

## **Органолептическая оценка функциональных продуктов питания с использованием инкапсулированных форм биологически активных веществ хвои ели обыкновенной**

Канд. техн. наук **Д.А. Бараненко**, denis.baranenko@niuitmo.ru  
**В.С. Ильина**, vica.ilina@yandex.ru  
 канд. техн. наук **А.Ю. Чечеткина**, aleksandra.chechetkina@mail.ru  
**А.И. Лепешкин**, artyom.lepeshkin@gmail.com  
 канд. техн. наук **Л.А. Надточий**, l\_tochka@itmo.ru  
 канд. хим. наук **О.Б. Соколова**, obsokolova@rambler.ru  
 Университет ИТМО  
 191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Исследовали состав хвои ели обыкновенной и возможность использования ее при производстве мясных и молочных продуктов. В качестве объекта изучения использовали хвою ели обыкновенной, собранной в Ленинградской области. Образцы представляли собой чистую и просушенную измельченную и просеянную хвою, а также инкапсулированные формы биологически активных веществ (БАВ) хвои ели обыкновенной. Определение содержания влаги, экстрактивных веществ, дубильных веществ проводили согласно методикам ГОСТ 24027.2-80. Установлено содержание влаги  $60,6 \pm 2,0\%$ , содержание экстрактивных веществ  $10,3 \pm 0,9\%$  и содержание дубильных веществ  $1,6 \pm 0,1\%$  в хвое ели обыкновенной. Исследовали влияние инкапсулированных форм БАВ из хвои ели обыкновенной на органолептические характеристики продуктов питания посредством количественной оценки показателей качества продукта. Данные изменения показателя качества паштета и йогурта с инкапсулированными БАВ хвои ели обыкновенной практически не влияют на итоговый коэффициент органолептической оценки исследуемых продуктов. Доказана возможность внесения инкапсулированных форм БАВ хвои ели обыкновенной в продукты питания в требуемой для обеспечения человека биологически активными веществами концентрации.

**Ключевые слова:** пищевая биотехнология; функциональные продукты питания; органолептические характеристики; инкапсулирование; биологически активные вещества (БАВ); хвоя ели обыкновенной (*Picea abies*).

DOI: 10.17586/2310-1164-2019-12-4-78-84

## **Organoleptic evaluation of functional food products using encapsulated forms of biologically active substances of spruce needles**

Ph. D. **Denis A. Baranenko**, denis.baranenko@niuitmo.ru  
**Victoria S. Ilina**, vica.ilina@yandex.ru  
 Ph. D. **Aleksandra Yu. Chechetkina**, aleksandra.chechetkina@mail.ru  
**Artem I. Lepeshkin**, artyom.lepeshkin@gmail.com  
 Ph. D. **Ludmila A. Nadtochii**, l\_tochka@itmo.ru  
 Ph. D. **Olga B. Sokolova**, obsokolova@rambler.ru  
 ITMO University  
 9, Lomonosov str., St. Petersburg, 191002, Russia

A composition of spruce needle and the possibility of using it in the production of meat and dairy products is investigated. As the object of study the needle of European spruce from Leningrad region are used. The studied samples were clean and dried, chopped and sifted needle, as well as encapsulated forms of biologically active substances of European spruce needle. The determination of moisture content, extractives, and tannins were performed according to the procedures of GOST 24027.2-80. The moisture content was found to be  $60.6 \pm 2.0\%$ ; the content of extractives  $10.3 \pm 0.9\%$ ; the content of tannins  $1.6 \pm 0.1\%$ . The effect of encapsulated biologically active substances from the needle of Norway spruce on the organoleptic characteristics of food products through a quantitative assessment of product quality indicators was analyzed. These changes in the quality indicator of paste and yogurt with encapsulated biologically active substances of spruce needle have no significant effect on the final coefficient of organoleptic assessment. Thus, the possibility of introducing the encapsulated forms of biologically active substances of European spruce needle into food products in the required concentration is proved.

**Keywords:** food biotechnology; functional foods; organoleptic characteristics; encapsulation; biologically active substances (BAS); needle of spruce (*Picea abies*).

## Введение

В настоящее время существует проблема переработки вторичного сырья различных производств, одним из которых является деревообрабатывающая промышленность. При обработке и переработке древесины остается большое количество материала, который может быть использован для производства различных продуктов. Особенно ценным является вторичное сырье, получаемое при обработке деревьев хвойных пород, – хвоя.

