

Мякинникова Е.И., Касьянов Г.И. Сухие быстровосстанавливаемые концентраты для производства напитков // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2015. № 4.

Оганесянц Л.А. Технология безалкогольных напитков. Учебник для вузов. СПб.: ГИОРД, 2012. 344 с.

Попов А.М. Анализ и синтез технологий гранулированных концентратов напитков. Кемерово: Кемеровский технол. ин-т пищевой пром-сти, 2003. 244 с.

Чумак А.А. Разработка технологии специализированных сухих пищевых концентратов напитков и оценка их потребительских свойств. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. Краснодар: КубГТУ, 2009. 24 с.

Шевченко А.М. Обоснование выбора состава корригентов для сухих шипучих напитков с адаптогенами и витаминами // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. 2005. № 3.

Сведения об авторах

Веселова Ольга Валерьевна, руководитель центра инноваций ООО «ВМ Про», <http://wmingredients.com>

Власова Кристина Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры цифровой нутрициологии, гостиничного и ресторанного сервиса Московского государственного университета технологий и управления им. К.Г. Разумовского. E-mail: k.vlasova@mgutm.ru

О.С. Восканян, П.А. Шупилова

O.S. Voskanyan, P.A. Shipilova

РАЗРАБОТКА НОВОГО ВИДА МОРОЖЕНОГО С КРЫМСКИМИ СПЕЦИЯМИ НА ОСНОВЕ АКВАФАБЫ

DEVELOPMENT OF A NEW TYPE OF ICE CREAM WITH CRIMEAN SPICES BASED ON AQUAFABA

Аннотация:

Мороженое сегодня является одним из самых популярных замороженных десертов в мире, и его глобальное потребление растет. Широко распространенные непереносимость лактозы и аллергия на коровье молоко, а также наличие большого числа людей, придерживающихся безмолочной или вегетарианской диеты, являются основными причинами потребительского спроса на заменители молока и снижения интереса населения к потреблению молочных продуктов. Целью данного исследования была разработка рецептуры нового вида мороженого с крымскими специями на основе аквафабы, не содержащего молочных компонентов, а также с низким содержанием жира и сахара.

Ключевые слова: аквафаба, мороженое, специи, сенсорный анализ, сенсорная стабильность, безмолочный продукт.

Мороженое, обычно определяемое как замороженная смесь молока, молочных продуктов и сахара, является одним из самых популярных десертов в мире. Хотя его точное происхождение неизвестно, считается, что первое мороженое было изобретено в Китае около 4000 г. до н. э. и изготовлено из вареного риса, специй, молока и снега. Много столетий спустя, в 1913 г., был изобретен морозильник непрерывного действия для мороженого и разработан продукт, известный в настоящее время. Согласно литературным данным, стандартное мороженое состоит примерно из 50 % воздуха, 30 % льда, 15 % нежировых сухих веществ и 5 % жира¹⁴. Реологическая структура мороженого представляет собой застывшую пену, в которой размер кристаллов льда является важнейшим параметром, влияющим на качество конечного продукта. Крупные кристаллы могут привести к снижению органолептических свойств мороженого, поэтому пропорции ингредиентов имеют основополагающее значение для получения удовлетворительного конечного результата.

¹⁴ Clarke C. The Science of Ice Cream. Second ed. Royal Society of Chemistry. UK, 2015.

Жир является вторым по значимости компонентом мороженого. Это ингредиент, который больше всего влияет на текстуру продукта и улучшает ее. Помимо органолептического вклада, липиды повышают устойчивость к расплавлению благодаря своей благоприятной роли в стабилизации пены, и, кроме того, жировые шарики уменьшают пространство, доступное для кристаллов льда, ограничивая их образование. Сахара увеличивают количество растворимых твердых веществ в смеси и ответственны за снижение криоскопической точки мороженого. Эти молекулы также увеличивают вязкость водной фазы и ограничивают рост кристаллов льда, образующихся в процессе приготовления мороженого. По этой причине сахар обычно необходим в рецептах мороженого. Однако хорошо известно, что чрезмерное потребление жиров и сахаров может привести к развитию хронических заболеваний, таких как диабет II типа или ожирение. В связи с этим новое направление исследований в пищевой науке и технологии сосредоточено на использовании сахарозаменителей.

