

УДК 665.1.09

Поступила в редакцию 26.06.2024  
Received 26.06.2024**К. И. Жакова, В. Н. Бабодей, А. В. Пчельникова***РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь***ОКИСЛИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЖИРОВЫХ ЭМУЛЬСИОННЫХ  
ПРОДУКТАХ ПРЯМОГО ТИПА. АНАЛИЗ КАЧЕСТВЕННЫХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЫРЬЯ, ИСПОЛЪЗУЕМОГО ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ  
ЭМУЛЬСИОННЫХ ПРОДУКТОВ ПРЯМОГО ТИПА**

**Аннотация.** В статье представлена информация об окислительных процессах, которые происходят в эмульсионных продуктах на основе жидких растительных масел, а также проанализированы качественные показатели сырья, применяемого для изготовления майонезной продукции.

**Ключевые слова:** жировые эмульсионные продукты, окисление, сырье, качество.

**Ch. I. Zhakova, V. N. Babodey, A. V. Pchelnikova***RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”  
Minsk, Republic of Belarus***OXIDATIVE PROCESSES IN FAT EMULSION PRODUCTS OF DIRECT  
TYPE. ANALYSIS OF QUALITATIVE INDICATORS OF RAW MATERIALS  
USED IN THE PRODUCTION OF DIRECT TYPE EMULSION PRODUCTS**

**Abstract.** The article the information about the oxidative processes that occur in emulsion products based on liquid vegetable oils, and also analyzes the quality indicators of the raw materials used for the manufacture of mayonnaise products are provides.

**Keywords:** fat emulsion products, oxidation, raw materials, quality.

**Введение.** Особенностью развития современной пищевой промышленности является необходимость постоянного повышения качества, конкурентоспособности выпускаемой продукции. Особое внимание при этом уделяется продуктам массового потребления, доступным и регулярно используемым всеми категориями населения, в том числе масложировым эмульсионным продуктам, таким как майонезы, майонезные соусы, соусы на основе растительных масел [1, 2].

В настоящее время потребности населения в майонезной продукции полностью удовлетворяются за счет товаров как отечественного, так и импортного производства. Обострение конкуренции требует от отечественного производителя внедрения новых технологий, расширения ассортимента при сохранении качества.

Майонез и подобные ему соусы являются многокомпонентными продуктами на основе жидких растительных масел с высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот (далее — ПНЖК) и различных вкусовых добавок. Присутствие в майонезной продукции белковых, жировых ингредиентов, воды обуславливает возможность параллельного протекания микробиологических, гидролитических, окислительных процессов, приводящих к активизации биохимических и автокаталитических окислительных реакций. Это вызывает ухудшение не только органолептических свойств пищевой продукции, но и снижает ее пищевую, в том числе биологическую ценность, что связано с окислением жизненно необходимых жирных кислот, а также с разрушением каротиноидов, токоферолов и других биологически активных веществ [3–5].

Кроме того, первичные продукты окисления — перекиси, оказывают токсическое действие на организм [6]. В процессе разнообразных реакций перекиси образуют карбонильные, а также полимерные соединения, ухудшающие усвояемость жира, а иногда обладающие

и канцерогенными свойствами [7]. Наиболее токсичными продуктами при автоокислении липидов являются акролеин, транс-4-гидрокси-2-нонеаль (II класс опасности) и малоновый альдегид (III класс опасности) [6].

При ферментативном окислении, а также при термической обработке масел и жиров образуется ряд других низкомолекулярных карбонильных соединений, среди которых: транс, транс-2,4-декадиеналь, транс-2-гексаналь, гептеналь и транс-цис-2,4-нонадиеналь (III класс опасности). При постоянном потреблении продуктов окисления липидов с пищей данные соединения способны проявлять общетоксическое (нарушение функции печени и почек, снижение массы тела, развитие окислительного стресса, атеросклероз), иммунотоксическое (повреждение лимфоцитов тимуса) и тератогенное (повышение материнской смертности и частоты выкидышей) действие в зависимости от типа соединений и их концентрации. Принимая во внимание тот факт, что жировые продукты составляют до 36% от калорийности суточного рациона, вклад токсичных соединений, присутствующих в них, значительно повышает риски развития алиментарно-зависимых заболеваний [6, 8].

