



Биохимический состав биосубстанций из пантов марала

И.Н. Гришаева✉, М.Г. Кротова

Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий, Барнаул, Российская Федерация

Аннотация. Целью настоящей работы являлось изучение биологически активных веществ в биосубстанциях, полученных из разных частей пантов марала. Замороженные рога марала разделяли на кожу и основу панта, измельчали и проводили ультразвуковой ферментативный гидролиз. Оставшийся жмых от экстракции основы панта марала сушили в вакуумной установке. В полученных биосубстанциях исследовали содержание белка, жира, золы и влаги, изучали аминокислотный, жирнокислотный и минеральный составы, а также молекулярно-массовое распределение пептидных фракций. По результатам проведенной работы установлено, что в концентратах из кожи и основы панта марала содержится максимальное содержание протеина (73,68–74,41%), а в минеральной биосубстанции – максимальное содержание макро- и микроэлементов (84,17%), в частности высокий уровень фосфора – 136000 мг/кг, натрия – 29230 мг/кг и кальция – 5140 мг/кг. Все биосубстанции характеризуются низким содержанием жира от 0,3 до 1,76%. Аналогично содержанию белка общая сумма аминокислот превалирует в концентратах из кожи и основы панта марала и составляет 40,90 и 43,66 г/100 г соответственно, причем в обоих образцах количество незаменимых аминокислот выше заменимых. Количество витаминов находится на низком уровне и представлено водорастворимыми витаминами В₁, В₂, В₆. Жирнокислотный состав наиболее сбалансирован в концентрате из основы панта марала, имеет в составе омега-3 и омега-6. Соотношение ненасыщенных жирных кислот к насыщенным равно 0,96. Изучение молекулярно-массового распределения пептидных фракций показало, что максимальное содержание пептидов с низкой молекулярной массой менее 2,9 кДа и до 6,4 кДа выявлено в концентрате из кожи панта – 54,7%.

Ключевые слова: марал, панты, биосубстанции, аминокислоты, пептиды, жирные кислоты, витамины

Финансирование. Научно-исследовательская работа выполнена на средства гранта губернатора Алтайского края для разработки качественно новых технологий, создания инновационных продуктов и услуг в сферах переработки и производства пищевых продуктов, фармацевтического производства и биотехнологий по теме «Разработка нового функционального продукта на основе безотходной биотехнологии переработки сырых пантов маралов в сочетании с лекарственными травами Алтайского края».

Для цитирования: Гришаева И.Н., Кротова М.Г. Биохимический состав биосубстанций из пантов марала // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2024. Т. 14. N 3. С. 406–415. DOI: 10.21285/achb.931. EDN: APSYDX.

PHYSICO-CHEMICAL BIOLOGY

Original article

Biochemical composition of biological substances extracted from red deer antlers

Irina N. Grishaeva✉, Maria G. Krotova

Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies, Barnaul, Russian Federation

Abstract. We aim to study biologically active agents in biological substances obtained from different parts of red deer antlers. Frozen red deer antlers were separated into skin and antler base, crushed, and subjected to ultrasonic enzymatic hydrolysis. The press cake from the extraction of antler base was dried in a vacuum unit. The content of protein, fat, ash, and moisture in the obtained biological substances was studied. In addition, the amino

acid, fatty acid, and mineral compositions were analyzed, as well as the molecular weight distribution of peptide fractions. The concentrates from the skin and base of red deer antlers were found to contain the maximum of proteins (73.68–74.41%). The mineral biological substances comprise the maximum of macro- and microelements (84.17%), in particular, a high level of 136,000 mg/kg of phosphorus, 29,230 mg/kg of sodium, and 5,140 mg/kg of calcium. All biological substances are characterized by a low-fat content in the range from 0.3 to 1.76%. Similar to the protein content, the total amount of amino acids prevails in concentrates from the skin and base of red deer antlers, equaling 40.90 and 43.66 g/100 g, respectively. Moreover, in both samples, the amount of essential amino acids is higher than that of non-essential ones. The amount of vitamins is low, being represented by B₁, B₂, B₆ water-soluble vitamins. The fatty acid composition is most balanced in the concentrate from the red deer antler base, containing omega-3 and omega-6. The ratio of unsaturated to saturated fatty acids is equal to 0.96. In the concentrate from antler skin, the maximum content (54.7%) of peptides with a low molecular weight of less than 2.9 kDa and up to 6.4 kDa was found using the molecular-weight distribution of peptide fractions.

Keywords: red deer, antlers, biological substances, amino acids, peptides, fatty acids, vitamins

Funding. The Governor of the Altai Territory funded this work for the development of qualitatively new technologies, creation of innovative products and services in the areas of processing and production of food products, pharmaceutical production and biotechnology (topic “Development of a new functional product based on waste-free biotechnology for processing raw maral antlers in combination with medicinal herbs of the Altai Territory”).

For citation: Grishaeva I.N., Krotova M.G. Biochemical composition of biological substances extracted from red deer antlers. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2024;14(3):406-415. (In Russian). DOI: 10.21285/achb.931. EDN: APSYDX.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы во всем мире отмечается особое внимание общественности к проблемам питания населения. Это объясняется осознанием специалистами многочисленных негативных последствий нарушения структуры питания и пищевого статуса человека, что влечет за собой потерю его здоровья и трудоспособности [1]. Концепция оптимального питания предусматривает необходимость полного обеспечения потребностей организма в энергии, макро- и микронутриентах и в целом ряде необходимых минорных биологически активных компонентов пищи. В связи с этим одним из важных направлений в пищевой промышленности является использование в составе продуктов питания натуральных ингредиентов, содержащих жизненно важные биологически активные вещества, полученных путем переработки нетрадиционного сырья.

Производство пантового оленеводства является проверенным источником сырья для производства биологически активных добавок и продуктов функционального питания [2]. Ее эффективность доказана многолетними научными исследованиями и опытом китайской народной медицины [3].