Широкая распространенность непереносимости лактозы и аллергии на коровье молоко является основной причиной потребительского спроса на альтернативное молоко, наряду с этическими (вегетарианскими) соображениями и растущим осознанием необходимости более устойчивой продовольственной системы. В настоящее время непереносимостью лактозы страдают около 70 % населения во всем мире¹⁵, а аллергия на молоко является одной из наиболее частых пищевых аллергий у детей, распространенность которой, по разным оценкам, у детей в возрасте до 1 года в развитых странах составляет от 0,5 % до 3 %¹⁶.

В последние годы некоторые компании уже разработали безмолочное мороженое, было проведено несколько исследований по производству мороженого с низким содержанием жира, мороженого из растительного молока и т. д. Однако стабильность, текстура, пищевая ценность и сенсорные недостатки у такого продукта все еще требуют доработки. Даже если в сенсорном плане были получены удовлетворительные результаты, состав ингредиентов этого мороженого не всегда соответствует здоровому профилю¹⁷.

По мере увеличения населения Земли растет и потребность в еде. Для обеспечения запасов пищевых продуктов и гарантирования их надлежащего качества и безопасности ведутся поиски новых техно-

¹⁵ Bayless T.M., Brown E., Paige D.M. Lactase non-persistence and lactose intolerance. *Curr. Gastroenterol. Rep.* 19, 23. 2017.

¹⁶ Flom J.D., Sicherer S.H. Epidemiology of cow's milk allergy. *Nutrients.* 11. 2019.

¹⁷ Akbari M., Eskandari M.H., Davoudi Z. Application and functions of fat replacers in low-fat ice cream: A review. *Trends in Food Science and Technology.* 2019. 86, 34-40.

логических решений. Большие надежды связаны с использованием растений и отходов. Оценки показывают, что для производства продуктов питания растительного происхождения требуется в четыре с половиной раза меньше площади земли, чем для производства продуктов животного происхождения¹⁸. Для производства 1 кг пшеницы требуется 6 литров воды, а для производства 1 кг мяса — 2500-6000 л¹⁹. Поэтому оправдана разработка пищевых технологий, основанных на использовании растений.

Аквафаба — это водный раствор, оставшийся после приготовления бобовых, в основном нута. Жидкость также можно получить из консервированных бобов²⁰. Аквафаба в настоящее время очень популярна в качестве заменителя яиц в вегетарианском питании. Этот ингредиент начинает более широко использоваться в пищевых технологиях благодаря своим инновационным свойствам формирования текстуры²¹. Пенообразующие, эмульгирующие, железирующие и загущающие свойства аквафабы можно использовать в производстве растительной пищи, а также в рецептах с продуктами животного происхождения. Кроме того, аквафаба привлекательна для многих потребителей своей доступностью, растительным происхождением, экологичностью и низкой калорийностью. До сих пор она использовалась для приготовления безе, тортов, печенья, хлеба, крекеров и вегетарианских заменителей молочных продуктов.

Пенообразующие свойства аквафабы являются результатом присутствия альбумина, а также полисахаридов и сапонинов. Благодаря содержанию белка аквафаба может пениться, а благодаря содержанию углеводов она остается стабильной. Считается, что сапонины облегчают образование пузырьков воздуха, поэтому они остаются стабильными. Чем выше содержание белка в аквафабе, тем выше эффективность пенообразования.

¹⁸ Schepers J., Annemans L. The potential health and economic effects of plant-based food patterns in Belgium and the United Kingdom. *Nutrition.* 2018. 48, 24-32.

¹⁹ Tomczyk E. Pro-ecological social attitudes as one of today's ways of understanding sustainable development. *Contemporary nutritional trends: Vegetarianism and veganism. Zrównowazony Rozw. Deb. Nauk.* 2018. 3, 111-118. (In Polish.)

²⁰ Stasiak J., Stasiak D., Libera J. The potential of aquafaba as a structure-shaping additive in plant-derived food technology. 2023.

²¹ Басангова Н.Г., Фединишина Е.Ю. Исследование технологических свойств аквафабы из различных видов бобовых // Биотехнологии и безопасность в техносфере: Сборник материалов Всероссийской конференции, Санкт-Петербург, 2-3 марта 2022 г. В 2 ч. СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2022. С. 145-147.

Цель данного исследования состояла в разработке рецептуры и приготовлении мороженого на основе аквафабы, без молочных ингредиентов, жиров и с использованием минимального количества сахара, — мороженого, которое имело бы органолептические и технологические характеристики, аналогичные показателям коммерческого мороженого на основе молока.

