обработки		после обработки			МАФАНМ	из них плесневых грибов
	МАФАНМ	из них плесневых грибов	МАФАНМ	из них плесневых грибов			
Обработка воздуха в течение 30 мин							
ОБН-150	2,47±0,100 (2,37 – 2,57)	0,827±0,069 (0,758 – 0,896)	1,88±0,078 (1,802 – 1,958)	0,747±0,076 (0,671 – 0,823)		23,9	9,7
ОЗУФ	2,48±0,087 (2,393 – 2,567	0,800±0,074 (0,726 – 0,874)	0,800±0,074 (0,726 – 0,874)	0,520±0,067 (0,453 – 0,587)		67,7	35
	>0,05	>0,05	<0,05	<0,05			
Обработка воздуха в течение 60 мин							
ОБН-150	(2,19 ±0,096) ×10³	(1,13 ±0,105) ×10³	(0,693 ±0,091) ×10³	0,920 ±0,098) ×10³	<0,05 ≤0,05	68,4	18,6
ОЗУФ	(2,25 ±0,107) ×10³	(1,29 ±0,085) ×10³	(0,480 ±0,087) ×10³	(0,307 ±0,042) ×10³	<0,05 <0,05	78,7	76,2
	>0,05	>0,05	<0,05	<0,05			

150 и ОЗУФ представлены в табл. 1–4, в которых приведены показатели общего количества микроорганизмов (МАФАНМ) и отдельно колоний плесневых грибов (КОЕ/м³).

Как следует из табл. 1, до обработки УФ-лучами ламп ОБН-150 общее количество микроорганизмов составило $(2,47 \pm 0,043) \times 10^3$ КОЕ/м³, из них количество плесневых грибов – $(0,827 \pm 0,069) \times 10^3$ КОЕ/м³,

т.е. 33 % от общей численности микроорганизмов в 1 м³ воздуха. После обработки эта величина составляла около 40 % $(0,747 \pm 0,076) \times 10^3$ КОЕ/м³. Количество спор плесени, которые являются более устойчивыми к УФ-облучению по отношению к общему понизившемуся числу микроорганизмов $(1,88 \pm 0,078) \times 10^3$ КОЕ/м³ несколько повысилось. Обработка в течение 30-мин с помощью ОБН-150 уменьшила общее количество микроорганизмов в 1,3 раза, а количество плесени снизилось в 1,1 раза. Под действием облучения погибло 23,9 % микроорганизмов и 9,7 % плесневых грибов (Табл. 5).

При аналогичном проведении обеззараживания воздуха с помощью озонатора-облучателя ОЗУФ в течение 30 минут выявлено снижение общего числа микроорганизмов в 3,1 раза (Табл. 2). Однако вследствие фунгицидного действия после комбинированной инактивации микроорганизмов УФ-лучами и озоном численность плесневых грибов снизилась только в 1,5 раза. Доля клеток плесени до обработки воздуха составляла в ассоциации микробиоты 32 %, а после обработки – повысилось до 65 %. При уменьшении популяции всех микроорганизмов доминирование плесневых грибов сохранялось. Установлено, что через 30 мин более высокое совокупное биоцидное и отдельно фунгицидное действие было, соответственно, при обработке воздуха сушильных камер с помощью аппарата ОЗУФ (67,7 % и 35,0 %) было выше, чем при том же режиме обработки облучателем ОБН-150 (23,9 % и 9,7 %). Такие величины эффективности оказались статистически достоверны ($p < 0,05$). Данные указывают также на статистическую достоверность различий в показателях жизнеспособности микроорганизмов и плесневых грибов до и после 30-минутного воздействия с ОЗУФ (табл. 5). Однако после УФ-обработки лампами ОБН-150 достоверно снижалось только общее количество МАФАНМ, а не количество спор плесневых грибов.

Сравнение показателей снижения численности всех микроорганизмов и плесневых грибов при 60-минутной обработке воздуха в сушильной камере показало (табл. 3), что обработка камеры с помощью УФ-облучателя типа ОБН-150 привело к снижению среднего числа всех микроорганизмов в 3,2 раза $(2,19 \pm 0,096) \times 10^3$ против $(0,693 \pm 0,091) \times 10^3$ КОЕ/м³, а плесневых грибов в 1,2 раза $(1,13 \pm 0,105) \times 10^3$ против $(0,920 \pm 0,098) \times 10^3$ КОЕ/м³.

Гибель различных микроорганизмов при обработке ОБН-150 составляла 68,4 %, а плесневых грибов 18,6 % (табл. 5). Вероятно, большее инактивирующее действие облучатель оказал не на плесневые грибы, а на бактериальных представителей ми-

кробной ассоциации. Однако в этой ассоциации доля плесневых грибов до воздействия УФ-лучами в течение 60 минут составляла 54 %, а после обработки эта величина, как и при 30-минутной обработке, увеличилась (в 1,2 раза), что свидетельствует о более высокой резистентности спор плесени к облучению по сравнению с бактериями. Эти данные подтверждают, что такой режим УФ-облучения камеры сушки колбас не может полностью предотвращать плесневение поверхности оболочки сырокопченых колбас.

Для сравнения эффективности мы провели обработку сушильной камеры с сырокопченными колбасами с помощью прибора ОЗУФ в течение 60 минут. Как видно из табл. 4, общее число микроорганизмов, в среднем, снизилось в 4,7 раза, а плесневых грибов в 4,2 раза. При этом доля плесневых грибов в общей численности микроорганизмов до обработки воздуха в камере составляла 53 %, а после дезинфекции 64 %. Возрастание числа спор плесени по отношению к оставшейся ассоциации микроорганизмов было связано с большей гибелью бактерий, чувствительных к двум биоцидным факторам (УФ и озону). Концентрации всех микроорганизмов и отдельно спор плесневых грибов в 1 м³ воздуха после 60-минутной дезинфекции оказались на статистически равном уровне, т.е. соответственно – 78,7 % и 76,2 % (табл. 5). Данные по сравнению эффективности губительных для микроорганизмов факторов от воздействия ОБН-150 и ОЗУФ в воздухе сушильной камеры в течение 60 минут также подтверждали более выраженную результативность биоцидного действия ОЗУФ (Табл. 5).

Органолептические показатели исследуемых образцов сырокопченых колбас после обработки воздуха сушильной камеры в течение 30 и 60 минут практически не изменялись. При этом поражение оболочки колбасных батонов снижалось в 1,4 раза.

Наши исследования показали, что для обработки камер сушки и созревания сырокопченых колбас наибольшей эффективностью обладал озонатор-облучатель ОЗУФ по сравнению с УФ-облучателем типа ОБН-150. Если при обработке УФ-лучами в течение 30-60 мин в воздушной среде камеры микробная загрязненность снижалась в 1,3 – 3,2 раза (спор плесеней в 1,1 – 1,2 раза), то при обработке воздуха в камере ОЗУФ-облучателем в течение такого же времени количество микроорганизмов снижалось в 3,1 – 4,7 раза (спор плесеней в 1,5 – 4,2 раза).

Сравнение обеззараживающего действия УФ облучения и озонирования в работах других иссле-

дователей (Доброхотова и др., 2005) показало, что после 30минутной обработки медицинских помещений объемом 51 – 153 м³ облучателями (ОБП 159 и др.) в 1 м³ воздуха концентрация бактерий снижалась незначительно (в 1,4 раза с потерей жизнеспособности до 28,1%). При этом численность плесневых грибов, включая КОЕ/м³, не изменялась. Совокупное снижение общей концентрации микроорганизмов составило 3,9 раза (р < 0,001) с уровнем инактивации клеток до 74,5%. Авторами выявлено более высокое обеззараживающее действие озонатора РИОС по сравнению с УФ облучателями ОБП-159. Так, величина КОЕ/м³ грибов снижалась в 2,3 раза (р < 0,05), создавая инактивацию до 50,92%.

Указанная информация по общей оценке эффективности воздействия УФ облучения и озонирования на микроорганизмы в специализированных помещениях соответствует полученным нами данным, различаясь количественными показателями. Это может быть связано с типом обеззараживающего устройства, его местоположением, особенностями штаммов микроорганизмов, циркулирующих в помещениях медицинского назначения и пищевого производства и т.д. Полученные данные согласуются также с другими результатами из цитированных источников.

Выводы. Таким образом, выявлено более эффективное обеззараживающее действие озонирования, по сравнению с УФ облучением. При обработке воздушной среды в камерах длительной выдержки колбасных изделий для практического применения с этой целью целесообразнее использовать приборы, сочетающие воздействие УФ лучей и озонирования (ОЗУФ и др.). В таких случаях плесневение оболочек сырокопченых колбасных батонов снижается без изменения органолептических свойств.

Литература

- Абдуллаева, А. М. (2020). Оценка уровня контаминации при ретроспективном анализе мяса птицы и птицепродукции. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 6(86), 232–236. <http://dx.doi.org/10.37670/2073-0853-2020-86-6-232-236>
- Абдуллаева, А. М., Серегин, И. Г., Блинкова, Л. П., & Подушкина, Н. И. (2020). Изменение микробиологических показателей сырокопченых колбас при созревании. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*, 3(83), 266–271. <http://dx.doi.org/10.37670/2073-0853-2020-83-3-266-271>
- Абдуллаева, А. М., Ленченко, Е. М., & Плотникова, И. В. (2019). Индикация патогенных бактерий, выделенных из пищевого сырья. *Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии*, 2(30), 190–197. <http://dx.doi.org/10.25725/vet.san.hyg.ecol.201902013>
- Абдуллаева, А. М., Смирнова, И. Р., Трохимец, Е. В., & Губанкова, А. А. (2017). Микробиологический контроль полуфабрикатов из мяса индеек при холодильном хранении. *Ветеринария*, 8, 49–53. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29800757>
- Доброхотова, Г. А., Исаева, Н. В., Бердышев, В. Л., Заморихина, Я. Н., & Отинова, Г. В. (2005). Сравнительная оценка обеззараживающего действия ультрафиолетовых облучателей и озонаторов. Медико-санитарная часть № 3 г. Перми. Пермская государственная медицинская академия. *ПРООЗОН*, 1(1), 1–2.
- Дударев, А. А., Спичкин, Г. Л., Денисихина, Д. М., & Бурцев, С. И. (2010). Биполярная ионизация воздуха помещений с применением генераторов ионов, встраиваемых в системы приточной вентиляции и кондиционирования. *Медицина труда и промышленная экология*, 4, 42–47
- Летаев, С. А. (2012). Обоснование параметров установки обеззараживания молока на фермах ультрафиолетовым и инфракрасным излучением. Автореф. дисс. канд. техн. наук. ГНУ ВИЭСХ.
- Мишанин, Ю. Ф. (2020). Биотехнология рациональной переработки животного сырья. Лань.
- Назирова, Р. М., Курбанова, У. С., & Усманов, Н. Б. (2020). Особенности обработки озоном некоторых видов плодов и овощей для их долгосрочного хранения. *Universum: Химия и биология : электронный научный журнал*, 6(72).
- Прокопенко, А. А., & Юферев, Л. Ю. (2005). Эффективность применения УФ облучателей - озонаторов «ОЗУФ» на объектах ветеринарного надзора. В *Экология и сельскохозяйственная техника*, (с. 262–266).
- Серегин, И. Г., Абдуллаева, А. М., Васильев, & Д. А., Золотухин, С. Н. (2014). Производственный ветеринарно-санитарный контроль мясных полуфабрикатов. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*, 1(25), 103–107.
- Серегин, И. Г., Никитченко, Д. В., & Абдуллаева, А. М. (2015). О болезнях пищевого происхождения. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство*, 4, 101–107. <http://dx.doi.org/10.22363/2312-797X-2015-4-101-107>
- Харитонов, В. Д., & Шерстнева, Н. Е. (2014). Влияние ультрафиолетового излучения на основные компоненты и микробиологические

- показатели жидких пищевых продуктов. *Труды БГУ*, 9(1), 9-22.
- Abdullaeva, A. M., Blinkova, L. P., Usha, B. V., Avylov, Ch. K., Pakhomov, Yu. D., Valitova, R. K., & Pershina, T. A. (2020). Bacteriophages and bactericins as anti-contaminants of chicken meat products. *Journal of Hygienic Engineering and Design: Macedonia*, 33, 28-33.
- Altic, L. C., Rowe, M. T., & Grant, I. R. (2007). UV light inactivation of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in milk as assessed by FASTPlaqueTB phage assay and culture. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(11), 3728-3733.
- Anugu, A. K. (2013). *Microbial inactivation and allergen mitigation of food matrix by pulsed ultraviolet light*. [Doctoral dissertation, University of Florida]. Florida, USA.
- Cho, Y. S., Song, K. B., & Yamda, K. (2010). Effect of ultraviolet irradiation on molecular properties and immunoglobulin production-regulating activity of β -Lactoglobulin. *Food Science and Biotechnology*, 19(3), 595-602.
- Choi, L. H., & Nelsen, S. S. (2005). The effects of thermal and nonthermal processing methods on apple cider quality and consumer acceptability. *Journal of Foods Quality*, 28(1), 13-29.
- Greg, J., & Ravel, A. (2009). Analysis of foodborne outbreak data reported international for source attribution. *International Journal of Food Microbiology*, 130(2), 77-87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.12.031>
- Guerrero-Beltrán, J. A., & Barbosa G. V. (2005). Reduction of *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in apple juice by ultraviolet light. *Journal of Foods Process Engineering*, 28(5), 437-452.
- Koutchma, T. N., Forney, L. J., & Moraru, C. I. (2009). *Ultraviolet light in food technology. Principles and applications*. CRC Press.
- Krishnamurthy, K., Demirci, A., & Irudayaraj, J. M. (2007). Inactivation of *Staphylococcus aureus* in milk using flow-through pulsed UV-light treatment system. *Journal of Food Science*, 73(7), M233-M239.
- Kuo, F. I., Carey, J. B., & Ricke, S. C. (1997). UV irradiation of shell eggs: Effect on populations of aerobes, moulds, and inoculated *Salmonella typhimurium*. *Journal of Food Protection*, 60, 639-643.
- Masschelein, W. I., & Rice, R. G. (2002). *Ultraviolet light in water and wastewater sanitation*. CRC Press.
- Ngadi, M., Smith, J. P., & Cayouette, B. (2003). Kinetics of ultraviolet light inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 in liquid foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(15), 1551-1555.
- Oteiza, J. M., Giannuzzi, L., & Zaritzky, N. (2010). Ultraviolet treatment of orange juice in inactivate *E. coli* O157:H7 as affected by native microflora. *Food and Bioprocess Technology*, 3(4), 603-614.
- Stermer, R. A., Lasater-Smith, M., & Brassington, C. F. (1987). Ultraviolet radiation – An effective bactericide for fresh meat. *Journal of Food Protection*, 108-111.

Microbiological Parameters of the Air Environment in the Drying Chambers of Raw Smoked Sausage Products after UV Irradiation and Ozonation

Asiat M. Abdullaeva¹, Larisa P. Blinkova²,
Ivan G. Serigin¹, Uliya V. Ambrazhevich¹

¹ *Moscow State University of Food Production*

² *FSBSI I. I. Mechnikov Research Institute for Vaccines and Sera*

Correspondence concerning this article should be addressed to Asiat M. Abdullaeva, Moscow State University of Food Production, 11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation. e-mail: abdullaevaam@mgupp.ru

The paper presents the results of a study of the effectiveness of UV irradiation and ozonation sources in order to reduce bacterial contamination of the air environment in the drying chambers of raw smoked sausages. With prolonged maturation of raw smoked sausage products, signs of oiling and mold formation of the surface of the loaves are quite often noted. Such spoilage in raw smoked sausages usually occurs when the microbial contamination of the air environment increases in the drying chambers, where the loaves are kept at a temperature of (11-13) ±2° C for 20-23 days. It was found that the treatment with UV rays in the chambers for 30 and 60 minutes reduces the total bacterial contamination by 23.9 – 68.4 %, with micromycete spores by 9.7-18.6 %. The use of the OZUF source for the same time reduces bacterial contamination by 67.7 – 78.7 %, mold spores by 35.0 – 76.2 %. The efficiency of air treatment with the help of OZUF was higher by 11.5-14.0 % compared to the UV irradiator.

Key words: UV irradiation, ozonation, sausage products, drying chambers, air environment, sausage mold formation, microbiological spoilage.

References

- Abdullaeva, A. M. (2020). Assessment of the level of contamination in the retrospective analysis of poultry meat and poultry products. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University], 6(86), 234-236. <http://dx.doi.org/10.37670/2073-0853-2020-86-6-232-236>
- Abdullaeva, A. M., Seryogin, I. G., Blinkova, L. P., & Podushkina, N. I. (2020). Changes in the microbiological parameters of raw smoked sausages during maturation. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University], 3(83), 266-271. <http://dx.doi.org/10.37670/2073-0853-2020-83-3-266-271>
- Abdullaeva, A. M., Lenchenko, E. M., & Plotnikova, I. V. (2019). Indication of pathogenic bacteria isolated from food raw materials. *Rossiyskii zhurnal Problemy veterinarnoi sanitarii, gigieny i ekologii* [Russian Journal Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology], 2(30), 190-197. <http://dx.doi.org/10.25725/vet.san.hyg.ecol.201902013>
- Abdullaeva, A. M., Smirnova, I. R., Trochimets, E. V., & Gubankova A. A. (2017). Microbiological control of turkey meat semi-finished products during cold storage. *Veterinariya* [Veterinary medicine], 8, 49-53. <https://elibrary.ru/item.asp?id=29800757>
- Dobrokhotova G. A., Isaeva N. V., Berdyshev V. L., Zamorikhina Ya. N., & Otinova G. V. (2005). Comparative assessment of the disinfecting effect of ultraviolet irradiators and ozonators. *Mediko-sanitarnaya chast' no 3 g. Permi. Permskaya gosudarstvennaya meditsinskaya akademiya. PROOZON*, 1(1), 1-2.
- Dudarev A. A., Spichkin G. L., Denisikhina D. M., & Burtsev S. I. (2010). Bipolar ionization of indoor air with the use of ion generators built into the supply ventilation and air conditioning systems. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya* [Occupational medicine and industrial ecology], 4, 42-47.
- Letyaev S. A. (2012). Justification of the parameters of the milk disinfection plant on farms with ultraviolet and infrared radiation. *Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk*.
- Mishanin, Yu. F. (2020). Biotechnology of rational processing of animal raw materials. Lan'.
- Nazirova, R. M., Kurbanova, U. S., & Usmanov, N. B. (2020). Features of ozone treatment of some types

How to Cite

Abdullaeva, A. M., Blinkova, L. P., Serigin, I. G., & Ambrazhevich, U. V. (2021). Microbiological parameters of the air environment in the drying chambers of raw smoked sausage products after UV irradiation and ozonation. *Health, Food & Biotechnology*, 3(1). <https://doi.org/10.36107/hfb.2021.i1.s95>

- of fruits and vegetables for their long-term storage. *Universum : Khimiya i biologiya : elektronnyi nauchnyi zhurnal*. [Chemistry and Biology : electronic scientific journal], 6(72).
- Prokopenko, A. A., & Yuferev, L. Yu. (2005). The effectiveness of the use of UV irradiators-ozonators "OZUF" at the objects of veterinary supervision. In *'Ekologiya i sel'skokhozyaistvennaya tekhnika'* [Ecology and agricultural machinery], (p. 262-266.)
- Seriogin, I. G., Abdullaeva, A. M., Vasiliev, D. A., & Zolotukhin, S. N. (2014). Industrial veterinary and sanitary control of meat semi-finished products. *Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii* [Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy], 1(25), 103-107.
- Seriogin, I. G., Nikitchenko, D. V., & Abdullaeva, A. M. (2015). About foodborne diseases. *Vestnik Rossiyskogo universiteta družby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo* [Bulletin of the Peoples Friendship University of Russia. Series: Agronomy and animal husbandry] 4, 101-107. <http://dx.doi.org/10.22363/2312-797X-2015-4-101-107>
- Seriogin, I. G., Abdullaeva, A. M., & Boronovich E. S. (2020). *Proizvodstvennyj veterinarno-sanitarnyj kontrol' obrabotki subproduktov i izgotovleniya myasnyh polufabrikatov* [Industrial veterinary and sanitary control of processing of offal and production of meat semi-finished products]. Izdatel'skiye tekhnologii.
- Kharitonov, V. D., & Sherstneva, N. E. (2014). The effect of ultraviolet radiation on the main components and microbiological parameters of liquid food products. *Trudy BGU* [Proceedings of BSU], 9(1), 9-22.
- Abdullaeva, A. M., Blinkova, L. P., Usha, B. V., Avylov, Ch. K., Pakhomov, Yu. D., Valitova, R. K., & Pershina, T. A. (2020). Bacteriophages and bactericins as anti-contaminants of chicken meat products. *Journal of Hygienic Engineering and Design: Macedonia*, 33, 28-33.
- Altic, L. C., Rowe, M. T., & Grant, I. R. (2007). UV light inactivation of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in milk as assessed by FASTPlaqueTB phage assay and culture. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(11), 3728-3733.
- Anugu, A. K. (2013). *Microbial inactivation and allergen mitigation of food matrix by pulsed ultraviolet light*. [Doctoral dissertation, University of Florida]. Florida, USA.
- Cho, Y. S., Song, K. B., & Yamda, K. (2010). Effect of ultraviolet irradiation on molecular properties and immunoglobulin production-regulating activity of β -Lactoglobulin. *Food Science and Biotechnology*, 19(3), 595-602.
- Choi, L. H., & Nelsen, S. S. (2005). The effects of thermal and nonthermal processing methods on apple cider quality and consumer acceptability. *Journal of Foods Quality*, 28(1), 13-29.
- Greg, J., & Ravel, A. (2009). Analysis of foodborne outbreak data reported international for source attribution. *International Journal of Food Microbiology*, 130(2), 77-87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.12.031>
- Guerrero-Beltrán, J. A., & Barbosa G. V. (2005). Reduction of *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in apple juice by ultraviolet light. *Journal of Foods Process Engineering*, 28(5), 437-452.
- Koutchma, T. N., Forney, L. J., & Moraru, C. I. (2009). *Ultraviolet light in food technology. Principles and applications*. CRC Press.
- Krishnamurthy, K., Demirci, A., & Irudayaraj, J. M. (2007). Inactivation of *Staphylococcus aureus* in milk using flow-through pulsed UV-light treatment system. *Journal of Food Science*, 73(7), M233-M239.
- Kuo, F. I., Carey, J. B., & Riche, S. C. (1997). UV irradiation of shell eggs: Effect on populations of aerobes, moulds, and inoculated *Salmonella typhimurium*. *Journal of Food Protection*, 60, 639-643.
- Masschelein, W. I., & Rice, R. G. (2002). *Ultraviolet light in water and wastewater sanitation*. CRC Press.
- Ngadi, M., Smith, J. P., & Cayouette, B. (2003). Kinetics of ultraviolet light inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 in liquid foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(15), 1551-1555.
- Oteiza, J. M., Giannuzzi, L., & Zaritzky, N. (2010). Ultraviolet treatment of orange juice in inactivate *E. coli* O157:H7 as affected by native microflora. *Food and Bioprocess Technology*, 3(4), 603-614.
- Stermer, R. A., Lasater-Smith, M., & Brassington, C. F. (1987). Ultraviolet radiation - An effective bactericide for fresh meat. *Journal of Food Protection*, 108-111.

