УДК/UDC637.5.035 DOI:10.21323/2618–9771–2018–1–1–35–45

Оригинальная научная статья

КИСЛОМОЛОЧНЫЙ ПРОДУКТ ГЕРОНТОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ КОМПОНЕНТОВ ПЕРЕРАБОТКИ АМАРАНТОВОЙ МУКИ

Колпакова В.В.[1],* Тихомирова Н.А.[2], Гайворонская И.С.[1], Лукин Н.Д.[1]

[1] Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова, РАН, Красково, Московская область, Россия

[2] Московский государственный университет пищевых производств, Москва, Россия

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:
амарант, продукты переработки, белковый концентрат, амарантовое масло, кисломолочный продукт.

АННОТАЦИЯ

В связи с тем, что в пожилом и старческом возрасте возникает опасность недостающего поступления в организм полноценного белка, биологически эффективного жира и минеральных веществ, целью данных исследований явилось разработка кисломолочного напитка на основе компонентов фракционирования амарантовой муки. Теоретически обосновано использование белкового концентрата как функционального ингредиента для эмульгирования амарантового масла, содержащего сбалансированное соотношение ненасыщенные: насыщенные жирные кислоты, фосфолипиды, сквален в составе эмульсии для приготовления йогурта из обезжиренного молока. Кисломолочный напиток содержал повышенное количество белка (на 75%), биологически эффективный жир и на 30% больше минеральных веществ (кальций, калий, железо), по сравнению с известным йогуртом. Органолептические, физико-химические и микробиологические показатели удовлетворяли стандартным требованиям.

Original scientific paper

FERMENTED DAIRY PRODUCT FOR GERONTOLOGICAL APPOINTMENTS BASED ON AMARANTH PROCESSED PRODUCTS

Valentina V. Kolpakova[1],* Nataliya A. Tichomirova[2], Irina S. Gaivoronskaya[1], Nikolai D. Lukin[1]

[1]All-Russian Scientific Research Institute of Starch Products — branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS, Kraskovo, Moscow Region, Russia

[2]Moscow State University of Food Production, Moscow, Russia

KEY WORDS:
amaranth, processed products, protein concentrate, amaranth oil, fermented milk product.

ABSTRACT

Due to the fact that in the elderly and elderly there is a danger of a lack of full-value protein, biologically effective fat and mineral substances, the purpose of these studies was the development of a sour-milk beverage based on components for the fractionation of amaranth flour. The use of protein concentrate as a functional ingredient for emulsifying amaranth oil containing a balanced ratio of unsaturated: saturated fatty acids, phospholipids, and squalene in the emulsion for the preparation of yogurt from skim milk is theoretically justified. The sour milk drink contained an increased amount of protein (by 75%), biologically effective fat and 30% more minerals (calcium, potassium, iron), compared to the known yoghurt. Organoleptic, physicochemical and microbiological indicators met the standard requirements.

Введение

Известно, что через определенный набор продуктов питания осуществляется биохимическое управление внутренней средой организма, определяющее его жизнедеятельность [1]. Особенности питания влияют на процессы генерации энергии в клетке, биосинтез белка, структуру, функции клеточных мембран, нейрогуморальную регуляцию, иммунитет и т.д. Рациональное питание рассматривается как средство активного лечебно-профилактического воздействия на организм, которое снижает риск развития патологий и предупреждает преждевременное старение [2]. При использовании сведений о влиянии пищи на состояние здоровья, удается снизить заболеваемость, повысить сопротивляемость организма к неблагоприятным факторам внешней среды и увеличить продолжительность жизни. Наука о геронтологии, изучающая механизмы старения и физиологические особенности организма, активно развивается, так как у людей пожилого и преклонного возраста наблюдается возрастная деградация алиментарно-зависимых и алиментарно-влияющих функций организма, в том числе иммунных [3]. Одним из путей поддержания здоровья с целью обеспечения работоспособности и продления жизни такой группы людей, является создание продуктов питания с определенным содержанием пищевых и биологически ценных компонентов (белки, липиды, минеральные вещества и т.д.) [3,4], полученных путем сохранения или модификации свойств исходного сельскохозяйственного сырья.

Для населения характерна несколько избыточная калорийность рациона, увеличение доли животного белка (61–67% от общего), высокий уровень жира с насыщенными жирными кислотами (36–37% по калорийности), недостаток витаминов и минеральных веществ [5,6]. Такое питание создает условия для избыточной массы тела, гипертонии, атеросклероза, диабета, потери иммунитета. Учитывая то,

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Колпакова В.В., Тихомирова Н.А., Гайворонская И.С., Лукин Н.Д. Кисломолочный продукт геронтологического назначения на основе компонентов переработки амарантовой муки. *Пищевые системы.* 2018; 1(1): 35–45. DOI: 10.21323/2618–9771–2018–1–1–35–45

FOR CITATION: Kolpakova V.V., Tichomirova N.A., Gaivoronskaya I.S., Lukin N.D. Кисломолочный продукт геронтологического назначения на основе компонентов переработки амарантовой муки. *Пищевые системы.* 2018; 1(1): 35–45. DOI: 10.21323/2618–9771–2018–1–1–35–45

что молочные продукты относятся к полезным продуктам для населения страны [7,8], целью настоящей работы являлась разработка технологических решений по созданию молочнокислого напитка геронтологического назначения, содержащего продукты фракционирования амарантовой муки с соответствующими показателями качества, пищевой и биологической ценности.

2. Материалы и методы

2.1 Материалы

Объектами исследований являлись амарантовая мука, выработанная из зерна сорта «Ультра» (ТУ 9293–051–00932169–03) на оборудовании ВНИИ зерна и продуктов его переработки, молоко с массовой долей жира 0,5 %, белка — 2,8 % (ГОСТ Р 52090), закваска «Эвиталия» с комплексом микроорганизмов — пробиотиков *Streptococcus thermophilus, Lactococcus lactis, Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus helveticus, Propionibacterium freudenreichii subsp. Shermanii* (ТУ 9229–001–772700339420–2007). Все химические реактивы были чистыми.

2.2 Методы

Массовую долю влаги в амарантовой муке определяли при температуре 100–105 °С по ГОСТ 9404–88 [23], массовую долю белка по Кьельдалю — ГОСТ 10841–91, жира в аппарате Сокслета с гексаном — ГОСТ 27670–88 [24], массовую долю золы — по ГОСТ 27494–87. Массовую долю калия, кальция и железа определяли методом пламенной абсорбции в воздушно-ацетиленовом пламени на приборе фирмы «Hitachi» (Япония) модели 180–80 с коррекцией фонового поглощения методом зеемановской поляризации спектров [9].

Фракционный состава белков муки исследовали последовательным экстрагированием образца дистиллированной водой, раствором 0,5 моль/дм^3 NaCL, 70 %-ного C_2H_5OH и 0,05 н раствора NaOH. В центрифужную пробирку помещали 1 г образца, взвешенного с точностью ± 0,0001 г, приливали 10 см^3 дистиллированной воды, встряхивали 1 ч и центрифугировали 20 мин при 5000 g. Центрифугат сливали, к осадку добавляли 10 см^3 0,5 н NaCl, встряхивали 1 ч и вновь центрифугировали. Центрифугаты принимают за альбумины и глобулины, соответственно.

К осадку добавляли 20 см^3 70 %-ного C_2H_5OH, встряхивали при 180–200 об/мин в течение 1 ч и оставляли на ночь. На следующий день образец вновь встряхивали 30 мин и центрифугировали при тех же условиях. Раствор проламинов сливали, к осадку добавляли 20 см^3 0,05 моль/дм^3 NaOH, встряхивали в течение 1 ч. Суспензию центрифугировали, центрифугат, содержащий растворимые в NaOH белки, принимали за растворимые глютелины, а осадок — за нерастворимые белки. Белок во фракциях определяли по Кьельдалю и выражали в процентах к общему белка в навеске.

Количественный аминокислотный анализ амарантного белкового концентрата (БК) выполнен на жидкостном хроматографе модели L-8800 фирмы «Hitachi» (Япония) в стандартном режиме анализа гидролизатов [10]. Для кислотного гидролиза образцов навеску образца 3–5 мг помещали в стеклянную ампулу и добавляли 300 мкл свежеприготовленной смеси концентрированной HCl и CF_3COOH в соотношении 2:1 с добавлением 0,1 % β-меркаптоэтанола. Образец замораживали, помещали в жидкий азот, вакуумировали и заплавляли. Гидролиз проводили при 155 °С в течение 1 ч. По окончании гидролиза содержимое количественно переносили в пластиковую пробирку (фирма «Eppendorf», Germany) и досуха удаляли гидролизующую смесь на CentriVap Concentrator Labconco (US). К сухому остатку добавляли 0,1н. HCl, центрифугировали 5мин при 5000 g на центрифуге Microfuge 22R (Beckman- Coulter, US), разводили в соответствии с содержанием белка в образце и раствор вносили в анализатор.