Пищевые эмульсии представляют собой микрогетерогенные системы, состоящие из двух практически взаимно-нерастворимых жидкостей, которые сильно отличаются друг от друга по характеру молекул. На практике чаще всего встречаются водные эмульсии, т.е. эмульсии в которых одной из двух жидкостей является вода. Такие эмульсии подразделяются на два типа: масло в воде (сокращенно — м/в) и вода в масле — в/м. В эмульсиях первого типа, к которым относится майонезная продукция, масло является дисперсионной фазой, а вода — дисперсионной средой [9, 10].

Прямые эмульсии — это термодинамически нестабильные коллоидные системы, которые состоят из мелких жировых капель, диспергированных в водной фазе. Получение устойчивых высокожирных эмульсий возможно только в присутствии эмульгаторов — веществ, которые, адсорбируясь на поверхности капель, препятствуют их слиянию и придают системе агрегатную устойчивость. Для стабилизации низкожирных эмульсий в рецептуры дополнительно вводят различные полисахариды, проявляющие свойства загустителей и стабилизаторов, что увеличивает вязкость непрерывной фазы продукта и придает ему дополнительную агрегатную устойчивость (рис. 1) [11].



Рис. 1. Состав эмульсионной системы майонезной продукции [11]  
 Fig. 1. Composition of the emulsion system for mayonnaise products [11]

Структурная устойчивость эмульсии, однородность и стабильность консистенции при длительном хранении в условиях изменяющихся температурных режимов, при транспортировании определяет не только товарный вид продукта, но и стабильность его в отношении окислительных и микробиологических процессов. В случае разрушения структуры, разжижения или расслоения эмульсии создаются условия, благоприятные для жизнедеятельности микроорганизмов и стимулирующие окисление жировой фазы. Следовательно, эмульгирующие и стабилизирующие компоненты наряду с обеспечением физической стабильности могут влиять и на стойкость готового продукта к окислению.

Стабильность эмульсий, как правило, связана со степенью дисперсности жировой фазы и pH продукта. Уменьшение размера капель масла приводит к увеличению площади поверхности раздела фаз и, соответственно, контакта между масляной и водной фазами, что, в свою очередь, может оказать негативное влияние на динамику окислительного процесса жировой фазы, в связи с большей доступностью прооксидантов непрерывной фазы к липидному субстрату [12]. В тоже время в некоторых научных источниках сообщается о противоположных результатах, которые объясняются увеличением толщины пограничного слоя между водной и липидной фазами. Это, по мнению исследователей, способствует обеспечению большей защиты эмульгированного масла от окисления [13, 14].

Важен и уровень pH продукта. Как правило, самая низкая скорость окисления имеет место при pH около 7. По мере понижения pH усиливается растворение металлов, в результате чего во многих продуктах окисление обычно ускоряется [15, 16].

Также на скорость окисления липидов оказывает влияние активность воды, оптимальным значением которой является — 0,2-0,3 [17].

Таким образом, процесс окисления липидов, входящих в состав эмульсионных пищевых продуктов, имеет свои особенности для каждого конкретного случая и зачастую зависит от малейших изменений в ассортименте и качестве сырьевых ингредиентов, технологии изготовления и других нюансов, которые на первый взгляд кажутся несущественными.

В общем виде механизм реакций окисления органических веществ, в том числе и жиров, объясняют перекисная теория Баха-Энглера и теория цепных реакций Семенова Н.Н. [18].

Согласно перекисной теории, первоначальными продуктами окисления жиров являются неустойчивые перекисные соединения различных типов, способные при распаде образовывать ряд более стабильных продуктов окисления. Перекисные соединения неустойчивы. Они разлагаются под влиянием различных агентов с образованием вторичных, более устойчивых соединений — гидросиликислот, эпокисей, альдегидов, кетонов, сополимерных и других веществ. При этом гидропероксиды, гидросиликислоты и эпокиси кислот не имеют вкуса и запаха, а носителями неприятного вкуса и запаха окисленных жиров (прогорклых) являются кетоны, альдегиды и низкомолекулярные кислоты, образующиеся на последующих стадиях окисления жира.

В настоящее время большое распространение получила разработанная академиком Семеновым Н.Н. цепная теория окисления жиров, в соответствии с которой реакция протекает через свободные радикалы, имеющие свободные валентности и обладающие повышенной реакционной способностью. При этом окислению подвергаются в первую очередь свободные ненасыщенные жирные кислоты. В начальный период окисления имеет место длительный индукционный период, в течение которого накапливаются свободные радикалы. В этот период времени химические и органолептические показатели жира почти не изменяются. Продолжительность индукционного периода зависит от концентрации антиокислителей, природы жира и условий переработки и хранения. Как только концентрация свободных радикалов достигнет определенного значения, индукционный период заканчивается и начинается автокаталитическая цепная реакция — процесс быстрого присоединения кислорода к радикалам.

