

УДК 664.951:[577.19:639.55]

**А.И. Чепкасова, Т.Н. Слущкая, Ю.Н. Кузнецов\***

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,  
690091, г. Владивосток, пер. Шевченко, 4

### **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ ИЗ ТРЕПАНГА (*APOSTICHOPUS JAPONICUS*)**

Биологически активную добавку получали, используя в качестве сырья трепанг *Apostichopus japonicus*, отличающийся наличием разнообразных биологически активных веществ. Одним из традиционных для Дальнего Востока способов использования трепанга в качестве лечебно-профилактического средства является настаивание его на меду; этот продукт явился исходным материалом для последующей технологической обработки. Для получения продукта использовали камедь ксантановую, камедь рожкового дерева, а также их сочетания и пектин яблочный в разных концентрациях. Обоснование выбора и количества структурообразователей производили по показателям вязкости и органолептической оценке смеси меда и трепанга. На основании балльной оценки различных вариантов смесей меда и трепанга установлено, что рациональным является показатель вязкости от 3,0 до 4,5 Па·с, при которой продукт имеет однородную и устойчивую при длительном хранении консистенцию. Нагревание продукта до 70 °С приводит к значительному увеличению вязкости по сравнению с контролем, что можно объяснить потерей воды мышечной тканью трепанга при нагревании, которая связывается со структурообразователем. Показано, что использование ксантановой камеди в количестве 1 % и температурная обработка приводят к увеличению вязкости в 4 раза по сравнению с контрольным образцом. Предложена последовательность технологических приемов, обеспечивающих получение стабильной по структуре и составу биологически активной добавки «Трепанг на меду», а также установлено, что в суточной дозировке БАД содержание глюкозамина составляет 0,3 %, а гликозидов — 0,1 %.

**Ключевые слова:** трепанг, ксантановая камедь, камедь рожкового дерева, структурообразователь, вязкость, биологически активные вещества, глюкозамин, тритерпеновые гликозиды.

DOI: 10.26428/1606-9919-2017-190-222-230.

**Chepkasova A.I., Slutskaya T.N., Kuznetsov Yu.N.** Substantiation of technology for producing of biologically active supplement from sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) // Izv. TINRO. — 2017. — Vol. 190. — P. 222–230.

Sea cucumber *Apostichopus japonicas* is distinguished by high diversity of biologically active substances. Their extraction by honey is one of traditional ways of the sea cucumber using as a therapeutic and prophylactic agent. Mixture of xanthan gum and locust bean gum

---

\* Чепкасова Анна Ивановна, кандидат технических наук, научный сотрудник, e-mail: [anna.chepkasova@mail.ru](mailto:anna.chepkasova@mail.ru); Слущкая Татьяна Ноевна, доктор технических наук, профессор, заведующая отделом, e-mail: [tinro@tinro.ru](mailto:tinro@tinro.ru); Кузнецов Юрий Николаевич, кандидат технических наук, заведующий отделом, e-mail: [yuriy.kuznetsov@tinro-center.ru](mailto:yuriy.kuznetsov@tinro-center.ru).

Chepkasova Anna I., Ph.D., researcher, e-mail: [anna.chepkasova@mail.ru](mailto:anna.chepkasova@mail.ru); Slutskaya Tatiana N., D.Sc., professor, head of department, e-mail: [tinro@tinro.ru](mailto:tinro@tinro.ru); Kuznetsov Yuriy N., Ph.D., head of department, e-mail: [yuriy.kuznetsov@tinro-center.ru](mailto:yuriy.kuznetsov@tinro-center.ru).

with apple pectin in different concentrations is used as the honey solvent. Organoleptic properties and viscosity of the compound of sea cucumber mixed with this honey solvent in different proportions are evaluated and their ratio providing uniform and stable consistency with viscosity 3.0–4.5 Pa·s during long-term storage is chosen as the optimal one. The product heating to 70 °C causes a significant increase in viscosity that can be explained by loss of water from muscular tissue of the sea cucumber and its binding with the structure-forming agent. The heating of the compound with 1 % of xanthan gum causes the viscosity increasing in 4 times as compared with the control sample. The sequence of technological methods for producing the biologically active supplement «Trepang on honey» with stable structure and composition is proposed. The supplement contains 0.3 % of glucosamine and 0.1 % of glycosides. Daily dosage of this supplement is determined.

**Key words:** see cucumber, xanthan gum, locust bean gum, structure-forming agent, viscosity, biologically active substance, glucosamine, triterpene glycosides.

## Введение

Дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus* отличается наличием разнообразных биологически активных веществ: аминокислот, коллагена, минеральных компонентов, проявляющих биологическое действие широкого спектра.