Групповой состав липидов амарантовой муки определяли методом ТСХ на пластинках «Silufol» [9]. Хроматограммы проявляли в системе растворителей гексан: диэтиловый эфир: уксусная кислота — 80:30:1,5. Количество липидов определяли денситометрическим методом на приборе «Хромоскан 200». Расчет количества групп липидов проводили методом внутренней нормализации.

Жирнокислотный состав липидов амарантовой муки определяли методом разделения метиловых эфиров жирных кислот газовой капиллярной хроматографией [9]. Липиды выделяли экстракционным методом с гексаном. Метиловые эфиры жирных кислот растворяли в 0,2 см^3 гексана и анализировали на хроматографе марки Carlo Erba Strumentazione (HRGC5300 Mega Series, Италия) с колонкой марки Chronrpack Capillary column test Reporp CP 7420, газноситель — азот. Количественный состав жирных кислот определяли на интеграторе C-R6A Chromatopac фирмы «Shimadzu» с применением метода внутренней нормализации.

Функциональные свойства БК определяли по методикам, изложенным в работе [11]. Органолептические показатели кисломолочного продукта определяли по ГОСТ Р 51331–99, микробиологические — по ГОСТ Р 51446–99 с использованием среды Кесслера, титруемую кислотность — по методу, изложенному в ГОСТ Р 51455–99.

Приготовление белково-жировой эмульсии. Эмульсию готовили по методике определения жироэмульгирующей способности БК с амарантовым маслом, взамен подсолнечного. Соотношение концентрата и масла по сухим веществам соответствовало соотношению компонентов в используемой методике. Количество воды в системе добавляли от 10 до 20 см^3.

Статистическая обработка данных. Анализы проводились в 3–5 повторностях, результаты представляли как средние арифметические. Для определения доверительного интервала среднего арифметического результата использовали критерий Стьюдента на уровне значимости $p = 0,05$. Обработку результатов проводили с программами Statistica 6.0 и Mathematica 5.2.

3. Результаты и обсуждение

Результаты

Разработка кисломолочного продукта для питания престарелых и пожилых людей включала фракционирование амарантовой муки на белковый концентрат и жировой компонент, создание на их основе белково-жировой эмульсии, добавление эмульсии в молоко, заквашивание и получение йогуртного напитка.

3.1 Определение химического состава амарантовой муки

Анализ химического состава необезжиренной амарантовой муки (в процентах на сухое вещество) показал, что массовая доля белка в ней составляла 24,5 ± 0,5 %, жира — 17,3 ± 0,3 %, углеводов — 41,9 ± 0,4 %, золы — 5,6 ± 0,1 %. Мука содержала железо, калий и кальций в количестве 21,3; 65,0 и 43,5 мг/100 г, соответственно. После обезжиривания муки гексаном массовая доля белка в ней увеличилась до 37,8 %, доля жира составляла 0,3 %, золы — 6,2 %, углеводов — 55,7 % на сухое вещество.

3.2 Фракционирование амарантовой муки на белковый концентрат и липидный компонент

Из необезжиренной муки, взятой в количестве от 5 до 35 % от массы готового продукта, обезжиренного молока и закваски «Эвиталия» готовили кисломолочный продукт.

Сквашивание проводили в течение 12 ч при температуре 37 °С. После охлаждения продукт имел приятный запах и консистенцию, но неудовлетворительные — цвет и вкус, поэтому для получения более высоких показателей качества из амарантовой муки выделили белковый концентрат и липидный компонент. Липидный компонент выделяли экстрагированием в виде сырого жира и отделением его от белковой и углеводной части с помощью гексана. Данный подход заимствован из технологии переработки соевых бобов на соевое масло и белковые препараты [12]. Липиды экстрагировали в течение 4–6 ч в аппарате Сокслета с последующей отгонкой гексана на водяной бане и сушкой в эксикаторе под вакуумом. Анализ группового состава липидов показал, что основная их масса представлена триацилглицеринами, но в состав жира входили также полярные липиды (фосфатиды), стерины и их эфиры в сумме около 4 % (Табл. 1). В состав липидов, наряду с полярными липидами, стеринами и их эфирами, входил сквален — полезный для здоровья компонент пищевого сырья [8]. Среди жирнокислотного состава амарантового масла преобладала незаменимая линолевая кислота (38,3 %), в его состав входили ω-3 и ω-6 жирные кислоты (Табл. 2), присутствие которых соответствует требованиям науки о питании для людей пожилого возраста и с сердечно-сосудистыми заболеваниями [13]. Особенностью масла являлось относительно низкое содержание стеариновой кислоты, что положительно отражалось и на соотношении насыщенные: полиненасыщенные жирные кислоты — 1:1,6; по рекомендациям ФИЦ питания, биотехнологии и безопасности пищи это соотношение равняется 2:1 [8,13].

Для выделения белковых веществ из обезжиренной амарантовой муки, предварительно изучили их фракционный состав. Показано, что в сумме на долю альбуминов и глобулинов приходилось 42,9 ± 0,8 %, проламинов — 2,0 ± 0,5 % и глютелинов — 55,1 ± 1,0 % от общего количества белка. Следовательно, для выделения концентрата белков с наибольшим выходом, целесообразно было бы применение раствора щелочи, так как в ней растворились бы все фракции. Для исключения денатурации белков в растворах щелочи [13] и получения безопасного амарантного БК дополнительно изучена их растворимость в кислой среде при pH = 2,0 (0,05н HCl) и слабощелочной при pH = 9,6 (0,05 н раствор Na_2CO_3). Установлено, что более всего белки растворялись в растворе карбоната натрия (рис. 1), поэтому далее его использовали для экстрагирования общей массы белков. Наиболее полное осаждение белков из раствора с pH = 9,6 наблюдалось при pH = 4,26, создаваемого в изоэлектрической точке добавлением 10 %-ного раствора HCl (Рис. 2). Выпавшие белки промыли дважды водой, центрифугировали при 5000 g и высушивали лиофильным способом до влажности 5,0 ± 0,5 %. Выход белков составлял до 92 % от общего его количества в растворе.

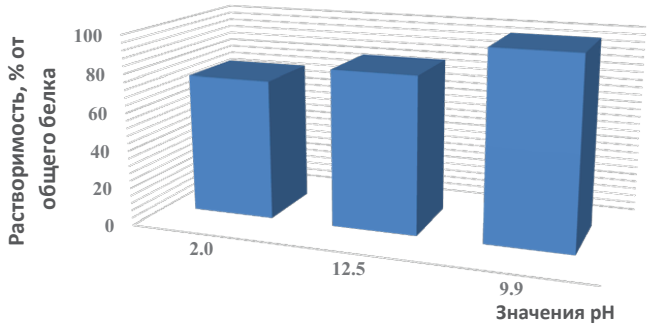

Рис.1. Растворимость белков амаранта в различных растворителях

Таблица 1

Групповой состав липидов амарантовой муки

Группы липидов	Массовая доля, % от общей массы
Полярные липиды	3,61±0,29
Моноацилглицерниы	0,40±0,05
Триацилглицерины	87,0±1,20
Свободные жирные кислоты	3,01±0,08
Стерины	2,00±0,12
Эфиры стеринов	1,71±0,07
Сквален	2,34±0,06

Таблица 2

Жирнокислотный состав масла амарантовой муки

Жирная кислота (ЖК)	Индекс ЖК	Массовая доля, % от общего содержания
миристиновая	14:0	0,13
пентадекановая	15:0	0,05
пентадеценовая	15:1	0,02
пальмитиновая	16:0	20,39
гексадеценовая	16:1	0,04
пальмитолеиновая	16:1 9-*цис*	0,15
гексадекадиеновая	16:2	0,24
гексатриеновая	16:3	0,00
маргариновая	17:0	0,12
гептадеценовая	17:1	0,03
изо-октадекановая	18:0i	0,07
стеариновая	18:0	4,07
олеиновая	18:1 9-*цис*	32,61
вакценовая	18:1	1,14
изо-октадекадиеновая	18:2i	0,23
Линолевая, ω-6	18:2	38,29
γ-линоленовая	18:3 ω-6	0,24
α-линоленовая	18:3 ω-3	0,69
арахиновая	20:0	0,79
гондоиновая	20:1	0,22
бегеновая	22:0	0,29
эруковая	22:1	0,18
сквален,%		0,96
ИТОГО:		100
Сумма кислот:		
насыщеные (Н)		25,91
мононенасыщенные (М)		34,39
полиненасыщеные (П)		39,69
Н: М: П		1: 1.33: 1.53

Рис. 2. Влияние pH на выход белка при осаждении

Таблица 3. Химический состав белкового концентрата

Массовая доля,% на сухое вещество				Мг/100 г		
Белок	Жир	Углеводы	Зо ла	Кальций	Железо	Калий
71,7±0,33	0,3±0,08	25,7±1,02	2,4±0,60	4,34±0,40	17,97±1,03	202,60±3,04

3.3 Определение химического состава и функциональных свойств БК

Анализ химического состава показал, что по массовой доле белка продукт относился к группе «Концентраты» (Табл. 3). Наряду с белками, углеводами и незначительным количеством жира, концентрат содержал и минеральные элементы, среди которых присутствовали кальций, железо и калий в количестве 9,5 % от общей массы золы. Исходя из содержания незаменимых аминокислот, БК являлся биологически ценным продуктом, включая лизин, треонин, изолейцин (Табл. 4 и Табл. 5), т. е. тех аминокислот, которые являются лимитирующими для большинства зерновых культур [13]. Следовательно, его использование не могло понизить значения общего скора белков молочного напитка и применение его при разработке новой рецептуры было целесообразно.

