

Иванкин Андрей Николаевич, д.х.н., профессор,

Агеев Антон Константинович, магистрант

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет), г. Москва

Бабурина Марина Ивановна, к.б.н., доцент,

Вострикова Наталья Леонидовна, к.т.н.,

Куликовский Андрей Владимирович, к.т.н.

ФГБНУ «ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, г. Москва

МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЖИДКИХ ПИТАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ СЫРЬЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Аннотация. В работе представлена методология формирования жидких продуктов на основе гидролизатов, полученных из отходов мясоперерабатывающей промышленности в присутствии молочной кислоты. Описаны свойства жидких систем, содержащих сбалансированные составы аминок-, жирных кислот, углеводов и витаминов, необходимых для получения биологически полноценной основы при создании функциональных напитков различного назначения.

Ключевые слова: жидкие питательные системы, аминокислоты, мясное сырье.

Ivankin Andrey Nikolaevich, Doctor of Chemical Science, Professor,

Ageev Anton Konstantinovich, Undergraduate

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Baburina Marina Ivanovna, Candidate of Biological Science,

Docent,

Vostrikova Natalya Leonidovna, Candidate of Technical Science,

Kulikovskiy Andrey Vladimirovich, Candidate of Technical Science

V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

FORMATION METHODOLOGY OF LIQUID FEEDING SYSTEMS BASED ON ANIMAL ORIGIN RAW MATERIALS

The paper presents methodology for liquid products formation based on hydrolysates obtained from waste from meat processing industry in presence of lactic acid. Described liquid systems properties containing balanced compositions of amino-, fatty acids, carbohydrates and vitamins necessary for obtaining biologically valuable basis for creating functional drinks for various purposes.

Key words: liquid nutrient systems, amino acids, meat raw materials.

Индустрия напитков сегодня представляет собой быстро развивающуюся отрасль пищевых технологий, направленных на производство жидких продуктов, которые необходимы, прежде всего, для удовлетворения потребностей в ежесуточном приеме достаточного количества влаги и возмещения естественных потребностей организма в воде [1].

Большинство продуктов данной категории может содержать многие полезные компоненты, но их наличие, кроме самой воды, не является остро необходимым для потребляемого их организма. В ряде случаев, например при различных заболеваниях, или когда имеет место определенная ослабленность организма, существует потребность в получении высокопитательных жидких систем, позволяющих ослабленному организму получить в доступной форме необходимые ему питательные компоненты [2,3].

Процесс потребления пищи живым организмом в основном сводится к расщеплению питательных веществ в пищеварительном тракте до мельчайших составляющих – белков до аминокислот, полисахаридов до моносахаров, ДНК до нуклеотидов, жиров до жирных кислот [4]. Для повышения эффективности питания и ускорения процессов пищеварения в ряде случаев, например, для людей с высокой интенсивностью физических нагрузок – космонавтов, подводников, спортсменов и др., целесообразно с питанием поставлять уже расщепленные до необходимых «строительных кирпичиков» компоненты [5].

Важнейшим параметром пищи является наличие белка. Животное сырье представляет собой отличный источник необходимого белка, который содержится в сырье в среднем на уровне 20%. Для возможного получения пищевых систем целесообразно использовать ферментативный или кислый гидролиз для получения продуктов, обогащенных эссенциальными аминокислотами [6,7].

В работе использовали отходы мясопереработки – жилованное сырье, представляющее собой измельченную хрящевую ткань крупного рогатого скота с остатками, в количестве до 5% масс, животной ткани. Химический состав сырья: доступный белок – 18%, жир – 10%, неорганические соли – 2%. Белок в исходном сырье содержал, г/100 г белка: Иле 4,7; Лей 8,4; Лиз 10,3; Мет 3,8; Цис 1,5; Фен 4,6; Тир 3,8; Тре 5,8; Трп 1,3; Вал 5,5 (сумма незаменимых аминокислот – 48,6); Ала 3,4; Арг 7,3; Асп 7,7; Гис 3,4; Гли 3,1; Глу 15,5; Про 3,1; Сер 2,1 (сумма заменимых аминокислот – 46,3). Для трансформации связанных в составе сырья компонентов осуществляли кислый гидролиз в присутствии 20% молочной кислоты. Условия обработки: гидромодуль, как соотношение тв. и ж. фазы, 1 : 5, температура 70°C, время обработки 4 ч.