Особенностью трепанга является присутствие в его тканях тритерпеновых гликозидов в количестве  $2,4 \pm 0,2$  мг/г сырой ткани (Аюшин и др., 2014), которые состоят из агликона (гемина) тритерпеновой природы и присоединённых к нему с помощью гликозидной связи углеводных остатков (Еляков, Оводов, 1972). Тритерпеновые гликозиды голотурий обладают антигрибковой, противоопухолевой, гемолитической, цитотоксической, иммуномодулирующей и другими активностями (Анисимов, Чирва, 1980; Еляков, Стоник, 1986; Гришин и др., 1990; Kalinin et al., 1992, 2000; Калинин и др., 1994; Stonik et al., 1999), а также способны оказывать гипохолестеринемическое действие (Morgan et al., 1972; Nakaue et al., 1980; Sidhu, Oakenfull, 1986). В основе широкого спектра биологической активности тритерпеновых гликозидов голотурий лежит способность модифицировать структурную организацию клеточных мембран. Большинство из этих соединений проявляют цитотоксическую активность, т.е. способность вызывать нарушения в функционировании клеток, а также сильное гемолитическое действие (Nigrelli, Zahl, 1952; Yamanouchi, 1955; Nigrelli, Jakowska, 1960; Seeman, 1967; Assa et al., 1973). Одним из важных свойств тритерпеновых гликозидов является замедление роста злокачественных опухолей (Ogushi et al., 2005; Попов, 2006; Bordbar et al., 2011).

Другим важным компонентом ткани трепанга являются аминокислота, общее количество которых (0,11–0,12 % от сырого вещества) на порядок превышает их содержание в мясе рыб, а содержание гексозаминов в составе коллагенов голотурий в 1,5–2,0 раза превосходит их содержание в коллагенах рыб и теплокровных животных (Слущкая, Леванидов, 1977). Эти вещества обладают широким спектром биологической активности (Mugon et al., 2014): в частности, являются ингибиторами некоторых вирусов гриппа, оказывают защитное действие при экспериментальном сепсисе и влияют на содержание сахара в крови (Sanders, Smith, 1970). Профилактическое введение препаратов гексозаминов благоприятно влияет на течение лучевой болезни (Шитикова, 1965).

Вышесказанное является основанием для использования трепанга для получения БАД или пищевых продуктов функционального назначения.

В большинстве разработанных технологий получения пищевых продуктов из трепанга применяется гидротермическая обработка (Пат. Ru 2528701 C1; Пат. Ru 2532052 C1; Пат. Ru 2012118072 A), в результате проведения которой происходят заметное уплотнение тканей трепанга и переход части биологически активных веществ в варочные воды (Слущкая, 1975; Ким и др., 2013). В случае использования меда при производстве пищевого продукта наблюдается расслоение на жидкую фракцию меда и ткань трепанга (Пат. Ru 252869 C1; Пат. Ru 2448477 C1). Такая продукция не является стандартизированной по содержанию биологически активных веществ.

Учитывая недостатки известных на сегодняшний день технологий целесообразна разработка приемов, обеспечивающих высокое и стабильное содержание активных веществ; исключение потерь ценных биологически активных веществ трепанга; применение обоснованного выбора структурообразующей добавки для создания определенных свойств продукта при минимальной концентрации и длительном сроке хранения.

Целью исследования являлась разработка технологии биологически активной добавки на основе сырой мышечной ткани трепанга с применением вкусообразующих и структурообразующих компонентов.

### Материалы и методы

В качестве объекта исследований был использован дальневосточный трепанг *A. japonicus* искусственного разведения. Средняя масса особей составляла 116,2 г, средняя длина — 14,94 см, выход мышечной ткани — в среднем 60 %.

Определение общего содержания белкового азота проводили по методу Кьельдаля (Лазаревский, 1955) с использованием автоматического анализатора Kjeltec 2300 («Foss», Швеция).

Определение содержания воды проводили прогреванием навески пробы при 105 °С до постоянного веса, определение вязкости — на реолографе Rheograph Sol-535 (Toyo Seki Ltd.).

Количество тритерпеновых гликозидов определяли спектрофотометрически, по методу Аминина (Аминин и др., 1981), содержание глюкозаминов — по методу Элсон-Морган (Elson, Morgan, 1933).

Статистическая обработка результатов включала определение средних значений величин и стандартной средней ошибки. Достоверный интервал различий между средними величинами оценивали с помощью критерия Стьюдента (Урбах, 1963). Все цифровые величины, используемые для построения таблиц, являются среднеарифметическими ( $\bar{x}$ ), включая стандартную ошибку среднего значения ( $\sigma_{\bar{x}}$ ), полученными после проведения 3–5 параллельных определений.