Исследования подтвердили, что из пантов успешно выделяют около 100 видов химических компонентов, причем пропорции этих веществ могут варьировать в зависимости от вида оленей. Доказано, что основными биологически активными ингредиентами пантов благородного оленя являются водорастворимые вещества, в основном содержащие белки, полипептиды, аминокислоты, полисахариды, факторы роста и т.д. [4]. Входящие в состав пантов аминокислоты, а также тестостерон, эстрадиол и инсулиноподобный фактор роста могут заменить дефицит эстрогена, что является важным фактором в борьбе с остеопорозом с потерей костной массы и снижением веса [5]. Хотя механизм действия пантов до сих пор не ясен, их фармакологическая активность может быть в большой степени отнесена к основным биологически активным соединениям аминокислот, полипептидов и белков.

Как показано в исследованиях на животных и клинических испытаниях, панты не имеют явных побочных эффектов. Тем не менее необходимы дальнейшие исследования для изучения отдельных биологически активных соединений, ответственных за эти фармакологические эффекты, и механизмов их действия.

Анализ научных публикаций и патентный поиск показал, что существует ряд работ отечественных и зарубежных исследователей, посвященных разработке продуктов питания, обогащенных продукцией пантового оленеводства. На основе пантогематогена сибирскими исследователями разработана биологически активная добавка с отличными потребительскими свойствами. Представлены результаты серии экспериментов по изготовлению на основе соков плодово-ягодных культур и сырья пантовых оленей продуктов функционального питания. Доказано влияние биологически активных веществ пантов марала на снижение токсичности спиртных напитков [6]. Разработан напиток функционального назначения на основе минеральной воды с добавлением сока брусники и экстрактов пантов северного оленя. С использованием пантогематогена также предложены рецептуры и технологии сахаристых кондитерских изделий и других биологически активных добавок. Представлены данные по технологии получения карамели, обогащенной пантами. Описано использование препарата пантов и комплексной дрожжевой подкормки в пивоварении [7]. Экстракты пантов и пантовая мука используются при производстве биологически активных добавок. Возможность использования пантового сырья доказана и для технологии хлебобулочных изделий [8].

Основными способами переработки продукции мараловодства на перерабатывающих предприятиях являются: измельчение (до порошкообразного состояния), спиртовая и водная экстракция консервированных пантов. В результате измельчения пантов производители вынуждены удалять и утилизировать кожу, теряя при этом до 25,0% массы пантов. Отечественными переработчиками широко используется водная и спиртовая экстракция продукции маралов, но и это позволяет

извлечь из сырья не более 10,0% сухих веществ, оставшийся жмых, как правило, утилизируется. При этом необходимо отметить, что измельченное сырье (панты) является нерастворимыми биосубстанциями. Это, в свою очередь, ограничивает область их использования, в то время как их получение связано с большими трудо- и энергозатратами.

Разработанные ранее сотрудниками Всероссийского научно-исследовательского института пантового оленеводства способы получения растворимых биосубстанций с использованием ферментов растительного (папаин) и животного (пепсин) происхождения ограничивались выходом не более 40,0% сухих веществ, что отражалось на стоимости конечного продукта [9]. Применение современных микробиологических ферментов позволило увеличить выход биологически активных компонентов до 55–60% – именно такое количество составляет органическую часть панта [10]. Основным принципом технологии является разделение тканей панта на составляющие с получением трех видов биосубстанций: концентрат из кожи панта, концентрат из основы панта, минеральная биосубстанция. Однако для дальнейшего использования полученных биосубстанций из пантов марала в составе пищевых продуктов необходимо детальное исследование их биохимического состава.

Целью настоящей работы являлось изучение биологически активных веществ в биосубстанциях, полученных из разных частей пантов марала.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В экспериментах использовали свежесрезанные панты марала, полученные с маральника «ОС «Новоталицкое» Федерального Алтайского научного центра агrobiотехнологий (Алтайский край).

Эксперименты проводили в лаборатории переработки и сертификации пантовой продукции отдела «Всероссийский научно-исследовательский институт пантового оленеводства» Федерального Алтайского научного центра агrobiотехнологий. Сырье разделяли на кожу и основу панта, измельчали по отдельности и направляли на ультразвуковой ферментативный гидролиз. Минеральный жмых, оставшийся в результате обработки основы панта, гидролизаты из кожи и основы панта сушили с применением вакуумной установки с последующим измельчением.

Для осуществления гидролиза кожи и основы панта проводили ферментализацию в поле ультразвука при интенсивности ультразвуковых колебаний 37 Вт с применением ферментов Протозим, Протозим С, Протозим Н («Биопрепарат», Россия) при температуре до 50 °С, pH 7,0 в течение 360 мин с последующим высокотемпературным гидролизом жмыха с водой при гидромодуле 1:6 в автоклаве при температуре 125 °С, давлении 0,25 МПа. Выбор комплекса ферментов основан

на ранее проведенных исследованиях, которые показали высокую специфичность по отношению к белковым компонентам пантов марала, термоустойчивость и доступность приобретения.

Химический состав биосубстанций из пантов марала, в частности массовой доли белка, определяли по ГОСТ 25011-2017¹, массовой доли влаги – по ГОСТ 15113.4-2021², массовой доли жира – по ГОСТ 15113.9-77³, массовой доли золы – по ГОСТ 15113.8-77⁴.

Аминокислотный состав биосубстанций определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на оборудовании Shimadzu LC-20 Prominence (Shimadzu, Япония). Навески образцов гидролизировали 6 моль/л HCl в течение 18 ч при температуре 110±1 °С с дальнейшим преобразованием аминокислот в производные фенилизотиоцианата (PITC), идентификацию проводили диодно-матричным детектированием (SPD-20A) с длиной волны 254 нм.