Массовую долю аминокислот определяли на аминокислотном анализаторе Biotronic 6001 (Германия) после кислотного гидролиза белков [8,9].

Количественную оценку содержания отдельных аминокислот осуществляли путем сравнения площадей пиков на полученной аминокислотной хроматограмме с использованием интегрирующей системы Winpeak Eppendorf-Biotronic (Германия) для областей пиков, полученных путем сопоставительного анализа стандартной смеси аминокислот, содержащей 2,5 мкмоль каждой аминокислоты в 1 мл раствора.

Определение жирных кислот (ЖК) и веществ, формирующих вкусо-аромат осуществляли методом хроматомасс-спектрометрии [10].

Состав компонентов анализировали на газовом хроматографе 7890А с масс-селективным детектором 5975С VLMSD Agilent Technologies (USA). Для этого, образец в количестве 1 г, подвергали в течение 24 ч обработке смесью 10 мл хлороформа с 10 мл метанола по модифицированному методу Фолча в присутствии 1% раствора КСl для растворения липидных компонентов, экстракт фильтровали через бумагу и после удаления избытка растворителей упариванием досуха подвергали кислотному гидролизу с целью получения смеси метиловых эфиров кислот, которые анализировали на методом газовой хроматографии. Обработывали 0,01 г липидов в 3 мл 15% раствора ацетилхлорида в метаноле при 100°C, 2 ч с последующей нейтрализацией смеси 1,25 мл насыщенного КОН в СН₃ОН до рН 5,0–6,0. К смеси добавляли 3 мл насыщенного водного раствора NaCl и 3 мл гексана, выстаивали несколько минут и отбирали на анализ 0,2 мкл из прозрачного гексанового слоя, содержащего метиловые эфиры ЖК. Условия хроматографирования на капиллярной колонке HP-Innowax 30mх0,32mmх0,5µm: повышение температуры колонки в термостате со 100°C до 260°C со скоростью 10 °C/мин; температура инжектора 250°C, детектора 300°C; поток водорода из генератора – 35 см³/мин; поток азота – 20 см³/мин; деление потока 1:100; время анализа 30 мин; ввод 1 мкл пробы. Для расчета содержания изомеров использовали автоматическую базу поиска и идентификации данных хроматомасс-спектрометрии NIST08 MS Library с вероятностью соотношения пиков более 65%.

Изучение состава свободных углеводов (УВ) проводили с использованием BioLC хроматографической системы, включающей градиентный насос GS50, электрохимический детектор ED50, генератор элюента EG50 Generator с 10mN NaOH, хроматографический термостат LC25 с колонкой CarboPac PA20 производства Dionex (Германия). Определение содержания свободных УВ осуществляли в профильтрованных через 0,45 µm при 25°C водных экстрактах 0,01 г образца в 100 мл обессоленной воды квалификации HPLC.

В качестве стандартов аминокислот использовали раствор смеси индивидуальных аминокислот: глицина, аланина, валина, лейцина, изолейцина, пролина, фенилаланина, тирозина, метионина, цистеина, аспарагиновой кислоты, глутаминовой кислоты, лизина, аргинина, гистидина, серина, треонина молярной концентрации 2,5 мкмоль/мл («Supelco» США).

В качестве стандартов жирных кислот использовали раствор смеси метиловых эфиров С₆–С₂₄ ЖК в метилхлориде массовой концентрации 10 мг/мл: капроновой (С₆:0), каприловой (С₈:0), каприновой (С₁₀:0), деценовой (С₁₀:1), ундециловой (С₁₁:0), лауриновой (С₁₂:0), тридекановой (С₁₃:0), миристиновой (С₁₄:0), миристолеиновой (С₁₄:1), пентадекановой (С₁₅:0), цис-10-пентадеценовой (С₁₅:1), пальмитиновой (С₁₆:0), пальмитолеиновой (С₁₆:1), маргариновой (С₁₇:0), гептадеценовой (С₁₇:1), стеариновой (С₁₈:0), олеиновой (С₁₈:1n9c), элаидиновой (С₁₈:1n9t), линолевой (С₁₈:2n6), гамма-линоленовой (С₁₈:3n6), альфа-линоленовой (С₁₈:3n3), нондекановой (С₁₉:0), арахиновой (С₂₀:0), гадолеиновой (С₂₀:1n9), цис-11,14-эйкозодиеновой (С₂₀:2n6), цис-8,11,14-эйкозатриеновой (С₂₀:3n6), цис-11,14,17-эйкозатриеновой (С₂₀:3n3), арахидоновой (С₂₀:4n6), эйкозапентаеновой (С₂₀:5n3), генэйкозановой (С₂₁:0), бегеновой