БК обладал всеми основными функциональными свойствами, в том числе способностью связывать, эмульгировать жир и стабилизировать водно-жировую эмульсию (Табл. 6). Исходя из этого, на основе БК и масла, экстрагированного из муки амаранта, готовили водно-жировую эмульсию с последующим добавлением ее в молоко.

Таблица 4

Аминокислотный состав БК

Амино-кислоты	мг/г сухого препарата
Asp	68,18
Thr	27,57
Ser	38,72
Glu	128,25
Pro	33,30
Gly	39,91
Ala	31,30
Cys	0,09
Met	13,73
Ile	33,24
Leu	54,28
Tyr	33,05
Phe	42,77
Lys	38,51
His	22,27
Arg	75,77
Сумма (мкг)	716,98

Таблица 5

Содержание незаменимых аминокислот в БК

Thr	Cys + Met	Ile	Leu	Phe + Tyr	Lys
г/100 г белка					
3.85	4,02	4,63	7,57	10,57	5,50
Скор, %					
97	115	115	108	176	100

Таблица 6

Функциональные свойства БК

№ п/п	Функциональное свойство	Значение показателя
1	Водосвязывающая способность, %	75±1,0
2	Пенообразующая способность, %	200±1,5
3	Стабильность пены, %	65±1,2
4	Жиросвязывающая способность, %	64±2,0
5	Жироэмульгирующая способность, %	57±0,5
6	Стабильность эмульсии, %	54±1,0
7	Растворимость, %	46±0,9

3.4 Приготовление белково-жировой эмульсии

Эмульсию, состоящую из амарантового масла, БК и молока для кисломолочного продукта готовили двумя способами при 3-х различных соотношениях компонентов (Табл. 7). В составе эмульсии в обоих способах использовали молоко в количестве 5–10 % от общего его количества в готовом продукте. По первому способу к эмульсии, приготовленной при 6000 мин$^{-1}$ в течение 5 минут, добавляли оставшуюся часть молока и закваску.

Сквашивание продукта проводили при 37 °С в течение 12 ч. По второму способу, после добавления к эмульсии всего количества молока, систему еще гомогенизировали при 2500 мин$^{-1}$ в течение 3 минут. Густота и стабильность эмульсии соответствовали требованиям, если использовали способ № 2. С помощью микроскопа установлено, что жировой компонент амаранта, эмульгированный белками концентрата, относительно равномерно распределялся по всей массе эмульсии (Рис. 3). Картина распределения капелек жира соотносилась с аналогичной структурой молока, что положительно отражалось на органолептической и физико-химической характеристике агрегированного сгустка молочно-растительных компонентов.

Таблица 7

Влияние соотношения компонентов и способа приготовления эмульсии на ее качество

№ п/п	Соотношение БК: масло: молоко	Стабильность эмульсии,%	Густота эмульсии, баллы
		Способ № 1	
1	2,2:2,7:10	10 ± 1,0	0,5
2	2,2:2,7:15	50 ± 1,5	2,5
3	2,2:2,7:20	80 ± 2,0	5,0
		Способ № 2	
4	2,2:2,7:20	96 ± 1,0	5,0

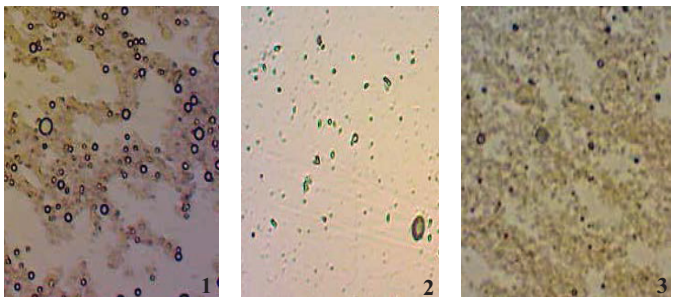

Рис. 3. Микрофотографии: 1– эмульсия; 2 — молоко; 3 — молочный напиток (разрешение × 120)

3.5 Показатели качества и пищевой ценности кисломолочного продукта

На основании данных разработана рецептура кисломолочного продукта с БК и липидным компонентом амарантовой муки. По органолептическим и физико-химическим показателям продукт отвечал установленным требованиям, как на момент изготовления, так и на конец срока годности (Табл. 8). Продукт содержал на 78 % больше полноценного белка, чем в обычный кисломолочный продукт, обогащен биологически эффективными липидами с ненасыщенными жирными кислотами, включая линолевую кислоту, а также сквален, кальций, железо, калий. Количество последних превышало их массу в обычном кисломолочном йогурте на 30 и более процентов.

Таким образом, продукт, содержащий масло и БК из амаранта, наряду с присутствием пробиотиков, имел в своем составе более высокое количество полезных для организма функциональных ингредиентов, чем йогурт массового назначения, поэтому его можно рекомендовать для питания людей престарелого и пожилого возраста.

Таблица 8

Показатели качества и пищевой ценности кисломолочного продукта

№ п/п	Наименование показателя	Характеристика
	Органолептические показатели	
1	Внешний вид и консистенция	Консистенция однородная, в меру вязкая
2	Вкус и запах	Кисломолочный, без постороннего запаха, с привкусом зерна
3	Цвет	Молочно-белый цвет, равномерный по всей массе
	Физико-химические показатели	
4	Титруемая кислотность, град.: на момент изготовления на конец срока годности	 80 ± 0,5 85 ± 0,5
5	Активная кислотность, pH: на момент изготовления на конец срока годности	 4,92 ± 0,04 5,02 ± 0,05
	Микробиологические показатели	
6	КФАМ, КОЕ/см^3 не менее	2×10^7
7	Плесени, КОЕ/см^3	Не обнаружено
8	Дрожжи, КОЕ/см^3	5 ± 1,0
	Пищевая и энергетическая ценность продукта, на 100 г	
9	Массовая доля белка, г	5,0 ± 0,10
10	Массовая доля жира, г	3,2 ± 0,08
11	Массовая доля углеводов, г	2,8 ± 0,05
12	Массовая доля сквалена, мг	0,96 ± 0,05
13	Массовая доля кальция, мг	121,5 ± 5,10
14	Массовая доля калия, мг	183,0 ± 3,20
15	Массовая доля железа, мг	2,1 ± 0,07
16	Энергетическая ценность, ккал	95,0 ± 2,0

Обсуждение

Несмотря на то, что молоко и молочные продукты являются важнейшим источником пищевых компонентов [7], обогащение их биологически ценными и эффективными веществами является одной из задач науки о питании и пищи [1,13]. Для разработки обогащенных продуктов сегодня все чаще используются нетрадиционные сырьевые источники, к которым относится и растение амарант [14,15,16,17,18]. Белок концентрата по биологической ценности приближался к «идеальному» белку, так как для лимитированных у большинства зерновых культур аминокислот (лизин, треонин) скор равнялся почти 100 % в отличие, например, от углеводно-белковой добавки, используемой в производстве хлеба [19]. Отличительной особенностью белков концентрата явился и их фракционный состав, представленный альбуминами, глобулинами, глютелинами. Практически полное отсутствие спирторастворимой фракции (2 %), с которой, обычно, связывают непереносимость «глютена» некоторых зерновых культур [19], обеспечивает возможность использовать кисломолочный продукт в питании не только людей престарелого и пожилого возраста, но и для лиц, страдающих генетически обусловленной болезнью — целиакией [20]. БК из амаранта содержал и ценные минеральные вещества, необходимые организму любого возраста для кроветворения (железо), функционирования костномышечной (кальций) и сердечно-сосудистой (калий) систем [4].

В питании престарелых и пожилых людей, наряду с белками, важную роль играют вещества липидной природы [1]. Групповой состав их, наряду с триацилглицеринами (87 %), включал фосфатиды, стерины и их эфиры в количестве около 4 %, а также ω-3, ω-6 жирные кислоты и сквален в количестве 0,1 % к общей массе липидов. Последний, как известно, является предшественником синтеза веществ стероидной природы (холестерина, витамина Д, гормонов и т. д. [21]. За счет низкого содержания стеариновой кислоты (4,07 %), соотношение полиненасыщенные: насыщенные жирные кислоты, равное 1,6:1,0 в выделенном нами масле амаранта, приближалось к рекомендуемому значению наукой о питании — 2:1 [13].