Процесс автокаталитической цепной реакции включает несколько стадий [19-21]:

- ♦ зарождение цепи:

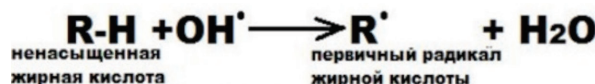


Рис. 2. Образование свободных радикалов, возникающих в результате отрыва атома водорода от углеродной части молекулы жирной кислоты

Fig. 2. The formation of free radicals resulting from the abstraction of a hydrogen atom from the carbon part of the fatty acid molecule

- ♦ продолжение цепи:



Рис. 3. Образование пероксидного радикала и промежуточного гидропероксида (гидроперекиси)

Fig. 3. Formation of peroxide radical and intermediate hydroperoxide (hydroperoxide)

- ♦ разветвление цепи, сопровождающееся:

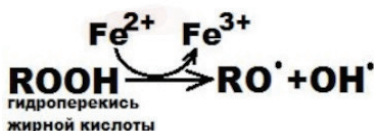


Рис. 4. Распад гидроперекиси на новые свободные радикалы, увеличивающие скорость цепной реакции

Fig. 4. The breakdown of hydroperoxide into new free radicals, increasing the rate of the chain reaction

При соединении двух радикалов с образованием неактивной молекулы может произойти обрыв цепи автокаталитической цепной реакции:



Рис. 5. Образование неактивной молекулы при соединении двух радикалов  
 Fig. 5. Formation of an inactive molecule when two radicals combine

При температурах хранения от 2°C до 25°C в жировых продуктах происходит автоокисление, которое ускоряется в присутствии влаги, света и катализаторов, в качестве которых могут выступать легкоокисляющиеся металлы (окислы или соли железа, меди, свинца, олова), а также органические соединения, содержащие, например, белки; при температурах жарки от 140°C до 200°C в жировых продуктах наблюдается термическое окисление [7, 22].

Процесс нагревания жира до 140-180 °C в присутствии свободного доступа кислорода воздуха вызывает резкое сокращение индукционного периода. Присоединение кислорода к углеводородным радикалам жирных кислот происходит более беспорядочно. Некоторые продукты окисления липидов (гидропероксиды, альдегиды и др.), относительно устойчивые при температурах автоокисления, не могут длительно существовать при температурах термического окисления и распадаются по мере образования. В результате их распада образуется многочисленная группа новых реакционноспособных веществ, увеличивающих возможность протекания вторичных химических реакций в нагретом жире [22].

Химические соединения, образующиеся при авто- и термическом окислении можно подразделить на три группы [7]:

- ♦ продукты окислительной деструкции жирных кислот, в результате которой образуются вещества с укороченной цепью;
- ♦ продукты изомеризации и окисленные триглицериды;
- ♦ продукты окисления, содержащие полимеризованные или конденсированные жирные кислоты, в которых могут присутствовать функциональные группы, содержащие кислород. Все эти продукты значительно ухудшают качество жиров и делают их непригодными к употреблению в пищу.

Активными катализаторами окисления жиров являются ферменты, главным образом ферменты микроорганизмов. Поэтому загрязнение жиросодержащих пищевых продуктов, особенно бактериальное обсеменение, ускоряет процесс окисления жиров.

В каждом отдельном случае, в зависимости от характера жиросодержащих пищевых продуктов или пищевого сырья и условий, при которых они находятся, окисление может происходить по одному или нескольким из рассмотренных выше типов.

В пищевых эмульсионных продуктах прямого типа липиды обычно распределены в виде капель и представляют собой дисперсную жировую фазу. В этих пищевых продуктах скорость окисления может быть намного меньше или больше, чем для тех же самых липидов в виде непрерывной фазы. Высокая влажность, наличие белковых и минеральных веществ эмульсионных жировых продуктов прямого типа, таких как майонезы, способствуют развитию микрофлоры, а, следовательно, интенсивному развитию процессов биохимического прогоркания. Микроорганизмы, в том числе плесени и дрожжи, вырабатывают ферменты липазу и липоксидазу. Липаза гидролизует жиры, а образовавшиеся в результате гидролиза свободные жирные кислоты окисляются при участии фермента липоксигеназы.