Моделирование жирнокислотного состава основы для дрессинга

Вольнова Екатерина Романовна¹, Бутова Светлана Николаевна¹,
Николаева Юлия Владимировна¹, Ольшанова Елена Александровна¹

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Вольнова Е.Р., ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», адрес: 125080, Москва, Волоколамское ш., 11, e-mail: volnovaer@mgupr.ru

На сегодняшний день целым рядом авторитетных исследований доказан тот факт, что в питании не столько важно достаточное потребление полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) семейств ω -3 и ω -6, сколько их определённое соотношение. Это указывает на необходимость создания масложировых продуктов с заданным жирнокислотным составом. Одним из путей создания таких продуктов является простой технологический приём – купажирование растительных масел. Именно для достижения этой цели было проведено настоящее исследование. Для разработки и создания купажа растительных масел с оптимальным жирнокислотным составом были выбраны распространённые и доступные растительные масла в России – нерафинированное подсолнечное и льняное масло. Был исследован их химический состав, который указал на их неполноценность для человека в физиологическом плане. Методом линейного программирования был рассчитан состав купажа растительных масел, обеспечивающих необходимое для здоровья человека соотношение ПНЖК семейств ω -6 и ω -3. Методом газожидкостной хроматографии определено соответствие полученного состава купажей рассчитанным значениям. Полученный купаж может быть рекомендован в качестве основы для масложировых продуктов, в частности для создания дрессинга. Купаж позволит обогатить продукт незаменимыми ПНЖК в соотношении 4:1 и улучшить его качественные и количественные характеристики. Предложенная смесь растительных масел соответствует требованиям качества и безопасности, согласно ГОСТ 31755-2012 и ТР/ТС 024/20¹¹. На основании проведённых исследований, разработанный дрессинг может иметь перспективы на рынке: помимо оптимизированного жирнокислотного состава, основанного на современных концепциях нутрициологии, себестоимость дрессинга на 5,7% ниже цены аналога.

Ключевые слова: купаж растительных масел, оптимальный жирнокислотный состав, кислоты семейства ω -6 и ω -3, дрессинг, метод линейного программирования.

Введение

Продукты питания XXI века должны удовлетворять потребности различных групп населения в необходимых макро-, микронутриентах и незаменимых факторах питания, с учетом их традиций, привычек, социального статуса и состояния здоровья. В настоящее время перед масложировой промышленностью стоят принципиально новые задачи, одной из которых является выпуск продуктов функциональных по назначению (продуктов здорового питания), а также лечебно-профилактических продуктов, обеспечивающих и поддерживающих здоровье человека (Распоряжение Правительства Российской Феде-

рации «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года»¹).

Исследования отечественных и зарубежных ученых показывают значимость полиненасыщенных жирных кислот, входящих в состав растительных масел, для организма человека. Подобно витаминам, они не могут синтезироваться в организме, и отсутствие любой из них вызывает заболевания (Tchinda, 2021; Martyniak, 2021; Подгорнова, 2020). Они необходимы для роста клеток, нормального состояния кожи, обмена холестерина и многих других процессов, протекающих в различных системах тела человека. Установлена стимулиру-

¹ Распоряжение Правительства РФ от 29 июня 2016 года N 1364-р «Об утверждении Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года» [Электронный ресурс] - <http://docs.cntd.ru/document/420363999>

ющая роль ПНЖК в отношении защитных механизмов организма и, в частности, в повышении его устойчивости к инфекционным заболеваниям (Бурбелло, 2014).

Таким образом, создание сбалансированных рецептур жировых продуктов повышенной пищевой ценности, с улучшенным жирнокислотным составом можно рассматривать как важные направления в современном питании.

Жировые продукты, с заданным сбалансированным составом жирных кислот можно получить несколькими путями. Первый путь – метод переэтерификации, заключающийся в химической или энзимной модификации жировых продуктов. Второй путь – метод смешивания (купажирования) растительных масел с определенным жирнокислотным составом. Второй путь, эффективнее и дешевле, что делает необходимым разработку технологии получения смесей растительных масел с улучшенным составом жирных кислот повышенной физиологической ценности (Зайцева, 2018; Marin-Suarez, 2017)

В настоящее время потребитель начинает отказываться от использования растительных масел для заправки салатов и вторых блюд. Причина кроется в том, что в пищу кроме обычного масла в большинстве случаев добавляются приправы и добавки. На замену маслу приходит дрессинг, который, помимо масла, уже содержит требуемые приправы для большинства салатов и прочих блюд (Истеева, 2019; Abd Rashed, 2017).

Сегодня одной из основных проблем в структуре питания населения России является несбалансированность жирнокислотного состава жировых продуктов. Россияне в достаточном количестве потребляют жиры, в которых преобладают жирные кислоты семейства ω -6 (подсолнечное, кукурузное, соевое, оливковое масла). Одновременно с этим наблюдается острый дефицит в рационе кислот семейства ω -3 (Быкова, 2020; Каличенко, 2018). В связи с этим существует необходимость оптимизировать жирнокислотный состав жировых продуктов, в частности дрессингов для салатов.

Нарушения в структуре питания населения России, в том числе несбалансированное поступление полиненасыщенных жирных кислот, способствует увеличению алиментарных заболеваний (ожире-

ние, сердечно-сосудистые заболевания, сахарный диабет и т.д.) (Denisenko, 2021; Васильев, 2020; Слободенко, 2018).

Очевидно, что для снижения заболеваемости необходима разработка и создание пищевых продуктов с оптимальным жирнокислотным составом. В соответствии с рекомендациями Института питания соотношение ω -6 : ω -3 в рационе здорового человека должно быть 10:1, а для лечебного питания – от 3:1 до 5:1 (МР 2.3.1.2432-08 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения российской Федерации²).

Исходя из этого, целью проводимых исследований является: разработка рецептуры дрессинга с улучшенным жирнокислотным составом (соотношение ω -6: ω -3 4:1).

Достижение поставленной цели потребовало решения следующих задач:

1. проведение органолептической оценки растительных масел, рекомендуемых для купажирования;
2. анализ органолептических и физико-химических показателей растительных масел;
3. приготовление дрессинга из купажа растительных масел;
4. исследование полученного дрессинга.

Материалы и методы

Материалы

Масла, используемые в исследовании:

1. Масло подсолнечное нерафинированное первого сорта «Дары Кубани».
2. Масло льняное нерафинированное сыродавленное первого холодного отжима «РУССКА».
3. Ингредиенты, необходимые для создания дрессинга:
4. Витамин Е масляный, 10 %-ный Тульская Фарм Фабрика;
5. Приправа «Sicilia» сок лимонов;
6. «VIFON» соевый соус, классический;
7. Чеснок свежий;
8. Базилик сушёный;
9. Перец чёрный молотый.

² Методические рекомендации МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. Введ. 2008-12-18. ГУ НИИ питания РАМН [Электронный ресурс] - http://www.burdenko.ru/images/docs/OblSpec/MR_2_3_1_2432-08.pdf

Методы исследования

Основные экспериментальные исследования проводились на базе лабораторий кафедры «Биотехнология и технология продуктов биологического синтеза» в ФГБОУ ВО «Московский Государственный Университет Пищевых Производств»; испытательном центре ФГБУН «ФИУ питания и биотехнологии».

Применялись следующие методы исследований: органолептический анализ испытуемых масел, а именно подсолнечного нерафинированного осуществлялось по ГОСТ 1129-2013³, льняного нерафинированного по ГОСТ 5791-81⁴, органолептический анализ готового дрессинга по ГОСТ 31755-2012⁵; физико-химические методы анализа испытуемых масел, купажа масел и готового дрессинга (определение кислотного числа по ГОСТ 31933-2012⁶, перекисного числа по ГОСТ 26593-85⁷, цветного числа по ГОСТ 5477-93⁸ при помощи фотоколориметра КФК-2, жирнокислотный состав определяли методом газовой капиллярной хроматографии на приборе «MEGA 5600» фирмы «Karlo Erba» с использованием кварцевой колонки длиной 25 м, заполненной Silar 10С при температуре 175 оС, количественное определение отдельных кислот проводили методом внутренней нормализации по ГОСТ 31663-2012⁹.

Методика исследования**Оборудование**

Весы AND DL-2000 WP; термометр жидкостной стеклянный ТС-7-M1, магнитная мешалка MS-500 Intllab; термостат суховоздушный ТСО-1180 СПУ; фотоэлектроколориметр КФК-; холодильник Electolux ERN29850; водяная баня УТ4308; газовый хроматограф «MEGA 5600».

Процедура исследования

Для выбора растительных масел необходимых для создания дрессинга, был проведен анализ жирнокислотного состава наиболее распространенных растительных масел в России. Жирнокислотный состав масел приведен в Таблице 1.

Исходя из данных, приведенных в Таблице 1, можно сделать вывод, что перспективными маслами для создания купажа является подсолнечное и льняное. Это обусловлено тем, что в подсолнечном масле наибольшее содержание кислот семейства омега-6, а в льняном – омега-3, следовательно, комбинирование этих двух видов масел позволит создать смесь с оптимальным соотношением омега-3 и омега-6 для человеческого организма. К тому же, данные виды масел доступны и экономически при-

Таблица 1
Содержание ПНЖК в растительных маслах

№ п.п.	Наименование растительного масла	Наименование ПНЖК	
		Омега-3 (α -линоленовая)	Омега-6 (линолевая)
1	Подсолнечное	Следы	45-70
2	Соевое	5-14	40-57
3	Рапсовое	6-13	15-30
4	Кукурузное	1,2-1,8	42-45
5	Рыжиковое	30-42	15,6-25
6	Льняное	35-65	14-20

³ Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (2014). *Масло подсолнечное. Технические условия.* (ГОСТ 1129-2013).

⁴ Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (1982). *Масло льняное техническое. Технические условия.* (ГОСТ 5791-81).

⁵ Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (2013). *Соусы на основе растительных масел. Общие технические условия.* (ГОСТ 31755-2012).

⁶ Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (2014). *Масла растительные. Методы определения кислотного числа.* (ГОСТ 31933-2012).

⁷ Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (1986). *Масла растительные. Метод измерения перекисного числа.* (ГОСТ 26593-85).

⁸ Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (1995). *Масла растительные. Методы определения цветности.* (ГОСТ 5477-93).

⁹ Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации (2014). *Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот.* (ГОСТ 31663-2012).

Таблица 1

№ п.п.	Наименование растительного масла	Наименование ПНЖК	
		Омега-3 (α -линоленовая)	Омега-6 (линолевая)
7	Масло зародышей пшеницы	4-10	44-65
8	Оливковое	-	4-12
9	Кунжутное	0,2-0,3	35,8-55,6
10	Горчичное	1-2	14,5-30,4
11	Конопляное	14-28	46-50
12	Хлопковое	-	40-48

влекательны. Еще следует учесть, что масла были выбраны нерафинированные. Данный факт связан с тем, что масла, не прошедшие рафинацию, сохраняют в своём составе высокое содержание необходимых для купажа полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), что показано на Рисунках 1 и 2.

Исходя из данных диаграммы 1, можно утверждать, что наибольшее содержание омега-3 обнаружено в льняном нерафинированном масле, а наибольшее содержание омега-6 в нерафинированном подсолнечном. Поэтому именно эти виды масел использовались в исследовании для получе-

ния купажа с оптимизированным жирнокислотным (ЖК) составом.

По итогам определения кислотного числа, перекисного числа и цветного числа анализируемые масла соответствуют требованиям нормативной документации.

Методика обработки численных данных хроматографического анализа растительных масел основана на решении системы уравнений с двумя или несколькими неизвестными. Состав двухкомпонентного купажированного масла, состоящего из

Рисунок 1

Диаграмма содержания ПНЖК семейства омега-6 и омега-3 в нерафинированных растительных маслах

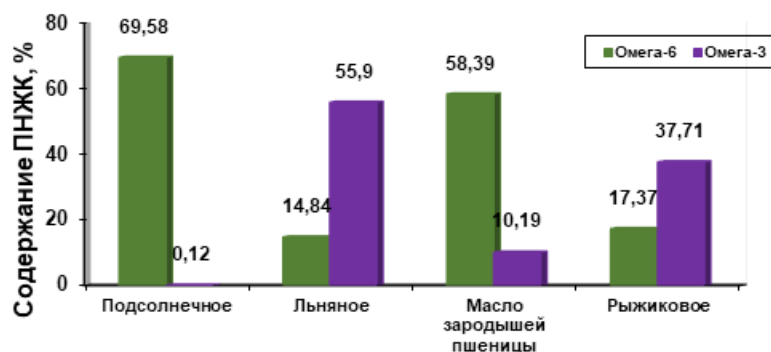
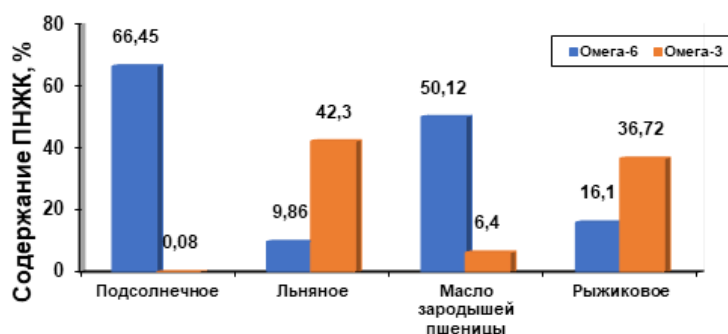


Рисунок 2

Диаграмма содержания ПНЖК семейства омега-6 и омега-3 в рафинированных растительных маслах



смеси двух растительных масел, рассчитывается при решении системы уравнений (1) и (2):

$$(m_{\alpha} \cdot c_{\alpha}^1 + m_{\delta} \cdot c_{\delta}^1) / (m_{\alpha} \cdot c_{\alpha}^2 + m_{\delta} \cdot c_{\delta}^2) = 4 \quad (1)$$

$$m_{\alpha} + m_{\delta} = 1 \quad (2)$$

где: m_{α} - масса подсолнечного масла, кг;

m_{δ} - масса льняного масла, кг;

c_{α}^1 - концентрация линолевой кислоты в подсолнечном масле, масс. %;

c_{α}^2 - концентрация линоленовой кислоты в подсолнечном масле, масс. %;

c_{δ}^1 - концентрация линолевой кислоты в льняном масле, масс. %;

c_{δ}^2 - концентрация линоленовой кислоты в льняном масле, масс. %.

Решение системы уравнений проводят относительно величины m_{α} и m_{δ} .

Принцип, положенный в основу компьютерной обработки данных, связан с процентным содержанием и соотношением основных ПНЖК - омега-3 (линоленовая) и омега-6 (линолевая) в исходных растительных маслах. Исходным является требуемое соотношение линолевой и линоленовой кислот в купажируемой системе, а выходными данными - процентное соотношение растительных масел в купажируемой системе. В результате купажируемая система имеет заданный сбалансированный жирнокислотный состав. Разработанный способ позволяет проводить расчеты для составления купажируемых систем из двух и трех растительных масел.

С помощью компьютерной программы на базе ФГБОУ ВО «МГУПП» было рассчитано соотношение данных масел, отображенных на рисунке 3, равное 4:1, для получения сбалансированного жирнокислотного состава, рекомендованного для лечебного и профилактического питания.

Рисунок 3

Интерфейс компьютерной программы для анализа соотношения

Купажирование масел проводилось следующим образом: брались две навески масел, приведенных в таблице 2, помещались в колбу и перемешивались между собой без нагревания с помощью магнитной мешалки.

Таблица 2

Масла, используемые в составе купажа

№ п.п.	Наименование масел	Количество в купаже, мл
1	Подсолнечное нерафинированное масло	68,00
2	Льняное нерафинированное масло	32,00

Купаж масел – пищевая система, в которой ПНЖК групп омега-6 и омега-3 присутствуют в нужных соотношениях, она подвержена процессам окисления в большей степени за счет повышенного содержания ПНЖК.

Почти все жиры имеют ограниченную стойкость за счет биологически и химически обусловленного гидролиза в результате самоокисления. Окисление жиров – необратимый процесс, полностью предотвратить который нельзя. Он может быть только замедлен.

В соответствии с особенностью купажируемых масел в качестве обогащающих ингредиентов использовали витамин Е (токоферол). Он является физиологически важным компонентом для организма человека, так как токоферолы – активные природные антиоксиданты. Использование современных антиоксидантов позволяет безопасным способом значительно замедлить окислительную порчу жиров и увеличить срок годности масложировой продукции, в частности дрессингов. Внесение в купажируемые масла витамина Е даст

дополнительную возможность повысить физиологическую ценность купажированных масел и усилить антиокислительную защиту.

На следующем этапе исследования, после создания купажа, была проведена оценка его органолептических и физико-химические показатели.

Органолептический анализ купажированных масел показал, что вкусоароматические особенности каждого из смешиваемых масел находят свое отражение в готовом купажированном масле. Органолептическая оценка нерафинированных купажированных масел приведена в Таблице 3, а жирнокислотный состав в Таблице 4.

Таблица 3
Органолептические показатели купажа масел

Состав купажированного масла, % Отношение используемых масел	Соотношение ω -6 к ω -3	Органолептические показатели			
		Внешний вид	Вкус	Цвет	Запах
68:32	4:1	Вязкая система	Во вкусе обнаруживается слабый тон нерафинированного подсолнечного масла	Светло-желтый Прозрачный	В запахе обнаруживается слабая нота нерафинированного подсолнечного масла (привкус семечек)

Таблица 4
ЖК состав купажированных масел

№ п.п.		Состав ПНЖК, отн. % Нерафинированное подсолнечное+ Нерафинированное льняное масла	Образец купажиро- ванных масел
1	Линолевая 18:2 ω-6	45,43	
2	ω-линоленовая 18:3 ω-3	11,02	
3	ω-6 / ω-3	4:1	

Анализ данных

Оценку воспроизводимости полученных экспериментальных данных проводили методом математической статистики для малых выборок. С этой целью определяли воспроизводимость прямых измерений. В качестве численной меры воспроизводимости использовали величину стандартного отклонения S и величину относительного стандартного отклонения Sr .