Изучив и проанализировав различные научные источники, не выявлена информация об использовании хвои и биологически активных веществ из хвои ели обыкновенной в отечественной и зарубежной пищевой промышленности при производстве функциональных продуктов питания с профилактическим действием. В основном богатая витаминами, минералами и биологически активными веществами, хвоя используется как сырье для получения хвойно-витаминной муки, которая дополняет корм сельскохозяйственных животных в качестве добавки, а также как сырье в косметической индустрии и парфюмерии, например, при производстве эфирных масел, экстрактов [1–5].

Наиболее важными с точки зрения влияния на здоровье человека биологически активными веществами в составе хвои, помимо витаминов С, Е, К и каротиноидов, являются фитостерины и полипrenoлы – вещества, обладающие профилактическим действием. Фитостерины – стероидные соединения растений, стабилизирующие двойной слой фосфолипидов в мембране растительных клеток [6–8]. В пищевых продуктах наибольшее их значение определяется в нерафинированных растительных маслах, и из-за отсутствия токсичного действия на организм человека их предельно допустимая концентрация не определяется, а рекомендуемая суточная норма потребления составляет 150–450 мг/сут. Важнейшим свойством фитостеринов, помимо противовоспалительного, жаропонижающего, иммуномодулирующего и антиоксидантного действий, является антиканцерогенная активность [7–9]. Полипrenoлы являются длинноцепочечными спиртами, состоящими из изопреновых остатков, и являются природными биорегуляторами в тканях растений. Учитывая практически полное отсутствие нежелательных побочных эффектов и низкой токсичности на организм человека, для полипренолов также не устанавливается предельно допустимая концентрация, а рекомендуемая суточная норма потребления составляет 54 мг/сут. В организме человека наиболее важным свойством полипренолов является их способность к предотвращению возникновения нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера, а также участие в гликозилировании протеинов и протеидов, иммунорегуляторная, противовоспалительная и ранозаживляющая активность и восстановление функции печени [9, 10].

При использовании экстрактов из хвои следует учитывать, что помимо биологически активных веществ профилактического действия в хвое присутствуют соединения, обуславливающие специфический вкус и аромат, например, дубильные вещества, антоцианы, кумарины и флавоноиды [11, 12], в связи с чем существует проблема использования хвои и ее экстрактов в чистом виде при внесении в продукт питания (появляется горький вкус, яркий хвойный аромат). Для их применения в пищевой промышленности в составе пищевых продуктов следует разрабатывать методы, скрывающие данные органолептические особенности. В случае, когда используется чистое вещество, например, экстракт полипренолов, также требуются методы, защищающие биологически активное вещество от воздействий внешней среды (света, температуры, воздействия кислорода воздуха). Одним из таких методов является инкапсулирование – процесс образования частиц различного размера с включением целевого материала в другой материал [13–15].

Целью данного исследования является органолептическая оценка функциональных продуктов питания с использованием инкапсулированных форм биологически активных веществ хвои ели обыкновенной. Основные задачи – определить состав хвои ели обыкновенной согласно ГОСТ 24027.2-80 «Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла», использовать метод инкапсулирования для сохранения биологически активных веществ и сокрытия органолептических особенностей хвойного сырья, а также оценить органолептические показатели инкапсулированных биологически активных ингредиентов из хвои в составе продуктов мясной и молочной промышленности. Планируется, что разработанный метод инкапсулирования позволит вносить биологически активные вещества, обладающие яркими органолептическими характеристиками, в различные виды продуктов питания.

### Объекты и методы исследования

Исследование проводилось в лаборатории международного научного центра «Биотехнологии третьего тысячелетия» Университета ИТМО. В качестве объекта исследования была выбрана хвоя ели обыкновенной, собранная в Ленинградской области в начале сентября 2018 г. Образцы хвои ели обыкновенной готовили к исследованию следующим образом: хвою отделяли от веток, промывали в мыльном растворе, затем в чистой прохладной воде для очистки от загрязнений; далее чистую и просушенную хвою измельчали на кофемолке и просеивали через сито с отверстиями диаметром 3 мм. Предварительно подготовленные измельченные образцы хвои подвергали экстракции спиртом с целью выделения биологически активных веществ (БАВ).

Выделенные из хвои ели обыкновенной БАВ подвергали инкапсулированию с получением микрокапсул по схеме, описанной авторами [16]. Для образования стенки капсул был использован 1,5% раствор альгината натрия, в качестве раствора-отвердителя был использован 3% раствор хлорида кальция и хитозана. Для создания капсул использовался инкапсулятор Buchi Encapsulator В-390 (Buchi, Швейцария).