Специфичность липоксигеназы состоит в том, что действию этого фермента подвергаются лишь те полиненасыщенные жирные кислоты, которые содержат цис-цис-1,4-пентадиеновую группу (линолевая, линоленовая, арахидоновая). Жирные кислоты с цис-транс или транс-транс-конфигураций двойных связей ферментом не окисляются. Образующиеся вторичные продукты окисления (альдегиды, кетоны и другие соединения) являются причиной ухудшения качества пищевого сырья и многих жиросодержащих продуктов (рис. 2) [23].

Таким образом, в данном случае липаза и липоксигеназа действуют кооперативно. Регулирование процессов ферментативного окисления липидов (рис. 6) играет большую роль при контроле образования продуктов перекисного окисления в масложировых продуктах прямого типа в силу высокой специфичности и скорости протекания реакции, на порядок превышающей скорость протекания неферментативного перекисного окисления.





Рис. 6. Общая схема ферментативного прогоркания жиров [23]  
 Fig. 6. General scheme of enzymatic rancidity of fats [23]

Поэтому при разработке мероприятий по повышению качества майонезной продукции основное внимание должно быть направлено на разработку методов по обеспечению микробиологической и гидролитической устойчивости, структурной стабильности и торможению развития окислительных процессов.

Существуют различные технологические приемы, позволяющие с большей или меньшей эффективностью ингибировать окислительные процессы в сырье и готовой продукции.

В исследованиях Y. Kishk с соавторами изучена окислительная стабильность эмульсий типа вода в масле с использованием в качестве стабилизатора ксантановой камеди, которая способствовала более низким значениям перекисного числа и конъюгированных диенов по сравнению с контрольными образцами [24].

В исследовании S. Katsuda и др. эмульсии на основе цитрусового пектина и рыбьего жира также демонстрировали меньшее накопление продуктов окисления по сравнению с контрольным образцом и образцом на основе пектина. Для предотвращения порчи жиров необходимо по возможности уменьшить или исключить их соприкосновение с кислородом воздуха, светом, теплом [13].

Процесс автоокисления можно затормозить с помощью натуральных (природных) и синтезированных веществ — антиокислителей, вступающих в реакцию с гидроперекисями без образования свободных радикалов, т.е. веществ, способных обрывать цепную реакцию [3, 7]. Антиоксидантами, растворимыми в водной фазе, могут выступать, например, аскорбиновая кислота или полифенольные соединения, а в липидной фазе —  $\alpha$ -токоферол (витамин E) или ретинол (витамин A). Немало исследований проводилось в направлении поиска способов для замедления окислительных процессов без использования искусственных антиокислителей, например, путем добавления растительных экстрактов (розмарина, чеснока и др.), ликопина [25, 26].

При производстве майонеза и других пищевых эмульсий дополнительная обработка оборудования острым паром в процессе его комплексной мойки обеспечивает микробиологическую безопасность, а, следовательно, замедляют ферментативное окисление готовой продукции на протяжении срока хранения [27].

Масложировые эмульсионные продукты прямого типа являются мультикомпонентными системами, свойства которых определяются качественным и количественным составом рецептурных ингредиентов.

В качестве жировой основы для майонезных продуктов используют растительные масла. Наибольшая ценность жидких растительных масел — обеспечение поступления в организм полиненасыщенных жирных кислот, в том числе незаменимых (линолевой, линоленовой). Все растительные масла, используемые при изготовлении майонезной продукции, должны быть подвергнуты полной рафинации, включая дезодорацию. Кислотное число — не более 0,6 мг КОН/г; перекисное число — не более 10 ммоль активного кислорода/кг.

Устойчивость жиров и масел к окислению обусловлена расположением, геометрической конфигурацией и количеством двойных связей. Окисление может происходить только в жирнокислотной части молекул триглицерида, поскольку для окисления в нормальных условиях

необходимо наличие двойной связи: чем выше степень ненасыщенности жирной кислоты, тем ниже ее окислительная стабильность [23]. Так, для линоленовой кислоты, имеющей три двойных связи, относительная скорость окисления в два раза выше, чем для линолевой, в молекуле которой две двойных связи. Мононенасыщенная олеиновая кислота, имеющая одну двойную связь, наиболее устойчива из трех рассмотренных жирных кислот.