Для расчета составов многокомпонентных купажей масел использовалась методика, разработанная ФГБОУ ВО «МГУПП». В основе этой методики лежат методы линейного программирования, учитывающие требуемое соотношение линолевой и α -линоленовой кислот (4:1).

Обсуждение полученных результатов

Проанализировав приготовленный купаж, можно сделать вывод, что он имеет сбалансированный

состав ПНЖК. Ароматизатор данному купажу и соусу в целом не требуется, так как неприятного запаха и вкуса льняного масла не наблюдалось.

Приготовление соуса не требует подогревания масел и делается при комнатной температуре. В лабораторных условиях дрессинг приготавливался следующим образом: в купаж масел добавляется витамин Е (в жидком виде) в определенном количестве, далее лимонный сок, соевый соус и тщательно перемешивается равномерными движениями с помощью стеклянной палочки. Затем, постепенно добавляется заранее измельченный свежий чеснок, сушеный базилик, черный молотый перец, и весь соус еще раз тщательно перемешивается стеклянной палочкой.

Готовый дрессинг сравнивался с показателями качества и безопасности, представленными в ГОСТ 31755-2012 и ТР/ТС 024/2011. Органолептические показатели готового дрессинга указаны в Таблице 5, физико-химические показатели указаны в Таблице 5.

Таблица 5

Органолептические показатели нового дрессинга

№ п.п.	Название показателей	Характеристика
1	Внешний вид	Однородный, с видимыми кусочками специй и чеснока на дне и вкраплениями соевого соуса
2	Вкус и запах	Пряный, запах семечек, яркий, ароматный, приятный, резкий
3	Цвет	От темно зеленого до светло-коричневого

Таблица 6

Физико-химические показатели нового дрессинга

№ п.п.	Название показателей	Требования ГОСТ 31755-2012, ТР/ТС 024/2012, не более
1	Кислотное число, КОН/г	1,60
2	Цветное число, мг/12	47,50
3	Перекисное число, моль активного O ₂ /кг	4,18

Содержание ПНЖК в готовом дрессинге остается таким же, как в купаже- 4:1, а сам соус получился полезным и одновременно вкусным.

Изучены состав ПНЖК в растительных маслах льняного и подсолнечного. Анализ жирнокислотных составов триглицеридов показал, что растительные масла не обеспечивают необходимого соотношения ω -3 и ω -6 кислот, что обуславливает необходимость разработки купажей растительных масел входящих в состав дрессинга. В качестве сырья для изготовления дрессинга использовались различные ингредиенты, которые придали соусу пикантность и другие вкусоароматические характеристики.

Полученный новый дрессинг отвечает требованиям ГОСТ 31755-2012 и ТР/ТС 024/2011, а также обладает высокими потребительскими свойствами.

На основе метода программирования в работе определен состав купажа, который может быть использован в качестве основы для функциональных и профилактических продуктов. В состав разработанного купажа входят нерафинированные подсолнечное и льняное масла в соотношении 4:1.

Изучение жирнокислотного состава предложенного купажа растительных масел показало, что соотношение ω -3 и ω -6 ПНЖК, необходимые человеку для обеспечения сбалансированного питания

было достигнуто, что позволяет рекомендовать данные смеси для ежедневного, профилактического или лечебного питания.

Литература

- Бурбелло, А. Т., Гайковая, Л. Б., Покладова М. В., Комок, М. В., & Костицина, М. А. (2014). Внебольничная пневмония: биомаркеры воспаления и омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты. *Саратовский научно-медицинский журнал*, 10(1), 173-178.
- Быкова, О. В., Климов, Ю. А., Тихонов, С. В., & Дарьина, С. В. (2020). Дефицит полиненасыщенных жирных кислот и детская психоневрологическая заболеваемость. *Медицинский совет*, 18, 173-178.
- Васильев, А. П., & Стрельцова Н. Н. (2020). Применение омега-3 жирных кислот в медицине. *Уральский медицинский журнал*, 1(184), 36-42.
- Зайцева, Л. В., & Анина Л. И. (2018). Маргарины «Союз» для производства высококачественной пищевой продукции. *Хлебопечение России*, 2, 38-41.
- Истеева, А. Е., & Вечтомова, Е. А. (2019). Анализ рынка соусов. В *Инновации в пищевой биотехнологии*, (с. 32-33).
- Каличенко, С. Ю., Ворслов, Л. О., Аветисян, Л. А., Белов, Д. А., Парамонов, С. А., Нижник, А. Н., & Давидян, О.В. (2018). Распространенность дефицита омега-3 жирных кислот в различных возрастных группах. *Вопросы диетологии*, 8(1), 11-16.
- Подгорнова, Н. М. (2020). Оптимизация композиций растительных масел по жирнокислотному составу. *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*, 5(65), 12-16.
- Слободенко, Т. А., & Кузнецова, А. Ф. (2018). Омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты и когнитивные расстройства: возможные механизмы лечебного и профилактического действия. *Забайкальский медицинский вестник*, 2, 102-117.
- Denisenko, Yu. K., Novgorodtseva, T. P., Knyshova, V. V., & Antonyuk, M. V. (2021). Polyunsaturated fatty acid status of leukocyte membranes in copd patients. *Medicinskaya immunologiya* [Medical immunology], 23(1), 157-162.
- Marin-Suarez, M., Morales-Medina, R., Guadix, E. M., & Guadix, A. (2017). A simple enzymatic process to produce functional lipids from vegetable and fish oil mixtures. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(12). <https://doi.org/10.1002/ejlt.201700233>
- Martyniak, K., Wei, F., Ballesteros, A., Meckmongkol, T., Calder, A., Gilbertson, T., Orlovskaya, N., &

- Coathup, M. J. (2021). Do polyunsaturated fatty acids protect against bone loss in our aging and osteoporotic population? *Bone*, 143, 115736. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2020.115736>
- Rashed, A. A., Noh, M. F. M., Khalid, N. M., Rahman, N. I. A., Tasirin A., Omar, W. S. W., Nawi, M. N. M., Jamilan, M. A., & Selamat, R. 2017. The nutritional composition of mayonnaise and salad dressing in the Malaysian market. *Journal Science of Malaysia*, 46(1),139. <http://dx.doi.org/10.17576/jsm-2017-4601-18>
- Tchinda, J. B. S., Tchebe, T. M. F, Tchoukoua, A., Yona, A. M. C, Fauconnier, M. L, Kor, M. N., & Richel, A. (2021). Fatty acid profiles, antioxidant, and phenolic contents of oils extracted from *Acacia polyacantha* and *Azadirachta indica* (Neem) seeds using green solvents. *Journal of food processing and preservation*, 45(2), <https://doi.org/10.1111/jfpp.15115>.

Modeling of Fatty Acid Composition for Dressing Bases

Svetlana N. Butova¹, Ekaterina R. Volnova¹, Julia V. Nicolaeva¹, Elena A. Olshanova

¹ *Moscow State University of Food Production*

Correspondence concerning this article should be addressed to Ekaterina R. Volnova, Moscow State University of Food Production, 11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation. e-mail: volnovaer@mgupp.ru

To date, a number of authoritative studies have proved the fact that sufficient consumption of polyunsaturated fatty acids (PUFA), such as omega-3 and omega-6 fatty acids, is not so important in nutrition as their certain ratio. This indicates the need to create fat and oil products with a given fatty acid composition. One of the ways to create such products is a simple technological technique – blending vegetable oils. This study was carried out precisely to achieve this goal. To develop a blend of vegetable oils with an optimal fatty acid composition, widespread and affordable vegetable oils in Russia were selected – unrefined sunflower and linseed oil. Their chemical composition was studied, the result showed the physiological inferiority of oils for humans. The composition of the blend of vegetable oils that provide the necessary ratio of ω -6 and ω -3 fatty acids for human health was calculated by the method of linear programming. The accordance of the obtained blend composition to the calculated values was determined by the method of gas-liquid chromatography. The resulting blend can be recommended as a basis for fat and oil products, in particular for creating dressing. The blend will make it possible to enrich the product with essential PUFA in a ratio of 4:1 and improve its qualitative and quantitative characteristics. The proposed blend of vegetable oils meets the requirements of GOST 31755/2012 and TR CU 024/2011 in terms of quality and safety indicators. Based on the research carried out, the developed dressing may have prospects in the market: in addition to an optimized fatty acid composition based on modern nutritional concepts, the cost of dressing is 5.7% lower than the price of an analogue.

Key words: blend of vegetable oils, optimal fatty acid composition, acids of the ω -6 and ω -3 family, dressing, linear programming method

References

- Burbello, A. T., Gajkovaya, L. B., Pokladova, M. V., Komok, M. V., & Kostitsina, M. A. (2014). Community-acquired pneumonia: biomarkers of inflammation and omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Saratovskij nauchno-meditsinskij zhurnal* [Saratov Journal of Medical Scientific Research], 10(1), 173-178.
- Bykova, O. V., Klimov, YU. A., Tihonov, S. V., & Darjina, S. V. (2020). Deficiency of polyunsaturated fatty acids and pediatric neuropsychiatric morbidity. *Meditsinskij sovet* [Medical Council], 18, 173-178.
- Vasilyev, A. P., & Streltsova N.N. (2020). Primenenie omega-3 zhirnyh kislot v medicine [The use of omega-3 fatty acids in medicine]. *Ural'skij medicinskij zhurnal* [Ural Medical Journal], 1(184), 36-42.
- Zajtseva, L. V., & Anina, L. I. (2018). Margarines "Soyuz" for the production of high quality food products. *Hlebopechenie Rossii* [Bakery in Russia], 2, 38-41.
- Isteeva, A. E., & Vechtomova, E.A. (2019). Sauce market analysis. In *Innovacii v pishchevoj biotekhnologii* [Innovation in food biotechnology], (pp. 32-33).
- Kalichenko, S. YU., Vorslov, L. O., Avetisyan, L. A., Belov, D. A., Paramonov, S. A., Nizhnik, A. N., & Davidyan, O. V. (2018). Prevalence of Omega-3 Fatty Acid Deficiency in Different Age Groups. *Voprosy dietologii* [Dietetics issues], 8(1), 11-16.
- Podgornova, N. M. (2020). Optimization of vegetable oil compositions by fatty acid composition. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovacionnyh pishchevyh produktov* [Technology and commodity science of innovative food products], 5(65), 12-16.
- Slobodenok, T. A., & Kuznetsova, A. F. (2018). Omega-3 polyunsaturated fatty acids and cognitive disorders: possible mechanisms of therapeutic and prophylactic action. *Zabajkal'skij medicinskij vestnik* [Zabaikalsky Medical Bulletin], 2, 102-117.
- Denisenko, Yu. K., Novgorodtseva, T. P., Knysheva, V. V., & Antonyuk, M. V. (2021). Polyunsaturated fatty acid status of leukocyte membranes in copd

- patients. *Medicinskaya immunologiya* [Medical immunology], 23(1), 157-162.
- Marin-Suarez, M., Morales-Medina, R., Guadix, E. M., & Guadix, A. (2017). A simple enzymatic process to produce functional lipids from vegetable and fish oil mixtures. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(12). <https://doi.org/10.1002/ejlt.201700233>
- Martyniak, K., Wei, F., Ballesteros, A., Meckmongkol, T., Calder, A., Gilbertson, T., Orlovskaya, N., & Coathup, M. J. (2021). Do polyunsaturated fatty acids protect against bone loss in our aging and osteoporotic population? *Bone*, 143, 115736. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2020.115736>
- Rashed, A. A., Noh, M. F. M., Khalid, N. M., Rahman, N. I. A., Tasirin A., Omar, W. S. W., Nawi, M. N. M., Jamilan, M. A., & Selamat, R. 2017. The nutritional composition of mayonnaise and salad dressing in the Malaysian market. *Journal Science of Malaysia*, 46(1),139. <http://dx.doi.org/10.17576/jsm-2017-4601-18>
- Tchinda, J. B. S., Tchebe, T. M. F, Tchoukoua, A., Yona, A. M. C, Fauconnier, M. L, Kor, M. N., & Richel, A. (2021). Fatty acid profiles, antioxidant, and phenolic contents of oils extracted from *Acacia polyacantha* and *Azadirachta indica* (Neem) seeds using green solvents. *Journal of food processing and preservation*, 45(2), <https://doi.org/10.1111/jfpp.15115>.

Разработка дизайна упаковки для нового шоколада «Мафт» с заменителем сахара

Филинская Юлия Александровна¹,
Заболотный Евгений Алексеевич², Банникова Ольга Анатольевна¹

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

² ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (ПКУ)»

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Филинская Ю.А., ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», адрес: 125080, Москва, Волоколамское ш., 11, e-mail: filinskayaya@mgupp.ru

Целью данной работы являлась разработка дизайна упаковки для нового шоколада с заменителем сахара. В статье приведены основные этапы разработки дизайна упаковки для нового шоколада «Мафт» с заменителем сахара. Определены основные типы упаковок современного шоколада, тенденции в дизайне. На основании данного анализа обоснован выбор упаковочных материалов (фольга, картон) с учетом их безопасности для потребителя, пищевого продукта и обеспечения сохранения качества пищевого продукта. Определено направление для разработки дизайна – наличие фотореалистичного изображения кусочков шоколада на упаковке и применение цвета фона и шрифта названия, отличного от уже применяемых на упаковках плиток шоколада. Проведена разработка дизайна упаковки для нового шоколада «Мафт» с заменителем сахара на основе созданного паттерна из собственных фотографий кусочков шоколада и элементов, отражающих его вкус. Для написания названия продукта выбран шрифт BremendCFR. Проведена работа над размещением элементов дизайна, включая требуемую тестовую составляющую. В качестве цвета фона на боковых сторонах упаковки использован оттенок зеленого цвета (С 35%, М 0%, У 49%, К=0%), а в качестве цвета названия и подложки под него – оттенки бежевого (С 14%, М 31%, У 41%, К=0%) и темно-коричневого цвета (С 58%, М 65%, У 82%, К=73%).

Ключевые слова: упаковка, картон, дизайн, шоколад.

Введение

В современном мире упаковка очень важна, так как позволяет защитить продукт, сохраняя его качество. А разработка оригинального дизайна упаковки привлечет потребителей к данной продукции, вызовет желание купить ее, запомнится и сформирует правильное впечатление. Все это важно и для упаковки шоколада, особенно в свете появления новой продукции разных рецептур и вкусов (Maleki, 2020; Ares, 2010; Becker, 2011).

Изделия из шоколада являются одним из основных вариантов десерта для человека, в которых содержится очень много полезных для организма веществ с весомой пищевой ценностью и свойствами (Парфёнов, 2012; Macht, 2002; Steele, 2004).

В настоящее время потребление шоколада растет, однако предприятиям требуется учитывать дина-

мику спроса, изменения в предпочтениях потребителей. Требуется понимание «чего хотят потребители», чтобы обеспечить увеличение продаж данной продукции. Причем в рамках продукции кондитерского рынка возможно «играть» как на рациональной мотивации, так и на эмоциях потребителей. Это позволяет производителям не только обеспечивать свою устойчивость, но и обходить конкурентов.

Для изучения данных вопросов регулярно проводятся исследования спроса на продукцию, изучаются предпочтения потребителей, существующие тренды. Исследования показывают разнообразие ассортимента шоколадной продукции, в большинстве случаев среди всего этого ассортимента потребитель предпочитает плитки шоколада (Пономарева, 2019; Рыжакова, 2021).

Исследования выявляют, что происходит насыщение рынка во всех сегментах. Что в свою очередь

приводит к усилению конкуренции, особенно в больших городах, в том числе при розничной продаже продукции в сетях. Отмечается, что постепенно ситуация смещается в сторону борьбы на уровне позиционирования, требуется эффективное привлечение и постоянное удивления потребителей за счет выпуска новинок и ограниченных серий продукции, при этом должен сохраняться баланс «цена - качество», то есть не должно быть существенного удорожания продукции, существенного отличия цены новинок от привычной цены на данную продукцию. Также одним из наблюдаемых на рынке тенденций является «игра» производителей с упаковкой (ее формой, размером, материалом) (Пономарева, 2019).

В связи с этим появляется и начинает пользоваться спросом шоколадная продукция с необычными вкусами (Булганина, 2019; Шемчук, 2019).

Также имеется возможность разрабатывать шоколад с компонентами, заменяющими традиционный сахар и другие компоненты (Berk, 2009). Таким образом, можно рассматривать шоколад как продукт функционального питания (Рыжакова, 2019; Быков, 2018; Парфёнов, 2012; Никитин, 2017).

Современные исследования поведения и потребностей покупателей показывают, что многие современные потребители следят за своим рационом питания. Помимо того, что покупатели обращают внимание на вкус продукта, они внимательно изучают состав продуктов, так как стараются ограничить количество потребляемого сахара и жиров (Nightingale, 2012). Они даже согласны больше платить за продукты, которые не содержат нежелательных элементов (Пономарева, 2019; Рыжакова, 2021; Рыжакова, 2019; Poulain, 2016).

В России главными продавцами по количеству и занимающим наибольший процент объёма продаж шоколада является «Mondelez International» и его бренд «Alpen Gold», «Nestle SA» и его же бренды «Nestle», «Россия щедрая душа», и «Объединенные кондитеры» у которого бренды «Felicita», «Аленка», «Бабаевский», «Вдохновение», «Русский шоколад» и др. (Рыжакова, 2019).

Среди упаковочных материалов фольга занимает одно из важных мест благодаря непроницаемости для влаги и газов, далеко превосходящей любую бумагу или пластик, светонепроницаемости, а также способности отражать тепловое излучение (Хэнлон, 2006). Внешний вид фольги

(глянец и цвет) говорит о ее высоком качестве, в связи с чем она широко используется в упаковке престижных товаров. По сравнению с другими гибкими материалами фольга недешева, но при небольшой ее толщине применение фольги оказывается вполне эффективным. Благодаря своим изолирующим свойствам фольга лучше всего работает в качестве внутреннего слоя многослойных структур, так как она очень уязвима в смысле истирания и царапин.

Также большую долю рынка упаковочных материалов занимает картон. Картон имеет преимущество перед другими материалами, так как обеспечивает необходимую форму упаковки, может быть запечатан с применением разных способов печати и далее подвергнут различным послепечатным процессам (Кирван, 2008).

Для обеспечения привлечения внимания потребителя упаковка должна иметь соответствующее художественное оформление¹ (Медяник, 2003). Также исследователями (Пономарева, 2019; Рыжакова, 2019) отмечается, что одними из факторов выбора покупателями того или иного шоколада являются информация на упаковке и вид упаковки, а также рыночная новизна.

Поэтому разработка упаковки для появляющихся новых продуктов, а также редизайн существующих упаковок, является востребованным и актуальным (Lee, 2013). При этом необходимо ответственно подходить к выбору материалов упаковки, обеспечивая защиту продукта от воздействия окружающей среды, с учетом санитарно-гигиенической безопасности материалов упаковки (Thomson, 2015, Gunaratne, 2019, Young, 2016).

Перспективными разработками в области пищевого производства является создание продуктов с заменителями сахара, в частности шоколада, а также придание новых вкусов этому продукту. Для нового продукта требуется своя упаковка, которая выделит его среди существующих.

Поэтому целью данной работы была разработка дизайна упаковки для нового вида шоколадной продукции - шоколада «Мафт» в виде шоколадной плитки, содержащего заменитель сахара и растительную добавку, придающую шоколаду дополнительный вкус (мятный).

Достижение поставленной цели требует решения следующих задач: анализ современной упа-

¹ Усаева, Т. В., & Медяник, Н. Л. (2003). Конструирование и дизайн упаковки и тары: Уч. пособие. Магнитогорск: МГТУ им. Г. И. Носова.

ковки для шоколадной продукции в форме плиток; обоснованный подбор материалов упаковки; определение направления для разработки дизайна упаковки для шоколада «МАФТ» в форме плитки; разработка дизайна упаковки шоколада в соответствие с выбранным направлением. При этом необходимо соблюдение требований нормативной документации (ГОСТ Р 51074, ТР ТС 005/2011) к информации для потребителей, которая должна присутствовать на упаковке для пищевых продуктов.

Методика исследования

Объектом исследования являлась упаковка для шоколада в форме плиток.