### Результаты и их обсуждение

Для получения продукта с желеобразной структурой использовали структурообразователи (гидроколлоиды), которые представляют собой растворимые в воде или набухающие в ней полимеры моносахаридов и пектины — полисахариды, образованные остатками, главным образом, галактуроновой кислоты (Кириянова, Корецкая, 2009). Обоснование выбора и количества структурообразователя производили по показателям вязкости и органолептической оценке смеси меда и трепанга. Как видно на рис. 1, использование ксантановой камеди и камеди рожкового дерева (в концентрации 0,1 %) отдельно и в сочетании приводит практически к идентичным результатам, вязкость при этом составляет от 1,09 до 1,14 Па•с, что незначительно отличается от контроля. Увеличение концентрации камеди рожкового дерева до 0,3 % практически не влияет на вязкость смеси трепанга и меда. Увеличение количества камеди рожкового дерева до 1,0 % приводит к увеличению вязкости на 30 % по сравнению с контролем. При использовании ксантановой камеди наблюдается более значительное увеличение вязкости смеси трепанга и меда — на 30 % при использовании камеди в концентрации 0,3 % и на 75 % при использовании 1,0 %-ной камеди.

Из литературных данных известно, что при использовании ксантановой камеди в смеси с другими камедями эффект загущения выше, чем для каждого загустителя в отдельности (Рябуха и др., 2010). Нами установлено, что использование смесей ксантановой камеди и рожкового дерева (1 : 1) в качестве загустителя для продукта, содержащего мед и трепанг, приводит к такому же увеличению вязкости продукта, как и использование одной ксантановой камеди (рис. 1). Причем практически одинаковые результаты получены при использовании смесей камедей (1 : 1) и ксантановой камеди, поэтому использование смесей камедей нецелесообразно для получения данного продукта.

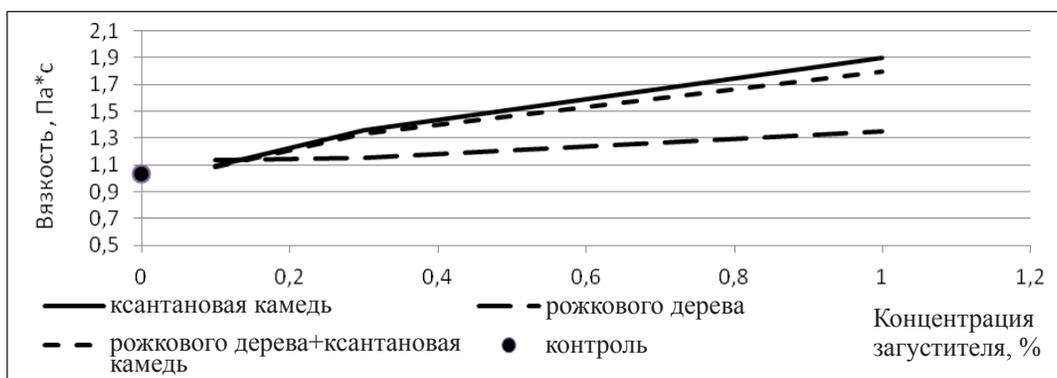


Рис. 1. Влияние различных концентраций загустителей — камеди ксантановой, рожкового дерева и их сочетания — на вязкость смеси трепанга и меда

Fig. 1. Influence of various concentrations of thickeners: xanthan gum, carob and their combination on viscosity of the compound of sea cucumber and honey

Известно, что увеличение вязкости растворов в зависимости от концентрации камеди носит нелинейный характер: вязкость значительно возрастает при увеличении концентрации камеди. Так, вязкость 1,0 %-ного раствора ксантановой камеди более чем в 3 раза выше вязкости 0,3 %-ного раствора, а вязкость раствора камеди рожкового дерева — почти в 2 раза (Рябуха и др., 2010). Однако для смеси трепанга и меда аналогичное увеличение вязкости не было обнаружено; это связано с тем, что при увеличении концентрации камеди до 1 % в системе трепанг–мед не имеется достаточного количества воды, которая необходима для гидратации молекул, обеспечивающей формирование трехмерной структуры полимера.

С целью улучшения органолептического восприятия продукта в последующих экспериментах применяли ксантановую камедь в концентрации 1,0 % с использованием различных вкусо-ароматических добавок. Установлено, что это существенно не влияет на вязкость (рис. 2) и перспективно при дальнейшем совершенствовании технологии.

Было отмечено, что при экспозиции смеси трепанга и меда вязкость нарастает и далее сохраняет стабильность в течение длительного времени. Установлено, что при экспозиции вязкость постепенно нарастает в течение нескольких суток и далее стабилизируется до достижения максимально возможных для данного образца значений; длительность выдерживания в 7 сут позволяет определить время стабилизации вязкости структуры на максимальном уровне (рис. 3).