Значительная часть работ, как у нас в стране, так и за рубежом, посвящена применению продуктов из амаранта в производстве хлебобулочных и кондитерских изделий [22,23,24,25]. Меньше разработок известно для молочных напитков и продуктов, в которых часть молочной основы заменена на растительные компоненты. Например, разработан концентрат из семян амаранта, предназначенный для производства амарантовых сливок для лиц с повышенной чувствительностью к белкам молока [26]. В отличие от других авторов [27,28,29,30], которые разработали напитки, нами учтены не только описанные выше особенности биохимического состава и пищевой ценности амаранта, но и функциональные свойства его белков. Предположили, что полипептиды будут участвовать в образовании агрегированных растительно-молочных комплексов и выступать в качестве эмульгаторов биологически эффективного масла амаранта. БК и жировой компонент должны были придавать молочному продукту не только повышенную пищевую ценность, но одновременно выступать в роли технологических ингредиентов эмульсионной растительно-молочной системы. С учетом высокой способности БК эмульгировать жир из амаранта и стабилизировать водно-жировую эмульсию, разработанная рецептура кисломолочного продукта обеспечивала равномерное распределение компонентов в системе обезжиренного молока. Микроструктура кисломолочного продукта приближалась к микроструктуре и картине распределения нативных компонентов в исходном молоке. Важно заметить, что белковые продукты, выделенные из амаранта другими авторами [31] с использованием щелочи, не обладали высокими жироэмульгирующими и пенообразующими свойствами, что делает перспективным использование БК, полученного нами по биотехнологическому способу [32], в других напитках и продуктах, так как их рынок заполнен всего на 10–15 % и, преимущественно, продуктами из сои.

Выводы

Амарантовая мука как источник полноценного белка, биологически эффективного жира, микро- и макроэлементов (кальций, железо, калий) подвергнута фракционированию на БК и липидный компонент с последующим созданием на эмульсионной основе кисломолочного продукта (йогурта) геронтологического назначения. Кисломолочный продукт имел повышенную пищевую и биологическую ценность, содержал биологически эффективный растительный жир с преобладанием ненасыщенных жирных кислот, включая линолевую кислоту, фосфатиды, сквален, минеральные вещества (кальций, железо, калий) и на 70–80 % больше полноценного белка, чем в обычный кисломолочный продукт. Разработанная рецептура кисломолочного продукта, предназначенная для лиц пожилового и престарелого возраста, с использованием обезжиренного молока и белково-жировой эмульсии из компонентов фракционирования амарантовой муки с учетом функциональных свойств БК обеспечивала технологические показатели и показатели безопасности, отвечающие соответствующим требованиям на данный вид продукта.

1. Introduction

It is known that through the certain complex of food products carried biochemical control of the internal environment of the organism, which determines its vital activity [1]. Features of nutrition affect processes of energy generation in the cell, protein biosynthesis, structure, functions of cell membranes, neurohumoral regulation, immunity, etc. Rational nutrition is considered as a means of active therapeutic and prophylactic effects on the human body, which reduces the risk of developing pathologies and prevents premature aging [2]. Using information about effect of food on the state of health, it is possible to reduce morbidity, increase the body's resistance to unfavorable environmental factors and increase life expectancy. The science of gerontology, which studies the mechanisms of aging and the physiological characteristics of the organism, is actively developing, as in elderly and advanced age people -related degradation of alimentary-dependent and alimentary-influencing functions of the organism, including immune ones, is observed [3]. One way to maintain health in order to ensure the working capacity and prolong the life of such a group of people is to create food products with a certain content of food and biologically valuable components (proteins, lipids, minerals, etc.) [3,4] obtained by preserving or modification of the properties of the original agricultural raw materials.

The population is characterized by a somewhat excessive caloric content of the diet, an increase in the proportion of animal protein (61–67 % from total protein), a high fat level with saturated fatty acids (36–37 % in caloric content), a lack of vitamins and minerals [5,6]. Such type of nutrition creates conditions for excessive body weight, hypertension, atherosclerosis, diabetes, loss of immunity. Taking into account the fact that dairy products are useful products for the population of the country [7, 8], the aim of this work was the development of technological solutions for the development of fermented dairy beverage with gerontological purpose, containing the products of fractionation of amaranth flour with relevant indicators of quality, nutritional and biological value.

2. Materials and methods

2.1 Materials

The objects of research were amaranth flour, produced from grain of the grade «Ultra» (TU 9293–051–00932169–03) on the equipment of the All-Union Research Institute of Grain and Products in its Processing, milk with a mass fraction of fat of 0.5 %, protein — 2.8 % (GOST R52090), leaven «Evitaliya» with a complex of probiotics microorganisms — *Streptococcus thermophilus, Lactococcus lactis, Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus helveticus, Propionibacterium freudenreichii subsp. Shermanii* (TC9229–001–772700339420–2007). All chemical reagents were chemically clean.

2.2 Methods

The mass fraction of moisture in the amaranth flour was determined at 100–105 °C according to GOST 9404–88 [23], the mass fraction of the protein according to Kjeldahl is GOST 10841–91, the fat in the Soxhlet apparatus with hexane is GOST 27670–88 [24], the mass fraction of ash — according to GOST 27494–87. The mass fraction of potassium, calcium and iron was determined by the method of flame absorption in an air-acetylene flame on a equipment made by firm «Hitachi» (Japan), model 180–80 with correction of background absorption by Zeeman polarization of spectra [9].

The fractional composition of the flour proteins was investigated by sequential extraction of the sample with distilled water, 0.5 mol / dm^3 NaCl solution, 70 % C_2H_5OH and 0.05N NaOH solution. 1 g of a sample weighed to within ± 0.0001 g was placed in a centrifuge tube, 10 cm3 of distilled water was added, shaken for 1 hour and centrifuged for 20 minutes at 5000 g. The centrifuge was drained, 10 cm^3 of 0.5 N NaCl was added to the precipitate, shaken for 1 hour and centrifuged again. Centrifuges are taken as albumins and globulins, respectively.

20 cm^3 of 70 % C_2H_5OH was added to the precipitate, shaken at 180–200 rpm for 1 hour and left overnight. The next day the sample was again shaken for 30 minutes and centrifuged under the same conditions. The prolamine solution was drained, 20 cm^3 of 0.05 mol / dm^3 NaOH was added to the precipitate, shaken for 1 hour. The suspension was centrifuged, the centrifugate containing NaOH soluble proteins was taken for soluble glutelins, and the precipitate for insoluble proteins. The protein in the fractions was determined by Kjeldahl and expressed as a percentage of the total protein in the sample.

Quantitative amino acid analysis of amaranth protein concentrate (PC) is performed on a liquid chromatograph model L-8800 from the firm «Hitachi» (Japan) in the standard mode of analysis of hydrolysates [10]. For acid hydrolysis of samples, a sample of 3–5 mg was placed in a glass ampoule and 300 µl of a freshly prepared mixture of concentrated HCl and CF_3COOH in a ratio of 2:1 with the addition of 0.1 % β-mercaptoethanol was added. The sample was frozen, placed in liquid nitrogen, evacuated and melted. Hydrolysis was carried out at 155 °C for 1 hour. At the end of the hydrolysis, the contents were quantitatively transferred to a plastic test- tube (Eppendorf, Germany) and the hydrolysing mixture was removed until dry on Centri Vap Concentrator Labconco (US). To the dry residue was added 0.1 N hydrochloric acid. HCl, centrifuged for 5 minutes at 5000g on a Microfuge 22R centrifuge (Beckman-Coulter, US), diluted depending on the protein content of the sample, and the solution was added to the analyzer.

The group composition of amaranth flour lipids was determined by TLC on «Silufol» plates [9]. Chromatograms were shown in the solvent system hexane: diethyl ether: acetic acid — 80:30:1.5. The amount of lipids was determined by the densitometric method on the «Chromoscan 200» device. Calculation of the number of lipid groups was carried out by the method of internal normalization.

The fatty acid composition of lipids of amaranth flour was determined by the method separation of methyl esters of fatty acids by gas capillary chromatography [9]. Lipids were isolated by extraction with hexane. Methyl esters of fatty acids were dissolved in 0.2 cm^3 of hexane and analyzed on a chromatograph of the brand Carlo Erba Strumentazione (HRGC5300 Mega Series, Italy) with a column of the brand Chronrpack Capillary columntest Reporp CP 7420, carrier gas — nitrogen. The quantitative composition of fatty acids was determined on the integrator C-R6A Chromatopac of the company «Shimadzu» using the internal normalization method

The functional properties of the PC were determined by the methods worked out in [11]. Organoleptic parameters of the fermented milk product were studied in accordance with GOST R51331–99, microbiological — according to GOST R51446–99 using Kessler medium, titratable acidity — according to the method stated in GOST 51455–99.

Preparation of protein-fat emulsion. The emulsion was prepared according to the procedure for determining the fat-emulsifying ability of BC with amaranth oil, in place of sunflower oil. The ratio of concentrate and oil to dry matter corresponded to the ratio of the components in the method used. The amount of water in the system was introduced from 10 to 20 cm^3.

Statistical processing of data. Analyzes were carried out in 3–5 replicates, the results were represented as arithmetic means. To determine the confidence interval of the average

arithmetic result, the Student's test was used at the significance level p = 0.05. The results were processed with the programs Statistica 6.0 and Mathematica 5.2.