В ходе сбора данных для последующего анализа, а также для разработки дизайна упаковки применялись персональные компьютеры, оснащенные программным обеспечением для выхода в сеть Интернет (Google Chrome) и программой Adobe Photoshop CS2 для разработки дизайна упаковки.

В качестве методов исследования применялся метод анализа, для выявления основных типов упаковок, применяющихся в настоящее время для защиты шоколада в форме плиток, и тенденций их дизайна. Также использовался объемно-макетный метод, наглядно представляющий разработанную упаковку, позволяющий визуализировать результат разработки ее дизайна.

Результаты

Результаты исследования литературных источников показали, что в литературных источниках отсутствуют данные о том, как разрабатывается современный и оригинальный дизайн упаковки для шоколада. Поэтому необходимо было определить основные этапы разработки дизайна упаковки для данного продукта - шоколада «Мафт» в виде шоколадной плитки, содержащего заменитель сахара и растительную добавку, придающую шоколаду дополнительный вкус (мятный).

В соответствии с поставленной целью и определенными на этапе теоретического обоснования задачами, была установлена необходимость проведения следующих этапов: выбор материала упаковки; разработка дизайна упаковки, включая определение основного направления при создании дизайна упаковки для данного продукта на основе анализа существующих тенденций в дизайне упаковки шоколадных плиток, выбор конструк-

ции, цветового и шрифтового решения, разработка фона и их размещение на упаковке.

Чтобы приступить к созданию нового дизайна упаковки для шоколада необходимо знать современное состояние упаковки этого продукта, поэтому были проанализированы современные упаковки для шоколада. В результате было выделено 5 видов упаковок, которые используются для защиты плиток шоколада. Это упаковка флоу-пак в полимерную непрозрачную полипропиленовую пленку; упаковка в фольгу и последующая упаковка в картонную пачку; упаковка в фольгу и затем в бумажную обертку; упаковка в прозрачную полипропиленовую полимерную пленку и последующая упаковка в картонную пачку или нанесение бумажной этикетки; упаковка в фольгу с последующим помещением в металлическую коробку. Используемые материалы упаковки шоколада допущены к контакту с пищевыми продуктами, следовательно, они не оказывают негативного влияния на здоровье потребителя. При этом данные материалы обеспечивают защиту шоколада от воздействия окружающей среды, сохраняя его качество в течение необходимого срока хранения.

Таким образом, было установлено, что современные упаковки шоколадных плиток могут включать следующие материалы: картон, бумагу, алюминиевую фольгу, полимерные пленки из полипропилена.

В качестве материалов разрабатываемой упаковки для шоколада был выбран картон из белой целлюлозы и обертка из алюминиевой фольги. Выбор данных материалов основан на анализе рынка упаковки кондитерских изделий. Алюминиевая фольга обладает высокими барьерными свойствами, защищает от попадания воздуха, света, влаги, загрязнений, увеличивает срок его хранения, а также придает привлекательный внешний вид. Внешняя упаковка из картона будет защищать фольгу от механических повреждений, обеспечивать формуустойчивость, а также являться носителем образительной и информационной составляющей упаковки, так как их легко напечатать на этот материал. Также при необходимости на картоне можно дополнительно применить тиснение, лакирование, чтобы придать еще большую привлекательность упаковке.

Проанализировав дизайн современных упаковок шоколада, было выявлено, что часто используются фотоизображения, особенно популярны кусочки шоколада. Также встречаются стилизованные изображения (например, под рисунок живыми мате-

риалами, как в шоколаде «Аленка»). Часто присутствуют объемные композиции, включающие как кусочки шоколада, так и компоненты, придающие ему дополнительный вкус, например, орехи, виноград, кусочки апельсина и так далее.

Также установлено, что цветовые решения для серии упаковок шоколада одного бренда могут быть в виде единого цвета серии или в виде цветового кодирования.

Например, упаковки шоколадок «Alpen Gold» все красочные и очень заметные. Шоколадки упаковываются в полимерную непрозрачную упаковку в виде флоу-пак. Она отлично защищает шоколад от внешних факторов. Её минус лишь в том, что невозможно посмотреть на сам шоколад внутри упаковки. Производитель компенсирует это качественным изображением кусочка шоколадки, который демонстрирует начинку плитки. Каждый вкус имеет собственный цвет фона, а зона их логотипа занимает примерно одну треть от упаковки, контрастна к фону и имеет один цвет не зависимо от вкуса шоколада. Это позволяет быстро идентифицировать данного производителя и вкус шоколада даже издалека, не вчитываясь в надписи на упаковке.

Производители шоколада «Алёнка» в дизайне пошли другим путем. Этот шоколад выпускается с 1966 года, и дизайн упаковки плитки с того времени кардинально не менялся. Зато линейка вкусов расширилась, сейчас их 11. На упаковке присутствует фирменный логотип «Красный октябрь» (золотые буквы на красном фоне). Сама упаковка выполнена в пастельных желтых тонах, надпись «Алёнка» выведена золотом. Дизайн современных упаковок можно отнести к ретро-дизайну, он подчеркивается стилизованным изображением девочки в платочке, теплым «натуральным» оттенком фона.

В качестве основной конструкции картонной коробки для шоколада была выбрана складная коробка – пачка с трехклапанным дном и крышкой. Исходя из размеров плитки шоколада, были определены размеры упаковки и подготовлена развертка для последующей разработки дизайна.

В процессе работы важно было подобрать шрифт для названия шоколада, так как каждый тип шрифтов несет в себе определённую смысловую и психологическую нагрузку. Из всех рассмотренных вариантов был выбран Bremend CFR. Он отличается одновременно строгостью и декоративностью.

Чтобы выделить новый шоколад среди продаваемых шоколадок, было решено в оформлении фона упаковки использовать паттерн на основе собственных фотографий кусочков шоколада и элементов, отражающих особенности его вкуса. Собственный паттерн будет уникальным и гарантированно не будет встречаться на упаковках других производителей. При этом в качестве цвета фона решено использовать белый цвет. С одной стороны – фотореалистичное изображение является привычным и ожидаемым потребителем, позволит наглядно увидеть продукт, не раскрывая упаковку, понять особенности его вкуса. С другой стороны – паттерны довольно редко присутствуют в дизайне упаковок шоколада, а белый цвет позволит создать хороший контраст кусочков продукта к фону.

Поэтому была проведена фотосессия для получения элементов паттерна, а затем обработка фотографий и объединение их в компьютерной программе в единый элемент фона упаковки. Таким образом, для оформления дизайна упаковки задействована обработанная собственная фотография, расположенная на лицевой и задней стороне. На ней запечатлены кусочки шоколада с листьями мяты, посыпанные заменителем сахара. На переднем плане на лицевой панели изображена эмблема с названием шоколада «МАФТ», а под ним указана особенность данного продукта, точнее «Шоколад без сахара». В этой композиции название является композиционным центром. А надписи: «Без сахара», расположенные по всем сторонам коробки, информируют потребителя о его особенностях и о содержании в нём веществ. В качестве цвета фона на боковых сторонах упаковки использован зеленый цвет (С 35%, М 0%, У 49%, К=0%), оттенки бежевого (С 14%, М 31%, У 41%, К=0%) в качестве цвета названия и темно-коричневого цвета (С 58%, М 65%, У 82%, К=73%) в качестве подложки под него, что в сочетании с оформлением лицевой и задней панели также выделит этот дизайн среди существующих. Выбор данных оттенков осуществлен исходя из оттенков цвета, присутствующих на фотоизображениях на разработанном паттерне, что создает визуальную связь элементов дизайна и гармоничное сочетание оттенков цвета на упаковке. Также зеленый цвет ассоциируется с натуральностью, растительными компонентами, а коричневые оттенки цвета – характерны для цветовой гаммы шоколадной продукции. Поэтому присутствие этих цветов на упаковке данного продукта дополнительно будет вызывать у потребителя ассоциации с составом продукта. На задней панели упаковки расположено описание, состав, условия хранения, срок

годности, содержание в продукте основных компонентов как на 100 грамм продукта, так и на 1 порцию (5,55г) и другая необходимая информация,

в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51074 и ТР ТС 005/2011. Разработанный дизайн представлен на Рисунке 1.

Рисунок 1

Разработанный дизайн упаковки для шоколада «Мафт»



Обсуждение

Цель настоящего исследования состояла в том, чтобы разработать дизайн упаковки для нового шоколада с заменителем сахара. Для этого определены и проведены основные этапы разработки дизайна упаковки для нового шоколада «Мафт» с заменителем сахара в соответствии с данной целью и поставленными задачами. На сегодняшний день шоколадные кондитерские изделия — это вид продуктов питания, спрос на которые, постоянно растет, поэтому особое внимание следует уделять их качеству, а также упаковке, которая с одной стороны влияет на сохранение качества, а с другой стороны привлекает внимание потребителя к данной продукции и влияет на выбор потребителем продукции. Одним из факторов этого является дизайн упаковки. Результаты исследования показали, что в литературных источниках отсутствуют данные о том, как разрабатывается современный и оригинальный дизайн упаковки для шоколада.

Для решения поставленной цели в соответствии с установленными этапами обоснован выбор упаковочного материала (фольга, картон), так как упаковка на их основе наиболее безопасна для пищевого продукта. Определено направление для разработки дизайна – наличие фотореалистичного изображения кусочков шоколада на упаковке и применение цвета фона и шрифта названия, отличного от уже применяемых на упаковках плиток шоколада. В соответствии с выбранным направлением разработан оригинальный дизайн упаковки для шоколадной плитки «Мафт» с заменителем сахара, вклю-

чающий написание названия продукта шрифтом BremendCFR, разработанный паттерн для фонового изображения на основе собственных фотографий кусочков шоколада и элементов, отражающих его вкус. Фотореалистичное изображение является привычным и ожидаемым потребителем, которое позволит визуальнo «ощутить» вкус и аромат продукта. Подобранный цветовой вариант для упаковки (зеленый оттенок для боковых сторон упаковки (C 35%, M 0%, Y 49%, K=0%), оттенок бежевого цвета (C 14%, M 31%, Y 41%, K=0%) в качестве цвета названия и оттенок темно-коричневого цвета (C 58%, M 65%, Y 82%, K=73%) в качестве подложки под него). Исследования литературных источников показали, что дизайн упаковки продукта имеет решающее значение для первого впечатления, начального и текущего взаимодействия с продуктом, а также для формирования долгосрочных отношений между брендом, продуктом и потребителем. Таким образом, можно ожидать, что разработанный дизайн упаковки для нового шоколада «Мафт» с заменителем сахара (выбранные цветовые и шрифтовые решения в сочетании с оформлением лицевой и задней панели разработанным паттерном) выделит этот дизайн среди существующих.

Литература:

Булганина, С. В., Прохорова, М. П., Лабазова, А. В., & Белоусова, К. В. (2019). Исследование потребительских предпочтений при покупке шоколада. *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования*, 2, 157-162

- Быков, Д. Е., Макарова, Н. В., & Валиулина, Д. Ф. (2018). Шоколад как продукт для функционального питания. *Вестник Мурманского государственного технического университета*, 3, 447-459.
- Кирван, М. Дж. (2008). *Упаковка на основе бумаги и картона*. Профессия.
- Арес, Г., & Делиза, Р. (2010). Изучение влияния формы и цвета упаковки на потребительские ожидания молочных десертов с помощью словесных ассоциаций и совместного анализа. *Food Quality and Preference*, 21(8), 930-937. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.03.006>
- Никитин, И. А., Богатырёв, В. А., Миронченко, Я. А., & Лавров, С. В. (2017.) Разработка технологии шоколада диетического назначения на основе натуральных сахарозаменителей. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 2, 153-158.
- Парфёнов, А. С., Дикур, О. Н., Лукинова, Н. М., Типисева, И. А., & Владимирова, А. Д. (2012). Оценка влияния шоколада без сахара на сердечно-сосудистую систему. *Пищевая промышленность*, 12, 76-79.
- Пономарева, Е. (2019) Тренды и особенности потребительского поведения на кондитерском рынке. *СФЕРА: Кондитерская и хлебопекарная промышленность*, 2, 48-52.
- Рыжакова, А. В., & Головизнина, М. С. (2021) Качество и конкурентоспособность российского шоколада в соответствии с современными ожиданиями потребителей. *Пищевая промышленность*, 2, 15-19
- Рыжакова, А. В., & Головизнина, М. С. (2019) Потребительский спрос на плиточный шоколад и факторы, влияющие на него. *Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова*, 4, 147-155.
- Хэнлон, Дж. Ф., & Келси, Р. Дж. (2006) *Упаковка и тара: проектирование, технологии, применение*. Профессия.
- Шемчук, М. А., & Лобач, Е. Ю. (2019) Исследование потребительских предпочтений на рынке шоколада г. Кемерово. *Техника и технология пищевых производств*, 49, 1, 159-165

Development of Packaging Design for New Chocolate “Maft” with Sugar Substitute

Yulia A. Filinskaya¹, Evgeniy A. Zabolotniy², Olga A. Bannikova¹

¹ *Moscow State University of Food Production*

² *K.G.Razumovsky Moscow State University of technologies and management (the First Cossack University)*

Correspondence concerning this article should be addressed to Yulia A. Filinskaya, Moscow State University of Food Production, 11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation. e-mail: filinskayaya@mgupp.ru

The purpose of this work was to develop a packaging design for a new chocolate with a sugar substitute. The article presents the main stages of development of packaging design for the new chocolate “Maft” with a sugar substitute. The main types of packaging of modern chocolate, trends in design. On the basis of this analysis, the choice of packaging materials (foil, cardboard) is justified and the direction for the design development is determined - the presence of a photorealistic image of chocolate pieces on the package and the use of background color and font of the name, different from those already used on the packaging of chocolate bars. The development of packaging design for the new chocolate “Maft” with a sugar substitute on the basis of the created pattern of their own photos of chocolate pieces and elements that reflect its taste. The BremendCFR font is chosen to write the product name. Work was carried out on the placement of design elements, including the required test component. As the background color on the sides of the package used green color (C 35%, M 0%, 49%, K=0%), and as the color of the name and the substrate under it - shades of beige (C 14%, M 31%, 41%, K=0%) and dark brown (C 58%, M 65%, 82%, K=73%), which in combination with the design of the front and rear panels developed pattern also.

Key words: package, cardboard, design, chocolate.

References

- Bulganina, S. V., Prohorova, M. P., Labazova, A. V., & Belousova, K. V. (2019). Research of consumer preferences when buying chocolate. *Innovacionnaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya* [Innovacionnaya ekonomika: perspektivy razvitiya i sovershenstvovaniya], 2, 157-162
- Bykov, D. E., Makarova, N. V., & Valiulina, D.F. (2018). Chocolate as a product for functional nutrition. *Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta], 3, 447-459.
- Kirvan, M. Dzh. (2008). *Upakovka na osnove bumagi i kartona* [Paper-and cardboard-based packaging]. Professiya.
- Ares, G., & Deliza, R. (2010). Study of the influence of the shape and color of packaging on consumer expectations of dairy desserts using word associations and joint analysis. *Food Quality and Preference*, 21(8), 930-937. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.03.006>
- Nikitin, I. A., Bogatyryov, V. A., Mironchenko, YA. A., & Lavrov, S. V. (2017). Development of technology for dietary chocolate based on natural sweeteners. *Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tekhnologij* [Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tekhnologij], 2, 153-158
- Parfyonov, A. S., Dikur, O. N., Lukinova, N. M., Tipiseva, I. A., & Vladimirova, A. D. (2012). Evaluation of the effect of sugar-free chocolate on the cardiovascular system. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 12, 76-79
- Ponomareva, E. (2019). Trends and features of consumer behavior in the confectionery market. *SFERA: Konditerskaya i hlebopekarnaya promyshlennost'* [SPHERE: Confectionery and bakery industry], 2, 48-52
- Ryzhakova, A. V., & Goloviznina, M. S. (2021). The quality and competitiveness of Russian chocolate in accordance with modern consumer expectations.

How to Cite

Filinskaya, Y. A., Zabolotniy, E. A., & Bannikova, O. A. (2021). Development of packaging design for new chocolate “Maft” with sugar substitute. *Health, Food & Biotechnology*, 3(1). <https://doi.org/10.36107/hfb.2021.i1.s81>

- Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 2, 15-19
- Ryzhakova, A. V., & Goloviznina, M. S. (2019). Consumer demand for bar chocolate and factors affecting it. *Vestnik Rossijskogo ekonomicheskogo universiteta im. G.V. Plekhanova* [Vestnik Rossijskogo ekonomicheskogo universiteta named after G.V. Plekhanov], 4, 147-155.
- Henlon, Dzh. F., & Kelsi, R. Dzh. (2006). *Packaging and packaging: design, technology, application* [Packaging and containers: design, technology, application]. Professiya.
- SHemchuk, M. A., & Lobach, E. YU. (2019). Research of consumer preferences in the Kemerovo chocolate market. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv* [Technique and technology of food production], 49, 1, 159-165.
- Ares, G., & Deliza, R. (2010). Study of the influence of the shape and color of packaging on consumer expectations of dairy desserts using word associations and joint analysis. *Food Quality and Preference*, 21(8), 930-937. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.03.006>
- Becker, L., van Rompay, T. J. L., Schifferstein, H. N. J., & Galetzka, M. (2011). Tough package, strong taste: The influence of packaging design on taste impressions and product evaluations. *Food Quality and Preference*, 22, 17-23. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.06.007>
- Thomson, D. M. H., & Crocker, C. (2015). Application of conceptual profiling in brand, packaging and product development. *Food Quality and Preference*, 40(PB), 343-353. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.04.013>
- Gunaratne, N. M., Fuentes, S. Email Avtor, Gunaratne, T. M., Torriko, D. D., Frensis, K., Eshman, H., Gonzalez Viejo, C., & Danshi, F. R. (2019). Effects of packaging design on sensory liking and willingness to purchase: A study using novel chocolate packaging. *Heliyon*, 5(6), e01696. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01696>
- Maleki, S., Amiri Aghdaie, S.F., Shahin, A., Ansari, A. (2020). Investigating the relationship among the Kansei-based design of chocolate packaging, consumer perception, and willingness to buy. *Journal of Marketing Communications*, 26, 8, 836-855.
- Nightingale, L. M., Cadwallader, K. R., & Engeseth, N. J. (2012). Changes in dark chocolate volatiles during storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(18), 4500-4507.
- Young, M. E., & McCoy, A. W. (2016). Millennials and chocolate product ethics: Saying one thing and doing another. *Food Quality and Preference*, 49, 42-53.
- Lee, W. C. J., Shimizu, M., Kniffin, K. M., & Wansink, B. (2013) You taste what you see: Do organic labels bias taste perceptions? *Food Quality and Preference*, 29 (1), 33-39. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84874702966&doi=10.1016%2fj.foodqual.2013.01.010&partnerID=40&m=10.1016/j.foodqual.2013.01.010>
- Steele, R. (2004). *Understanding and measuring the shelf-life of food*. Woodhead Publishing
- Macht, M., Roth, S., & Ellgring, H. (2002) Chocolate eating in healthy men during experimentally induced sadness and joy. *Apetite*, 39, 2, 147-158. <https://doi.org/10.1006/appe.2002.0499>
- Poulain, J. Choosing the right chocolate - Taste profile & cocoa origin. Aalst Wilmar URL: <https://www.aalstchocolate.com/single-post/2016/07/15/Part-4-Choosing-the-Right-Chocolate-Taste-Profile-Cocoa-Origin>

Автоматизированная система расчета и контроля соотношения входящего сырья и готовой продукции в кондитерском производстве (на примере линии по производству шоколада)

Благовещенская Маргарита Михайловна¹,
Аднодворцев Александр Михайлович¹

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Благовещенская М.М., ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», адрес: 125080, Москва, Волоколамское ш., 11, e-mail: mmb@mgupr.ru

В статье рассматривается проблема автоматизации контроля сырья и готовой продукции на примере линии по производству шоколада. Как известно, шоколад является высокомаржинальным продуктом. Для его производства используется дорогостоящее сырьё, в т.ч. к-бобы, которые поставляются из-за границы. В конечной стоимости продукции 65-80 % составляет стоимость сырья. Для линии по производству шоколада средней мощности затраты на сырьё исчисляются несколькими миллионами рублей ежедневно. Проблема контроля расхода сырья и выхода готовой продукции имеет конкретное экономическое значение для предприятия, акционеров. Перспективным направлением исследования следует считать эксперимент по внедрению цифровизации в производственные процессы. В условиях дефицита кадров и высокой стоимости затрат внедрение амортизированной системы позволит минимизировать человеческий фактор, исключить дополнительную загрузку персонала, не увеличивать текущие затраты на производство. В результате эксперимента в производственных процессах внедрены современные средства контроля сырья и готовой продукции, применены программируемые логические контроллеры, сформированы базы данных, настроено программное обеспечение для анализа данных. Это позволило сделать процесс наиболее прозрачным для учета, обеспечить оперативный доступ к данным и не допускать превышения перерасхода дорогостоящего сырья, своевременно пресекать несанкционированные действия оператора.