(C22:0), эруковой (C22:1n9), цис-13,16-докозодиеновой (C22:2n6), клупанононовой (C22:5n3), докозагексаеновой (C22:6n3), трикозановой (C23:0), лигноцериновой (C24:0), нервоновой (C24:1) производства («Supelco» США).

В качестве стандартов УВ использовали: арабинозу (Ara, C₅H₁₀O₅, D-(–)-Arabinose ≥99%, A3131 Sigma), галактозу (Gal, C₆H₁₂O₆, D-(+)-Galactose ≥99%, G0750 Sigma-Aldrich), глюкозу (Glc, C₆H₁₂O₆, D-(+)-Glucose ≥99.5%, G8270 Sigma), ксилозу (Xyl), маннозу (Man, C₆H₁₂O₆, D-(+)-Mannose from wood, ≥99% M2069 Sigma), фруктозу (Fru, C₆H₁₂O₆, D-(–)-Fructose ≥99%, F0127 Sigma), сахарозу (Sug, C₁₂H₂₂O₁₁, α-D-Glc-(1→2)-β-D-Fru, Sucrose ≥99.5% S9378 Sigma), рибозу (Rib, C₅H₁₀O₅, D-(–)-Ribose ≥99% R7500 Sigma), лактозу (Lac, C₁₂H₂₂O₁₁·H₂O, β-D-Gal-(1→4)-α-D-Glc, α-Lactose L3625 Sigma-Aldrich), водные растворы с концентрацией 0,001 мг/мл.

Определение фракционного состава белков продукта и содержание витаминов осуществляли с использованием стандартных методик [9].

Для получения жидкого продукта с повышенным содержанием аминокислот, животное сырье подвергали кислому гидролизу в присутствии пищевой молочной кислоты, которая обеспечивала расщепление белка, содержащегося в сырье с выходом свободных аминокислот на уровне 60...65%, с формированием уровня их суммарного содержания в жидкой фазе до уровня 2...3%. Полученный жидкий гидролизат содержал также фрагменты нерасщепленных белков, состав которых по данным денатурирующего электрофореза в присутствии додецилсульфата натрия, включал, %: фракции менее 10 кДа 1...2; от 10 до 20 кДа – 2...4; от 20 до 40 кДа – 10...15; от 40 до 100 кДа 25...35; от 100 до 150 кДа 3...10; от 150 до 200 кДа – 30...45; более 200 кДа – 2...5.

Аминокислотный состав жидкой фазы продукта несколько отличался от сбалансированного состава аминокислот в мясном сырье, г/100 г белка: Иле 1,9; Лей 4,2; Лиз 4,3; Мет 0,7; Цис 0,4; Фен 2,8; Тир 1,3; Тре 2,4; Трп 1,0; Вал 3,7; сумма незаменимых 22,7; Ала 7,9; Арг 6,7; Асп 6,5; Гис 2,6; Гли 15,8; Глу 10,5; Про 9,6; Сер 3,2; сумма заменимых 62,7.

При выбранном способе обработки сырья в составе жидкого продукта находилось некоторое количество липидов, в количестве не более 0,5%. Типичное содержание ЖК в жировых продуктах животного происхождения обычно составляет, % от суммы: C(4:0) 0,05...0,09; C(6:0) 0,06...0,1; C(8:0) 0,05...0,2; C(10:0) 0,1...0,2; C(12:0) 0,2...0,9; C(14:0) 1,5...3,5; C(15:0) 0,06...0,1; C(16:0) 18...25; C(17:0) 0,2...0,5; C(18:0) 12...18; C(19:0) 0,5...0,8; C(20:0) 0,2...0,2; C(22:0) 0,2...0,7; C(14:1) 0,08...0,3; C(15:1) 0,1 и 0,4; C(16:1) 2,1...4,9; C(17:1) 0,6...1,2; C(18:1)n9c 27...35; C(18:1)n9t 0,1...0,6; C(20:1) 0,3...0,5; C(22:1)n9 0,3...0,8; C(18:2)n6c 3...8; C(18:3)n6 0,4...1,1; C(18:3)n3 0,1...0,3; C(20:2) 0,1...0,2; C(20:3)n6 0,2...0,4; C(20:4)n6 1,2...1,6; C(22:2) 0,2...0,5; C(22:6)n3 0,1...0,3, где n, или омега, является классификационным индексом непредельных ЖК [2, 6]. В нашем случае липидная фаза жидкого продукта практически не отличалась по составу ЖК от исходного сырья.