Жирнокислотный состав определяли с помощью газожидкостного хромато-масс-спектрометра (Hewlett-Packard, США) по методике, изложенной в ГОСТ 31663-2012⁵.

Атомно-абсорбционный спектрофотометр Shimadzu AA-7000 (Shimadzu, Япония) использовался для оценки содержания калия, натрия, кальция, магния, фосфора, железа, марганца, меди, цинка, хрома, йода, селена.

Проведено исследование жирорастворимых и водорастворимых витаминов в биосубстанциях пантов. Определение проводили в соответствии с руководством Р 4.1.1672-03⁶. Для идентификации жирорастворимых витаминов применяли метод, основанный на щелочном гидролизе пробы биосубстанций и экстракции жирорастворимых витаминов диэтиловым эфиром, с упариванием полученного экстракта и переводом сухого остатка в растворитель для введения в ВЭЖХ колонку для хроматографического разделения и детектирования. Для водорастворимых витаминов применяли гидролиз с последующим разведением сухого остатка в воде и детектированием методом ВЭЖХ.

Молекулярно-массовое распределение пептидных фракций в составе биосубстанций из пантов марала определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на аппарате Phenomenex (Yarra ZuSEC-2000).

Статистическую обработку полученных данных проводили методом вариационной статистики с применением пакета прикладных программ Microsoft Office 2010.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В ходе научно-исследовательской работы проведен анализ химического состава различных биосубстанций из пантов марала. Полученные результаты представлены в табл. 1.

¹ ГОСТ 25011-2017. Мясо и мясные продукты. Методы определения белка. М.: Стандартинформ, 2018. 16 с.

² ГОСТ 15113.4-2021. Концентраты пищевые. Гравиметрические методы определения массовой доли влаги. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 15 с.

³ ГОСТ 15113.9-77. Концентраты пищевые. Методы определения жира. М., 1977. 9 с.

⁴ ГОСТ 15113.8-77. Концентраты пищевые. Методы определения золы. М., 1977. 3 с.

⁵ ГОСТ 31663-2012. Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот. М.: Стандартинформ, 2013. 11 с.

⁶ Р 4.1.1672-03. Руководство по методам контроля качества и безопасности биологически активных добавок к пище. М.: Минздрав России, 2004.

Каждая из биосубстанций на основе пантов марала характеризовалась определенным соотношением протеина, жира и золы. Из данных табл. 1 следует, что два вида пантовых биосубстанций содержат больше всего протеина (73,68–74,41%) – это биосубстанции из кожи и основы панта марала. Третья минеральная биосубстанция характеризовалась значительным количеством минеральных компонентов (84,17%), что опосредовано наличием костной ткани в составе панта. При фракционировании сырых пантов 78,8% зольных компонентов переходит в состав костно-минеральной субстанции, причем минеральные вещества в пантах представлены в виде гидроксипатитов [11], которые хорошо усваиваются в организме человека. Минимальное количество зольных компонентов (5,72%) отмечено в концентрате из кожи панта.

Массовая доля жира во всех биосубстанциях находится на низком уровне, максимальная концентрация 1,76% установлена в концентрате из кожи панта марала, тогда как в других фракциях установлено ее минимальное количество – от 0,30 до 0,60%.

На следующем этапе исследования проведено изучение аминокислотного состава в зависимости от вида биосубстанции. Полученные данные представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, в концентрате из основы панта общая сумма аминокислот была максимальной и составила 43,66 г/100 г, из них 25,85 г/100 г составляли заменимые аминокислоты и 17,81 г/100 г – незаменимые. В концентрате из кожи панта сумма аминокислот была на 6,3% ниже по сравнению с концентратом из основы панта и составила 40,90 г/100 г.

В составе биосубстанций из пантов марала обнаружены такие заменимые аминокислоты, как аспарагиновая кислота, аланин, глутаминовая кислота, пролин, глицин, серин, тирозин, цистин.

Во всех представленных биосубстанциях преобладающими являлись следующие аминокислоты: глицин, уровень которого составлял от 1,84 до 6,88 г/100 г в зависимости от вида биосубстанции, пролин с концентрацией от 1,10 до 6,05 г/100 г, глутаминовая кислота с концентрацией от 0,41 до 3,27 г/100 г и серин в количестве от 1,59 до 4,29 г/100 г.

Таблица 1. Химический состав биосубстанций из пантов марала

Table 1. Chemical composition of biosubstances from maral velvet antlers

Биосубстанции	Содержание, %			
	сухих веществ	протеина	минеральных веществ	жира
Концентрат из кожи панта	92,45±0,40	74,41±0,37	5,72±0,06	1,76±0,02
Концентрат из основы панта	96,07±0,42	73,68±0,41	8,78±0,08	0,60±0,01
Минеральная биосубстанция	92,23±0,51	8,53±0,05	84,17±0,95	0,30±0,01

Таблица 2. Аминокислотный состав биосубстанций из пантов марала

Table 2. Amino acid composition of biosubstances from maral velvet antlers

Показатель, г / 100 г	Концентрат из кожи панта	Концентрат из основы панта	Минеральная биосубстанция
Аспарагиновая кислота	1,31±0,002	1,29±0,001	0,54±0,001
Аланин	3,08±0,003	3,26±0,002	0,90±0,003
Глутаминовая кислота	3,27±0,001	3,17±0,005	0,41±0,002
Пролин	6,05±0,002	5,30±0,003	1,10±0,003
Глицин	6,88±0,003	5,93±0,004	1,84±0,003
Серин	2,07±0,001	4,29±0,003	1,59±0,002
Цистин	0,47±0,001	0,46±0,001	0,10±0,001
Тирозин	3,90±0,003	2,15±0,002	0,58±0,002
Сумма заменимых аминокислот	27,03	25,85	7,06
Метионин	0,69±0,002	0,81±0,003	0,41±0,002
Фенилаланин	1,66±0,003	2,22±0,002	0,41±0,001
Лизин	0,52±0,002	0,68±0,001	0,16±0,002
Треонин	2,19±0,004	2,21±0,004	0,18±0,001
Триптофан	1,31±0,002	1,17±0,002	0,36±0,001
Валин	1,15±0,003	1,88±0,003	0,31±0,001
Лейцин	1,78±0,001	2,52±0,001	0,67±0,001
Изолейцин	2,61±0,003	3,52±0,004	0,60±0,002
Аргинин	0,77±0,002	0,65±0,002	0,31±0,003
Гистидин	1,19±0,001	2,15±0,003	0,45±0,001
Сумма незаменимых аминокислот	13,87	17,81	3,86
Общая сумма аминокислот	40,90	43,66	10,92