Ключевые слова: учет сырья, готовой продукции, автоматизированная система расчета, линия по производству шоколада.

Введение

Одним из главных приоритетных направлений научно-технологического развития Российской Федерации, входящим в Стратегию Научно-технологического развития Российской Федерации (утверждена Указом Президента РФ от 01.12.2016 № 642) является «переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта».

В кондитерском производстве существует проблема автоматизации контроля сырья и готовой продукции с использованием интеллектуальных технологий.

В конечной стоимости кондитерской продукции 65-80 % составляет стоимость сырья, в среднем для линии по производству шоколада средней мощности затраты на сырьё исчисляются несколькими миллионами рублей ежедневно. Проблема автоматизации контроля расхода сырья и выхода готовой продукции имеет конкретное экономическое значение для предприятия, акционеров. Именно внедрение интеллектуальных технологий в производ-

ственные процессы позволит эффективно решать эту проблему.

В настоящее время учет сырья, полуфабрикатов и готовой продукции на кондитерских предприятиях осуществляется посредством систем, данные с которых вручную записываются в журналы установленной формы, далее вручную заносятся в компьютер. Подобная ситуация не исключает возможности искажения данных, неумышленных ошибок, вызванных человеческим фактором, несанкционированного доступа к учетным системам предприятия.

Перспективным направлением решения этой проблемы является создание автоматизированной системы контроля соотношения входящего сырья и готовой продукции с использованием интеллектуальных технологий. Это позволит минимизировать влияние человеческого фактора на выпуск готовой продукции, сделать процесс наиболее прозрачным для учета, обеспечить оперативный доступ к данным и не допускать превышения перерасхода дорогостоящего сырья, своевременно пресекать несанкционированные действия оператора и не допускать хищений.

Минимизация воздействия вышеуказанных факторов предполагает, что все виды сырья, полуфабрикатов, упаковочных материалов подвергаются автоматизированному учету на входе в натуральном выражении. В случае поступления объектов учета в тару, определяется вес тары (выборочное взвешивание). Данные в обязательном порядке проходят регистрацию в учетной системе предприятия с разграничением прав доступа по внесению и корректировке информации. Готовая продукция проходит процедуру 100 % взвешивания в упакованном виде (в гофрокоробах на выходе с линии и/или в паллетах при передаче из цеха на склад). Вес паллеты учитывается индивидуально, вес коробов определяется по среднему весу для каждого типа короба.

За основу для описания линии шоколада как объекта автоматизации принята типовая технологическая схема производства шоколада, которая характерна для большинства линий, поставляемых и эксплуатируемых в РФ.

Выбор шоколада, как одной из подгрупп кондитерской продукции сделан не случайно. Шоколадная плитка имеет высокую конечную цену на полке магазина. На это влияет высокая стоимость сырья, добавленная стоимость товара, а также уникальные потребительские свойства. Таким образом, внедрение

автоматизированных функций контроля исходного сырья и готовой продукции имеет наибольшую степень экономической значимости для компании.

Укрупнено процесс производства шоколада условно разделен на несколько стадий:

- подготовка сырья (какао-бобы, сахара и др.);
- получение полуфабрикатов (какао-тертое, какао-масло);
- составление рецептурной смеси и ее обработки (шоколадная масса для формования);
- подготовка и формования отдельных изделий (темперирование, отливка, охлаждение);
- упаковки готовой продукции (завертка, укладка в шоу-боксы, транспортной тару, паллетирование).

На каждый вид продукции существует рецептура¹ (Кормаков С.И., 1974) на основе которой определяется соотношение массы готовой продукции, заданной производственным заказом, и массы каждого сырьевого компонента для соответствующего заказа. То есть для каждого наименования шоколада (SKU) возможно определить расчетную по рецептуре массу сырья для заказанного объема производства.

Однако, в реальном производстве фактический расход сырья зачастую имеет отклонения от расчетного, что вызвано особенностями протекания производственных процессов на каждом предприятии. Зачастую эти факторы невозможно формализовано описать, но в конечном итоге все они сводятся к следующему:

- фактическая масса рецептурных компонентов, поданных на линию в соответствии с заданной рецептурой, имеет отклонения от расчетной;
- режимы работы оборудования (простои, ремонты) привели к вынужденным потерям сырья и/или готовой продукции;
- нарушено соблюдение технологии производства данного вида на данной линии.

Задача автоматизированного выявления подобных отклонений, их анализ, определение причин и предложение управляющего воздействия являются основной темой в данной статье.

В 1940 г в книге «Технология кондитерского производства» (Рапопорт, 1940) указано, что «автоматизация контроля удешевит его стоимость, ускорит процесс контроля, повысит дисциплину персонала, обслуживающую производственную аппаратуру, и

¹ Кормаков, С. И., & Серебряков, М. Н. (1974). Справочник для рабочих шоколадного производства. Пищевая промышленность.

повысит качество продукции». Основными задачами того периода времени были: выпуск безвредной продукции, уменьшение брака, потерь, снижение себестоимости. Автор книги указывает на элементарные средства автоматизации, которые необходимо внедрять для решения поставленных задач:

- применение термопар и термометров сопротивления;
- установка самописцев, регистрирующую температуру;
- установка автоматических регуляторов;
- использование фотоэлементов.

Конечно, учитывая сложный период того времени, отсутствие средств для развития элементной базы, сложности в изготовлении современных материалов сказывалось на внедрении средств автоматизации в кондитерском производстве.

Современный учет расхода сырья в кондитерском производстве описан в учебнике «Основы кондитерского производства» (Маршалкин, 1994). Отчет о расходе сырья за определенный период составляется в виде специальной утверждённой формы – 5 К. Основой для заполнения формы являются данные о количестве выработанной продукции, количестве сданных полуфабрикатов, полуфабрикатов, оставшихся незавершёнными на начало и конец отчетного периода, данные лабораторных анализах о фактической доле сухих и т.п.

Важным направлением работы производства является анализ расхода сырья, так как нередко проводят замены одного вида сырья другим. Такие замены предусмотрены рецептурами, но требуют дополнительного анализа. Такой анализ позволяет судить о технологической дисциплине, бережном использовании сырьевых ресурсов (Драгилев, 2015).

Работы по автоматизации технологических процессов кондитерских производств с использованием современных интеллектуальных технологий проводили С.И. Апанасенко, М.Г. Балыхин, В.К. Битюков, М.М. Благовещенская, Я.В. Иванов, А.Е. Краснов, Е.А. Назойкин, А.Н. Петряков, А.В. Татаринов, А.В. Шаверин.

Коллегами (Апанасенко, 2012; Иванова, 2012) исследована типовая интегрированная система автоматизированного контроля параметров в потоке на примере линии по производству помадных глазированных конфет. Исследование показали возможности современных нейросетевых технологий и системы компьютерного зрения, но и сложности в создании рабочей модели.

Применение адаптивных систем управления (Балыхин, 2017; Балыхин, 2019) позволяют создавать эффективную автоматизированную систему принятия решений. Структура адаптивной системы управления реализуется на основе адаптивных систем с идентификатором и внешним контуром управления. В результате полученная информация позволяет группе лиц принимать решение при анализе выходного продукта и управления его качеством в режиме реального времени. Создание подобных систем требует значительных финансовых и человеческих ресурсов, требует обкатки на практике и безусловно является перспективным направлением.

Решение задач повышения качества продуктов питания предложено решить на основе теории искусственных нейронных сетей (Благовещенская, 2005; Благовещенская, 2015). Ученые создали автоматизированную оценку качества объекта пищевых продуктов и научную методологию. Для примера, выбрана помадная конфета, определен показатель, который имеет наибольший вклад по качеству, автоматизированная система сравнила показатели качества и текущий уровень качества продукта. На основании полученных данных подготовлено соответствующее заключение.

Проведенный нами обзор и анализ состояния теории и практики методов автоматизации контроля сырья и готовой продукции кондитерского производства показал, что остается много нерешенных вопросов по системе расчета и контроля соотношения входящего сырья и готовой продукции. Также, до настоящего времени не предложены современные интеллектуальные технологии, методы и средства автоматизации этого вопроса.

Для устранения этих недостатков актуальным является разработка автоматизированной системы расчета и контроля соотношения входящего сырья и готовой продукции с использованием интеллектуальных технологий.

Статья посвящена преодолению указанных недостатков и разработке комплекса современных программно-технических средств, являющегося основой создания автоматической системы расчета и контроля соотношения входящего сырья и готовой продукции, а также методика использования этого комплекса.

Методы

Изучен опыт работы западных компаний в области учета сырья и готовой продукции (информация

получена опытным путем). Многие американские крупные компании по производству кондитерских изделий используют систему SAP.

Аббревиатура SAP (Systems Analysis and Program Development) расшифровывается как «системный анализ и разработка программного обеспечения». Организовали компанию пятеро сотрудников гиганта IT-индустрии IBM. Идея создания проекта возникла из анализа спроса клиентов, приходящих в фирму за различными услугами. Система SAP ориентирована на средние и крупные предприятия. Она предоставляет руководству важную информацию, связанную с деятельностью компании в реальном времени. Образуя единое информационное пространство, программное обеспечение заменяет ручные задачи автоматизированными процессами. В таких компаниях взвешивается весь объем поступающего сырья. Оплата проводится за чистый вес (нетто) сырья. Например, взвешивается сахар на весах, и далее вычитывается вес тары. На линии также происходит взвешивание поступающего в производство сырья потоковыми весами (динамическое взвешивание сыпучих компонентов) и расходомерами (для жидкостей), производимой продукции (гофрокороб или групповая упаковка).

Данные по произведенной продукции заносятся в SAP и становятся доступными во всей сети компании для заказов дистрибьютерами. Паллеты с готовой продукцией, отгруженные в машины, отслеживаются по GPS.

В США законодательством запрещено продавать продукцию, если ее вес меньше 100% от установленного (недовес запрещен), ведется жесткий контроль. Компании стремятся минимизировать перекос, удерживать его на уровне 1-2 %.

Европейские и Российские компании используют ERP системы ERP (англ. Enterprise Resource Planning, планирование ресурсов предприятия) – организационная стратегия интеграции производства и операций, управления трудовыми ресурсами, финансового менеджмента и управления активами, ориентированная на непрерывную балансировку и оптимизацию ресурсов предприятия посредством специализированного интегрированного пакета прикладного программного обеспечения, обеспечивающего общую модель данных и процессов для всех сфер деятельности. ERP-система – конкретный программный пакет, реализующий стратегию ERP

Приемка сырья на склад осуществляется в единой автоматизированной системе, в которой хра-

нится информация о поставщиках, материалах, сертификатах. Европейские компании не используют «тотальное» взвешивание сырья, так «работает» принцип «партнерских отношений». На входе применяется взвешивание автотранспорта, допускается выборочное взвешивание. Контроль за весом готовой продукции возлагается на динамические системы, работающие без участия человека.

Внедрение EPR системы в России широко используется на мясокомбинатах. Результаты внедрения очевидны и экономически понятны. На основе примера внедрения данной системы на одном из региональных мясокомбинатов средней мощности получен следующий результат:

- сокращение технологического брака с 0,8% до 0,4 %,
- снижение потерь при размораживании с 3,7 до 0,8 %,
- потери от недовыработки или несвоевременной выработки изделий сократились в 8 раз.

На предприятии внедрен фактический учет движения сырья и готовой продукции в режиме реального времени, внедрено учет по переделам, обеспечивающий прозрачность производства. Внедрен план-фактный анализ выполнения задания производства в режиме реального времени, повышены конкурентные преимущества предприятия путем своевременного принятия оперативных решений.

Методология

Объемы готовой продукции (Q), произведенной в определённый период времени и количество поступившего на линию сырья (P) фиксируются на весоизмерительном оборудовании предприятия отдельно для каждого вида, передаются в учетную систему фабрики и являются фактической массой израсходованного сырья и произведенной готовой продукции.

Если за смену выпускается несколько видов шоколада, каждый по своей рецептуре, то и расход сырья, и готовая продукция фиксируются для каждого вида. Также, очевидно, что P и Q для каждой линии шоколада определяются отдельно и соответствуют технологическому процессу и уровню технической оснащённости линии. Соотношение между P и Q предлагается оценивать через вводимый в данной методике технологический параметр L, который определяется для данного вида продукции, выражением:

$$L = (P - Q)/P, \quad (1)$$

где P – общая масса сырья (суммарная масса рецептурных компонентов), затраченного для изготовления заданного объема готовой продукции конкретного вида шоколада. Если в выражении (1) P является расчётным P_p , то есть расход для заданного объёма производственного заказа на данный продукт определён по нормативам производства, то и L будет расчётным:

$$L_p = (P_p - Q)/P_p, \quad (1')$$

В выражениях (1) и (1') расход сырья вычисляется как сумма расходов каждого рецептурного компонента. При этом расчётное значение расхода сырья определяется как

$$P_p = \sum_{i=1}^n P_{ip}, \quad (2)$$

где P_{ip} – нормативный расход i -го компонента в данной рецептуре данного типа продукта.

Фактическое значение расхода должно определяться с учётом применяемого на предприятии регламента учета сырья в производстве. Т.е. должно учитываться на подотчётном интервале времени (например смены) с учётом передаваемых остатков на начало смены Онс и конец смены Окс. Тогда, для каждого i -го рецептурного компонента будет справедливо выражение

$$O_{inc} + \Pi_i \approx P_{if} + O_{ksc}, \quad (3)$$

где Π_i – приход (поступление) i -того компонента в течение смены на технологическую линию.

Π_i фиксируются весоизмерительной системой.

O_{inc} и O_{ksc} – остатки i -го компонента на начало и конец смены.

P_{if} – фактический расход i -го данного компонента в течение смены, определяется из выражения:

$$P_{(if)} \approx (O_{nc}^i + s^i) - O_{kc}^i, \quad (4)$$

Тогда общий фактический расход сырья для данного производственного заказа (данного SKU) будет:

$$P_{(\Sigma f)} \approx \sum_{i=1}^n P_{if}, \quad (5)$$

где n – количество рецептурных компонентов в данном типе продуктов.

В выражениях 3–5 используется знак $\approx$ указывающий на нелинейность процессов производства (см. факторы, приведённые в начале раздела 1). Эти

факторы, в конечном счете, приводят к отклонениям в расходе сырья. Знак $\approx$ подчёркивает также отсутствие прямой зависимости $P_{iot}\Pi_{iiz}$ из-за возможной аппаратной и технологической нестабильности линии. В связи с этим ещё раз необходимо подчеркнуть, что в выражениях 3–5 все параметры фиксируются весоизмерительной системой и в дальнейшем принимаются как достоверные данные.

Для отдельных рецептурных компонентов на конкретной линии могут отсутствовать учитываемые остатки, тогда в выражении 3 остатки O равны нулю и $P_{if} = \Pi_i$.

При работе линии неизбежно появляется разнообразный брак, частью которого являются так называемые возвратные отходы (ВО) – которые затем после необходимой обработки направляются на производство готовой продукции и санитарный брак (СБ), которые не подлежат возврату в производственный процесс. Т.е. ВО на выходе линии – это готовая продукция, на которую затрачивается сырьё и поэтому:

$$\Pi_{линии} = \Pi_{кондицион.} + ВО + СБ, \quad (6)$$

и далее при анализе расхода сырья учитывается значение массы Π , полученного из выражения (6).

При протекании технологического процесса ВО по сути трактуются как один из видов сырья, которое добавляется через специально предназначенное для этого технологическое оборудование в сырьевую массу в соответствии с техпроцессом. Вес готовой продукции Q определяется весоизмерительной системой. Очевидно, что O , Π , P , Q учитываются в рамках общего отчетного периода.

Имея возможность определять L_p и L_ϕ предлагается в качестве интегральной оценки расхода сырья на линии использовать выражение

$$(L_\phi - L_p)/L_\phi \cdot 100 = \Delta\%, \quad (7)$$

При этом Δ должна рассматриваться как нормативный показатель стабильности расхода сырья для данной линии, выпускающей данной тип продукта.

Технические средства для внедрения методики

Для автоматического получения данных о параметрах технологического процесса использованы и внедрены на линии средства автоматизации:

- система автоматизированного учета реализована на базе программируемого логического

контроллера Siemens S7-315 2 DP. На контроллер ложатся функции сбора информации о значении веса масс. Информация о весе в приемных баках передается в программу контроллера через весоизмерительный модуль Siwarex. Сбор информации о весе в промежуточных баках осуществляется с весоизмерительных терминалов «Тензо-М». Терминал «Тензо-М» мод. ТВ-003/05, (Рис. 1) оборудован интерфейсами USB и RS-232/485. Передача данных выполняется на основе протокола функционирования модуля двухстороннего обмена - программы управления;

- считывание информации с терминала (программа «ControllerFree»). Программа реализует протокол обмена данными и является полным сервером OLE автоматизации (fullserverOLEAutomation). На базе указанного терминала и протокола осуществлено функционирование весоизмерительных устройств;
- управление дозированием сыпучих добавок осуществляется автоматизированной системой на базе ПЛК Siemens Simatic S-7 300 посредством весоизмерительного модуля Siwarex FTA. В систему автоматизированного учёта информация о значении расхода сырья сыпучих компонентов поступает от контроллера рецептурной станции от контроллера MPI;
- учёт готовой продукции осуществляется с использованием динамических весов, встроенных в линию. Программа ServerXmlCWSERVICE используется для сбора и записи в базу данных отчетов, формируемых динамическими весами о количестве и вес готовой продукции (Рис. 2);
- для хранения данных, полученных от группы датчиков, выбрана система управления реляционными базами данных СУБД MSSQLSERVER. Система позволяет принимать информационный поток как от ПЛК, так и от любой SCADA-системы. Связь контроллера с сервером базы данных осуществляется посредством коммуникационного модуля CP-343-1 по сети Ethernet.

Таким образом, обмен данными между программным обеспечением различных производителей осуществляется посредством протокола OPC. В качестве конвектора протоколов выбрано специализированное программное обеспечение, позволяющее без потери производительности преобразовывать информацию, полученную при помощи SQL запроса к базе данных в данные формата OPC. Информация о фактических показателях отображается на экране SCADA-системы персонального компьютера.