Для приготовления мороженого была взята аквафаба из отвара нута, поскольку это семейство бобовых имеет самый нейтральный вкус по сравнению с другими бобовыми²². Использовались: аквафаба из консервированного нута, глюкозно-фруктозный сироп, растворимые пищевые волокна, лимонная кислота и крымские специи.

Технологический процесс заключался во взбивании аквафабы миксером на максимальной скорости до устойчивых пиков. Затем в пену добавляли лимонную кислоту, крымские специи (куркуму, розмарин и тимьян), пищевые волокна и глюкозно-фруктозный сироп. Приготовленная смесь хранилась в морозильной камере при температуре $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 5 часов.

Были проведены физико-химические измерения степени взбитости, скорости таяния и твердости.

Взбитость измеряли путем сравнения веса смеси для приготовления мороженого и готового мороженого в контейнере фиксированного объема (100 мл). Для каждого образца было проведено десять измерений взбитости в процентах с использованием следующего уравнения:

$$S = \frac{m_m - m}{m}$$

где S — взбитость, %; m_m — масса смеси мороженого, г; m — масса мороженого, г.

Рецептура веганского мороженого на аквафабе дала процент взбитости $59,8 \pm 2,3\%$. Чрезмерно высокая взбитость является пороком мороженого, а чрезмерно низкая дает в результате грубую и твердую структуру. В данном случае значение полученной вязкости определило мягкую структуру мороженого, которая похожа на сливочную.

Скорость таяния затвердевшего (при $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 1 дня) образца мороженого объемом около 100 мл измеряли, помещая продукт на сетку из нержавеющей стали толщиной 1 мм при температуре окру-

жающей среды ($20 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$) и каждые 10 мин отмечали вес растаявшего мороженого. График гистограммы был построен с использованием процента растаявшего мороженого в зависимости от времени. Измерения проводились трижды.

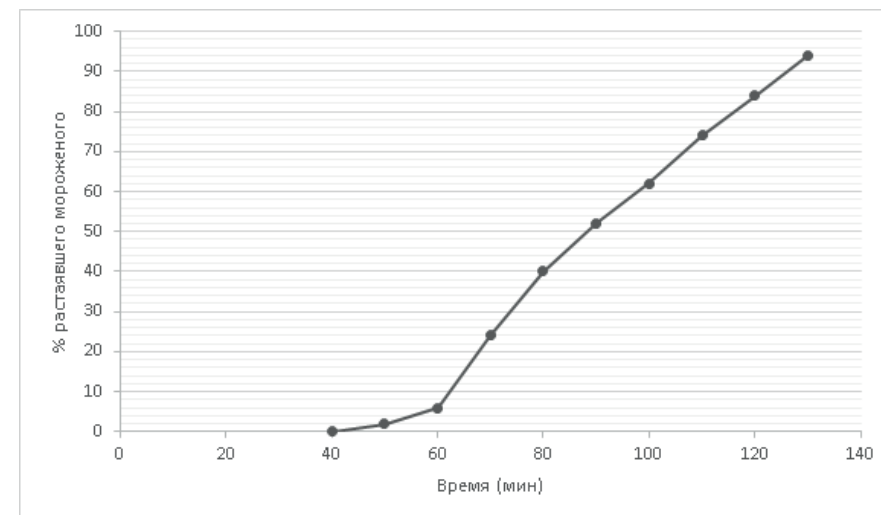


Рис. 1. Таяние мороженого на основе аквафабы.

Согласно результатам, представленным на Рисунке 1, мороженое не таяло до 40-й минуты от начала измерения, а полное таяние не произошло даже после 130 минут при комнатной температуре. Это больше, чем время таяния обычного молочного мороженого. Согласно одному из исследований²³, время, необходимое для первого стекания при таянии обычного мороженого, изготовленного на основе молока, составляет менее 20 минут, а полное таяние происходит в течение 60 минут. Там же было отмечено, что тип ингредиентов, используемых при приготовлении мороженого, влияет на скорость его таяния.

Водосвязывающее и удерживающее свойство аквафабы, используемой в нашей рецептуре, способствует образованию стабильной гелевой матрицы с молекулами воды и, следовательно, приводит к более медленному таянию мороженого. Добавление волокон и полисахаридов в рецептуру мороженого может также улучшить свойства его плавления.