При производстве масложировых эмульсионных продуктов в качестве эмульгаторов используют природные пищевые поверхностно-активные вещества, представляющие собой белково-липидные комплексы с различным составом как высоко, так и низкомолекулярных эмульгирующих веществ. Общепринятыми эмульгаторами широко применяющимися в масложировой промышленности при производстве майонезной продукции являются яичные, молочные ингредиенты, горчичный порошок.

Из молочных продуктов в качестве эмульгаторов используют: сухое обезжиренное и цельное молоко, сухие сливки, сухую молочную сыворотку и другие молочные продукты. Белки молока при взаимодействии с эмульгированными жирами образуют комплекс, являющийся хорошим эмульгатором. При создании низкокалорийных и диетических сортов майонезов в качестве эмульгаторов иногда используют растительные белки, в основном соевые, содержащие в значительных количествах лецитин, улучшающий работу сердечно-сосудистой системы, эффективный для профилактики атеросклероза и нормализующий уровень холестерина и триглицеридов в крови.

Окисление липидов сухих молочных продуктов является одним из видов порчи, которое приводит к ухудшению органолептических свойств и снижению биологической ценности майонезной продукции. Сухое молоко имеет большую удельную поверхность соприкосновения с воздухом, вследствие чего жир в нем окисляется с последующим осаливанием. Высокое содержание свободного жира (выше 9%), солей меди и железа (более 10 мг/кг сухого вещества молока) также способствуют быстрому окислению [28]. Устойчивость сухих продуктов к окислению можно повысить путем обезжиривания молока, внесения антиоксидантов, а также осуществления гомогенизации сгущенного молока перед сушкой, хранения продукта в атмосфере азота. Надежным средством защиты сухого молока от окисления является упаковка его в герметическую тару в атмосфере инертного газа с предварительным вакуумированием [28].

Яичные продукты, с точки зрения химического состава, представляют собой сложную структуру, основой которой является протеиново-фосфолипидный комплекс, при этом протеины являются высокомолекулярными ПАВ, а фосфолипиды — низкомолекулярными. В молекуле белка имеются участки с ковалентными (растворимыми в масле) и ионными (растворимыми в воде) связями. Белок и желток яйца имеют различный состав протеинов. Белок состоит, в основном, из протеинов, которые обуславливают такие свойства белка при производстве майонезов, как растворимость в водной фазе, способность диспергировать, а также бактерицидное действие (лизоцим). В желтке содержатся как белки (вителин, липовителин, ливетин, фосфитин), так и липиды, важнейшими из которых являются фосфолипиды — вещества, обладающие эмульгирующей способностью, в число которых входит лецитин [11].

Гамма яичных продуктов, которую используют в качестве эмульгаторов при производстве майонезной продукции, достаточно велика — это как цельное яйцо, так и его производные: яичный порошок (меланж), яичный желток (в жидком или сухом виде).

Широкое распространение в производстве майонезов получило применение яичных желтков, ферментатически модифицированных фосфолипазой А2. Основные отличительные свойства ферментированного желтка заключаются в способности образовывать «прочные мембраны», окружающие и защищающие диспергированные капли масла на поверхности раздела фаз эмульсии. Создание таких мембран позволяет эмульсии находиться в стабильном состоянии даже при высоких температурах (выше 100°C). Это позволяет вести производственный процесс в широком температурном диапазоне, не опасаясь разрушения эмульсий. Кроме того, применение ферментированного желтка позволяет проводить стерилизацию готового майонеза при высоких температурах с целью получения продукта длительного хранения, с высокой окислительной устойчивостью. Взаимодействие ферментированного желтка со структурообразователями, такими как камеди, карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ), альгинаты, идет по пути синергизма, что позволяет существенно снизить дозировки структурообразователей при применении желтка даже для средне- и низкожирных майонезных соусов [29].

Окислительные изменения, происходящие при хранении сухих яичных продуктов, также, как и сухих молочных продуктов, объясняются главным образом окислением составных

частей яичных сухих продуктов кислородом воздуха, адсорбированным тонкодисперсными частицами. В результате при хранении ухудшаются вкус и запах продукта, уменьшается содержание каротиноидов, окисляются витамины. Хранение яичных сухих продуктов под вакуумом, в атмосфере инертного газа (азота) или диоксида углерода значительно снижает скорость окисления [30].

Для устойчивости высокожирных майонезов в отдельных случаях достаточно только эмульгатора. С целью придания долговременной устойчивости средне- и низкожирным эмульсиям в рецептуры вводят стабилизаторы — гидроколлоиды.