3. Results and discussion

Results

The development of a fermented dairy product for elderly and advanced people included the fractionation of amaranth flour to produce a protein concentrate and fat component, the creation of a protein-fat emulsion on their basis, the addition of an emulsion to milk, fermentation and the production of a yogurt drink.

3.1 Determination of the chemical composition of amaranth flour

Analysis of the chemical composition of non- defatted amaranth flour showed that the mass fraction of protein in it was 24.5 ± 0.5 %, fat — 17.3 ± 0.3 %, carbohydrates — 41.9 ± 0.4 %, ash — 5.6 ± 0, 1 %, as a percentage of dry matter. The flour contained iron, potassium and calcium in an amount of 21.3, 65.0 and 43.5 mg / 100 g, respectively. After defatting the flour with hexane, the mass fraction of protein in it increased to 37.8 %, the fat content was 0.3 %, the ash — 6.2 %, carbohydrates — 55.7 % for dry matter.

3.2 Fractionation of amaranth flour into protein concentrate and lipid component

From defatted flour, taken in an amount of 5 to 35 % from the weight of the final product, skimmed milk and the leaven «Evitalia», was prepared fermented dairy product. The kneading was carried out for 12 hours at 37 °C. After cooling, the product had a pleasant smell and consistency, but unsatisfactory color and taste, so the protein concentrate and lipid component were isolated from amaranth flour to obtain higher quality values. The lipid component was isolated by extracting as raw fat and separating it from the protein and carbohydrate portion by hexane. This approach is borrowed from the technology of processing soybeans for soybean oil and protein preparations [12]. The lipids were extracted for 4 to 6 hours in a Soxhlet apparatus, followed by stripping the hexane in a water bath and drying in a desiccator under vacuum. Analysis of the group composition of lipids showed that their bulk was represented by triacylglycerols, but the fat also included polar lipids (phosphatides), sterols and their esters in the amount of about 4 % (Table 1). The composition of lipids, along with polar lipids, sterols and their ethers, included squalene, a useful component of food raw materials for health [8]. Among the fatty acid composition of amaranth oil, predominantly non-replaceable linoleic acid (38.3 %), it included ω-3 and ω-6 fatty acids (Table 2), he presence of which meets the requirements of the science of nutrition for the elderly and with cardiovascular diseases [13].

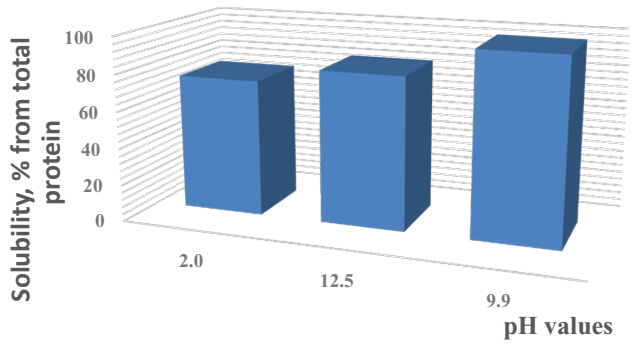

Figure1. Solubility of amaranth proteins in various solvents

Table 1

Group composition of lipids of amaranth flour

Lipid groups	Mass fraction,% of total mass
Polar lipids	3.61 ± 0.29
Monoacylglycerols	0.40 ± 0.05
Triacylglycerols	87.0 ± 1.20
Free fatty acids	3.01 ± 0.08
Sterols	2.00 ± 0.12
Esters of sterols	1.71 ± 0.07
Squalene	2.34 ± 0.06

Table 2

Fatty acid composition of amaranth flour oil

Fatty acid (FA)	Index of FA	Mass fraction, % of total content
myristic	14:0	0.13
pentadecanoic	15:0	0.05
pentadecenic	15:1	0.02
palmitic	16:0	20.39
hexadecenic	16:1	0.04
palmitoleic	16:1 9-*cys*	0.15
hexadecadienic	16:2	0.24
hexatriene	16:3	0.00
margaric	17:0	0.12
heptadecenoic	17:1	0.03
iso-octadecanoic	18:0i	0.07
stearic	18:0	4.07
oleic	18:1 9-*cys*	32.61
vaccenic	18:1	1.14
iso-octadecadienoic	18:2i	0.23
linoleic, ω-6	18:2	38.29
γ- linolenic	18:3 ω-6	0.24
α- linolenic	18:3 ω-3	0.69
arachic	20:0	0.79
goidoic	20:1	0.22
behenic	22:0	0.29
erucic	22:1	0.18
squalene,%		0.96
TOTAL:		100
Sum of acids:		
saturated (S)		25.91
monounsaturated (M)		34.39
polyunsaturated (P) (П)		39.69
S: M: P		1:1.33:1.53

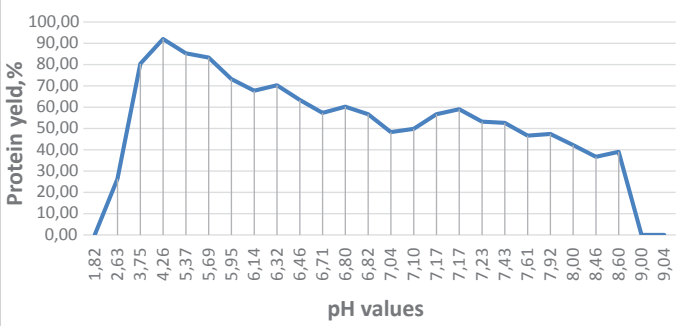

Figure 2. Effect of pH on protein yield during precipitation

The peculiarity of the oil was a relatively low content of stearic acid, which was also reflected in the saturated ratio: polyunsaturated fatty acids — 1:1.6; according to FICC recommendations, biotechnology and food safety this ratio is equal to 2:1 [8,13].

To isolate protein substances from defatted amaranth flour, we first studied their fractional composition. It is shown that, in total, the share of albumins and globulins accounted for 42.9 ± 0.8 %, prolamins- 2.0 ± 0.5 % and glutelins — 55.1 ± 1.0 % of the total protein. Consequently, to isolate the protein concentrate with the greatest yield, it would be expedient to use an alkali solution, since all the fractions would have dissolved in it. To eliminate denaturation of proteins in alkali solutions [13] and to obtain a safe amaranth BC, their solubility in acidic medium at pH = 2 (0.05N HCl) and slightly alkaline pH = 9.6 (0.05 n Na_2C0_3 solution) was additionally studied. It was found that most of all the proteins were dissolved in a solution of sodium carbonate (Figure 1), therefore it was further used to extract the total mass of proteins. The most complete precipitation of proteins from the solution (pH =9.6) was observed at pH= 4.26, created at the isoelectric point by the addition of a 10 % solution of HCl (Figure 2). The precipitated proteins were washed twice with water, centrifuged at 5000g and dried in a lyophilic manner to a moisture content of 5.0 ± 0.5 %. The yield of proteins was up to 92 %, of the total amount in solution.

3.3 Determination of the chemical composition and functional properties of the BC

Analysis of the chemical composition showed that the product was classified as «Concentrates» by the mass fraction of protein (Table 3). Along with proteins, carbohydrates and a small amount of fat, the concentrate also contained mineral elements, among which calcium, iron and potassium were present in an amount of 9.5 % of the total mass of ash. Proceeding from the content of irreplaceable amino acids, PC was a biologically valuable product, including lysine, threonine, isoleucine (Table 4 and Table 5), i.e. those amino acids that are limiting for most cereals [13].

Consequently, its use could not reduce the values of the general speed of proteins of the milk drink and its use in the development of a new formulation was appropriate.

PC had all the basic functional properties, including the ability to bind, emulsify fat and stabilize the water-fat emulsion (Table 6). Proceeding from this, based on PC and oil, extracted from amaranth flour, a water-fat emulsion was prepared and then added to milk.

3.4 Preparation of protein-fat emulsion

An emulsion consisting of amaranth oil, PC and milk for the fermented dairy product was prepared in two ways with 3 different ratio of components (Table 7). In the emulsion, both methods used milk in an amount of 5–10 % of the total amount in the finished product. According to the first method, an emulsion prepared at 6000.The product was quenched at 37 °C for 12 hours. On the second min-1 within 5 minutes, the rest of the milk and the ferment were added, after the addition of all the milk to the emulsion, the system was still homogenized at 2500 rpm for 3 minutes. Density and stability of the emulsion corresponded to requirements if method No. 2 was used.

Using a microscope, it was established that the fat component of amaranth emulsified with concentrate proteins was relatively evenly distributed throughout the emulsion mass (Figure 3). Distribution picture the droplets of fat correlated with the similar structure of milk, which positively reflected on the organoleptic and physicochemical characteristics of the aggregated clot of milk and vegetable components.