Перечисленные аминокислоты имеют важное значение для организма человека: например, пролин (пирролидин- α -карбоновая кислота) способствует заживлению ран, укрепляет сухожилия, связки и суставы, увеличивает физическую работоспособность, укрепляет сердечную мышцу; глутаминовая кислота играет активную роль в обмене белка и в удалении из организма продуктов распада и является единственной аминокислотой, поддерживающей дыхание клеток головного мозга, поэтому глутаминовую аминокислоту и стволовые клетки применяют при лечении некоторых нервных и психических заболеваний [12]; серин, в свою очередь, является предшественником таких физиологически важных веществ, как этаноламин, триптофан, холин, играет важную роль в проявлении каталитической активности многих расщепляющих белки ферментов [13].

Среди незаменимых аминокислот в составе биосубстанций из пантов марала выявлены такие аминокислоты, как метионин, фенилаланин, лизин, треонин, валин, триптофан, лейцин, изолейцин, а также аргинин и гистидин (условно незаменимые аминокислоты). Превалирующими среди незаменимых аминокислот являлись изолейцин, присутствующий в количестве от 0,60 до 3,52 г/100 г, и фенилаланин, содержащийся в количестве от 0,41 до 2,22 г/100 г. Фенилаланин регулирует функцию щитовидной железы и надпочечников. Из него образуется гормон тироксин, а также аминокислота тирозин, из которой, в свою очередь, образуется адреналин.

Лизин является одной из наиболее важных незаменимых аминокислот ввиду высокой потребности организма и незначительного ее содержания в широко распространенных продуктах. Недостаток лизина в питании приводит к уменьшению числа эритроцитов и снижению гемоглобина, возникновению дистрофических изменений в мышцах, в печени и в легких, нарушению кальцификации костей.

В концентрате из пантов аминокислота лизин присутствовала в количестве 0,68 г/100 г, а в минеральной субстанции в следовых количествах – 0,16 г/100 г.

Определен коэффициент отношения суммы незаменимых аминокислот к заменимым, который составил для концентрата из кожи панта 0,51, для концентрата из основы панта 0,68, для минеральной биосубстанции 0,54.

Таким образом, согласно данным аминокислотного

состава, наиболее полноценным является концентрат из основы панта марала.

Проведено исследование минерального состава биосубстанций из пантов марала. Полученные данные представлены в табл. 3.

Судя по результатам табл. 3, минеральная субстанция состояла в основном из фосфора, концентрация которого составила 136000 мг/кг, что в 17 раз больше, чем в концентрате из основы панта, и в 25,6 раза больше, чем в концентрате из кожи панта. Отмечено доминирование минеральной биосубстанции и по содержанию кальция, так его уровень составил 5140 мг/кг. В концентрате из кожи панта содержалось 1923 мг/кг, что в 2,7 раза меньше в сравнении с минеральной субстанцией. Минимальное количество кальция отмечено в концентрате из основы панта, его значение составило 572,5 мг/кг. Такое значительное количество кальция в минеральной биосубстанции панта обусловлено технологическим процессом извлечения органических веществ в концентрат из основы панта, соответственно, минеральная биосубстанция представлена костью-хрящевой тканью.

Кроме того, минеральная биосубстанция отличалась высоким содержанием натрия. Уровень натрия был в 9 раз выше, чем в концентрате из кожи панта, и в 358,2 раза выше, чем в концентрате из основы панта.

Из числа микроэлементов в наибольшем количестве содержалось железо, при этом максимальный его уровень 1485 мг/кг отмечен в минеральной биосубстанции, остальные биосубстанции в своем составе содержали железо в следовых количествах.

Таким образом, по составу макро- и микроэлементов наиболее полноценной является минеральная биосубстанция, которая при определенном соотношении способна обеспечить организм кальцием, фосфором, магнием и железом. Костно-минеральную субстанцию можно рекомендовать в качестве источника фосфора.

На следующем этапе исследований проведено изучение витаминного состава биосубстанций из пантов марала. Полученные данные представлены в табл. 4.

Как видно из табл. 4, определение витаминов в биосубстанциях в основном не показало каких-либо значимых результатов. В концентратах из кожи и основы панта марала обнаружены витамины В₁, В₂, В₆. При этом содержание В₁, В₆ было выше в субстанции из