Рисунок 1
Весовой терминал



Рисунок 2
Динамические весы

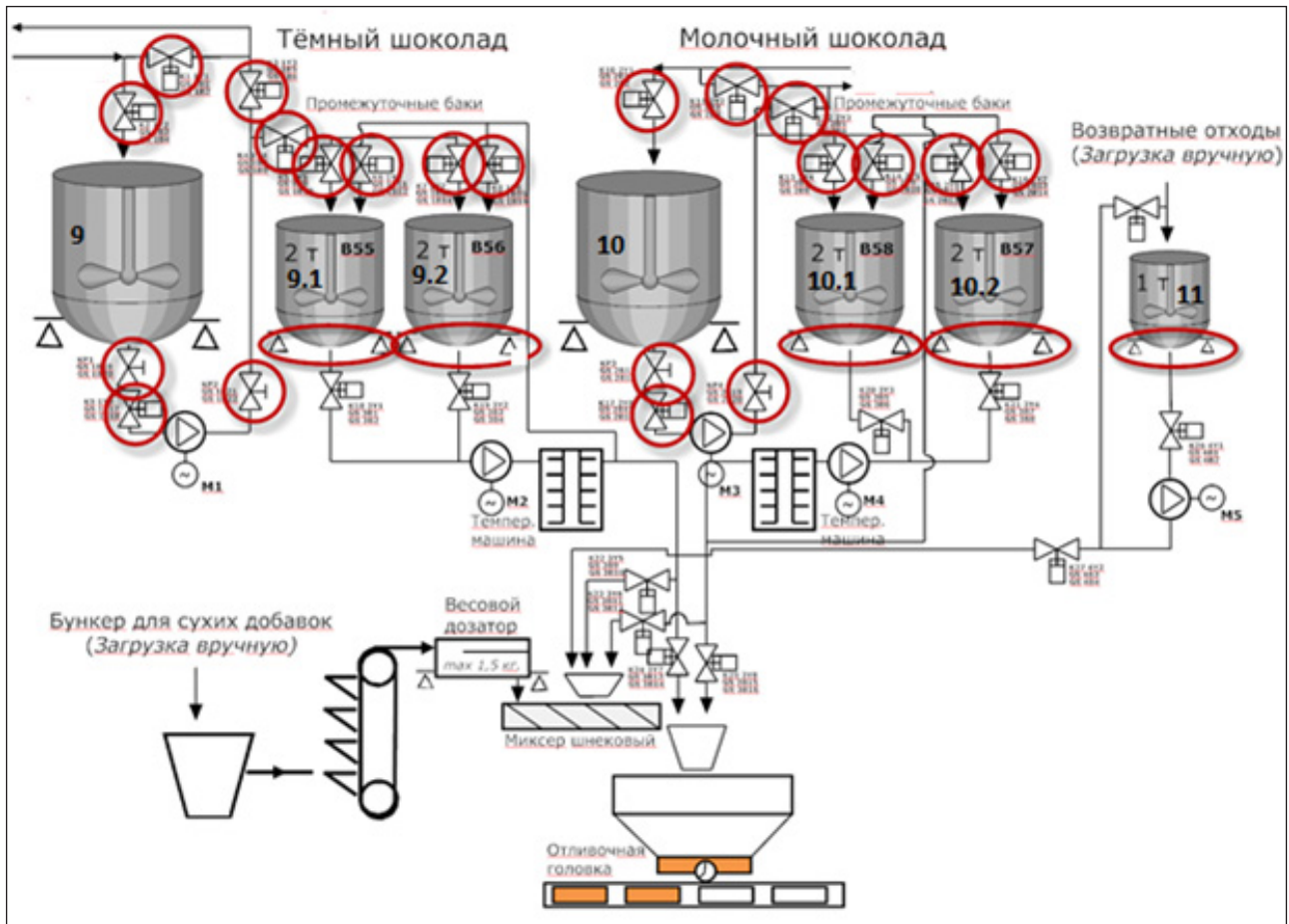


Разработанный комплекс программно-технических средств является универсальным и может быть адаптирован для фиксирования других технологических параметров различных процессов. Комплекс позволяет контролировать положение запорной арматуры и отслеживать состояние насосов перекачки, осуществлять управление пневматическими клапанами. Сигналы на управление клапанами поступают напрямую от контроллера.

Внедрение методики на линии по производству шоколада

Далее разобран пример использования разработанной методики применительно к линии по производству шоколада, начиная с процесса подачи готовой рецептурной смеси и до участка отливки плиток включительно (Рис. 3).

Рисунок 3
Схема линии по производству шоколада



Согласно технологическому процессу основное сырье – готовые шоколадные массы поступают в емкости хранения и подачи 9, 9.1, 9.2 (темная шоколадная масса) или в емкости 10, 10.1, 10.2 (молочная шоколадная масса).

Расход сырья определяется через остатки сырья на начало смены O_n , приход P и остатки на конец смены O_k .

Линия по производству шоколада работает на двух видах шоколадной массы (далее Ш.М.) темной и молочной. Внутри подгруппы продукции различаются по виду рецептуры Ш.М. и сухих добавок. Таким образом, рецептура конкретного типа шоколада содержит данные по массе Ш.М. и массе сухих добавок. Например, в случае выпуска темного шоколада, для того чтобы воспользоваться выражением (4) необходимо на начало и конец смены взвесить остатки в баках 9, 9.1 и 9.2 и взвешивать Ш.М., поступающую в бак 9 в течение смены, для получения фактического значения прихода Ш.М. $P_{ш.м.}$.

Масса поступившей в накопительные баки 9 или 10 шоколадной массы (приход) определяется весоизмерительной системой линии и записывается в базу данных. Для обеспечения корректности процесса взвешивания прихода сырья, перекачка шоколадных масс из накопительных баков в расходные баки 9.1, 9.2, 10.1, 10.2 осуществляется в интервалы времени, когда приход не осуществляется. Расходные баки объединены трубопроводами попарно 9.1, 9.2 и 10.1, 10.2. В каждой паре один бак работает на отливочную головку. Непрерывность подачи шоколада на отливочную головку обеспечивается периодическим пополнением текущего расходного бака. Другой бак в это время может хранить шоколадную массу другой рецептуры. Так как весоизмерительная система обеспечивает взвешивание шоколадных масс во всех баках, то наличие шоколадной массы на начало работы по конкретной рецептуре и на конец работы фиксируется автоматически и записывается в базу данных. Это необходимо для расчета фактического расхода сырья на выработку конкретного типа продукции.

Таким образом, остаток темной шоколадной массы на начало смены:

$$O_{\text{ш.м.}}^I = O^I_9 + O^I_9.1 + O^I_9.2$$

Остаток на конец смены:

$$O_{\text{ш.м.}}^{II} = O^{II}_9 + O^{II}_9.1 + O^{II}_9.2$$

Масса израсходованного ореха определяется весовым дозатором линии.

Тогда фактический расход сырья определяется из выражения 5

$P = \Pi + O^I - O^{II}$, где Π есть суммарная масса прихода Ш.М, ореха, и возвратных отходов, использо-

ванных в данный отчетный период $\Pi = \sum_{i=1}^n \Pi_i$

ВО становятся для линии третьим сырьевым компонентом, масса которого должна учитываться в формуле (5).

Это не соответствует бухгалтерскому учёту, но справедливо для производственного, цель которого в данном случае определить соотношение P и Q .

ВО поступают в бак 11, где взвешиваются. Это будет третьей составляющей прихода Π_2 , тогда:

$$\Pi \Sigma = \Pi_{\text{ш.м.}}^1 + \Pi_{\text{сух. доб.}}^2 + \Pi_{\text{во}}^3$$

Необходимо отметить, что возвратные отходы, получившиеся в данную смену, необязательно должны перерабатываться в эту же смену. Выработка и расход ВО рассчитывается по формуле аналогичной (3): ВО на линии сразу после выработки взвешиваются на напольных весах. Та часть ВО, которая используется для выпуска данного объема ГП помещается в бак 11, где взвешивается и учитывается как приход.

Фактический вес израсходованных сухих добавок т.е., приход Π^2 определяется расходомером линии.

Далее в соответствии с методикой по выражениям 3–7 вычисляем Δ .

Значение коэффициента Δ (в случае устойчивой работы линии) вне зависимости от объема выпуска в данную смену будет неизменным для данного SKU.

Полученные значения O , P , Q позволяют получить Δ . Значение Δ , полученное по формуле 7 будет ха-

рактеризовать уровень соответствия фактических затрат сырья расчетным.

Эмпирическим способом на первом этапе получен показатель получить Δ равной 1,5 %, который характеризует допустимый уровень соответствия фактических затрат сырья расчетным. Однако, работа по анализу данных продолжается, анализируется работа системы, выявляются узкие места.

Планируемые практические результаты внедрения автоматизации по предложенной методике

Внедрение автоматизации по предложенной методике позволит внести в производственной процесс следующие качественные показатели:

- минимизация человеческого фактора в процессе взвешивания и отражения результатов в учетной системе;
- повышение уровня материальной ответственности сотрудников, участвующих в процессе учета входящих и исходящих ресурсов;
- исключение необоснованных потерь и обеспечение прозрачности по объективности данных.

Обсуждение

В настоящее время работа по созданию автоматических систем расчета и контроля соотношения входящего сырья и готовой продукции продолжается. Анализируются результаты внедрения, вносятся поправки, прорабатываются другие объекты исследования. Внедрение подобных проектов на предприятии является экономически затратным проектом. Решение о его внедрении должно принимать с учетом инфраструктурных факторов. Основные риски проекта-технологические. Создаваемая система не должна ухудшать логистическую схему (трудоемкость или возникновение дополнительных операций, дополнительные перерывы и т.п.). В противном случае, внедрение этой системы может снизить производительность линии, что приведет к возникновению упущенной выгоды. В ходе реализации выявлены следующие проблемы/риски:

- трудности подбора квалифицированных специалистов для настройки и обслуживания системы;
- увеличение операционных затрат в случае необходимости ее обслуживания;

- значительные капиталовложения при отсутствии прогнозирования конечной эффективности.

Практика применения подобных автоматизированных систем не единственная, но часто встречается в других сферах промышленности (энергетика, металлургия, автомобилестроение).

На основе методов кибернетики и автоматизации решается задача совершенствования деревообработки (Евстегнеев, 2019). Актуальность задачи обусловлена сохранением нормальной экологической обработки. Ресурсосбережение возможно при условии правильных операций- оптимальная распиловка бревен. Авторами разработана автоматизированная система управления процессом раскряжевки бревен и учета объема древесины, что позволило получить экономический эффект.

В работе авторов из МЭИ РАН (Дудин, 2019) изучены проблемы складского учета, предложены технические интересные решения. В статье рассматривается порядок маркировки продукции радиоидентификационными метками для целей оперативного контроля за движением продукции на разных этапах в т.ч. проведение инвентаризации. Подобные методы хорошо себя зарекомендовали на многих производствах, позволили оптимизировать складскую логистики. Однако, применение такого методов возможно не везде. Например, при производстве мелкоштучного и массового товара, возникают проблемы с нанесением радиоидентификационными метки. При незначительной стоимости единицы товара и отсутствии автоматизации, нанесение метки экономически нецелесообразно.

В заключение хочется отметить, что автоматизация процессов никогда не заменит человека, но улучшит его условия работы и работу всего производства в целом.

Литература

- Апанасенко, С. И., Благовещенская, М. М., & Благовещенский, И. Г. (2012). О перспективах создания системы автоматического контроля влажности кондитерских масс в потоке с использованием аппарата искусственных нейронных сетей. В *Планирование и обеспечение подготовки и переподготовки кадров для отраслей пищевой промышленности и медицины*, (с. 212–214).
- Балыхин, М. Г., Благовещенский, И. Г., Назойкин, Е. А., & Благовещенский, В. Г. (2019). Адаптивная система управления с идентификатором нестационарными технологическими процессами в отраслях пищевой промышленности. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности*, (с. 32-39).
- Балыхин, М. Г., Борзов, А. Б., & Благовещенский, И. Г. (2017). Архитектура и основная концепция создания интеллектуальной экспертной системы контроля качества пищевой продукции. *Пищевая промышленность*, 11, 60 - 63.
- Балыхин, М. Г., Борзов, А. Б., & Благовещенский, И. Г. (2017). *Методологические основы создания экспертных систем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий*. Франтера.
- Благовещенская, М. М., Благовещенский, И. Г., & Назойкин, Е. А. (2015). Методика автоматической оценки качества пищевых изделий на основе теории искусственных нейронных сетей. *Пищевая промышленность*, 2, 42 - 45.
- Благовещенская, М. М. (2009). *Основы стабилизации процесса приготовления многокомпонентных масс*. Франтера.
- Благовещенская, М. М., & Злобин, Л. А. (2005). *Информационные технологии систем управления технологическими процессами*. Высшая школа.
- Драгилев, А. И., & Маршалкин, Г. А. (2015) *Основы кондитерского производства*. ДеЛи принт.
- Дудин, М. Н., Резник, Е. А., Романов, Дж., & Смирнова, И. Л. (2019) . Разработка информационно – цифровой системы складского учета на основе внедрения технологии радиочастотной идентификации. *Международный журнал техники и передовые технологии*, 8(5), 1677-1681.
- Евстигнеев, И. А., Никончук, А. В., Попов, А. А., Долматов, С. Н., & Красиков, Н. А. (2019). Совершенствование технологических решений деревообработки на основе методов кибернетики и автоматизации. *Серия конференций ИОП. Материаловедение и машиностроение*, 537(3),/03209/.
- Иванов, Я. В., Благовещенская, М. М., & Благовещенский, И. Г. (2012). Автоматизация процесса формирования конфетных масс на основе математического и алгоритмического обеспечения с использованием в качестве интеллектуального датчика цифровой видеокамеры. В *Планирование и обеспечение подготовки и переподготовки кадров для отраслей пищевой промышленности и медицины*, (с. 215 – 218).
- Крылова, Л. А., Благовещенский, В. Г., & Татаринов, А. В. (2017). Разработка интеллектуальных аппаратно-программных комплексов мониторинга процессов сепарирования дисперсных пищевых масс на основе интеллектуальных

- технологий. В *Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: кадры и наука*, (с.199-201).
- Маршалкин, Г. А. (1994). *Производство кондитерских изделий*. Колос.
- Петряков, А. Н., Благовещенская, М. М., Благовещенский, В. Г., & Крылова, Л. А. (2018) Применение методов объектно-ориентированного программирования для контроля показателей качества кондитерской продукции. *Кондитерское и хлебопекарное производство*, 6(176), 21-23.
- Петряков, А. Н., Благовещенская, М. М., & Благовещенский, В. Г., Митин, В. В., & Благовещенский, И. Г. (2019). Повышение качества идентификации и позиционирования объекта на цифровых стерео изображениях при помощи алгоритмов построения карты глубины. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности*, (с. 133-138).
- Рапопорт, А. Л. (1940). Технология кондитерского производства. *Пищепромиздат*.
- Шаверин, А. В., Благовещенская, М. М., & Благовещенский, И. Г. (2012). Автоматизация контроля органолептических показателей качества шоколадных изделий. В *Планирование и обеспечение подготовки и переподготовки кадров для отраслей пищевой промышленности и медицины*, (с. 209 – 212).

Automated System for Calculating and Controlling the Ratio of Incoming Raw Materials and Finished Products in Confectionery Production (a Line for the Production of Chocolate)

Margarita M. Blagoveshenskaya¹, Alexander M. Adnodvortsev¹

¹ *Moscow State University of Food Production*

Correspondence concerning this article should be addressed to Margarita M. Blagoveshenskaya, Moscow State University of Food Production, 11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation. e-mail: mmb@mgupp.ru

The article deals with the problem of automation of control of raw materials and finished products on the example of a chocolate production line. As you know, chocolate is a high-margin product. For its production, expensive raw materials are used, including beans, which are supplied from abroad. In the final cost of production, 65-80% is the cost of raw materials. For a medium-capacity chocolate production line, the cost of raw materials is estimated at several million rubles per day. The problem of controlling the consumption of raw materials and the output of finished products has a specific economic significance for the company and its shareholders. The experiment on the introduction of digitalization in production processes should be considered a promising direction of research. In conditions of shortage of personnel and high cost of costs, the introduction of an amortized system will minimize the human factor, eliminate additional staff workload, and not increase current production costs. As a result of the experiment, modern means of controlling raw materials and finished products were introduced into the production process, programmable logic controllers were used, databases were formed, and software for data analysis was configured. This made it possible to make the process more transparent for accounting, to ensure prompt access to data and to prevent excess overspending of expensive raw materials, to prevent unauthorized actions of the operator in a timely manner.

Key words: accounting of raw materials, finished products, automated calculation system, line for the production of chocolate.

References

- Apanasenko, S. I., Blagoveshchenskaya, M. M., & Blagoveshchenskiy, I. G. (2012). On the prospects of creating a system for automatic control of the humidity of confectionery masses in the flow using the apparatus of artificial neural networks. In *Planirovanie i obespechenie podgotovki i perepodgotovki kadrov dlya otraslej pishchevoj promyshlennosti i mediciny* [Planning and provision of training and retraining of personnel for the food industry and medicine], (pp. 212-214).
- Balykhin, M. G., Blagoveshchenskiy, I. G., Nazoykin, E. A., & Blagoveshchenskiy, V. G. (2019). Adaptive control system with an identifier for non-stationary technological processes in the food industry. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyah pishchevoj promyshlennosti* [Intelligent systems and technologies in the food industry], 32-39.
- Balykhin, M. G., Borzov, A. B., & Blagoveshchenskiy, I. G. (2017). The architecture and the basic concept of creating an intelligent expert system for food quality control. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 11, 60-63.
- Balykhin, M. G., Borzov, A. B., & Blagoveshchenskiy, I. G. (2017). *Metodologicheskie osnovy sozdaniya ekspertnykh sistem kontrolya i prognozirovaniya kachestva pishchevoj produkcii s ispol'zovaniem intellektual'nykh tekhnologij* [Methodological foundations for the creation of expert systems for monitoring and forecasting the quality of food products using intelligent technologies]. Frantera.
- Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchenskiy, I. G., & Nazoikin, E. A. (2015). The method of automatic assessment of the quality of food products based on the theory of artificial neural networks. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 2, 42-45.

How to Cite

Blagoveshenskaya, M. M., Adnodvortsev, A. M. (2021). Automated system for calculating and controlling the ratio of incoming raw materials and finished products in confectionery production (a line for the production of chocolate). *Health, Food & Biotechnology*, 3(1). <https://doi.org/10.36107/hfb.2021.i1.s98>

- Blagoveshchenskaya, M. M. (2009). *Osnovy stabilizatsii processa prigotovleniya mnogokomponentnykh mass* [Fundamentals of stabilization of the process of preparation of multicomponent masses]. Frantera
- Blagoveshchenskaya, M. M., Zlobin, L. A. (2005). *Informatsionnye tekhnologii sistem upravleniya tekhnologicheskimi processami* [Information technologies of technological process control systems]. Vysshaya shkola.
- Dragilev, A. I., & Marshalkin, G. A., (2015) *Osnovy konditerskogo proizvodstva* [Fundamentals of confectionery production]. Delhi print.
- Dudin, M. N., Reznik, E. A., Romanov, J., & Smirnova, I. L. (2019). Development of an information and digital warehouse accounting system based on the introduction of radio frequency identification technology. *Mezhdunarodnyy zhurnal tekhniki i peredovye tekhnologii* [International Journal of Engineering and Advanced Technology], 8(5), 1677-1681.
- Evstigneev, I. A., Nikonchuk, A. V., Popov, A. A., Dolmatov, S. N., & Krasikov, N. A. (2019). Improvement of woodworking technological solutions based on cybernetics and automation methods. *Seriya konferentsiy IOP. Materialovedenie i mashinostroenie* [IOP conference series. Materials Science and Mechanical Engineering], 537(3), /03209/.
- Ivanov, Ya. V., Blagoveshchenskaya, M. M., & Blagoveshchenskiy, I. G. (2012). Automation of the candy mass molding process based on mathematical and algorithmic software with the use of a digital video camera as an intelligent sensor. In *Planirovanie i obespechenie podgotovki i perepodgotovki kadrov dlya otraslej pishchevoj promyshlennosti i mediciny* [Planning and provision of training and retraining of personnel for the food industry and medical industries], (c. 215-218).
- Krylova, L. A., Blagoveshchenskiy, V. G., & Tatarinov, A. V. (2017). Development of intelligent hardware and software systems for monitoring the processes of separation of dispersed food masses based on intelligent technologies. In *Planirovanie i obespechenie podgotovki i perepodgotovki kadrov dlya otraslej pishchevoj promyshlennosti i mediciny* [Development of the food and processing industry in Russia: personnel and science], 199-201.
- Marshalkin, G. A. (1994). *Proizvodstvo konditerskikh izdelij* [Production of confectionery products]. Kolos.
- Petryakov, A. N., Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchenskiy, V. G., & Krylova, L. A. (2018) Application of object-oriented programming methods for quality control of confectionery products. *Konditerskoe i hlebopekarnoe proizvodstvo* [Confectionery and bakery production], 6(176), 21-23.
- Petryakov, A. N., Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchenskiy, V. G., Mitin, V. V., & Blagoveshchenskiy, I. G. (2019). Improving the quality of object identification and positioning in digital stereo images using depth map algorithms. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyah pishchevoj promyshlennosti* [Intelligent systems and technologies in the food industry], (pp. 133-138).
- Rapoport, A. L. (1940). *Tekhnologiya konditerskogo proizvodstva* [Technology of confectionery production]. Pishchepromizdat.
- Shaverin, A. V., Blagoveshchenskaya, M. M., & Blagoveshchenskiy, I. G. (2012). Automation of control of organoleptic indicators of quality of chocolate products. In *Planirovanie i obespechenie podgotovki i perepodgotovki kadrov dlya otraslej pishchevoj promyshlennosti i mediciny* [Planning and provision of training and retraining of personnel for the food industry and medicine], (pp. 209-212).