Стабилизаторы используются в майонезных продуктах в довольно малых дозах: от 0,1 до 1,0%. В зависимости от источника получения различают следующие группы гидроколлоидов:

- ♦ растительные (камедь плодов рожкового дерева, гуаровую камедь, пектин и т.д.);
- ♦ гидроколлоиды, получаемые из морепродуктов (каррагинан, агар-агар, альгинаты);
- ♦ биосинтезированные (ксантан, геллан, карбоксиметилцеллюлозу). Как правило, в целях наилучшей стабилизации майонезных эмульсий в качестве стабилизаторов используют не один, а несколько гидроколлоидов [11].

В рецептурах низкожирных соусов, содержащих большое количество воды, для увеличения стабильности эмульсии используют загустители-структуризаторы. В основном — это крахмалы и их производные, которые получают из различного промышленного сырья: кукурузы, картофеля, пшеницы, риса, тапиоки. Вследствие недостаточной устойчивости и склонности к синерезису растворов нативных крахмалов в производстве майонезных продуктов чаще всего применяют модифицированные крахмалы, получаемые путем структурирования нативного крахмала [11].

Вкусовые добавки, используемые в майонезах и соусах, включают в себя различные вкусовые, вкусоароматические и пряные вещества.

В качестве подсластителя в майонезных рецептурах используется сахар (сахароза), в диетических сортах — глюкоза, фруктоза и другие подсластители. Поваренная соль служит для улучшения вкусовых качеств и выявления вкуса других компонентов, кроме того она обладает и консервирующим действием.

Пряности вводят в рецептуры в виде уже готовых экстрактов, выпускаемых промышленностью, а также в порошкообразной форме. Основной пряностью, присутствующей практически во всех рецептурах, является горчица. Горчичный порошок — один из важных компонентов рецептуры майонеза. Именно он делает этот соус неповторимым, но его использование имеет ряд ограничений. Многолетний опыт применения горчичного порошка в майонезах показывает, что «высокоэфирный» порошок отрицательно влияет на стойкость эмульсии, особенно в майонезах, содержащих крахмал, за счет воздействия фермента мирозиназы на амилазу [31].

Пищевые кислоты (уксусная, молочная или лимонная) при добавлении в майонезы являются как вкусовыми добавками, так и консервантами. Снижая pH низкокалорийных эмульсий с 6,9 до 4,0–4,7, они препятствуют размножению нежелательных микроорганизмов. Лимонная кислота более мягкая, придает майонезным соусам изысканный вкус. Уксусная кислота выпускается в виде эссенции (с содержанием 70–80%) или столового уксуса. Уксус вводят в смесь на заключительной стадии процесса во избежание разрушения эмульсии.

Консерванты в майонезной продукции играют очень большую роль, продлевая сроки сохранности продукта. При производстве майонезных соусов используют, в основном, соли сорбиновой и бензойной кислот. Бензойная и сорбиновая кислоты сами по себе имеют слабокислую реакцию, поэтому снижение pH для повышения эффективности консервирующего действия достигается добавлением лимонной или уксусной кислот.

**Заключение.** Масложировые эмульсионные продукты прямого типа являются мультикомпонентными системами, свойства которых определяются качественным и количественным составом рецептурных ингредиентов.

Наличие в майонезных продуктах воды, белковых, жировых ингредиентов обуславливает возможность параллельного протекания микробиологических, гидролитических процессов, приводящих к активизации биохимических и автокаталитических окислительных реакций.

Структурная устойчивость эмульсии, однородность и стабильность консистенции определяет не только товарный вид продукта, но и стабильность его в отношении окислительных и микробиологических процессов. В случае разрушения структуры, разжижения или расслоения эмульсии майонеза создаются условия, благоприятные для жизнедеятельности микроорганизмов и стимулирующие окисление жировой фазы.

Эмульгирующие и стабилизирующие компоненты, обеспечивающие физическую стабильность, могут влиять и на стойкость готового продукта к окислению, что связано со степенью

дисперсности жировой фазы. Антиоксидантную активность проявляют также некоторые углеводы, используемые в качестве стабилизатора в высоких концентрациях благодаря их способности поглощать свободные радикалы.

Процесс автоокисления можно затормозить с помощью натуральных (природных) и синтезированных веществ — антиокислителей, вступающих в реакцию с гидроперекисями без образования свободных радикалов, т.е. веществ, способных обрывать цепную реакцию.