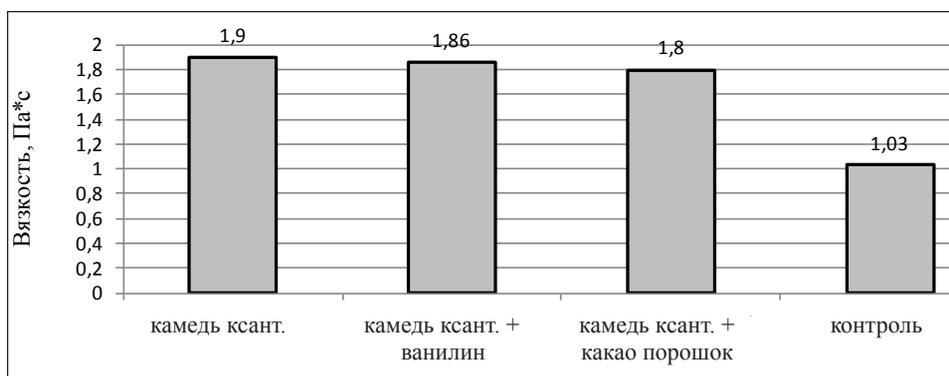


Рис. 2. Влияние различных добавок на вязкость и ее изменение в процессе выдерживания смеси трепанга и меда с 1 %-ной ксантановой камедью

Fig. 2. Effect of various additives on viscosity of the compound of sea cucumber and honey with 1 % xanthan gum and its change in the process of aging

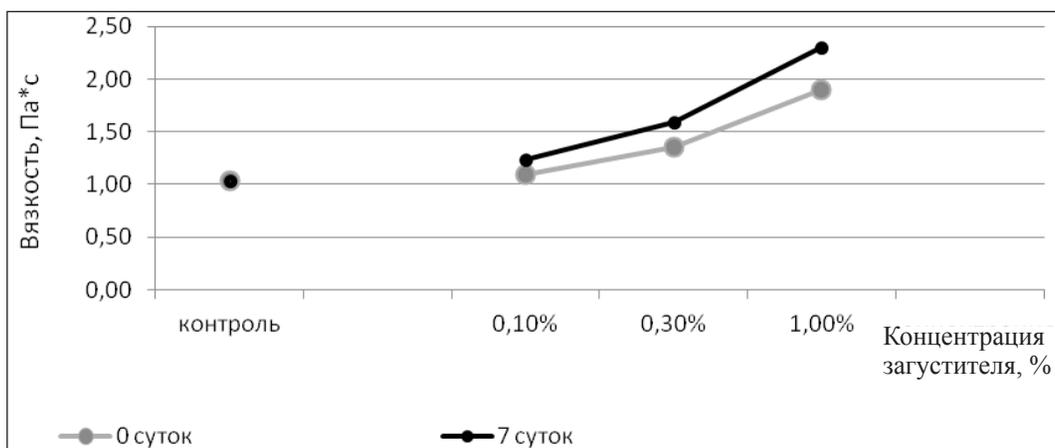


Рис. 3. Влияние различных концентраций ксантановой камеди на вязкость смеси трепанга и меда при выдерживании

Fig. 3. Influence of various concentrations of xanthan gum on viscosity of the compound of sea cucumber and honey during aging

Известный факт, что при термической обработке трепанга его ткани теряют воду, позволил предположить, что при нагревании смеси трепанга и меда дополнительная вода, выделившаяся из трепанга, свяжется со структурообразователем, что будет способствовать увеличению вязкости продукта без дальнейшего увеличения количества вносимой камеди. Показано, что нагревание трепанга до температуры не выше 70–75 °С позволяет добиться выделения воды из ткани трепанга, что приводит к увеличению вязкости смеси трепанга и меда. При этом нагревание до 70–75 °С еще не приводит к процессу денатурации белков мышечной ткани (Слущкая, 1976), кроме того, такая температура соответствует температуре пастеризации, что позволяет увеличить срок хранения продукции. Поэтому использование в качестве технологического приема обработки пастеризации значительно повлияло на величину вязкости смеси трепанга и меда с 1 %-ной ксантановой камедью (рис. 4).