Наличие в хвое ели обыкновенной экстрактивных биологически активных веществ и дубильных веществ определялось с использованием методик, описанных в ГОСТ 24027.2-80 «Сырье лекарственное растительное. Методы определения влажности, содержания золы, экстрактивных и дубильных веществ, эфирного масла».

Метод определения влажности был основан на высушивании при температуре 100–105°C в сушильном шкафу предварительно измельченной навески массой 3–5 г. Оценку окончания сушки сырья проводили по показателю его постоянной массы, в частности, когда разница между двумя взвешиваниями – после 30 мин высушивания и 30 мин охлаждения в эксикаторе – не превышала 0,01 г.

Влажность в сырье вычисляли в процентах по формуле

$$W = \frac{(m - m_1) \cdot 100}{m}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса сырья до высушивания, г;

$m_1$  – масса сырья после высушивания, г.

Определение содержания экстрактивных веществ в образцах хвои ели обыкновенной проводили следующим образом: измельчали навески массой 1 г, далее к навеске, помещенной в коническую колбу, добавляли 50 см<sup>3</sup> 70% этилового спирта, затем колбу закрывали пробкой и взвешивали с точностью до 0,01 г, после чего оставляли в темном месте на 1 ч. По прошествии требуемого времени колбу присоединяли к обратному холодильнику, ее содержимое нагревали до кипения, которое поддерживали в течение 2 ч. Затем содержимое колбы тщательно перемешивали и фильтровали, далее в заранее прокаленную фарфоровую чашку добавляли 25 см<sup>3</sup> фильтрата, выпаривали на водяной бане 3 ч до полного высыхания при 100–105°C, после чего охлаждали в эксикаторе и взвешивали.

Содержание экстрактивных веществ ( $X_1$ ) вычисляли по формуле

$$X_1 = \frac{m \cdot 200 \cdot 100}{m_1 \cdot (100 - W)}, \quad (2)$$

где  $m$  – масса сухого остатка в чаше, г;

$m_1$  – масса сырья, г;

$W$  – потеря в массе при высушивании сырья, г.

Определение содержания дубильных веществ осуществляли следующим образом: измельчали навеску массой 2 г, далее ее заливали водой, нагретой до 100°C, соединяли с обратным холодильником и кипятили на водяной бане 30 мин; по истечении времени жидкость охлаждали и фильтровали, далее 25 см<sup>3</sup> фильтрата переносили в колбу объемом 750 см<sup>3</sup>, прибавляли 500 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, 25 см<sup>3</sup> раствора индигосульфокислоты и титровали 0,1 н раствором марганцовокислого калия до получения золотисто-желтой окраски, которую сравнивали с окраской, полученной при контрольном испытании.

Для контрольного испытания в коническую колбу вносили 525 см<sup>3</sup> дистиллированной воды, 25 см<sup>3</sup> раствора индигосульфокислоты и титровали 0,1 н раствором марганцовокислого калия до получения золотисто-желтой окраски.

Содержание дубильных веществ ( $X_2$ ) вычисляли по формуле

$$X_2 = \frac{(V-V_1) \cdot 0,004157 \cdot 250 \cdot 100 \cdot 100}{m \cdot 25 \cdot (100-W)}, \quad (3)$$

где  $V$  – объем 0,1 н раствора калия марганцовокислого, израсходованного на титрование извлечения, см<sup>3</sup>;

$V_1$  – объем 0,1 н раствора калия марганцовокислого, израсходованного на титрование в контрольном испытании, см<sup>3</sup>;

0,004157 – количество дубильных веществ, соответствующее 1 см<sup>3</sup> 0,1 н раствора калия марганцовокислого в пересчете на танин, г;

$m$  – масса сырья, г;

$W$  – потеря в массе при высушивании сырья, %;

250 – вместимость колбы, см<sup>3</sup>;

25 – объем фильтрата, взятого на титрования, см<sup>3</sup>.

Влияние инкапсулированных БАВ из хвои ели обыкновенной на органолептические характеристики продуктов питания определяли посредством количественной оценки показателей качества продукта. Органолептическая оценка продуктов проводилась с помощью органов чувств дегустаторов без применения измерительных приборов. Для описания качества продукта применялся дескриптивный (описательный) метод. Для работы дегустаторы использовали 5-балльную шкалу с характеристиками признаков продукта по пяти качественным уровням, где 5 – отлично (эталон, представляющий мировой уровень качества), 4 – хорошо (продукт первой категории), 3 – удовлетворительно (продукт второй категории), 2 – плохо, 1 – очень плохо (брак).