²² Плашинова В.А., Сластинов А. Применение аквафабы в рецептурах веганских десертов // Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции студентов и школьников, посвященной 100-летию Волго-Каспийского морского рыбопромышленного колледжа, Астрахань, 17 марта 2021 г. Астрахань, 2021. С. 220.

²³ Loffredi E., Moriano M.E., Masseroni L., Alamprese C. Effects of different emulsifier substitutes on artisanal ice cream quality. *Lwt*, 137. Article 110499. 10.1016/j.lwt.2020.110499. 2021.

Твердость мороженого является свойством его структуры при образовании эмульсии в процессе гомогенизации жира, воды, воздуха и белка и замораживании этой смеси. Снижение содержания жира повышает твердость мороженого из-за увеличения количества свободных молекул воды, что приводит к образованию более крупных кристаллов льда во время замораживания. Но аквафаба вместе с пищевыми волокнами, наоборот, улучшает показатель твердости мороженого, поскольку пищевые волокна способны адсорбировать свободные молекулы воды в эмульсионной смеси, так что уменьшение образования кристаллов льда приводит к получению более мягкого мороженого²⁴.

Далее нами был проведен сенсорный анализ в форме треугольного теста. В сессии приняли участие 35 неподготовленных и «слепых» участников, которые ничего не знали о рецептуре мороженого. Треугольный тест — это дискриминационный сенсорный тест, позволяющий сравнить и выявить разницу между двумя продуктами, которые очень похожи друг на друга. Для проведения теста участникам дается три образца, два из которых должны быть одинаковыми, а третий должен отличаться²⁵. В нашем случае добровольцы съели три вида мороженого, закодированных тремя случайными числами (264, 730 и 519). Образцы 264 и 519 соответствовали мороженому на основе аквафабы со вкусом ванили, тогда как образец 730 соответствовал коммерческому сливочному мороженому. Участникам раздали дегустационные листы. Степень удовлетворенности ими оценивалась по шкале от 1 до 10 (1 — наименьшее значение параметра, 10 — наивысшее), а все остальные параметры оценивались в процентах.

Результаты теста приведены в Таблице 1. Общий результат был благоприятным, поскольку среднее значение рейтинга симпатии составило 6,79 по шкале от 1 до 10, и не наблюдалось существенных различий между тремя образцами. Большинство участников были вполне удовлетворены всеми тремя продуктами, но, как видно, мороженое 519 вызвало у участников наибольшее удовлетворение.

100 % участников обнаружили, что три образца мороженого не являются одним и тем же продуктом. 78 % участников правильно угадали, какие два мороженых были одинаковыми. Остальные 22 % не смогли ощутить разницу между мороженым 264/ 519 на основе аквафабы и мороженым 730 на молочной основе. Этот результат, по-видимому, указывает на то, что мороженое, приготовленное на основе аквафа-

бы, имело сенсорное сходство с коммерческим сливочным мороженым. 44 % участников показали, что больше всего им понравилось мороженое 264. Большинство добровольцев высказали намерение покупать в магазинах именно мороженое 264. 93 % участников заявили, что они согласны покупать хотя бы один из этих трех видов мороженого. Снова видим высокую оценку всех трех образцов.

Таким образом, результаты дегустации показали, что хотя три вида мороженого воспринимались как разные, при этом общее впечатление от всех трех видов было хорошим, мороженое 264 оказалось наиболее удовлетворяющим. Несмотря на то, что в его состав не входят сахар и жир, это мороженое вызывает такое же или даже лучшее вкусовое ощущение, чем обычное мороженое на основе молока.

Табл. 1. Результаты теста треугольника (264 и 519 — один и тот же гидролизат яичного белка со вкусом ванили, 730 — коммерческое сливочное мороженое).

Вопросы	Ответы				
	Да	Нет			
Являются ли три вида мороженого одним и тем же продуктом?					
%	0	100			
Какое мороженое одинаковое?	264 и 519	730 и 519	264 и 730	Другие	
%	78	9	4	9	
Какое мороженое понравилось больше всего?	264	730	519		
%	44	22	34		
Какое мороженое кажется более жирным?	264	730	519		
%	52	24	24		
Какое мороженое насыщает больше?	264	730	519		
%	44	23	33		
Вы бы купили одно из этих мороженых?	264	730	519	Все три	Нет
%	32	26	24	12	6

²⁴ Akbari M., Eskandari M.H., Davoudi Z. Application and functions of fat replacers in low-fat ice cream: A review. Trends in Food Science and Technology. 2019. 86, 34-40.