Table 3

Chemical composition of protein concentrate

Mass fraction,% on dry substance				Mg/100 g		
Protein	Fat	Carbohydrates	Ash	Calcium	Iron	Potassium
71.7 ± 0.33	0.3 ± 0.08	25.7 ± 1.02	2.4 ± 0.60	4.34 ± 0.40	17.97 ± 1.03	202.60 ± 3.04

Table 4

Aminoacid profile of PC

Amino acids	mg/g of dry preparation
Asp	68.18
Thr	27.57
Ser	38.72
Glu	128.25
Pro	33.30
Gly	39.91
Ala	31.30
Cys	0.09
Met	13.73
Ile	33.24
Leu	54.28
Tyr	33.05
Phe	42.77
Lys	38.51
His	22.27
Arg	75.77
Sum (mcg)	716.98

Table 5

Content of of irreplaceable amino acids in PC

Thr	Cys + Met	Ile	Leu	Phe + Tyr	Lys
г/100 г белка					
3.85	4.02	4.63	7.57	10.57	5.50
Скор, %					
97	115	115	108	176	100

Table 6

Functional properties of PC

№	Functional property	Parameter value
1	Water binding ability, %	75 ± 1.0
2	Foaming ability, %	200 ± 1.5
3	Foaming stability, %	65 ± 1.2
4	Fat binding ability, %	64 ± 2.0
5	Fat emulsifying ability, %	57 ± 0.5
6	Stability of emulsion, %	54 ± 1.0
7	Solubility, %	46 ± 0.9

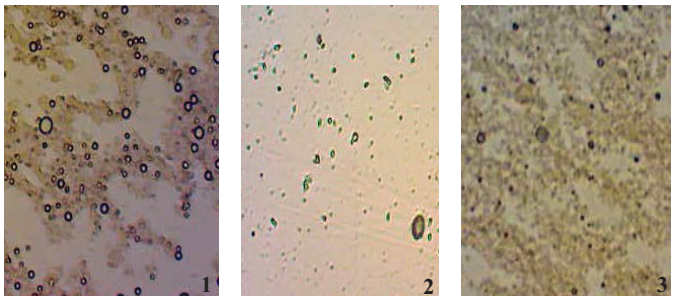

Figure 3. Micrographs: 1— emulsion; 2 — milk; 3 — dairy beverage (resolution × 120)

Table 7

Influence of the ratio of components and method of preparation of an emulsion on its quality

№	Ratio PC: fat: milk	Stability of emulsion,%	Density of the emulsion, points
		Method № 1	
1	2.2:2.7:10	10 ± 1.0	0.5
2	2.2:2.7:15	50 ± 1.5	2.5
3	2.2:2.7:20	80 ± 2.0	5.0
		Method № 2	
4	2.2:2.7:20	96 ± 1.0	5.0

3.5 Indicators of quality and nutritional value of a fermented milk product

Based on the data, the formulation of the fermented milk product with BC and the lipid component of amaranth flour was developed. According to the organoleptic and physicochemical parameters, the product met the established requirements, both at the time of manufacture and at the end of the shelf life (Table 8). The product contained 78 % more complete protein than a normal fermented dairy product, it is enriched with biologically effective lipids with unsaturated fatty acids, including linoleic acid, as well as squalene, calcium, iron, potassium. The amount of the latter exceeded their mass in ordinary fermented yoghurt by 30 % or more.

Table 8

Indicators of quality and nutritional value of a fermented milk product

№	Indicator name	Characteristic
	Organoleptic indicators	
1	Appearance and texture	Texture is homogeneous, moderately viscous
2	Taste and smell	Sour-milky, without foreign smell, with a grain taste
3	Color	Milky-white, uniform throughout the mass
	Physical — chemical indicators	
4	Titrated acidity, degree: at the time of manufacture at the end of the expiry date	 80 ± 0.5 85 ± 0.5
5	Active acidity, pH: at the time of manufacture at the end of the expiry date	 4.92 ± 0.04 5.02 ± 0.05
	Microbiological indicators	
6	Total count, CFU /sm^3 not less	2×10^7
7	Molds, CFU /sm^3	Not found
8	Yeasts, CFU /sm^3	5 ± 1.0
	Nutritional and energy value of product, on 100 g	
9	Mass fraction of protein, g	5.0 ± 0.10
10	Mass fraction of fat, g	3.2 ± 0.08
11	Mass fraction of carbohydrates, g	2.8 ± 0.05
12	Mass fraction of squalene, mg	0.96 ± 0.05
13	Mass fraction of calcium, mg	121.5 ± 5.10
14	Mass fraction of potassium, mg	183.0 ± 3.20
15	Mass fraction of iron, mg	2.1 ± 0.07
16	Energy value, kcal	95.0 ± 2.0

Thus, the product containing butter and amaranth PC, along with probiotics, had in its composition more functional ingredients for the body than yogurt for mass use, so it can be recommended for nutrition of people of the elderly and advanced.

Discussion

Despite the fact that milk and dairy products are the most important source of food components [7], enriching them with biologically valuable and effective substances is one of the tasks of the science of nutrition and food [1,13]. To develop enriched products today more and more traditional radio sources are used, including amaranth [14,15,16,17,18]. The protein from the concentrate by biological value approximated to «ideal» protein, since for the amino acids (lysine, threonine) that were limited in most crops, it was almost 100 % faster than, for example, from the carbohydrate protein supplement used in the production of bread [19]. A distinctive feature of the concentrate proteins was their fractional composition, represented by albumins, globulins, glutelins. Almost complete absence of alcohol-fractionate fraction (2 %), which is usually associated with the intolerance of «gluten» of some cereals [19], makes it possible to use a sour milk product in the diet of not only elderly people, but also for people suffering from genetically determined disease — celiac disease [20]. PC from amaranth contained valuable minerals necessary for human organism at any age for hematopoiesis (iron), functioning of bone-muscular (calcium) and cardiovascular (potassium) systems [4].

In nutrition of the elderly and the advanced people, along with proteins, an important role is played by substances of lipid nature [1]. Their group composition, along with triacylglycerols (87 %), included phosphatides, sterols and their esters in an amount of about 4 %, as well as ω-3, ω-6 fatty acids and squalene in an amount of 0.1 % of the total weight of lipids. The latter, as is known, is the precursor of the synthesis of substances of steroid nature (cholesterol, vitamin D, hormones, etc.) [21]. Due to the low content of stearic acid (4.07 %), the ratio of polyunsaturated: saturated fatty acids, equal to 1, 6: 1.0 in the amaranth oil we isolated, was approaching the recommended value by the science of nutrition — 2:1 [13].

A significant part of the work, both in our country and abroad, is devoted to the use of amaranth products in the production of bakery and confectionery products [22,23,24,25]. Less development is known for dairy beverages and products in which a part of the dairy base is replaced with plant components. For example, a concentrate of amaranth seeds was developed, intended for the production of amaranth cream for individuals with increased sensitivity to milk proteins. [26] Unlike other authors [27,28,29,30] who developed beverages, we took into account not only the characteristics of the biochemical composition described above and food value of the amaranth, but also the functional properties of its proteins. It was suggested that the polypeptides will participate in the formation of aggregated plant and milk complexes and act as emulsifiers for the biologically effective amaranth oil. PC and fat component should not only give the dairy product increased nutritional value, but also act as technological ingredients in the emulsion plant and milk system. Given the high ability of PC to emulsify fat from amaranth and stabilize the water-fat emulsion, the developed formulation of the fermented milk product provided a uniform distribution of components in the skimmed milk system. The microstructure of the fermented dairy product approximated to the microstructure and the distribution pattern of the native components in the original milk. It is important to note that the protein products isolated from amaranth by other authors [31] using bile did not have high fat-emulsifying and foaming properties, which makes promising the use of PK, obtained by us in the biotechnological way [32], in other beverages and foods, since their the market is filled only by 10–15 % and, mainly, products from soy.