Таблица 3. Минеральный состав биосубстанций из пантов марала

Table 3. Mineral composition of biosubstances from maral velvet antlers

Показатель, мг/кг	Концентрат из кожи панта	Концентрат из основы панта	Минеральная биосубстанция
Калий	779,1 $\pm$ 7,71	5,26 $\pm$ 0,52	12,1 $\pm$ 0,32
Натрий	3281,0 $\pm$ 12,62	81,6 $\pm$ 2 $\pm$ 3,24	29230,0 $\pm$ 32,6
Кальций	1923,0 $\pm$ 10,35	572,5 $\pm$ 9,21	5140,0 $\pm$ 10,3
Магний	636,5 $\pm$ 5,73	45,54 $\pm$ 2,12	1673,0 $\pm$ 3,25
Железо	24,91 $\pm$ 1,10	1,01 $\pm$ 0,003	1485,0 $\pm$ 3,04
Марганец	1,08 $\pm$ 0,03	0,55 $\pm$ 0,001	2,28 $\pm$ 0,02
Медь	246,2 $\pm$ 2,13	<0,01	202,3 $\pm$ 2,34
Цинк	15,32 $\pm$ 1,12	<0,01	27,65 $\pm$ 1,37
Хром	1,11 $\pm$ 0,01	<0,01	14,03 $\pm$ 2,41
Йод	0,54 $\pm$ 0,002	0,51 $\pm$ 0,002	0,13 $\pm$ 0,001
Селен	0,19 $\pm$ 0,001	0,26 $\pm$ 0,001	0,07 $\pm$ 0,001
Фосфор	5300,0 $\pm$ 22,63	7650,0 $\pm$ 20,36	136000,0 $\pm$ 25,63

Таблица 4. Витаминный состав биосубстанций из пантов марала

Table 4. Vitamin composition of biosubstances from maral velvet antlers

Витамины	Концентрат из кожи панта	Концентрат из основы панта
B ₁ , мг / 100 г	0,015	0,038
B ₂ , мг / 100 г	0,075	0,082
B ₆ , мг / 100 г	0,022	0,105
A, мг/кг	–	–
E, мг/кг	–	–
Никотиновая кислота, мг/кг	–	–

основы и кожи панта в 2,5–4,7 раза соответственно. В минеральных субстанциях витамины были вне зоны определения ГОСТ 15113.8-77⁴.

На следующем этапе исследования проведено изучение жирнокислотного состава биосубстанций из пантов марала. Полученные данные представлены в табл. 5.

Известно, что в качестве показателя функционального назначения пищевых продуктов жир пищи выполняет две функции: неспецифическую как источник энергии и специфическую как источник эссенциальных жирных кислот, жирорастворимых витаминов, материал для биосинтеза и построения жировых тканей организма [14]. Соотношение жирных кислот является одним из показателей биологической

Таблица 5. Жирнокислотный состав биосубстанций из пантов марала

Table 5. Fatty acid composition of biosubstances from maral velvet antlers

Наименование жирной кислоты	Индекс жирной кислоты	Концентрат из кожи панта	Концентрат из основы панта
Капроновая	6:0	–	0,09
Каприловая	8:0	–	0,05
Каприновая	10:0	–	0,04
Лауриновая	12:0	0,41	0,09
Миристиновая	14:0	2,16	1,85
Изо-пентадекановая	15:0i	0,25	0,34
Антеизо-пентадекановая	15:0ai	2,07	1,15
Пентадекановая	15:0	1,79	1,23
Пентадеценовая	15:1	0,67	0,53
Пальмитиновая	16:0	19,81	24,67
Гексадеценовая	16:1	1,08	1,07
Пальмитолеиновая	16:1 9-цис	2,35	1,94
Маргариновая	17:0	1,40	0,78
Гептадеценовая	17:1	1,09	0,40
Стеариновая	18:0	13,69	17,83
Элаидиновая	18:1 9-транс	1,16	1,51
Олеиновая	18:1 9-цис	17,93	19,17
Вакценовая	18:1 11-транс	3,58	3,74
Октадеценовая	18:1 11-цис	–	0,23
Изо-октадекадиеновая		1,76	1,17
Транс, цис-линолевая	18:2 9-транс, 12-цис	0,72	0,36
Линолевая	18:2	9,14	7,59
γ-линоленовая	18:3 ω-6	0,25	0,11
α-линоленовая	18:3 ω-3	0,81	0,48
Арахидиновая	20:0	0,93	0,65
Гондоиновая	20:1	4,49	2,42
Эйкозодиеновая	20:2	–	0,34
Эйкозатриеновая n6	20:3 8,11,14-цис	0,71	0,44
Арахидоновая	20:4 n6	4,84	5,59
Эйкозапентаеновая	20:5	0,87	0,50
Бегеновая	22:0	0,77	0,60
Эруковая	22:1	1,07	0,49
Докозодиеновая	22:2	–	–
Докозатетраеновая	22:4	1,09	0,08
Докозапентаеновая	22:5	2,44	1,73
Докозагексаеновая	22:6	0,22	0,14
Лигноцериновая	24:0	0,32	0,29
Нервоновая	24:1	0,10	0,29
Массовая доля насыщенных жиров		56,21	49,59
Массовая доля ненасыщенных жирных кислот		6,74	47,55
Массовая доля полиненасыщенных жирных кислот		15,32	17,00
Массовая доля омега-3		32,49	3,29
Массовая доля омега-6		56,21	13,71
Массовая доля мононенасыщенных жирных кислот		6,74	30,55

и, соответственно, пищевой ценности жиров, а полиненасыщенные жирные кислоты служат индикатором липидного обмена. Наличие жирных кислот в пантовых продуктах обеспечивает в числе прочего иммуномодулирующий эффект [15].

Установлена достаточно высокая биологическая ценность жирнокислотного состава пантов марала (см. табл. 5). В биосубстанциях идентифицировано 38 жирных кислот. Наличие в составе жира пантов эссенциальных жирных кислот – линолевой и линоленовой – свидетельствует о биологической эффективности липидов.

Важнейшим показателем нутриентной адекватности как сырья, так и готовой продукции является жирнокислотная сбалансированность их липидной фракции.

В зависимости от вида биосубстанции отмечены различия в соотношении насыщенных жиров к ненасыщенным. Так, в концентрате из основы панта насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты находились практически в равном соотношении, при этом среди ненасыщенных жиров преобладали мононенасыщенные жирные кислоты, составляя 30,55% от массы жиров соответственно. Коэффициент соотношения ненасыщенных жирных кислот к насыщенным составил 0,96. По этому показателю концентрат из основы панта наиболее приближен к «идеальному липиду» (в «идеальном липиде» данный коэффициент составляет от 0,6 до 0,9) [16].