Effects of Microwave Radiation on Living Microorganisms: Effects and Mechanisms

Tatyana N. Danilchuk¹, M-Kamal Alkhateeb¹

¹ *Moscow State University of Food Production*

Correspondence concerning this article should be addressed to Tatyana N. Danilchuk, Moscow State University of Food Production, 11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation. e-mail: danilchuktn@mgupp.ru

The article analyzes the scientific literature on the effect of microwave exposure on the vital activity of microorganisms. The influence of the frequency of microwaves, the power of the applied impact and the total amount of absorbed energy on the viability of microorganisms and the features of their growth is considered. Possible mechanisms of interaction of microbial cells with the electromagnetic field in the ultrahigh frequency range are considered. It is noted that microorganisms die when exposed to high-energy and high-frequency microwaves, while low-energy and high-frequency microwaves contribute to the intensification of their growth. It is concluded that although many authors observe significant biological effects when exposed to microwaves on living systems, this issue has not been sufficiently studied in the scientific literature. It is of interest to conduct a systematic study of the effect of microwaves of a certain frequency on the biological, biochemical and growth parameters of the cells of microorganisms, in particular lactic acid organisms, in order to use the results of these studies in the food industry in the production of new food products.

Key words: microwave radiation; microorganisms; microbial culture; biological effect of microwaves; thermal and non-thermal effects of physical factors.

Introduction. Microwaves

Since the advent of technical devices that operate using electromagnetic waves, interactions between various types of electromagnetic radiation and living organisms have attracted the attention of scientists.

Microwaves are electro-magnetic energy sources. Microwave energy is relatively low and a non-ionizing radiation (In one quantum there is approximately 10-5 electron volts (eV) which is substantially lower than the quantum energy needed to eject an electron from a molecule or to break an intra-molecular bond (> 10 eV) (Michaelson 1974)) that induces molecular motion by ion migration and dipole rotation but does not alter the structure of the molecules. Microwave energy occupies a portion of the electromagnetic spectrum and is distinguished by being arranged between 1 mm and 1 m in the wavelength range and between 300 MHz and 300 GHz in the frequency range (Figure 1). They are usually used between 915 and 2450 MHz for industrial food processing and 2450 MHz for domestic use (Kalla et al., 2017).

In this review we will discuss how the microwave radiation will affects on bacterial cells and on the

growth of microorganisms, the difference between thermal and nonthermal effects, the mechanisms of destruction by microwave radiation and the factors affecting microwave effects and another points.

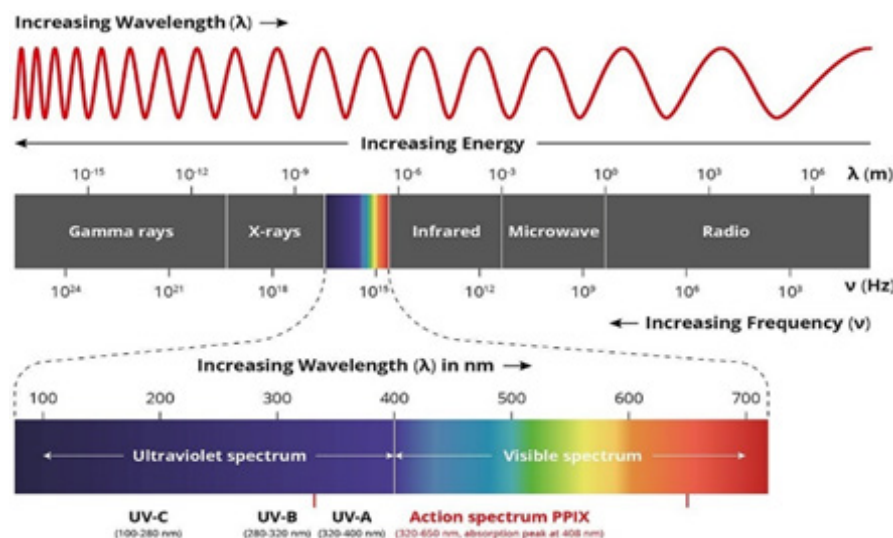
Methods

We analyzed the articles published in the period from 1966 to 2020 in the international databases Scopus and Web of Science on the use of the electromagnetic field of the microwave range for the regulation of the various microorganisms' vital activity and their ability to produce enzymes. The following keywords were used: microwave radiation, microorganisms, biological effects of microwave treatment. The comparative analysis of the results of experiments by different authors on the effect of microwave processing on the biological, biochemical and growth parameters of the microbial mass is carried out.

The effect of microwave radiation on the bacterial cells

An ongoing area of both interest and controversy is the study of the interaction of MW radiation with biological

Figure 1
Electromagnetic spectrum



systems. Because of their rapid growth rate and the availability of a variety of experimental designs and testing protocols available for the elucidation of MW-induced effects, microorganisms are considered one of the best test systems for testing MW exposure. To date, a wealth of studies has shown evidence of some bio-effects arising from exposure to varying degrees of radiation in which variables such as MW frequency, power, temperature, and time of exposure all play important roles (Banik et al., 2003; Shamis, et al., 2008). Specific effects of MW are those that are reportedly independent of traditional mechanisms for thermal heating. Many studies have reported comparable findings about the presence of unique effects of MW radiation on biomaterials (Dreyfuss et al., 1980; Copty et al., 2006), although other researchers have reported contradictory results (Shazman et al., 2007; Shamis et al. 2012).

It is generally accepted that MW radiation causes dielectric heating in biological systems. This heat is generated as a result of the absorption of the MW energy by dielectric material (primarily water), with the MW energy transformed into heat due to the internal resistance of rotation (Heddleson & Doores 1994; Shamis et al., 2012). In other words, as a result of friction, dipolar molecule movement dissipates energy that has been obtained from microwaves. The thermal theory of MW effects claims that MW radiation bio-effects can be explained solely by differences in the temperatures or temperature profiles between MW and conventionally heated systems, and that no basis for direct electromagnetic interaction with living systems exists independent of such temperature-mediated effects (Shamis et al., 2012).

Thermal and nonthermal effects

Microwave radiation's biological effects can be classified into thermal and non-thermal effects. The thermal effect is one in which the MW energy in living systems is transformed into heat energy. Such effects may be macroscopic where whole or significant portions of organisms are involved in the heat transfer process, or microscopic where the selective application of MW heating vaporizes a cellular component such as bound water (Cleary, 1970). In the cells, polar molecules are present in the form of water, DNA, and proteins and through rotation they react to an electromagnetic field. This rotation produces an angular momentum that results in friction with adjacent molecules, producing a linear momentum (vibrational energy) (Saifuddin et al., 2009). Radiation energy is converted into thermal energy in this way. The effect caused by vibrational energy is a thermal effect that occurs in a biosystem due to the penetration of electromagnetic waves (microwaves) into biological materials and the transfer of vibrational energy to heat up intra- and extra-cellular fluids. However, the thermal effect of the MW varies from the traditional heating effect. In an attempt to match the dipoles with the applied MW field, dipolar polarization and rotation of molecules create results that cannot be accomplished by traditional heating (Zelentsova et al., 2006).

MW's non-thermal effect is extremely controversial and has been a subject of scientific controversy. It is postulated that non-thermal effects arise from a direct stabilizing interaction between the electric field and particular (polar) molecules in the reaction

medium with no temperature increase (Herrero et al., 2008).

The manner in which the microwave influences biological systems cannot be explained by thermal effects alone. Several studies have shown that microwave radiation can destroy microbial cells, but it is still not clear if microwave non-thermal effects can lead to this. Altering the permeability of the cell membrane is one of the processes involved in the microwave killing of microorganisms. The alteration in cell membrane permeability is reflected by modifications in cell shape detected under electron microscopy or by spectroscopy to detect leakage of intracellular protein or DNA (Chen et al., 2007). Their nature is highly controversial due to the lack of knowledge about the exact mechanism involved in 'nonthermal microwave effects'. (Kozempel et al., 2000) attempted to detect the non-thermal effects of MW energy on low temperature microbes in different test fluids.

A continuous experimental microwave method was designed to distinguish thermal and non-thermal effects in a system, combining rapid energy input into the food system using microwave and rapid thermal energy removal using an effective heat exchanger design. In various test fluids, such as water, liquid egg, beer, apple juice, and tomato juice, continuous MW treatment (7 kW, 2450 MHz) was provided to the test species. They concluded that MW energy did not destroy microorganisms at low temperatures in the absence of other stresses and there was no compelling proof that, without thermal energy, MW energy could kill microorganisms. The effect of MW on *Staphylococcus aureus* at sub-lethal temperature was studied by (Dreyfuss et al., 1980) and the presence of a phenomenon different from thermal heating, resulting in altered activity of various metabolic enzymes, was suggested. There have been a number of findings favoring the presence of non-thermal effects (Dreyfuss et al., 1980; Coptý et al., 2006; Carta & Desogus, 2010), but it is also not possible to disregard research refuting the likelihood of nonthermal effects (Kozempel et al., 2000; Shazman et al., 2007).

Influence of microwave processing parameters on the vital activity of microbial cells

MW contact with biological entities is affected by many variables, such as MW power and frequency, far-field versus near-field position, exposure duration, polarization, etc. Continuous and pulsed MW therapies have different effects on cells, studies say. In intermittent and continuous waves, human diploid fibroblasts and rat granulosa cells were exposed. DNA

strand breaks were measured with the assistance of alkaline and neutral comet assays. In both cell types, single and double strand breaks occurred, but in the comet assay, intermittent exposure had a greater effect than continuous exposure (Diem et al., 2005). Normal human peripheral blood isolated lymphocytes were exposed to 2450 MHz MW radiation for 5 days in both continuous and pulsed forms. With an image analysis method, spontaneous lymphoblastoid transformation was calculated and it was found that pulsed wave exposure improved transformation to a greater extent than continuous wave exposure (Czerska et al., 1992).

It seems that the length of exposure to MW is a significant determinant of the impact of microwaves on living cells. Exposure time and power density are associated in such a way that the decrease in power density (PD) could be offset by an increase in exposure duration. *Escherichia coli* K12 AB1157 cells were irradiated with millimeter waves within the PD range of 10-20 to 104 W/cm² and it was found that to achieve the same improvements in chromatin conformation, a decrease in PD could be compensated by increasing exposure time (Belyaev et al., 1992). There have been reports suggesting that in determining the response of living cells to MW radiation, the duration of post-treatment time following MW exposure is also significant. Studies of sub-lethal MW radiation on *E. Coli* has shown that cell-surface changes are electrokinetic in nature, and after 10 minutes of exposure, cells return to their original status (Shamis et al., 2011). Low-level 10 GHz MW radiation, 0.58 mW/cm² intensity, applied for 30-120 min, caused virulence loss in *Agrobacterium tumefaciens* strain B6, where a 30-60 percent decrease in tumor and turnip disk production capacity was observed in plants. This loss in virulence was reversible within 12 h (Moore et al., 1979).

Whether microwaves affect the growth of microorganisms largely depends on the radiation level and the overall energy absorbed by the microorganisms. Thus, when microwaves are applied at specific frequencies, with high energy and for long enough time, their thermal effect is most likely dominant and destroys bacterial cells or yeasts. Numerous studies with microwave irradiation of different cultures of bacteria and yeasts in a wet environment such as water suspension did not display additional micro-wave killing compared to traditional microwave heating at the same temperature (Gorny et al., 2007; Duhain et al., 2012). However, in a dry environment, the killing effect of microwave radiation decreased dramatically and occurred only after a prolonged period of irradiation, most likely

due to lower microwave energy transformation to heat. Some of the experiments also showed that the extent of killing of microorganisms was associated with the moisture content of the experimental specimens. In contrast, when microorganisms were irradiated at temperatures lower than the point of thermal destruction with microwaves; various effects were observed, from killing to enhanced growth, and also killing effect on *Escherichia coli*, distinct from the effect of hyperthermia was observed in many studies (Ramesh et al., 2002).

In field of thermal effects, numerous studies were performed attempting to determine the minimum dose of microwave energy that could be used for disinfection or sterilization purposes because it was noticed that the heating of microorganisms to a certain temperature by microwaves could kill them. When cultures of *Escherichia coli* and *Bacillus cereus* spores in a home microwave oven were exposed to the maximum power of the microwave, they were completely destroyed after two and four minutes, respectively (Iuliana et al., 2015; Kalla et al., 2017).

The understanding of the non-thermal action mechanism of microwaves on microorganisms is very important for the potential future use of microwave technology or for the avoidance of its deleterious effects on humans living in symbiosis with microbes. In a study in which *Escherichia coli* cultures were exposed to microwaves (18 GHz, absorbed power 1500 kW/m², electric field 300 V/m) at temperatures below 40°C to avoid microwave thermal effects, transient morphological changes (dehydrated appearance) and openings of pores in the cell membrane about 20 nm in diameter allowing dextran molecules to pass were observed (Shamis et al., 2011). It seems that this effect is electro kinetic in nature caused by increased anions and cations movements, causing localized structural disarrangements of the cell membrane, resulting in the emergence of pores. Large membrane pores allow vital intracellular molecules to leak out of the bacterial cells which may lead to their death. The effect was reversible because more than 87% of exposed cells remained viable. This effect could be attributed to the non-thermal action of microwaves because these changes in the spore coat and inner membrane were not caused by the same temperature (as produced by the microwaves). When microwave radiation of the same characteristics was applied to forms of *Bacillus subtilis* vegetative, the cell walls were disrupted, and cytoplasmic (intracellular) protein aggregation was observed on electron microscopy transmission. Both the aggregation of cytoplasmic proteins and the swelling of the cell wall were observed after microwave irradiation in *Escherichia coli* and *Bacillus*

subtilis (2450 MHz and 600 W at 40, 60 and 80 °C); these results could not be due to thermal damage because same temperatures from other sources of heat did not show similar changes. In addition to its effects on cell membranes, microwaves cause non-thermal acceleration of enzymatic reactions in microbial cells, such as non-aqueous esterification (forming of ester-type chemical compounds without water involvement), and this effect is concentration-dependent on the substrate. Moreover, microwaves can accelerate the synthesis of glycopeptides in vitro (out of the living cells) that may occur in microbial cells, altering their functions (Kim et al., 2008, Garcia-Martin et al., 2012).

Biological effects of microwaves

Research is being done worldwide on thermal and nonthermal effects of MW on different biological systems. *Phormidium spp. Kutzing* ISC31 (a cyanobacterium) grown in the medium BG-11 was treated using a MW oven at a frequency of 2450 MHz by combining five different intensities (180, 360, 540, 720 and 900 W/cm²) and three pretreatments (10, 20 and 30 s). With increased strength and exposure time, the content of chlorophyll has decreased. Phycobiliprotein, phycocyanin, phycoerythrin and allophycocyanin synthesis increased in all exposures, with the exception of 720 and 900 W/cm² (30 s). The photosynthetic rate increased by all MW exposures compared to nitrogenase activity except at 180 W (10 s) and 720 W (10 s) compared to control (Asadi et al., 2011). Studies on *E. coli* and *S. aureus* indicated that microwave-induced physical damage contributed to improvements in membrane permeability and ultimately to extracellular Ca²⁺ inflow. After MW treatment with *S. aureus* and *E. coli* respectively (Chen et al., 2007), an improvement in cell permeability of up to 89.8% and 19.7% was obtained. The transformation efficiency effect of the MW was studied by (Fregel et al., 2008), where calcium chloride competent *E. coli* cells received MW treatment at 180 W for 1 min, and the transformation efficiency increased three-fold compared to the classical method. MW effects (2450 MHz, 55 W) on the cellular differentiation of *Bacillus subtilis* YB 886 and its Rec derivatives YB 886 A4 have been studied by (Otludil et al., 2004). It was found that the growth and amount of DNA of the organism decreased by 4% and 27% respectively after MW exposure, while the amount of RNA and plasmid increased by 6.5% and 21% respectively. They noted an increase in the amount of specific protein synthesized by the SOS repair system during DNA damage, and its binding to the promoter region of *din C*, following exposure to microwave in rec⁺ bacteria.

The effect of microwave radiation on the growth and enzymatic activity of the microbial mass

When exposed to MW radiation with a small frequency range of 41.8-42.0 GHz *Saccharomyces cerevisiae* yeast growth rate has either increased up to 15% or decreased up to 29% (Grundler et al., 1977). When *S. aureus* culture was exposed to MW radiation (24 GHz) for 10, 20, 30, and 40 s in a controlled temperature experiment, the activity of various enzymes such as malate dehydrogenase, cytoplasmic adenosine triphosphatase, glucose-6-phosphate dehydrogenase, and cytochrome oxidase increased in MW-treated cells as compared to MW non-treated cells, while membrane adenosine triphosphate, alkaline phosphate, and cytochrome oxidase increased in MW-treated cells as compared to MW non-treated cells (Dreyfuss et al., 1980). The effect of MW radiation on 94 Enterobacteriaceae strains was studied and it was found that the enzyme activity of suspended bacteria was increased by MW irradiation (Spencer et al., 1985). On *Aeromonas hydrophila*, low-power MW treatment (2450 MHz; 90 W; 2 min exposure) decreased its total protease activity by 33%. MW exposure completely inhibited the activity of urease and aflatoxin production in *S. aureus* and *Aspergillus parasiticus*, respectively (Dholiya et al., 2012). In enterohemorrhagic *E. coli*, low power (100 W, 60 s) MW radiation decreased not only the number of cells, but also acid tolerance and verocytotoxin productivity (Tsuji & Yokoigawa 2011). (Komarova et al., 2008) researched the effect of MWs on soil bacteria. Both the suppression and the enhancement of growth under the influence of MWs were observed for different bacterial organisms. After a shorter exposure time than suspensions of vegetative bacterial cells, spore suspensions responded to MW radiation. In the soil microbial complex, the effect of MW radiation on the accumulation of biomass and the intensity of other physiological processes in species of streptomycetes has led to changes in the amount and activity of these microorganisms.

The mechanism of destructive action of microwave radiation

The mechanism by which microwaves destroy microorganisms is still unknown but most researchers will agree that most of the killing effect is exerted by heat produced by microwaves in the food systems. One group of researchers suggested that heat alone was responsible for the killing effect of microwaves on microorganisms, while another group stated that heat might not be the only agent, although the latter group did not provide clear evidence of alternative agents. However, a third party, which examined cellular and

subcellular events in microorganisms subjected to microwave irradiation, obtained a variety of findings, some of which were due to microwave effects and others to heating effects resulting in the injury of sub lethally treated microorganisms. The difficulty in comparing those findings is that the frequencies of the microwaves used, the microorganisms tested, and the media suspended used by different researchers were usually different. Microwaves heat foods unevenly, thereby compounding the issue of those variables. It is also difficult to determine the temperature of the suspended medium under irradiation since most temperature measurement instruments are influenced by microwaves at irradiation time.

The idea of pasteurizing or sterilizing foods at lower temperatures and shorter periods than those needed by traditional heating methods has been one of the more intriguing aspects of microwave energy usage. That could only be accomplished if microwaves selectively destroy microorganisms independently of the heating of the suspended medium by some still undetermined means. Another possibility is that the microenvironment surrounding the microbial cells may reach a higher temperature (thereby destroying the cell) than the macro-environmental temperature that conventional temperature measurement devices can measure.

Earlier research (1930-1950) in this field included calculating the viability of microorganisms in relation to the final temperature attained in the suspended media after microwave irradiation and the association of these two attributes in the understanding of the microorganism killing impact. Another approach was to keep the suspended media temperature below the microorganisms' thermal death point under investigation, while applying microwave irradiation to determine the killing effect of microwaves on microorganisms independent of the thermal effects.

Recent findings of microorganism destruction by microwaves at temperatures below the microorganism thermal destruction level were made by some researchers, where (Robe & Marketing. 1966) recorded sterilization of yeast-inoculated beer and wine using 27.12 MHz. The temperatures were 46.2-48.8 °C, though the author claimed that conventional heat required 60 °C for 30 min to kill the yeast. However, (Culkin et al., 1975) observed that destruction of *Escherichia coli* and *salmonella typhimurium* in microwave-cooked soups, did not directly correlate with the achieved temperature in soup after irradiation. A frequency of 915 MHz, they cooked tomato soup, vegetable soup, and beef broth. The temperature in the middle region of the soups was warmest for any given exposure period, that of the bottom was moderate, and that at the top was warmest,

but the species in the top of the soups were killed more rapidly than those in the center and the bottom. The authors concluded that heat emitted during microwave exposure was insufficient to fully account for the microwaves' lethal effects. Authors (Cunningham, 1978) also observed reduction of microorganisms following brief microwave exposure with minimum temperature increases. Authors (Wayland et al., 1977) demonstrated variations in the rate of inactivation of *Bacillus subtilis* spores when treated with microwave and traditional heating and they noticed a nonthermal effect and concluded that heat and electromagnetic effects were strongly interdependent.