Показано, что нагревание продукта до 70 °С приводит к значительному увеличению вязкости по сравнению с контролем — до 2,65 Па·с. Данный факт можно объяснить тем, что при нагревании смеси трепанг теряет воду, которая связывается со структурообразователем. В процессе выдерживания пастеризованного образца смеси трепанга с медом и 1 %-ной ксантановой камедью его вязкость возросла в 1,5 раза по сравнению с начальной и достигла 4,01 Па·с. Таким образом, использование 1 %-ной

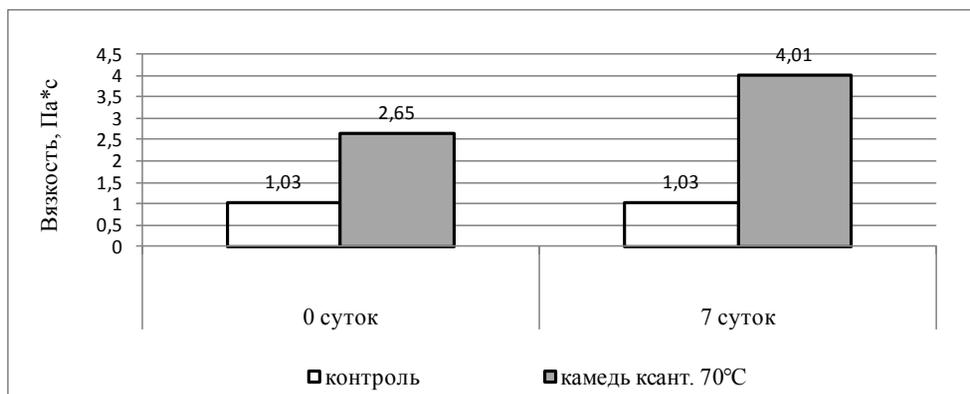


Рис. 4. Влияние пастеризации на вязкость и ее изменение в процессе выдерживания смеси трепанга и меда с 1 %-ной ксантановой камедью

Fig. 4. Influence of pasteurization on viscosity of the compound of sea cucumber and honey with 1 % xanthan gum and its change in the process of aging

ксантановой камеди и температурная обработка при 70 °С приводят к наиболее существенному увеличению вязкости — в 4 раза по сравнению с контрольным образцом.

Известно, что температура сваривания белков мышечной ткани трепанга лежит в пределах 75–80 °С (Слущкая, 1976), поэтому использование более высокой температуры при пастеризации приводит к коагуляции белка мышечной ткани трепанга, выделению из него чрезмерного количества влаги, как следствие, вместо формирования желеобразной структуры происходит расслоение готового продукта, т.е. ухудшаются его органолептические свойства.

В пищевой промышленности в качестве структурообразователей (гелеобразователей) и загустителей используются пектины (пищевая добавка Е440). Пектин может быть использован в составе смеси с сахаром (т.н. «желирующий сахар»). Пектины, способные к желированию при высоком содержании сухих веществ в среде (например, при высоком содержании сахара), образуют равномерно распределенную трехмерную сеть, связывая большое количество воды.

При использовании в качестве загустителя яблочного пектина вязкость продукта значительно увеличивается по сравнению с контролем и при выдерживании возрастает почти в 2,0 раза. Однако, как показали исследования, при дальнейшей обработке, в частности пастеризации (нагревании до 70 °С), вязкость продукта существенно снижается и не восстанавливается даже при выдерживании (рис. 5).

Таким образом, при использовании пектина не достигается поставленная цель — получение продукта с заданными параметрами вязкости, сохраняющимися при применении операций, направленных на продление сроков хранения готового продукта (пастеризации).

Смесь трепанга и меда является сложной двухфазной системой, при этом для получения готового продукта с хорошими органолептическими характеристиками она должна иметь пластичную и стабильную при хранении вязкую желеобразную структуру. Для раствора ксантана характерны высокие значения вязкости и псевдопластичности. Благодаря этим свойствам при его применении формируется хорошая структура, происходит долгосрочная стабилизация продуктов и удлиняются сроки их хранения. Способность ксантановой камеди к долговременной стабилизации растворов, т.е. к удерживанию частиц в суспензии, важна при использовании этого вещества в продуктах с длительными сроками хранения для предотвращения образования осадка или расслоения.

Для характеристики готового продукта был использован органолептический метод контроля качества и проведена оценка структуры и консистенции различных