В концентрате из кожи панта доля ненасыщенных жирных кислот составила 6,74%, из них на полиненасыщенные приходилось 15,32, на мононенасыщенные – 6,74%. В преобладающем количестве отмечены жирные кислоты омега-6. Массовая доля насыщенных жиров в биосубстанции из крови и лимфы составила 56,21%. Коэффициент отношения ненасыщенных жирных кислот к насыщенным равнялся 0,12. В минеральной субстанции жирные кислоты отсутствовали.

Таким образом, по результатам оценки жирнокислотного состава биосубстанций из пантов марала можно заключить, что при схожем качественном составе жирных кислот субстанции значительно отличались по процентному соотношению насыщенных и ненасыщенных жиров. При этом концентрат из основы панта по соотношению компонентов был ближе к оптимальному.

На следующем этапе исследования проведено определение молекулярно-массового распределения пептидных фракций в составе биосубстанций из пантов марала.

Согласно мнению ряда авторов, пептиды обладают большей потенциальной ценностью и биологической активностью по сравнению с высокомолекулярными белками, могут влиять на комплекс кишечных соединений, иммунные реакции слизистых оболочек, воспаление и/или микробиоту кишечника [17].

Биоактивные пептиды, полученные из пищевых продуктов, имеют широкое применение, например, в специальной диете для людей с фенилкетонурией, пищевой аллергией и хронической печеночной недостаточностью [18], спортивном питании, гериатрическом питании, функциональных продуктах питания и нутрицевтиках [19].

Согласно литературным данным, важной характеристикой пептидов является их молекулярная масса и аминокислотный состав. Было высказано предположение, что антиоксидантные свойства пептидов

связаны с их размером и аминокислотным составом. Указанные свойства подтверждены работой авторов [20]. Существует мнение, что наиболее мощную активность проявляют пептидные фракции с размером молекулы менее 3 кДа. Согласно данным литературы, биологически активные пептиды обычно состоят из менее чем 20 аминокислотных остатков. Соответственно, биологически активные пептиды в основном имеют молекулярную массу менее 10 кДа [17].

По утверждению О.В. Королевой, от степени гидролиза зависит область целевого использования белкового гидролизованного продукта [21].

Т. Бич-Ларсен указывает на целесообразность использования гидролизатов, содержащих 15–20% свободных аминокислот, ди-, три- и олигопептиды с молекулярной массой до 3000 Да, в спортивном питании и медицине (для энтерального зондового питания) [22]. По мнению Х. Коронен, при снижении молекулярного веса пептидов ниже 2500–3000 Да достигается гипоаллергенность продукта [23].

В ходе нашего исследования определены различия в молекулярно-массовом распределении пептидных фракций в зависимости от вида биосубстанции (табл. 6).

Как видно из табл. 6, в концентрате из основы панта марала отмечено минимальное количество высокомолекулярной фракции пептидов – более 232 кДа, составляющее 0,9%. Основное количество пептидов находилось в среднем диапазоне молекулярных масс 22,7–11,7 кДа, но при этом отмечено высокое процентное содержание низкомолекулярных легкоусвояемых пептидов с массой 6,4–2,9 кДа и менее 2,9 кДа – по 18,5%, соответственно.

Таблица 6. Молекулярно-массовое распределение пептидных фракций в составе биосубстанций из пантов марала

Table 6. Molecular-weight distribution of peptide fractions in the composition of biosubstances from maral velvet antlers

Наименование биосубстанции	Диапазон молекулярных масс, кД	Процент содержания фракции по оптической плотности при 280 нм
Концентрат из кожи панта	>232	9,0
	232–56,5	9,9
	56,5–22,5	7,8
	22,5–11,7	7,9
	11,7–6,4	10,6
	6,4–2,9	20,9
Концентрат из основы панта	<2,9	33,8
	>232	0,9
	232–56,5	6,7
	56,5–22,5	15,7
	22,5–11,7	27,5
	11,7–6,4	12,2
Минеральная биосубстанция	6,4–2,9	18,5
	<2,9	18,5
	>232	–
	232–56,5	–
	56,5–22,5	–
	22,5–11,7	–
	11,7–6,4	–
	6,4–2,9	–
	<2,9	–

Концентрат из кожи панта характеризовался содержанием пептидов низких молекулярных масс 6,4–2,9 и менее 2,9 кДа – на долю этих низкомолекулярных фракций приходится 54,7%. Минеральная субстанция не содержит пептидов.

Таким образом, согласно проведенному исследованию, степень гидролиза была выше в концентрате из кожи панта марала, о чем свидетельствует наличие большего количества пептидов низкой молекулярной массы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применяемые биотехнологические способы гидролиза пантового сырья позволили получить два вида биосубстанций – протеиновую и минеральную. Технология переработки кожи и основы панта эффективна по степени извлечения аминокислот и низкомо-

лекулярных пептидов и позволяет получить фракции с молекулярной массой в концентратах менее 6,5 кДа в количестве 54,7% от массы. Концентраты из кожи и основы панта характеризуются пептидами с аминокислотным составом, представленным незаменимыми и ценными заменимыми аминокислотами с высокой биологической активностью (аспарагиновая и глутаминовая кислоты, глицин, аланин, лизин, валин). Биосубстанции рекомендуются для дальнейшего применения в составе продуктов с обогащением по белку.