Дополнительная обработка оборудования острым паром в процессе его комплексной мойки обеспечивает микробиологическую безопасность, а, следовательно, замедляют ферментативное окисление готовой продукции на протяжении срока хранения.

Поэтому при разработке мероприятий по повышению окислительной устойчивости масложировых эмульсионных продуктов прямого типа основное внимание исследователей должно быть направлено на обеспечение их микробиологической, гидролитической и структурной устойчивости при производстве и хранении.

### Список использованных источников

1. Терещук, Л. В. Технологические аспекты повышения антиоксидантной устойчивости соусов майонезных / Л. В. Терещук, К. В. Старовойтова // Техника и технология пищевых производств. — 2013. — №1 (28). — С. 47-53.
2. Старовойтова, К. В. Разработка и товароведная оценка соусов майонезных антиоксидантной направленности: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.18.15 / К. В. Старовойтова; Кемер. технол. ин-т пищевой пром. — Кемерово, 2011. — 20 с.
3. Тюньков, И. В. Химия пищи: учебно-методическое пособие / И. В. Тюньков, О. С. Котлярова. — Новосибирск: НГАУ, 2011. — 100 с.
4. Nunez de Gonzalez, M. T., Boleman, R. M., Miller, R. K., Keeton, J. T., Rhee, K. S. Antioxidant properties of dried plum ingredients in raw and precooked pork sausage // *Journal of Food Science*, 2008, vol. 73. — P. 63–71.
5. Lee, M. A., Choi, J. H., Choi, Y. S., Kim, H. Y., Kim, H. W., Hwang, K. E., Chung, H. K., Kim, C. J. Effects of kimchiethanolic extracts on oxidative stability of refrigerated cooked pork // *Meat Science*, 2011. — Vol. 89. — P. 405–411.
6. Саркисян, В. А. Токсикологическая характеристика основных продуктов окисления липидов / В. А. Саркисян, А. А. Кочеткова, В. В. Бессонов, И. В. Глазкова // Вопросы питания. — 2016. — №6. — С. 80-85.
7. Колодязная, В. С. Пищевая химия: Учеб. пособие. / В. С. Колодязная; СПбГАХИТ. — СПб., 1999. — 140 с.
8. Саркисян В. А. Пути регулирования процессов перекисного окисления липидов при производстве жировых ингредиентов / Вопросы питания // 2016. — Т. 85. — №2. С. 34.
9. Писаренко, А. П. Курс коллоидной химии : учебник / А. П. Писаренко, К. А. Поспелова, А. Г. Яковлев ; ред. А. П. Писаренко. — М. : Высш. шк., 1961. — 242 с.
10. Егоров, С. В. Коллоидная химия. Шпаргалка: учебное пособие / Егоров, С. В., Оробейко Е. С, Мухачева Е. С., — М.: Экзамен, 2007. — 64 с.
11. Нечаев, А. П. Майонезы / А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова, И. Н. Нестерова - СПб: ГИОРД, — 2000. — 80 с.
12. Effects of droplet size on the oxidative stability of oil-in-water emulsions / K. Nakaya [et al.] // *Lipids*. 2005. Vol. 40. № 5. P. 501–507.
13. Katsuda, M. S. Physical and oxidative stability of fish oil-in-water emulsions stabilized with p-lactoglobulin and pectin M. S. Katsuda [sr a./] *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008. Vol. 56. № 14. — P. 5926-5931.
14. Тарасова, Л. И. Пищевые волокна SenseFi - стабилизаторы структуры и качества / Л. И., Тарасова, Т. Г. Тагиева, И. М. Завадская // Пищевая промышленность. — 2015. — №10. — С.50-52.
15. Jacobsen, C. Oxidation in fish oil enriched mayonnaise : Ascorbic acid and low pH increase oxidative deterioration. / Jacobsen, Charlotte; Timm Heinrich, Maik; Meyer, Anne S. — *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. — Vol. 49. — №. 8. — 2001. — P. 3947-3956.
16. Kim, J.Y., Yi, B., Lee, C. et al. Effects of pH on the rates of lipid oxidation in oil–water system. *Appl Biol Chem* 59. — 2016. — P. 157–161.
17. Активность воды. Увеличение сроков годности и стабильность продукции [Электронный ресурс] / Decagon Devices, Inc. — Режим доступа: <https://decagon.ru/aw/activity-of-water>. Дата доступа: 24.05.2024.
18. Черевко, А. И. Энциклопедия питания. Том 2. Нутриенты пищевых продуктов : справочное издание / А. И. Черевко, В. М. Михайлов, Е. В. Новикова [и др.] ; под общ. ред. А. И. Черевко, В. М. Михайлов. — Москва : КноРус, 2024. — 125 с.