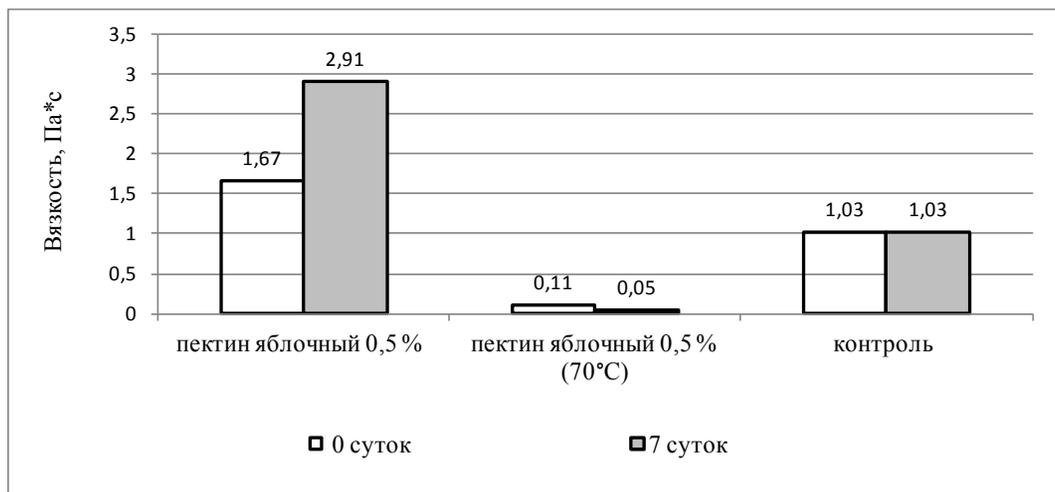


Рис. 5. Влияние использования яблочного пектина и пастеризации на вязкость и ее изменение в процессе выдерживания смеси трепанга и меда

Fig. 5. Effects of apple pectin and pasteurization on viscosity of the compound of sea cucumber and honey and its change in the process of aging

вариантов смесей трепанга и меда для определения приемлемых показателей вязкости (см. таблицу).

Органолептическая оценка консистенции смеси трепанга и меда, балл  
Organoleptic evaluation of consistency for the compound of sea cucumber and honey, score

Характеристика консистенции	Оценка
Жидкая расслаивающаяся	2
Вязкая неустойчивая	3
Вязкая устойчивая	4
Вязкая устойчивая при хранении	5
Плотная	3
Излишне плотная	2

С учетом балльной оценки различных вариантов смесей меда и трепанга установлено, что для смеси трепанга и меда оптимальным является показатель вязкости от 3,0 до 4,5 Па·с (рис. 6). Такой продукт имеет однородную устойчивую при длительном хранении консистенцию.

На основании полученных данных можно сделать заключение, что в качестве загустителя предпочтительно использование 1 %-ной ксантановой камеди и пастеризации смеси трепанга и меда. В результате предложена последовательность технологических приемов, обеспечивающих получение стабильной по структуре и составу биологически активной добавки «Трепанг на меду».

В качестве сырья для производства БАД «Трепанг на меду» возможно использование мороженого трепанга или сырца. Трепанг очищают, измельчают, смешивают с медом (мёда 45–50 % и трепанга 50–55 %) и настаивают в течение 14–30 сут. Настаивание проводят до образования продукта с однородной консистенцией с кусочками трепанга, равномерно распределенными в объеме, время настаивания зависит от характеристик исходного сырья и температуры настаивания. После настаивания в продукт вносят консерванты и структурообразователь. Далее продукт пастеризуют в течение 10–15 мин при температуре  $70 \pm 2$  °С при постоянном перемешивании и фасуют методом горячего розлива при температуре 60–70 °С.

Вязкость готового продукта составляет от 3,0 до 4,5 Па·с. Соотношение массовых долей мёда 45–50 % и трепанга 50–55 % позволяет получить стабильный по составу и содержанию биологически активных добавок продукт. Готовый продукт содержит не менее 2 % белка и не более 60 % воды. Массовая доля фракции тритерпеновых гликозидов составляет не менее 0,1 %, а глюкозамина — 0,3 %. Основным биологически активным веществом БАД «Трепанг на меду» является глюкозамин. Его

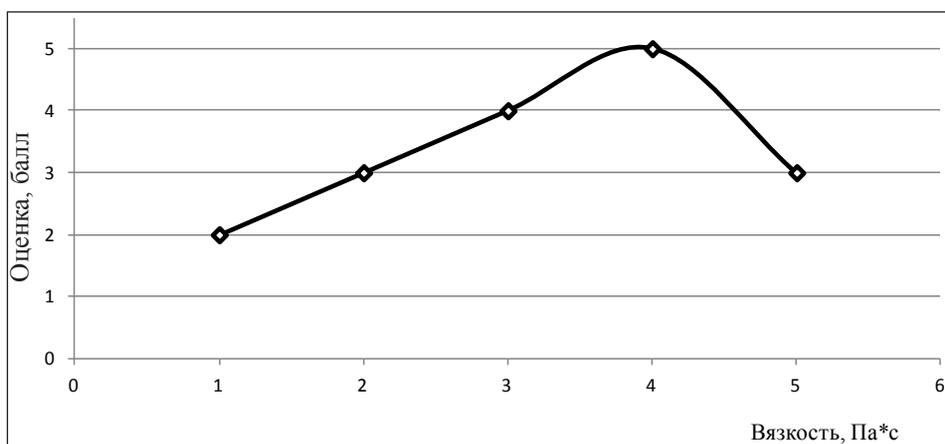


Рис. 6. Зависимость органолептической оценки смесей трепанга и меда от вязкости

Fig. 6. Organoleptic evaluation of the compound of sea cucumber and honey in dependence on viscosity