Минеральная биосубстанция представлена макро- и микроэлементами, максимальным по содержанию из которых является фосфор, ввиду чего данную биосубстанцию можно применять в качестве источника этого элемента при разработке рецептуры пищевых продуктов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Далисова Н.А., Рожкова А.В., Степанова Э.В. Экспорт продукции мараловодства и пантового оленеводства сибирских регионов // Социально-экономический и гуманитарный журнал Красноярского ГАУ. 2019. N 1. С. 35–45. EDN: YZSAMX.
2. Гришаева И.Н. Получение водного пантового экстракта // Научное обеспечение животноводства Сибири: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (г. Красноярск, 14–15 мая 2020 г.). Красноярск: изд-во КрасНИИЖ, 2020. С. 486–489. EDN: PKVANH.
3. Белозерских И.С. Совершенствование метода производства биосубстанций из субпродуктов марала // Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Горно-Алтайского государственного университета (г. Горно-Алтайск, 6–8 июня 2019 г.). Горно-Алтайск: Изд-во ГАГУ, 2019. С. 425–428. EDN: USFNIX.
4. Cao T., An H., Ma R., Dai K., Ji H., Liu A., et al. Structural characteristics of a low molecular weight velvet antler protein and the anti-tumor activity on S180 tumor-bearing mice // Bioorganic Chemistry. 2023. Vol. 131. P. 106304. DOI: 10.1016/j.bioorg.2022.106304.
5. Wang T., Luo E., Zhou Z., Yang J., Wang J., Zhong J., et al. Lyophilized powder of velvet antler blood improves osteoporosis in OVX-induced mouse model and regulates proliferation and differentiation of primary osteoblasts via Wnt/ β -catenin pathway // Journal of Functional Foods. 2023. Vol. 102. P. 105439. DOI: 10.1016/j.jff.2023.105439.
6. Li C. Deer antlers: traditional Chinese medicine use and recent pharmaceuticals // Animal Production Science. 2020. Vol. 60. P. 1233–1237. DOI: 10.1071/AN19168.
7. Пермьякова Л.В., Помозова В.А., Павлов А.А., Хорунжина С.И. Применение новых видов пищевых подкормок для дрожжей в производстве пива // Техника и технология пищевых производств. 2013. N 2. С. 46–52. EDN: QANQPI.
8. Шелепов В.Г., Кайзер А.А., Кашина Г.В. Биологически активная пищевая добавка из пантовой муки // Пищевая промышленность. 2008. N 8. С. 36–37.
9. Шабанов И.Е. Технология комплексной глубокой переработки сырья биологического происхождения на основе многостадийного фракционирования // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2012. N 2. С. 43–47. EDN: PIIQXJ.
10. Кротова М.Г., Луницын В.Г. Эффективность использования ферментов микробного происхождения при переработке сырья маралов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. Т. 47. N 5. С. 97–103. DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-12. EDN: TLOWWE.
11. Nowicka W., Machoy Z., Gutowska I., Noceń I., Piotrowska S., Chlubek D. Contents of calcium, magnesium, and phosphorus in antlers and cranial bones of the European Red Deer (*Cervus Elaphus*) from different regions in Western Poland // Polish Journal of Environmental Studies. 2006. Vol. 15, no. 2. P. 297–301.
12. Rong X., Chu W., Zhang H., Wang Y., Qi X., Zhang G., et al. Antler stem cell-conditioned medium stimulates regenerative wound healing in rats // Stem Cell Research & Therapy. 2019. Vol. 10. P. 326. DOI: 10.1186/s13287-019-1457-9.
13. Owens S.L., Ahmed S.R., Lang Harman R.M., Stewart L.E., Mori S. Natural products that contain higher homologated amino acids // ChemBioChem. 2024. Vol. 25, no. 9. P. e202300822. DOI: 10.1002/cbic.202300822.
14. Субботина М.А. Физиологические аспекты использования жиров в питании // Техника и технология пищевых производств. 2009. N 4. С. 54–57. EDN: KYYQOV.
15. Yoo J., Lee J., Zhang M., Mun D., Kang M., Yun B., Yong-An K., et al. Enhanced γ -aminobutyric acid and sialic acid in fermented deer antler velvet and immune promoting effects // Journal of Animal Science and Technology. 2022. Vol. 64, no. 1. P. 166–182. DOI: 10.5187/jast.2021.e132.
16. Донскова Л.А., Беляев Н.М., Лейберова Н.В. Жирнокислотный состав липидов как показатель функционального назначения продуктов из мяса птицы: теоретические и практические аспекты // Индустрия питания. 2018. Т. 3. N 1. С. 4–10. DOI: 10.29141/2500-1922-2018-6-1-1. EDN: LBLIAX.
17. Bao X., Wu J. Impact of food-derived bioactive peptides on gut function and health // Food Research International. 2021. Vol. 147. P. 110485. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110485.
18. Clemente A. Enzymatic protein hydrolysates in human nutrition // Trends in Food Science & Technology. 2000. Vol. 11, no. 7. P. 254–262. DOI: 10.1016/S0924-2244(01)00007-3.
19. Li-Chan E.C. Bioactive peptides and protein hydrolysates: research trends and challenges for application

as nutraceuticals and functional food ingredients // *Current Opinion in Food Science*. 2015. Vol. 1. P. 28–37. DOI: 10.1016/j.cofs.2014.09.005.

20. Chen X., Xia P., Zheng S., Li Y., Fang J., Ma Z., et al. Antioxidant peptides from the collagen of antler ossified tissue and their protective effects against H₂O₂-induced oxidative damage toward HaCaT cells // *Molecules*. 2023. Vol. 28, no. 19. P. 6887. DOI: 10.3390/molecules28196887.

21. Королёва О.В., Агаркова Е.Ю., Ботина С.Г., Николаев И.В., Пономарёва Н.В., Мельникова Е.И. [и др.]. Перспективы использования гидролизатов сывороточных белков в технологии кисломолочных

продуктов // *Молочная промышленность*. 2013. N 7. С. 66–68. EDN: QJCRCX.

22. Beach-Larsen T., Scholderer J. Functional food in Europe: consumer research, market experiences and regulatory aspects // *Trends in Food Science & Technology*. 2007. Vol. 18, no. 4. P. 231–234. DOI: 10.1016/j.tifs.2006.12.006.