Органолептическая оценка показателей качества продукта вычислялась по формуле

$$K = \sum(m_{oi} \cdot \frac{k_{oi}}{k_{oi}^{эм}}), \quad (4)$$

где  $m_{oi}$  – коэффициент весомости каждого  $i$ -го показателя;

$k_{oi}$  – значения  $i$ -х показателей в группе свойств;

$k_{oi}^{эм}$  – эталонные значения каждого  $i$ -го показателя.

Эксперименты проводили в трехкратной повторности, данные обрабатывали методом математической статистики с нахождением доверительного интервала при вероятности 0,95 с использованием MS Excel.

### Результаты и их обсуждение

Для оценки доступности сырьевых источников для производства биологически активных веществ хвои был исследован химический состав хвои ели обыкновенной согласно ГОСТ 24027.2-80.

Влажность хвои ели обыкновенной была исследована в трехкратной повторности, рассчитана согласно формуле (1), откуда влажность свежей хвои ели обыкновенной составляет  $60,6 \pm 2,0\%$ . Таким образом, 40% хвои ели обыкновенной составляют сухие вещества, включающие биологически активные вещества, в том числе экстрактивные.

Исследование содержания экстрактивных веществ в хвое ели обыкновенной было рассчитано согласно формуле (2), откуда в свежей хвое ели обыкновенной содержится  $10,3 \pm 0,9\%$  экстрактивных веществ, содержащих большое количество биологически активных веществ.

Исследование содержания дубильных веществ в хвое ели обыкновенной было рассчитано согласно формуле (3), откуда в свежей хвое ели обыкновенной содержится  $1,6 \pm 0,1\%$  дубильных веществ, обладающих высокой антиоксидантной активностью.

Таким образом, из хвои ели обыкновенной, собранной в европейской части России, в результате экстракции и других технологических операций, позволяющих выделить биологически активные вещества, могут быть получены значительные объемы биологически активных ингредиентов (в том числе экстракты полипренолов), достаточные для использования их в пищевой промышленности.

При исследовании возможности применения инкапсулированных БАВ из хвои ели обыкновенной в составе рецептур пищевых продуктов проводилась их органолептическая оценка. В качестве продуктов для внесения инкапсулированных БАВ из хвои ели были выбраны традиционные продукты питания молочной (йогурт) и мясной (паштет) промышленности. Инкапсулированные БАВ на основе хвои ели обыкновенной в виде микрокапсул вносились непосредственно в готовые продукты в количестве,

удовлетворяющем 15% от рекомендованного суточного потребления по биологически активным веществам.

После проведения органолептической оценки контрольных продуктов и продуктов, содержащих инкапсулированные биологически активные ингредиенты, имеем результаты, представленные в таблицах 1, 2 и на рисунках 1, 2.

Таблица 1 – Сводная таблица балловой оценки контрольных образцов йогурта и образцов йогурта, содержащих инкапсулированный ингредиент

Table 1. Ball estimation of yogurt control sample and yogurt with encapsulated ingredient

Дегустаторы	Вкус	Аромат	Консистенция	Цвет	Внешний вид
Йогурт, контрольный образец					
1	5	4	5	5	4
2	5	5	5	5	4
3	4	4	4	5	5
4	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5
Среднее значение	4,8	4,6	4,8	5,0	4,6
Йогурт, содержащий инкапсулированный ингредиент					
1	5	4	4	5	4
2	5	5	5	5	4
3	4	4	4	5	5
4	4	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5
Среднее значение	4,6	4,6	4,6	5,0	4,6

Коэффициенты органолептической оценки показателей качества контрольного образца йогурта и йогурта, содержащего инкапсулированный ингредиент, равны соответственно:

$$K = \Sigma \left( m_{oi} \cdot \frac{k_{oi}}{k_{oi}^{эм}} \right) = 0,952$$

$$K = \Sigma \left( m_{oi} \cdot \frac{k_{oi}}{k_{oi}^{эм}} \right) = 0,928.$$

Профилограмма сравнения контрольного образца йогурта и йогурта, содержащего инкапсулированный ингредиент, представлена на рисунке 1.