количество не менее 0,3 % обеспечивает достижение более 15 % адекватного уровня потребления по этому показателю при приёме 50 г продукта (3 десертных ложки). Расчетным методом показано, что в суточном объеме продукта содержится не менее 0,1 % тритерпеновых гликозидов (50,0 мг). Содержание тритерпеновых гликозидов в суточной дозировке таких препаратов, как «ТИНГОЛ», «Акмар», «Эрогол», составляет от 1500 до 7200 мкг и 1000 мкг в препарате «Экстракт трепанга» (Динкома). Таким образом, по количеству тритерпеновых гликозидов БАД «Трепанг на меду» значительно превосходит другие известные биологически активные добавки, при этом рекомендуемые дозировки остаются в пределах допустимого уровня, известного в литературе (Акулин и др., 2012).

Проведены испытания безопасности БАД «Трепанг на меду». Показано, что содержание токсичных элементов, пестицидов, диоксинов, радионуклидов, микотоксинов и антибиотиков, а также микробиологические показатели в БАД «Трепанг на меду» не превышают нормируемые.

### Выводы

Проведение сравнительного исследования возможности использования различных загустителей показывает, что наиболее предпочтительно использование в качестве загустителя 1 %-ной ксантановой камеди. В суточной дозировке БАД содержание глюкозамина составляет 0,3 %, а гликозидов — 0,1 %. На основании проведенных исследований разработана технология БАД «Трепанг на меду». Получен патент «Способ приготовления трепанга на меду».

### Список литературы

- Акулин В.Н., Павел К.Г., Слуцкая Т.Н. и др.** Эффективность биологически активных добавок из голотурий и совершенствование технологии их получения // Изв. ТИНРО. — 2012. — Т. 170. — С. 291–298.
- Аминин Д.Л., Шенцова Е.Б., Анисимов М.М., Кузнецова Т.А.** Спектрофотометрическое определение стихопозида А из голотурии *Stichopus japonicus* S. // Антибиотики. — 1981. — Т. 26, № 8. — С. 585–588.
- Анисимов М.М., Чирва В.Я.** О биологической роли тритерпеновых гликозидов // Успехи соврем. биол. — 1980. — № 6. — С. 573–582.
- Аюшин Н.Б., Ким А.Г., Слуцкая Т.Н.** Химический состав и содержание биологически активных веществ в мышечной ткани трепанга *Stichopus japonicus* // Изв. вузов. Пищ. технология. — 2014. — № 4. — С. 35–38.
- Гришин Ю.И., Беседнова Н.Н., Стоник В.А. и др.** О регуляции гемопоэза и иммуногенеза тритерпеновыми гликозидами из голотурий // Радиационная биология. Радиэкология. — 1990. — Т. 30, № 4. — С. 556.
- Еляков Г.Б., Оводов Ю.С.** Гликозиды аралиевых // Химия природных соединений. — 1972. — № 6. — С. 697–709.
- Еляков Г.Б., Стоник В.А.** Терпеноиды морских организмов : моногр. — М. : Наука, 1986. — 270 с.
- Калинин В.И., Левин В.С., Стоник В.А.** Химическая морфология: тритерпеновые гликозиды голотурий (Holothurioidea, Echinodermata) : моногр. — Владивосток : Дальнаука, 1994. — 284 с.
- Ким А.Г., Чернова Е.В., Слуцкая Т.Н.** Влияние гидротермической обработки на химический состав голотурий // Изв. Вузов. Пищ. технология. — 2013. — № 5–6. — С. 21–24.
- Кирьянова А.А., Корецкая И.Л.** Использование гидроколлоидов в производстве кондитерских изделий // Хлебопекар. и кондит. дело. — 2009. — № 4. — С. 38–41.
- Лазаревский А.А.** Техно-химический контроль в рыбообработывающей промышленности : моногр. — М. : Пищепромиздат, 1955. — 518 с.
- Попов А.М.** Механизмы биологической активности гликозидов женьшеня: сравнение с гликозидами голотурий // Вестн. ДВО РАН. — 2006. — № 6. — С. 92–104.
- Рябуха В.Ю., Тамова М.Ю., Шамкова Н.Т.** Влияние условий среды на эффективную вязкость растворов камедей // Изв. вузов. Пищ. технология. — 2010. — № 2–3. — С. 118–119.
- Слуцкая Т.Н.** Влияние химического состава коллагена иглокожих на их технологические свойства // Изв. ТИНРО. — 1976. — Т. 99. — С. 11–15.

**Слуцкая Т.Н.** Исследования по химии и технологии трепанга и кукумарии : автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Владивосток, 1975. — 24 с.