23. Korhonen H., Pihlanto A. Bioactive peptides: production and functionality // *International Dairy Journal*. 2006. Vol. 16, no. 9. P. 945–960. DOI: 10.1016/j.idairyj.2005.10.012.

REFERENCES

1. Dalisova N.A., Rozhkova A.V., Stepanova E.V. The export of production of maraland deer punts breeding of Siberian regions. *The Social and economic and humanitarian magazine*. 2019;1:35-45. (In Russian). EDN: YZSAMX.

2. Grishaeva I.N. Obtaining an aqueous antler extract. In: *Nauchnoe obespechenie zhivotnovodstva Sibiri: materialy IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. = Scientific support of animal husbandry of Siberia: Proc. 4th Int. Sci. and Pract. Conf.* 14–15 May 2020, Krasnoyarsk. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk Scientific-Research Institute of Animal Husbandry; 2020, p. 486-489. (In Russian). EDN: PKVAHR.

3. Belozerskikh I.S. Improvement of the method of manufacture of biosubstances from sub products of maral. In: *Aktual'nye problemy sel'skogo khozyaistva gornyykh territorii: materialy VII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 70-letiyu Gorno-Altayskogo gosudarstvennogo universiteta = Actual problems of agriculture in mountainous territories: Proc. 7th Int. Sci. Pract. Conf. dedicated to the 70th anniversary of the Gorno-Altai State University*. 6–8 July 2019, Gorno-Altaysk. Gorno-Altaysk: Gorno-Altaysk State University; 2019, p. 425-428. (In Russian). EDN: USFNIX.

4. Cao T., An H., Ma R., Dai K., Ji H., Liu A., et al. Structural characteristics of a low molecular weight velvet antler protein and the anti-tumor activity on S180 tumor-bearing mice. *Bioorganic Chemistry*. 2023;131:106304. DOI: 10.1016/j.bioorg.2022.106304.

5. Wang T., Luo E., Zhou Z., Yang J., Wang J., Zhong J., et al. Lyophilized powder of velvet antler blood improves osteoporosis in OVX-induced mouse model and regulates proliferation and differentiation of primary osteoblasts via Wnt/ β -catenin pathway. *Journal of Functional Foods*. 2023;102:105439. DOI: 10.1016/j.jff.2023.105439.

6. Li C. Deer antlers: traditional Chinese medicine use and recent pharmaceuticals. *Animal Production Science*. 2020;60:1233-1237. DOI: 10.1071/AN19168.

7. Permyakova L.V., Pomozova V.A., Pavlov A.A., Khorounjina S.I. Application of new types of food supplements for yeast in beer production. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2013;2:46-52. (In Russian). EDN: QANQPJ.

8. Shelepov V.G., Kayzer A.A., Kashina G.V. Biologically active additive from pant flour. *Food processing Industry*. 2008;8:36-37. (In Russian).

9. Shabanov I.E. Technology complex deep processing of raw materials of biological origin on the basis of a multistage fractionation. *Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies*. 2012;2:43-47. (In Russian). EDN: PIIQXJ.

10. Krotova M.G., Lunitsyn V.G. Effectiveness of using enzymes of microbial origin in maral raw stuff processing. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2017;47(5):97-103. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2017-5-12. EDN: TLOWWE.

11. Nowicka W., Machoy Z., Gutowska I., Nocer I., Piotrowska S., Chlubek D. Contents of calcium, magnesium, and phosphorus in antlers and cranial bones of the European Red Deer (*Cervus Elaphus*) from different regions in Western Poland. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2006 15(2):297-301.

12. Rong X., Chu W., Zhang H., Wang Y., Qi X., Zhang G., et al. Antler stem cell-conditioned medium stimulates regenerative wound healing in rats. *Stem Cell Research & Therapy*. 2019;10:326. DOI: 10.1186/s13287-019-1457-9.

13. Owens S.L., Ahmed S.R., Lang Harman R.M., Stewart L.E., Mori S. Natural products that contain higher homologated amino acids. *ChemBioChem*. 2024;25(9):e202300822. DOI: 10.1002/cbic.202300822.

14. Subbotina M.A. Physiological aspects of the use of fats in the nourishment. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2009;4:54-57. (In Russian). EDN: KYQOV.

15. Yoo J., Lee J., Zhang M., Mun D., Kang M., Yun B., Yong-An K., et al. Enhanced γ -aminobutyric acid and sialic acid in fermented deer antler velvet and immune promoting effects. *Journal of Animal Science and Technology*. 2022;64(1):166-182. DOI: 10.5187/jast.2021.e132.

16. Donskova L.A., Belyaev N.M., Leiberova N.V. Fatty-acid composition of lipids as functional purpose indicator of poultry meat products from: theoretical and practical aspects. *Food Industry*. 2018;3(1):4-10. (In Russian). DOI: 10.29141/2500-1922-2018-6-1-1. EDN: LBLIAX.

17. Bao X., Wu J. Impact of food-derived bioactive peptides on gut function and health. *Food Research International*. 2021;147:110485. DOI: 10.1016/j.foodres.2021.110485.

18. Clemente A. Enzymatic protein hydrolysates in human nutrition. *Trends in Food Science & Technology*. 2000;11(7):254-262. DOI: 10.1016/S0924-2244(01)00007-3.

19. Li-Chan E.C. Bioactive peptides and protein hydrolysates: research trends and challenges for application as nutraceuticals and functional food ingredients. *Current Opinion in Food Science*. 2015;1:28-37. DOI: 10.1016/j.cofs.2014.09.005.

20. Chen X., Xia P., Zheng S., Li Y., Fang J., Ma Z., et al. Antioxidant peptides from the collagen of antler ossified tissue and their protective effects against H₂O₂-induced oxidative damage toward HaCaT cells. *Molecules*. 2023;28(19):6887. DOI: 10.3390/molecules28196887.