19. Кубасов, А. А. Химическая кинетика и катализ. Часть 1 / А. А. Кубасов. — Москва: Изд-во Московского университета, 2004 г. — 144 с.
20. Рудакова, М. Ю. Повышение безопасности продуктов питания, жаренных во фритюре / М. Ю. Рудакова, Ю. В. Николаева // Продовольственные технологии. — 2017. — № 1. — С. 21–26.
21. Суханова, Г. А. Биохимия клетки: учебно-методическое пособие. / Г. А. Суханова, В. Ю. Серебров. — Томск: 1999 г. — 151 с.
22. Ефимкин, А. А. Технология продукции общественного питания : учеб. пособие : для студентов ссузов : в 2 ч. / А. А. Ефимкин, Н. С. Соляник ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кемер. технол. ин-т пищевой пром-сти, Среднетехн. фак. - Кемерово : КемТИПП, 2011 — Ч. 1. — 2011. — 143 с.
23. Нечаев, А.П., Траубенберг С.Е. и др. Пищевая химия. Под ред. А.П. Нечаева. — СПб.: ГИОРД, 2007.- 640с.
24. Kishk, Y. F. M., Al-Sayed H. M. A. Free-radical scavenging and antioxidative activities of some polysaccharides in emulsions LWT - Food Science and Technology.2007. –Vol. 40. — №2. — P. 270–277.
25. Niki E, Yoshida Y, Saito Y, Noguchi N. Lipid peroxidation: mechanisms, inhibition, and biological effects// BiochemBiophys Res Commun, 2005, vol 338, 668–676.
26. Fuhrman B, Volkova N, Rosenblat M, Aviram M. Lycopene synergistically inhibits LDL oxidation in combination with vitamin E, glabridin, rosmarinic acid, carnosic acid, or garlic. Antioxid Redox Signal. 2000 Fall;2 (3):491–506.
27. Рахимова, Э. И., Сироткин А. С., Саитова Э. Э. Биологическая безопасность производства майонеза / Э. И. Рахимова, А. С. Сироткин, Саитова Э. Э. // Актуальная биотехнология. — 2019. —№3. — С. 302–305.
28. Радаева, И. А. Окисление липидов и порча молочных продуктов [Электронный ресурс] / Переработка молока. — Режим доступа: <https://www.milkbranch.ru/publ/view/439.html?ysclid=lx6ktjhfu9343797297>. Дата доступа: 24.05.2024.
29. Некоторые особенности применения ферментированного яичного желтка в производстве майонеза [Электронный ресурс] / Масла и жиры. — Режим доступа: <http://www.oilbranch.com/publ/view/15.html>. Дата доступа: 24.05.2024.
30. Николаева М. А. Хранение продовольственных товаров: учебное пособие / М. А. Николаева, Г. Я. Резго. — Москва: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2022. — 304 с.
31. Ароматизатор горчицы для майонезов и соусов [Электронный ресурс] / Тейст дизайн. — Режим доступа: <https://td-ukraine.com.ua/news/aromatizator-gorchicy-dlya-majonezov-i-sousov>. Дата доступа: 24.05.2024.

#### Информация об авторах

*Жакова Кристина Ивановна*, кандидат технических наук, ученый секретарь, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: zhakova@belproduct.com

*Бабодей Валентина Николаевна*, начальник отдела технологий кондитерской и масложировой продукции, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: 2945684@mail.ru

*Пчельникова Анна Владимировна*, научный сотрудник отдела технологий кондитерской и масложировой продукции, РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь).

E-mail: 2945684@mail.ru

#### Information about authors

*Zhakava Christina Ivanovna*, PhD (Technical), scientific secretary of the RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: zhakova@belproduct.com

*Babodey Valentina Nikolaevna*, head of the department of technology confectionery and fat-and-oil products of the RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: 2945684@mail.ru

*Pchelnykova Anna Vladimirovna*, researcher of the department of technology confectionery and fat-and-oil products of the RUE “Scientific and Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (29, Kozlova str., 220037, Minsk, Republic of Belarus).

E-mail: 2945684@mail.ru