**Слуцкая Т.Н., Леванидов И.П.** Гексозаминосодержащие вещества голотурий и количественные изменения их в процессе производства пищевых продуктов // Исслед. по технол. рыб. продуктов. — Владивосток : ТИПРО, 1977. — Вып. 7. — С. 32–36.

**Урбах В.Ю.** Математическая статистика для биологов и медиков : моногр. — М. : АН СССР, 1963. — 323 с.

**Шитикова А.С.** Влияние профилактического введения мукополисахаридного препарата на кроветворение и выживаемость животных после рентгеновского облучения // Мед. радиология. — 1965. — № 12. — С. 44–46.

**Assa Y., Shany S., Gestetner B. et al.** Interaction of alfalfa saponins with components of the erythrocyte membrane in hemolysis // Biochem. Biophys. Acta. — 1973. — Vol. 307, Iss. 1. — P. 83–91. DOI: 10.1016/0005-2736(73)90027-8.

**Bordbar S., Anwar F., Saari N.** High-value components and bioactives from sea cucumbers for functional foods — a review // Mar. Drugs. — 2011. — Vol. 9, Iss. 10. — P. 1761–1805.

**Elson L.A., Morgan W.T.** A colorimetric method for the determination of glucosamine and chondrosamine // Biochem. J. — 1933. — Vol. 27, Iss. 6. — P. 1824–1828.

**Kalinin V.I., Avilov S.A., Stonik V.A.** Triterpene glycosides from sea cucumbers (Holothurioidea): structure, function and evolution // Saponins in Food, Feedstuffs and Medicinal Plants. — 2000. — Vol. 45. — P. 155–162.

**Kalinin V.I., Volkova O.V., Likhatskaya G.N. et al.** Hemolytic activity of triterpene glycosides from Cucumariidae family holothurians and evolution of this group of toxins // J. Nat. Toxins. — 1992. — Vol. 108, № 2. — P. 17–30.

**Morgan B., Heald M., Brooks S.G. et al.** The interactions between dietary saponin, cholesterol and related sterols in the chick // Poult. Sci. — 1972. — Vol. 51, Iss. 2. — P. 677–682. DOI: 10.3382/ps.0510677.

**Myron P., Siddiquee S., Azad Al S.** Fucosylated chondroitin sulfate diversity in sea cucumbers: a review // Carbohydrate Polymers. — 2014. — Vol. 112. — P. 173–178. DOI: 10.1016/j.carbpol.2014.05.091.

**Nakaue H.S., Lowry R.R., Cheeke P.R., Arscott G.H.** The effect of dietary *Alfalfa* of varying saponin content on yolk cholesterol level and layer performance // Poult. Sci. — 1980. — Vol. 59, Iss. 2. — P. 2744–2748. DOI: 10.3382/ps.0592744.

**Nigrelli R., Zahl P.A.** Some biological characteristics of holothurin // Proc. Soc. Exp. Biol. Med. — 1952. — Vol. 81, Iss. 2. — P. 379–380.

**Nigrelli R.F., Jakowska S.** Effects of holothurin, a steroid saponin from the bahamian sea cucumber (*Actinopyga agassizi*), on various biological systems // Ann. N. Y. Acad. Sci. — 1960. — Vol. 90. — P. 884–892. DOI: 10.1111/j.1749-6632.1960.tb26431.x.

**Ogushi M., Yoshie-Stark Y., Suzuki T.** Cytostatic activity of hot water extracts from the sea cucumber in Caco-2 // Food Sci. Technol. Res. — 2005. — Vol. 11. — P. 202–206. DOI: 10.3136/fstr.11.202.

**Sanders F.K., Smith J.D.** Effect of collagen and acid polysaccharides on the growth of BHK-21 cells in semi-solid media // Nature. — 1970. — Vol. 227, № 5257. — P. 513–515. DOI: 10.1038/227513a0.

**Seeman P.** Transient holes in the erythrocyte membrane during hypotonic hemolysis and stable holes in the membrane after lysis by saponin and lysolecithin // J. Cell. Biol. — 1967. — Vol. 32, Iss. 1. — P. 55–70.

**Sidhu G.S., Oakenfull D.G.** A mechanism for the hypocholesterolaemic activity of saponins // Br. J. Nutr. — 1986. — Vol. 55, Iss. 3. — P. 643–649.

**Stonik V.A., Kalinin V.I., Avilov S.A.** Toxins from sea cucumbers (holothuroids): chemical structures, properties, taxonomic distribution, biosynthesis and evolution // J. Nat. Toxins. — 1999. — Vol. 8, Iss. 2. — P. 235–248.

**Yamanouchi T.** On the poisonous substance contained in holothurians // Publ. Seto Mar. Biol. Lab. — 1955. — Vol. 4, № 2–3. — P. 183–203.

*Поступила в редакцию 6.07.17 г.*

*Принята в печать 12.07.17 г.*