Conclusion

Amaranth flour as a source of high-grade protein, biologically effective fat, micro- and macro elements (calcium, iron, potassium) is subjected to fractionation on the PC and lipid component, followed by the creation on the emulsion basis of a sour-milk product (yogurt) of gerontological purpose. The dairy product had an increased nutritional and biological value, contained biologically effective vegetable fat with a predominance of unsaturated fatty acids, including linoleic acid, phosphatides, squalene, minerals (calcium, iron, potassium) and 70–80 % more complete protein than usual fermented dairy product. The developed recipe for a fermented product intended for elderly and advanced people, using skimmed milk and a protein-fat emulsion from components for fractionating amaranth flour, taking into account the functional properties of the PC, provided technological indicators and safety indicators that meet the relevant requirements for this type of product.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мартинчик, А.Н., Маев, И.В., Петухов, А.Б. (2002). Питание человека (основы нутрициологии). М, ГОУ ВУНМЦ МЗ РФ.— 572 с. ISBN 5–89004–166–5.
2. Тутельян, В.А., Вялков, А.Н., Разумов, В.И., Москаленко, К.А., Одинец, А.Г., Сбежнева, В.Г., Сергеев, В.Н. (2010). Научные основы здорового питания. М, Панорама.— 839 с. ISBN978–5–86472–224–4.
3. Юдина, С.Б. (2009). Технология геронтологического питания. М, ДеЛи принт.— 228 с. ISBN978–5–94343–201–9.
4. Спиричев, В.Б., Шатнюк, Л.Н., Позняковский, В.М. (2004). Обогащение пищевых прдуктов витаминами и минеральными веществами. Наука и технология. Новосибирск, Сиб. универ. изд.— 548 с. ISBN 5–94087–043–0.
5. Коденцова, В.М., Вржесинская, О.А., Рисник, Д.В., Никитюк, Д.Б., Тутельян, В.А. (2017). Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние. Проблемы. *Вопросы питания*, 86 (4), 113–124.
6. Погожева, А.В., Батурин, А.К. (2017). Правильное питание — фундамент здоровья и долголетия. *Пищевая промышленность*, 10, 58–61.
7. Тихомирова, Н.А. (2010). Технология продуктов лечебно-профилактического назначения на молочной основе. СПб, Троицкий мост.— 448 с. ISBN 978–5–904406–05–9.
8. Мартинчик, А.Н., Батурин, А.К., Пескова, Е.В., Кешабянц, Э.Э., Михайлов, Н.А. (2016). Потребление йогурта и снижение риска избыточной массы тела и ожирения среди взрослого населения. *Вопросы питания*, 85 (1), 56–65.
9. 9. Руководство по методам анализа качества и безопасности пищевых продуктов. Под ред. И.М. Скурихина, В.А.Тутельяна (1998). М, Брандес. Медицина.— 342 с. ISBN 5–89836–003–4.
10. 10. Tsugita, A., Scheffler, J. — J. (1982). A rapid method for acid hydrolysis of protein with a mixture of trifluoroacetic acid and hydrochloric acid. *European Journal of Biochemistry,* 124(3), 585–588.
11. Kolpakova, V.V., Chumikina, L.V., Arabova, L. I., Lukin, D.N. Topunov, A.F., Titov, E. I. (2016). Functional technological properties and electrophoretic composition of modified wheat gluten. *Food and Raw Materials*, 4(2), 48–57.
12. Лусас, Э., Ки Чун, Ри. (1998). Производство и использование соевых белков. В кн. «Руководство по переработке и использованию сои». Пер. под ред. Ключкина В.В. и Доморощенковой М.Л. М, Колос.— 56 с. ISBN I5–10–003519–6.
13. Нечаев, А.П., Траубенберг, С.Е., Кочеткова, А.А., Колпакова, В.В., Витол, И.С., Кобелева, И.С. (2015). Пищевая химия. СПб, Гиорд.— 642 с. ISBN 97–5–98879–196–6.
14. Высочина, Г.И. (2013). Амарант (*Amaranthus L.*): химический состав и перспективы использования (обзор). *Химия растительного сырья*, 2, 5–14.
15. Смирнов, С.О., Урубков, С.О., Дронов, А.С. (2015). Научно-практические основы комплексной переработки зерна амаранта. *Хранение и переработка зерна*, 2 (191), 39–43.
16. Гинс, М.С., Гинс, В.К., Пивоваров, В.Ф., Торрес Миньо, К.Х., Кононков, П.Ф. (2015). Функциональные продукты питания из семян и листьев амаранта, М, Всероссийский НИИ селекции и семеноводства овощных культур.— 96 с. ISBN 978–5–901695–64–7.
17. Salcedo-Chávez, B., Osuna-Castro, J. A., Guevara-Lara, F., Domínguez-Domínguez, J., Paredes-López, O. (2002). Optimization of the isoelectric precipitation method to obtain protein isolates from Amaranth (Amaranthus cruentus) seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(22), 6515–6520.
18. Berganza, B. E., Morán, A. W., Rodríguez, G., Coto, N. M., Santamaría, M., Bressani R. (2003). Effect of variety and location on the notal fat, fatty acids and squalene content of Amaranth. *Plant Foods for Human Nutrition,* 58(3), 1–6.
19. Пат. № 2258372. Способ приготовления бездрожжевого хлеба/ Пащенко, Л.П., Никитин, И.А., Павлова, Н.В. Опубл. 20.08.2005. Бюл. 23.
20. Gambus, H., Gambus, F., Pastuszka, D., Wrona, P., Ziobro, R., Sabat, R., Mickowska, B., Nowotna., Sikora, M. (2009). Quality of gluten free supplemented cakes and biscuits. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 60(SUPPL. 4), 31–50.
21. Марри, Р., Греннер, Д., Мейес, П., Родуэл, В. (1993). Биохимия человека. Т. 1. М, Мир.— 384 с. ISBN 5–03–001774–7.
22. Гинс, В.К., Гинс, М.С., Дерканосова, Н.М., Пономарева, И.Н., Золотарева, Н.И. (2017). Применение амаранта в технологии хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки. *Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования*, S12, 277–279.
23. Bodroza-Solarov, M., Filipcev, B., Kevresan, Z., Mandic, A., Simurina, O. (2007). Quality of bread supplemented with popped Amaranthus cruentus grain. *Journal of food processing engineering*, 31(5), 602–618.
24. Магомедов, Г.О, Кучменко, Т.А., Журавлев, А.А., Шевякова, Т.А., Чернышева, Ю.А., Дроздова, Е.В., Мазина, Е.А., Мирошниченко, Л.А. (2016). Разработка безглютенового бисквитного изделия путем подбора оптимальных дозировок обогатителей. *Хлебопродукты,* 5, 48–50.
25. Никитин, И.А. (2003). Пищевые композиции продуктов переработки амаранта и молочного сырья в технологии хлеба. *Успехи современного естествознания,* 4, 84–85.
26. Пат. № 2453127. Способ получения пастообразного продукта из семян амаранта/ Мотовилов, К.Я., Мотовилов, О.К., Морозов, А.И., Грушина, О.С. Опубл. 20.06.2012. Бюл. 17.
27. Vasanthan, T., Yeung, J., Hoover, R. (2001). Dextrinization of starch in barley flours with thermostable alpha-amylase by extrusion cooking. *Starch/Staerke,* 53(12), 616–622.
28. Paredes-López, O., Guevara-Lara, F., Bello-Pérez, L. A. (2006). Los Alimentos Mágicos de las Culturas Indígenas Mesoamericanas. *Fondo de Cultura Económica.* México, 32–34, 81–88.
29. Milán-Carrillo, J., Montoya-Rodríguez1, A., Gutiérrez-Dorado, R., Perales-Sánchez, X., Reyes-Moreno, C. (2012). Optimization of extrusion Process for producing high antioxidant instant Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus L.*) flour using response surface methodology. *Applied Mathematics*, 3, 1516–1525.
30. Contreras, E.L., Jaimez, J.O., Soto, J., C.R., Castañeda, A.O., Añorve J.M. (2011). Aumento del contenido proteico de una bebida a base de Amaranto (Amaranthus Hypochon-Driacus). *Revista Chilena de Nutrición,* 38(3), 322–330.
31. Tömösközi, S., Gyenge, L., Pelcéder, Á., Varga, J., Abonyi, T., Lásztity, R. (2008). Functional properties of protein preparations from amaranth seeds in model system. *European Food Research and Technology,* 226(6), 1343–1348.
32. Абрамов, И.А., Елисеева, Н.Е., Колпакова, В.В., Пискун, Т.И. (2011). Амарант: химический состав, биохимические свойства и способы переработки. *Хранение и переработка сельхозсырья,* 6, 44–48.