²⁵ Drake M.A. Invited review: sensory analysis of dairy foods. J. Dairy Sci. 90, 4925-4937. 2007.

Вопросы	Ответы		
	Рейтинг баллов по шкале от 1 до 10*	264	730
%	6,23 ± 0,46	6,78 ± 0,34	7,35 ± 0,35

* В 7-м пункте каждый показатель представляет собой среднее значение ± стандартное отклонение (n=35).

Был также проведен тест на сенсорную стабильность. Мороженое с наилучшей оценкой в опросе предпочтений (264) было выбрано для регистрации его эволюции в течение 30 дней хранения при температуре -18 °С в морозильной камере с регулируемой температурой и колебаниями 0,5 °С. Для проведения эксперимента мороженое приготовили заново, только уже со специями (куркума, розмарин, тимьян), и 30 г его распределили по герметичным контейнерам с кодом дня употребления.

На Рисунке 2 графически показано изменение различных органолептических параметров мороженого в течение периода его хранения в холодильнике. Как видно, ухудшения текстуры не происходит, мороженое сохраняло пластичную текстуру на протяжении всего теста. Что касается цвета, то небольшая его потеря произошла на 7-й день, после чего этот параметр стабилизировался. При анализе вкуса на 20-й день было отмечено легкое ухудшение, но в последующие дни параметр вкуса больше не изменялся.

В данном исследовании впервые продемонстрировано, что аквафабу можно использовать в качестве подходящего сырья для замены молочного продукта при изготовлении мороженого. Это новое безмолочное функциональное мороженое имеет очень низкое содержание сахаров и жиров и обладает сенсорными характеристиками, сходными с характеристиками коммерческого мороженого на основе молочных продуктов. В будущих работах следует изучить промышленное масштабирование мороженого на основе аквафабы, поскольку некоторые его свойства при этом могут быть изменены. Для возможной коммерциализации необходимо провести исследование срока полезного использования, микробиологический анализ и анализ пищевой ценности.

Вывод: безмолочное мороженое на основе аквафабы может производиться в будущем как здоровая альтернатива мороженому молочному, особенно полезная для определенных групп населения с непереносимостью лактозы, аллергией на молочные белки либо с избыточным весом, ожирением и другими подобными проблемами.

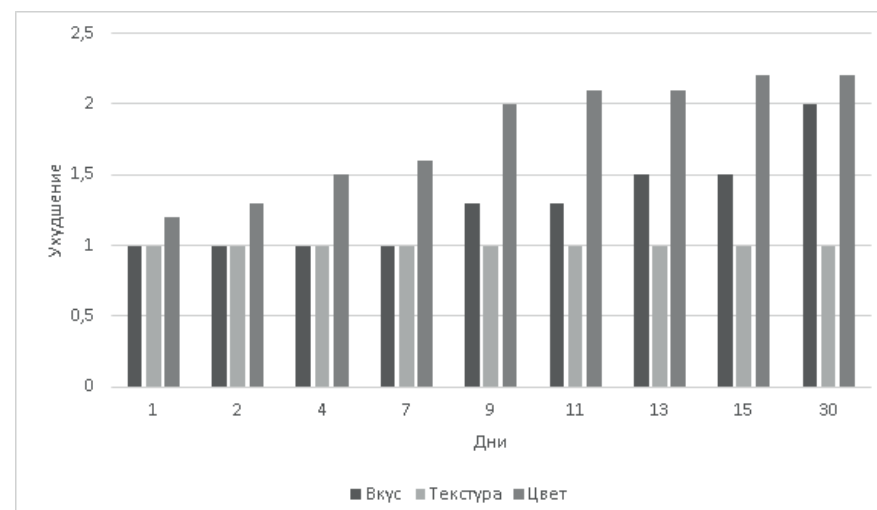


Рис. 2. Результаты органолептической эволюции в период хранения.

Список литературы

Басангова Н. Г., Фединишина Е.Ю. Исследование технологических свойств аквафабы из различных видов бобовых // Биотехнологии и безопасность в техносфере: Сборник материалов Всероссийской конференции, Санкт-Петербург, 2-3 марта 2022 г. В 2 ч. СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2022. С. 145-147.