In a recent study on the impact of microwave radiation on metabolic activities, survival, enzyme productions and other factors of *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis*, and *Bacillus cereus*, it reported that heat is a major factor in the effects of microwave radiation on test organisms and that there is little difference in survival and absorption between microwave treatment and conventional microorganism heat treatment when approaching thermal death point. For example, he found that cell numbers increased dramatically when cells were suspended in nutrient broth and irradiated for 20 s (46 °C) (Dreyfuss, 1978).

The thermal and nonthermal effects of microwaves on microorganisms are not clarified in those studies. Apparently, microwaves cause certain changes in biological systems that are difficult to completely explain by heat generated by dielectric molecules.

Conclusion

Thus, although many authors have observed significant biological effects when exposed to microwaves on living systems, this issue has not been sufficiently studied in the scientific literature. The data is fragmented and non-systematic. In this regard, it is of interest to conduct a systematic study of the effect of microwaves of a certain frequency on the biological, biochemical and growth parameters of cells of microorganisms, in particular lactic acid organisms, in order to use the results of these studies in the food industry in the production of new food products.

References

- Asadi, A., Khavari-Nejad, R. A., Soltani, N., Najafi, F., & Molaie-Rad, A. (2011). Physiological variability in cyanobacterium *Phormidium* sp. Ktzing ISC31 (Oscillatoriales) as response to varied microwave intensities. *African Journal of Agricultural Research*, 6(7), 1673-1681.
- Banik, S. B. A. S. G. S., Bandyopadhyay, S., & Ganguly, S. (2003). Bioeffects of microwave—a brief review. *Bioresource technology*, 87(2), 155-159.
- Belyaev, I. Y., Shcheglov, V. S., & Alipov, Y. D. (1992). Selection rules on helicity during discrete transitions of the genome conformational state in intact and X-rayed cells of *E. coli* in millimeter range of electromagnetic field. In *Charge and Field Effects in Biosystems—3*, (pp. 115-126).
- Carta, R., & Desogus, F. (2010). The effect of low-power microwaves on the growth of bacterial populations in a plug flow reactor. *AIChE Journal*, 56(5), 1270-1278.
- Chen, W., Hang, F., Zhao, J. X., Tian, F. W., & Zhang, H. (2007). Alterations of membrane permeability in *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* under microwave. *Wei sheng wu xue bao= Acta Microbiologica Sinica*, 47(4), 697-701.
- Cleary, S. F. (1970, June). *Biological effects and health implications of microwave radiation*. In *Symposium proceedings (Richmond, V., Sept. 17, 1969)*. US Department of Health, Education, and Welfare.
- Copt, A. B., Neve-Oz, Y., Barak, I., Golosovsky, M., & Davidov, D. (2006). Evidence for a specific microwave radiation effect on the green fluorescent protein. *Biophysical Journal*, 91(4), 1413-1423.
- Culkin, K. A., & Fung, D. Y. (1975). Destruction of *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* in microwave-cooked soups. *Journal of Milk and Food Technology*, 38(1), 8-15.
- Cunningham, F. E. (1978). The effect of brief microwave treatment on numbers of bacteria in fresh chicken patties. *Poultry Science*, 57(1), 296-297.
- Czerska, E. M., Elson, E. C., Davis, C. C., Swicord, M. L., & Czerski, P. (1992). Effects of continuous and pulsed 2450-MHz radiation on spontaneous lymphoblastoid transformation of human lymphocytes in vitro. *Bioelectromagnetics*, 13(4), 247-259.
- Dholiya, K., Patel, D., & Kothari, V. (2012). Effect of low power microwave on microbial growth, enzyme activity, and aflatoxin production. *Research in Biotechnology*, 3(4), 28-34.
- Diem, E., Schwarz, C., Adlkofer, F., Jahn, O., & Rüdiger, H. (2005). Non-thermal DNA breakage by mobile-phone radiation (1800 MHz) in human fibroblasts and in transformed GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 583(2), 178-183.
- Dreyfuss, M. S., & Chipley, J. R. (1980). Comparison of effects of sublethal microwave radiation and conventional heating on the metabolic activity of *Staphylococcus aureus*. *Applied and environmental microbiology*, 39(1), 13-16.
- Dreyfuss, M. S. (1978). *The effects of microwave radiation upon Escherichia Coli, Staphylococcus Aureus*,

- Salmonella Enteritidis*, and *Bacillus Cereus* [Doctoral Dissertation, Ohio State University], Columbus, the USA.
- Duhain, G. L. M. C., Minnaar, A., & Buys, E. M. (2012). Effect of chlorine, blanching, freezing, and microwave heating on *Cryptosporidium parvum* viability inoculated on green peppers. *Journal of Food Protection*, 75(5), 936-941.
- Fregel, R., Rodriguez, V., & Cabrera, V. M. (2008). Microwave improved *Escherichia coli* transformation. *Letters in Applied Microbiology*, 46(4), 498-499.
- Garcia-Martin, F., Hinou, H., Matsushita, T., Hayakawa, S., & Nishimura, S. I. (2012). An efficient protocol for the solid-phase synthesis of glycopeptides under microwave irradiation. *Organic & Biomolecular Chemistry*, 10(8), 1612-1617.
- Gorny, R. L., Mainelis, G., Wlazlo, A., Niesler, A., Lis, D. O., Marzec, S., Siwińska, E., Łudzeń-Izbińska, B., Harkawy, A., & Kasznia-Kocot, J. (2007). Viability of fungal and actinomycetal spores after microwave radiation of building materials. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 14(2), 313-324.
- Grundler, W., Keilmann, F., & Fröhlich, H. (1977). Resonant growth rate response of yeast cells irradiated by weak microwaves. *Physics letters A*, 62(6), 463-466.
- Heddleson, R. A., & Doores, S. (1994). Factors affecting microwave heating of foods and microwave induced destruction of foodborne pathogens—a review. *Journal of Food Protection*, 57(11), 1025-1037.
- Herrero, M. A., Kremsner, J. M., & Kappe, C. O. (2008). Nonthermal microwave effects revisited: on the importance of internal temperature monitoring and agitation in microwave chemistry. *The Journal of Organic Chemistry*, 73(1), 36-47.
- Iuliana, C., Rodica, C., Sorina, R., & Oana, M. (2015). Impact of microwaves on the physico-chemical characteristics of cow milk. *Romanian Reports in Physics*, 67(2), 423-430.
- Kalla, A. M., & Devaraju, R. (2017). Microwave energy and its application in food industry: A reveiw. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 36(1), 37-44.
- Kim, S. Y., Jo, E. K., Kim, H. J., Bai, K., & Park, J. K. (2008). The effects of high-power microwaves on the ultrastructure of *Bacillus subtilis*. *Letters in applied microbiology*, 47(1), 35-40.
- Komarova, A. S., Likhacheva, A. A., & Zvyagintsev, D. G. (2008). Influence of microwave radiation on soil bacteria. *Moscow University Soil Science Bulletin*, 63(4), 190-195.
- Kozempel, M., Cook, R. D., Scullen, O. J., & Annous, B. A. (2000). Development of a process for detecting non-thermal effects of microwave energy on microorganisms at low temperature. *Journal of Food Processing and Ppreservation*, 24(4), 287-301
- Michaelson, S. M. (1974). Effects of exposure to microwaves: problems and perspectives. *Environmental Health Perspectives*, 8, 133-155.
- Moore, H. A., Raymond, R., Fox, M., & Galsky, A. G. (1979). Low-intensity microwave radiation and the virulence of *Agrobacterium tumefaciens* strain B6. *Applied and Environmental Microbiology*, 37(1), 127-130.
- Otludil, B., Otludil, B., Tolan, V., & Akbayın, H. (2004). The effect of microwave on the cellular differentiation *Bacillus subtilis* YB 886 and rec derivatives YB 886 A4. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 18(3), 107-112.
- Ramesh, M. N., Wolf, W., Tevini, D., & Bognar, A. (2002). Microwave blanching of vegetables. *Journal of Food Science*, 67(1), 390-398.
- Robe, K. (1966). Improve flavor of pasteurized products. *Food Processing and Marketing*, 27(3), 84-86.
- Saifuddin, N., Wong, C. W., & Yasumira, A. A. (2009). Rapid biosynthesis of silver nanoparticles using culture supernatant of bacteria with microwave irradiation. *E-journal of Chemistry*, 6(1), 61-70.
- Shamis, Y., Croft, R., Taube, A., Crawford, R. J., & Ivanova, E. P. (2012). Review of the specific effects of microwave radiation on bacterial cells. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 96(2), 319-325.
- Shamis, Y., Taube, A., Mitik-Dineva, N., Croft, R., Crawford, R. J., & Ivanova, E. P. (2011). Specific electromagnetic effects of microwave radiation on *Escherichia coli*. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(9), 3017-3022.
- Shamis, Y., Taube, A., Shramkov, Y., Mitik-Dineva, N., Vu, B., & Ivanova, E. P. (2008). Development of a microwave treatment technique for bacterial decontamination of raw meat. *International Journal of Food Engineering*, 4(3), 1556-3758
- Shazman, A., Mizrahi, S., Cogan, U., & Shimoni, E. (2007). Examining for possible non-thermal effects during heating in a microwave oven. *Food Chemistry*, 103(2), 444-453.
- Spencer, R. C., Hafiz, S., & Cook, C. (1985). Effect of microwave energy on the metabolism of enterobacteriaceae. *Journal of Medical Microbiology*, 19(2), 269-272.
- Tsuji, M., & Yokoigawa, K. (2011). Acid resistance and verocytotoxin productivity of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157: H7 exposed to microwave. *Journal of Food Science*, 76(6), M445-M449.
- Wayland, J. R., Brannen, J. P., & Morris, M. E. (1977). On the interdependence of thermal and electromagnetic effects in the response of *Bacillus subtilis* spores to microwave exposure. *Radiation Research*, 71(1), 251-258.
- Zelentsova, N. V., Zelentsov, S. V., & Semchikov, Y. D. (2006). On the mechanism of microwave initiated reactions. *ChemInform*, 37(8).

Воздействие микроволнового излучения на живые микроорганизмы: эффекты и механизмы

Данильчук Татьяна Николаевна¹, Альхатиб М-Камаль¹

¹ ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Корреспонденция, касающаяся этой статьи, должна быть адресована Данильчук Татьяне Николаевне, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств», адрес: 125080, Москва, Волоколамское ш., 11, e-mail: danilchuktn@mgup.ru

В статье проведен анализ научной литературы по вопросу о влиянии микроволнового воздействия на жизнедеятельность микроорганизмов. Рассмотрено влияние частоты микроволн, мощности приложенного воздействия и общего количества поглощенной энергии на жизнеспособность микроорганизмов и особенности их роста. Рассмотрены возможные механизмы взаимодействия клеток микроорганизмов с электромагнитным полем в сверхвысокочастотном диапазоне. Отмечено, что микроорганизмы погибают при воздействии высокоэнергетических и высокочастотных микроволн, в то время как низкоэнергетические высокочастотные микроволны способствуют интенсификации их роста. Сделан вывод о том, что хотя и наблюдаются многими авторами значительные биологические эффекты при воздействии микроволн на живые системы, этот вопрос в научной литературе изучен недостаточно. Представляет интерес провести систематическое исследование влияния микроволн определенной частоты на биологические, биохимические и ростовые показатели клеток микроорганизмов, в частности молочнокислых организмов, для использования результатов этих исследований в пищевой промышленности при производстве новых продуктов питания.

Ключевые слова: микроволновое излучение; микроорганизмы; микробная культура; биологическое действие микроволн; тепловые и нетепловые эффекты действия физических факторов

Литература

- Asadi, A., Khavari-Nejad, R. A., Soltani, N., Najafi, F., & Molaie-Rad, A. (2011). Physiological variability in cyanobacterium *Phormidium* sp. Ktzing ISC31 (Oscillatoriales) as response to varied microwave intensities. *African Journal of Agricultural Research*, 6(7), 1673-1681.
- Banik, S. B. A. S. G. S., Bandyopadhyay, S., & Ganguly, S. (2003). Bioeffects of microwave—a brief review. *Bioresource technology*, 87(2), 155-159.
- Belyaev, I. Y., Shcheglov, V. S., & Alipov, Y. D. (1992). Selection rules on helicity during discrete transitions of the genome conformational state in intact and X-rayed cells of *E. coli* in millimeter range of electromagnetic field. In *Charge and Field Effects in Biosystems—3*, (pp. 115-126).
- Carta, R., & Desogus, F. (2010). The effect of low-power microwaves on the growth of bacterial populations in a plug flow reactor. *AIChE Journal*, 56(5), 1270-1278.
- Chen, W., Hang, F., Zhao, J. X., Tian, F. W., & Zhang, H. (2007). Alterations of membrane permeability in *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* under microwave. *Wei sheng wu xue bao= Acta Microbiologica Sinica*, 47(4), 697-701.
- Cleary, S. F. (1970, June). *Biological effects and health implications of microwave radiation*. In *Symposium proceedings (Richmond, V., Sept. 17, 1969)*. US Department of Health, Education, and Welfare.
- Copt, A. B., Neve-Oz, Y., Barak, I., Golosovsky, M., & Davidov, D. (2006). Evidence for a specific microwave radiation effect on the green fluorescent protein. *Biophysical Journal*, 91(4), 1413-1423.
- Culkin, K. A., & Fung, D. Y. (1975). Destruction of *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* in microwave-cooked soups. *Journal of Milk and Food Technology*, 38(1), 8-15.
- Cunningham, F. E. (1978). The effect of brief microwave treatment on numbers of bacteria in fresh chicken patties. *Poultry Science*, 57(1), 296-297.
- Czerska, E. M., Elson, E. C., Davis, C. C., Swicord, M. L., & Czerski, P. (1992). Effects of continuous and pulsed 2450-MHz radiation on spontaneous lymphoblastoid transformation of human lymphocytes in vitro. *Bioelectromagnetics*, 13(4), 247-259.

Как цитировать

Данильчук, Т. Н., & Альхатиб, М-К. (2021). Воздействие микроволнового излучения на живые микроорганизмы: эффекты и механизмы. *Health, Food & Biotechnology*, 3(1). <https://doi.org/10.36107/hfb.2021.i1.s107>

- Dholiya, K., Patel, D., & Kothari, V. (2012). Effect of low power microwave on microbial growth, enzyme activity, and aflatoxin production. *Research in Biotechnology*, 3(4), 28-34.
- Diem, E., Schwarz, C., Adlkofer, F., Jahn, O., & Rüdiger, H. (2005). Non-thermal DNA breakage by mobile-phone radiation (1800 MHz) in human fibroblasts and in transformed GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 583(2), 178-183.
- Dreyfuss, M. S., & Chipley, J. R. (1980). Comparison of effects of sublethal microwave radiation and conventional heating on the metabolic activity of *Staphylococcus aureus*. *Applied and environmental microbiology*, 39(1), 13-16.
- Dreyfuss, M. S. (1978). *The effects of microwave radiation upon Escherichia Coli, Staphylococcus Aureus, Salmonella Enteritidis, and Bacillus Cereus* [Doctoral Dissertation, Ohio State University], Columbus, the USA.
- Duhain, G. L. M. C., Minnaar, A., & Buys, E. M. (2012). Effect of chlorine, blanching, freezing, and microwave heating on *Cryptosporidium parvum* viability inoculated on green peppers. *Journal of Food Protection*, 75(5), 936-941.
- Fregel, R., Rodriguez, V., & Cabrera, V. M. (2008). Microwave improved *Escherichia coli* transformation. *Letters in Applied Microbiology*, 46(4), 498-499.
- Garcia-Martin, F., Hinou, H., Matsushita, T., Hayakawa, S., & Nishimura, S. I. (2012). An efficient protocol for the solid-phase synthesis of glycopeptides under microwave irradiation. *Organic & Biomolecular Chemistry*, 10(8), 1612-1617.
- Gorny, R. L., Mainelis, G., Wlazlo, A., Niesler, A., Lis, D. O., Marzec, S., Siwińska, E., Łudzeń-Izbińska, B., Harkawy, A., & Kasznia-Kocot, J. (2007). Viability of fungal and actinomycetal spores after microwave radiation of building materials. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 14(2), 313-324.
- Grundler, W., Keilmann, F., & Fröhlich, H. (1977). Resonant growth rate response of yeast cells irradiated by weak microwaves. *Physics letters A*, 62(6), 463-466.
- Heddleson, R. A., & Doores, S. (1994). Factors affecting microwave heating of foods and microwave induced destruction of foodborne pathogens—a review. *Journal of Food Protection*, 57(11), 1025-1037.
- Herrero, M. A., Kremsner, J. M., & Kappe, C. O. (2008). Nonthermal microwave effects revisited: on the importance of internal temperature monitoring and agitation in microwave chemistry. *The Journal of Organic Chemistry*, 73(1), 36-47.
- Iuliana, C., Rodica, C., Sorina, R., & Oana, M. (2015). Impact of microwaves on the physico-chemical characteristics of cow milk. *Romanian Reports in Physics*, 67(2), 423-430.
- Kalla, A. M., & Devaraju, R. (2017). Microwave energy and its application in food industry: A review. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 36(1), 37-44.
- Kim, S. Y., Jo, E. K., Kim, H. J., Bai, K., & Park, J. K. (2008). The effects of high-power microwaves on the ultrastructure of *Bacillus subtilis*. *Letters in applied microbiology*, 47(1), 35-40.
- Komarova, A. S., Likhacheva, A. A., & Zvyagintsev, D. G. (2008). Influence of microwave radiation on soil bacteria. *Moscow University Soil Science Bulletin*, 63(4), 190-195.
- Kozempel, M., Cook, R. D., Scullen, O. J., & Annous, B. A. (2000). Development of a process for detecting nonthermal effects of microwave energy on microorganisms at low temperature. *Journal of Food Processing and Preservation*, 24(4), 287-301.
- Michaelson, S. M. (1974). Effects of exposure to microwaves: problems and perspectives. *Environmental Health Perspectives*, 8, 133-155.
- Moore, H. A., Raymond, R., Fox, M., & Galsky, A. G. (1979). Low-intensity microwave radiation and the virulence of *Agrobacterium tumefaciens* strain B6. *Applied and Environmental Microbiology*, 37(1), 127-130.
- Otludil, B., Otludil, B., Tolan, V., & Akbayın, H. (2004). The effect of microwave on the cellular differentiation *Bacillus subtilis* YB 886 and rec derivatives YB 886 A4. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 18(3), 107-112.
- Ramesh, M. N., Wolf, W., Tevini, D., & Bognar, A. (2002). Microwave blanching of vegetables. *Journal of Food Science*, 67(1), 390-398.
- Robe, K. (1966). Improve flavor of pasteurized products. *Food Processing and Marketing*, 27(3), 84-86.
- Saifuddin, N., Wong, C. W., & Yasumira, A. A. (2009). Rapid biosynthesis of silver nanoparticles using culture supernatant of bacteria with microwave irradiation. *E-journal of Chemistry*, 6(1), 61-70.
- Shamis, Y., Croft, R., Taube, A., Crawford, R. J., & Ivanova, E. P. (2012). Review of the specific effects of microwave radiation on bacterial cells. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 96(2), 319-325.
- Shamis, Y., Taube, A., Mitik-Dineva, N., Croft, R., Crawford, R. J., & Ivanova, E. P. (2011). Specific electromagnetic effects of microwave radiation on *Escherichia coli*. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(9), 3017-3022.
- Shamis, Y., Taube, A., Shramkov, Y., Mitik-Dineva, N., Vu, B., & Ivanova, E. P. (2008). Development of a microwave treatment technique for bacterial decontamination of raw meat. *International Journal of Food Engineering*, 4(3), 1556-3758.
- Shazman, A., Mizrahi, S., Cogan, U., & Shimoni, E. (2007). Examining for possible non-thermal effects during heating in a microwave oven. *Food Chemistry*, 103(2), 444-453.

- Spencer, R. C., Hafiz, S., & Cook, C. (1985). Effect of microwave energy on the metabolism of enterobacteriaceae. *Journal of Medical Microbiology*, 19(2), 269-272.
- Tsuji, M., & Yokoigawa, K. (2011). Acid resistance and verocytotoxin productivity of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157: H7 exposed to microwave. *Journal of Food Science*, 76(6), M445-M449.
- Wayland, J. R., Brannen, J. P., & Morris, M. E. (1977). On the interdependence of thermal and electromagnetic effects in the response of *Bacillus subtilis* spores to microwave exposure. *Radiation Research*, 71(1), 251-258.
- Zelentsova, N. V., Zelentsov, S. V., & Semchikov, Y. D. (2006). On the mechanism of microwave initiated reactions. *ChemInform*, 37(8).