REFERENCE

1. Martinichik, A.N., Maev, I.V., Petukhov, A.B. (2002). Human nutrition (the basis of nutritiology). M: GOU VUNMTS MH RF.— 572 p. ISBN 5–89004–166–5. (In Russian)
2. Tutelian, V.A., Vyalkov, A.N., Razumov, V.I., Moskalenko, K.A., Odinets, A.G., Sbezhneva, V.G., Sergeev, V.N. (2010). Scientific foundations of healthy nutrition. M: Panorama .— 839 p. ISBN 978–5–86472–224–4. (In Russian)
3. Yudina, S.B. (2009). Technology of gerontological nutrition. M: DeLi print.— 228 p. ISBN978–5–94343–201–9. (In Russian)
4. Spirichev, V.B., Shatnyuk, L.N., Poznyakovskii, V.M. (2004). Enrichment of food products with vitamins and minerals. Science and technology. Novosibirsk: Sib. Univer.Izd.— 548 sec. ISBN 5–94087–043–0. (In Russian)
5. Kodentsova, V.M., Vrzhesinskaya, O.A., Risnik, D.V., Nikityuk, D.B., Tutelyan, V.A. (2017). Micronutrient status of population of the Russian Federation and possibility of its correction. State of the problem *Voprosy Pitaniia*, 86 (4), 113–124. (In Russian)
6. Pogozheva, A.V., Baturin, A.K. (2017). Proper nutrition is the Foundation of health and longevity *Food Industry*, 10, 58–61. (In Russian)
7. Tikhomirova, N.A. (2010). Technology of products for medical and prophylactic purposes on dairy basis. St. Petersburg: Trinity Bridge.— 448 p. ISBN 978–5–904406–05–9. (In Russian)
8. 8.Martinchik, A.N., Baturin, A.K., Peskova, E.V., Keshabyants, E.E., Mikhaylov N.A. (2016). Yogurt consumption and reduced risk of overweight and obesity in adults *Voprosy Pitaniia*, 85 (1), 56–65. (In Russian)
9. Guidance on methods for analyzing food quality and safety. Ed. Skurikhin, V.A., Tutelyan V.A. (1998). M: Brandes. Medicine.— 342 p. ISBN 5–89836–003–4. (In Russian)
10. Tsugita, A., Scheffler, J. — J. (1982). A rapid method for acid hydrolysis of protein with a mixture of trifluoroacetic acid and hydrochloric acid. *European Journal of Biochemistry,* 124(3), 585–588.
11. Kolpakova, V.V., Chumikina, L.V., Arabova, L. I., Lukin, D.N. Topunov, A.F., Titov, E. I. (2016). Functional technological properties and electrophoretic composition of modified wheat gluten. *Food and Raw Materials*, 4(2), 48–57.
12. Lusas, E., Ki Chun, Ri. (1998). Production and use of soy proteins. In the book «Guidelines for processing and use of soybeans». Trans. Ed. Klyuchkina V.V. and Domoroshchenkova M.L. M: Kolos.— 56 p. ISBN I5–10–003519–6. (In Russian)
13. Nechaev, A.P., Traubenberg, S.E., Kochetkova, A.A., Kolpakova, V.V., Vitol, I.S., Kobeleva, I.S.. (2015). Food Chemistry. St. Petersburg: Giorde.— 642 p. ISBN 97–5–98879–196–6. (In Russian)
14. Vysochina, G.I. (2013). Amaranth (Amaranthus L.): chemical composition and perspectives of use (review). *Chemistry of plant raw materials*, 2, 5–14. (In Russian)
15. Smirnov, S.O., Urubkov, S.O., Dronov, A.S. (2015). Scientific and practical basis of complex processing of amaranth grain. *Storage and processing of grain,* 2 (191), 39–43. (In Russian)
16. Gins, M.S., Gins, V.K., Pivovarov, V.F., Torres Minho, K.Kh., Kononkov, P.F. (2015). Functional foods from seeds and leaves of amaranth, M: All-Russian Research Institute of Selection and Seed Vegetable Crops.— 96 p. ISBN 978–5–901695–64–7. (In Russian)
17. Salcedo-Chávez, B., Osuna-Castro, J. A., Guevara-Lara, F., Domínguez-Domínguez, J., Paredes-López, O. (2002). Optimization of the isoelectric precipitation method to obtain protein isolates from Amaranth (Amaran-

thus cruentus) seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(22), 6515–6520.
18. Berganza, B.E, Morán, A. W., Rodríguez, G., Coto, N.M., Santamaría, M., Bressani R. (2003). Effect of variety and location on the notal fat, fatty acids and squalene content of Amaranth. *Plant Foods for Human Nutrition,* 58(3), 1–6.
19. Paschenko, L.P., Nikitin, I.A., Pavlova, H.B. A way of preparation of non-yeast bread. Patent RF, no.2258372, 2013. (In Russian)
20. Gambus, H., Gambus, F., Pastuszka, D., Wrona, P., Ziobro, R., Sabat, R., Mickowska, B., Nowotna., Sikora, M. (2009). Quality of gluten free supplemented cakes and biscuits. International Journal of Food Science and Nutrition, 60 (SUPPL. 4), 31–50.
21. Murray, R., Grener, D., Meyes, P., Rodwell, W. (1993). Human Biochemistry. T. 1. M: World.—384 p. ISBN 5–03–001774–7. (In Russian)
22. Gins, V.K., Gins, M.S., Derkanosova, N.M., Ponomareva, I.N., Zolotareva, N.I. (2017). Application of amaranth in bread technology from a mixture of rye and wheat flour. *New and non-traditional plants and prospects for their use,* S12, 277–279. (In Russian)
23. Bodroza-Solarov, M., Filipcev, B., Kevresan, Z., Mandic, A., Simurina, O. (2007). Quality of bread supplemented with popped Amaranthus cruentus grain, *Journal of food processing engineering*, 31(5), 602–618.
24. Magomedov, G.O., Kuchmenko, T. A., Zhuravlev, A.A., Shevyakova, T.A., Chernysheva, Yu.A., Drozdova, E.V., Mazina, E.A., Miroshnichenko, L.A ., (2016). Development of gluten-free biscuit products by selecting optimal dosages of enrichers. *Bread products,* 5, 48–50. (In Russian)
25. Nikitin, I.A. (2003). Food compositions of products of processing amaranth and dairy raw materials in bread technology. *Advances in current natural sciences,* 4, 84–85. (In Russian)
26. Motovilov, K.Ya., Motovilov, O.K., Morozov, A.I., Grushina, O.S. Method for obtaining a pasty product from amaranth seeds. Patent RF, no. 2453127, 2012. (In Russian)
27. Vasanthan, T., Yeung, J., Hoover, R. (2001). Dextrinization of starch in barley flours with thermostable alpha-amylase by extrusion cooking. Starch/Staerke, 53(12), 616–622.
28. Paredes-López, O., Guevara-Lara, F., Bello-Pérez, L. A. (2006). Los Alimentos Mágicos de las Culturas Indígenas Mesoamericanas. *Fondo de Cultura Económica.* México, 32–34, 81–88.
29. Milán-Carrillo, J., Montoya-Rodríguez1, A., Gutiérrez-Dorado, R., Perales-Sánchez, X., Reyes-Moreno, C. (2012). Optimization of extrusion Process for producing high antioxidant instant Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus L.*) flour using response surface methodology. *Applied Mathematics*, 3, 1516–1525.
30. Contreras, E.L., Jaimez, J.O., Soto, J., C.R., Castañeda, A.O., Añorve J.M. (2011). Aumento del contenido proteico de una bebida a base de Amaranto (Amaranthus Hypochon-Driacus). *Revista Chilena de Nutrición,* 38(3), 322–330.
31. Tömösközi, S., Gyenge, L., Pelcéder, Á., Varga, J., Abonyi, T., Lásztity, R. (2008). Functional properties of protein preparations from amaranth seeds in model system. *European Food Research and Technology,* 226(6), 1343–1348.
32. Abramov, I.A., Yeliseeva, N.Ye., Kolpakova, V.V., Piskun, T.I. (2011). Amaranth: a chemical compound, biochemical properties and ways of processing. *Storage and Processing of Agricultural Raw Materials,* 6, 44–48. (In Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	AUTHOR INFORMATION
Принадлежность к организации	**Affiliation**
Колпакова Валентина Васильевна — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 140051, Московская обл., Люберецкий р-н, п. Красково, ул. Некрасова, 11 Тел.: +7–495–557–15–00 E-mail: val-kolpakova@rambler.ru *автор для контактов	**Valentina V. Kolpakova** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, All-Russian Research Institute for Starch Products — Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS 140051, Moscow region, Luberetskiy district, s. Kraskovo, Nekrasov Str., 11 Tel.: +7–495–557–15–00 E-mail: val-kolpakova@rambler.ru *corresponding author
Тихомирова Наталья Александровна — доктор технических наук, профессор, Московский государственный университет пищевых производств 109316, Москва, ул. Талалихина, 33 Тел.: +7–916–514–47–76 E-mail: tihomirovana@mail.ru	**Natalia A. Tikhomirova** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State University of Food Production 109316, Moscow, Talalikhina Str., 33 Tel.: +7–916–514–47–76 E-mail: tihomirovana@mail.ru
Гайворонская Ирина Сергеевна — аспирант Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 140051, Московская обл., Люберецкий р-н, п. Красково, ул. Некрасова, 11 Тел.: +7–495–557–15–00 E-mail: irina_ivahnenko@bk.ru	**Irina S. Gayvoronskaya** — graduate student, All-Russian Research Institute for Starch Products — Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS 140051, Moscow region, Luberetskiy district, s.Kraskovo, Nekrasov Str., 11 Tel.: +7–495–557–15–00 E-mail: irina_ivahnenko@bk.ru
Лукин Николай Дмитриевич — доктор технических наук, врио директора Всероссийский научно-исследовательский институт крахмалопродуктов — филиал Федерального научного центра пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 140051, Московская обл., Люберецкий р-н, п. Красково, ул. Некрасова, 11 Тел.: +7–495–557–15–00 E-mail: vniik@arrisp.ru	**Nikolai D. Lukin** — Doctor of Technical Sciences, Deputy Director, All-Russian Research Institute for Starch Products — Branch of V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of RAS 140051, Moscow region, Luberetskiy district, s. Kraskovo, Nekrasov Str., 11 Tel.: +7–495–557–15–00 E-mail: vniik@arrisp.ru

Критерии авторства	**Contribution**
Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат	Authors are equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism
Конфликт интересов	**Conflict of interest**
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов	The authors declare no conflict of interest

Поступила 06.03.2018	**Received 06.03.2018**