Животное сырье позволяет получать пищевые системы, содержащие природные формы необходимых витаминов. Типичный витаминный состав мясного

сырья на основе говядины или свинины может включать, мг/100 г сырья: витамин А – 0,01; В₁ – 0,5; В₂ – 0,3; В₃ – 0,2; В₄ – 80,0; В₅ – 0,45; В₆ – 0,3; В₉ – 0,015; В₁₂ – 0,01; С < 0,001; D – 0,1; E – 0,4; PP – 5,8; H – 0,03. В составе жидкого продукта были обнаружены витамины, мг/100 г продукта: витамин А – 0,001; В₁ – 0,05; В₂ – 0,05; В₃ – 0,03; В₄ – 12,0; В₅ – 0,07; В₆ – 0,05; В₉ – 0,003; В₁₂ – 0,001; D – 0,01; E – 0,062; PP – 1,1; H – 0,005.

Изучение УВ состава показало, что в продукте содержалось, мг%: Ara – 0,0003; Gal – 0,06; Glc – 30; Xyl + Man – 10; Fru+Sach – 4,5; Rib – 18; Lac – 0,015.

Таким образом, в результате проведенных исследований по химической переработке мало используемых отходов животного сырья, был получен жидкий питательный продукт, содержащий в своем составе все необходимые аминокислоты, жирные кислоты и углеводы, что позволяет использовать данный продукт в качестве питательной основы для получения жидких питательных систем функционального назначения. Они могут служить основой, как при отпаивании новорожденных особей продуктивных животных, так и для изготовления энергетических напитков для человека.

Список литературы

1. Хуршудян С.А. Потребитель и качество пищевых продуктов // Пищевая промышленность. 2014. № 5. С. 16–18.
2. Иванкин А.Н., Вострикова Н.Л., Куликовский А.В., Олиференко Г.Л. Обзор микрокомпонентов пищевых систем на основе животного и других видов сырья // Теория и практика переработки мяса. 2018. №1. С. 16–28.
3. Baburina M.I., Ivankin A.N., Stanovova I.A. Chemical and biotechnological processing of collagen-containing raw materials into functional components of feed suitable for production of high-quality meat from farm animals // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2017. V. 85: 012037.
4. Chater P.I., Wilcox M.D., Pearson J.P., Brownlee I.A. The impact of dietary fibres on the physiological processes governing small intestinal digestive processes // Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre. 2015. V. 6. No. 2. P. 117–132.
5. Никитина М.А., Захаров А.Н., Насонова В.В., Лисицын А.Б. Моделирование как метод научного познания сложных мясных систем // Теория и практика переработки мяса. 2017. № 2 (3). С. 66–78.
6. Lisitsyn A.V., Kriger O.V., Mitrokhin P.V. (2016). Study of chemistry and hydrolysates drying parameters of feather-downy raw material // Foods and Raw Materials. 2016. V. 4. No.1. P. 44–50.
7. Neklyudov A.D., Ivankin A.N., Berdutina A.V. Properties and uses of protein hydrolysates // Applied Biochemistry and Microbiology. 2000. V. 36. No. 5. P. 452–459.
8. Иванкин А.Н. Переработка животного сырья в пищевые и технические продукты // Все о мясе. 2013. № 3. С. 36 – 38.
9. Лисицын А.Б., Иванкин А.Н., Неклюдов А.Д. Методы практической биотехнологии. М.: ВНИИМП, 2002. 402 с.

10. Ivankin A.N., Kulikovskii A.V., Vostrikova N.L., Chernuha I.M. Cis- and trans- conformational changes of bacterial fatty acids in comparison with analogs of animal and vegetable origin. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 2014. V. 50. No. 6. P. 668–674.