Плашинова В.А., Слостенов А. Применение аквафабы в рецептурах веганских десертов // Сборник материалов IV Международной научно-практической конференции студентов и школьников, посвященной 100-летию Волго-Каспийского морского рыбопромышленного колледжа, Астрахань, 17 марта 2021 г. Астрахань, 2021. С. 220.

Akbari M., Eskandari M.H., Davoudi Z. Application and functions of fat replacers in low-fat ice cream: A review. Trends Food Science Technol. 2019. 86, 34-40.

Akbari M., Eskandari M.H., Davoudi Z. Application and functions of fat replacers in low-fat ice cream: A review. Trends in Food Science and Technology. 2019, 86, 34-40.

Bayless T.M., Brown E., Paige D.M. Lactase non-persistence and lactose intolerance. Curr. Gastroenterol. Rep. 19, 23. 2017.

Clarke C. The Science of Ice Cream. Second ed. Royal Society of Chemistry. UK, 2015.

Drake M.A. Invited review: sensory analysis of dairy foods. *J. Dairy Sci.* 90, 4925-4937. 2007.

Flom J.D., Sicherer S.H. Epidemiology of cow's milk allergy. *Nutrients* 11. 2019.

Loffredi E., Moriano M.E., Masseroni L., Alamprese C. Effects of different emulsifier substitutes on artisanal ice cream quality. *Lwt*, 137. Article 110499. 10.1016/j.lwt.2020.110499. 2021.

Schepers J., Annemans L. The potential health and economic effects of plant-based food patterns in Belgium and the United Kingdom. *Nutrition*. 2018. 48, 24-32.

Stasiak J., Stasiak D., Libera J. The potential of aquafaba as a structure-shaping additive in plant-derived food technology. 2023/

Tomczyk E. Pro-ecological social attitudes as one of today's ways of understanding sustainable development. *Contemporary nutritional trends: Vegetarianism and veganism. Zrównowazony Rozw. Deb. Nauk.* 2018. 3, 111-118. (In Polish.)

Сведения об авторах

Восканян Ольга Станиславовна, доктор технических наук, профессор, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского.

Шипилова Полина Александровна, студентка четвертого курса факультета пищевых технологий и биоинженерии.

М.В. Клоконос, В.И. Карпов, И.А. Никитин, О.А. Орловцева, С.Н. Тефилова

M.V. Klokonos, V.I. Karpov, I.A. Nikitin, O.A. Orlovtseva, S.N. Tefikova

ОПТИМИЗАЦИЯ НУТРИЕНТНОГО СОСТАВА ПИЩЕВОЙ СМЕСИ ПРИ УЧЕТЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

OPTIMIZATION OF THE NUTRIENT COMPOSITION OF THE FOOD MIXTURE WITH CONSIDERING INDIVIDUAL CONSUMER LIMITATIONS

Аннотация:

В работе рассматривается задача оптимизации нутриентного состава пищевой смеси, которая предназначена для включения в рационы лиц, генетически предрасположенных к заболеваниям, возникающим вследствие нарушения минеральной плотности костной ткани (МПКТ), путем подбора соотношений по количеству основного и дополнительного сырья в рецептуре смеси. Проведена математическая постановка задачи и получен результат ее решения с помощью компьютерной программы. Формирование оптимального состава смеси рассчитывалось с использованием двух критериев — ограничений по соотношению основного и дополнительного сырья и учета заданных требований эталона по количеству макронутриентов и значимых микронутриентов, которые позволят обеспечивать своевременную нутрициологическую поддержку людей с предрасположенностью к нарушению МПКТ. Для смоделированного образца пищевой смеси определены базовые органолептические и физико-химические показатели качества (влажность, кислотность, массовая доля белка и жира), проводимые в соответствии с нормативными документами.

Ключевые слова: персонализированное питание, остеопороз, генетическая предрасположенность, нутригенетика, нутригеномика.

Abstract:

The paper considers the problem of optimizing the nutrient composition of the food mixture, which is intended to be included in the diets of persons genetically predisposed to diseases arising from a violation of bone mineral density (BMD), by selecting the ratios according to the amount of main and additional raw materials in the mixture recipe. The mathematical formulation of the problem is carried out and the result of its solution is obtained using a computer program. The formation of the optimal composition of the mixture was calculated taking into account two criteria — restrictions on