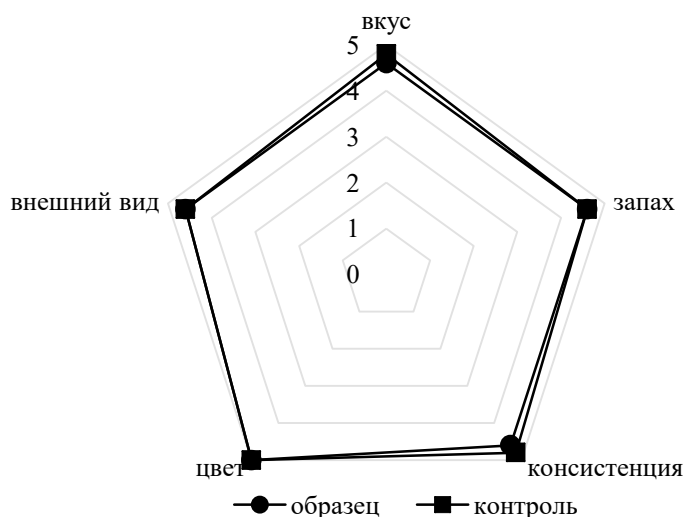


Рисунок 1 – Профилограмма сравнения контрольного образца йогурта и йогурта, содержащего инкапсулированный ингредиент

Figure 1. Profilogram for comparison of yogurt control sample and yogurt with encapsulated ingredient

Коэффициенты органолептической оценки показателей качества контрольного образца паштета и паштета, содержащего инкапсулированный ингредиент, равны соответственно:

$$K = \Sigma \left( m_{0i} \cdot \frac{k_{0i}}{k_{0i}^{эм}} \right) = 0,956$$

$$K = \Sigma \left( m_{0i} \cdot \frac{k_{0i}}{k_{0i}^{эм}} \right) = 0,932.$$

Таблица 2 – Сводная таблица балловой оценки контрольного образца паштета и паштета, содержащего инкапсулированный ингредиент

Table 2. Ball estimation of paste control sample and paste with encapsulated ingredient

Дегустаторы	Вкус	Аромат	Консистенция	Цвет	Внешний вид
Паштет, контрольный образец					
1	4	5	5	4	4
2	4	5	5	5	5
3	5	5	5	4	5
4	5	4	5	5	5
5	5	5	5	5	5
Среднее значение	4,6	4,8	5,0	4,6	4,8
Паштет, содержащий инкапсулированный ингредиент					
1	4	5	4	4	4
2	4	5	5	5	4
3	5	5	4	4	5
4	5	4	5	5	5
5	5	5	5	5	5
Среднее значение	4,6	4,8	4,6	4,6	4,8

Профилограмма сравнения контрольного образца паштета и паштета, содержащего инкапсулированный ингредиент, представлена на рисунке 2.

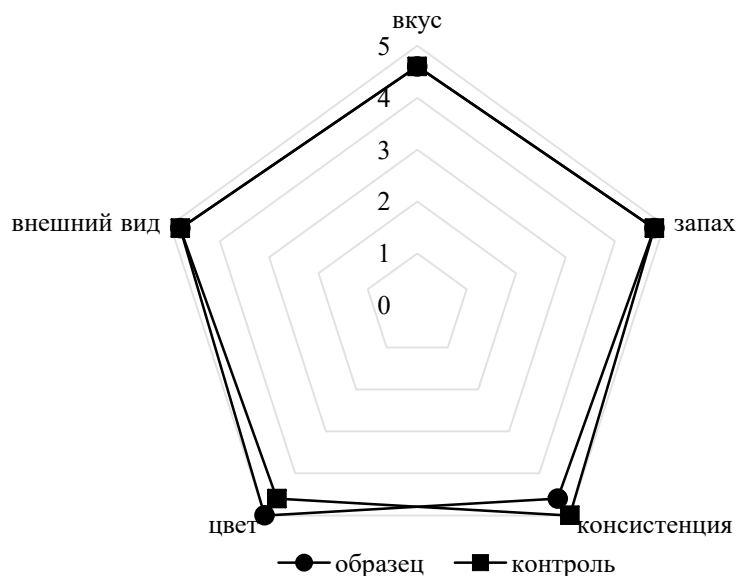


Рисунок 2 – Профилограмма сравнения контрольного образца паштета и паштета, содержащего инкапсулированный ингредиент

Figure 2. Profilogram for comparison of paste control sample and paste with encapsulated ingredient

Исходя из результатов органолептической оценки, при внесении микрокапсул в состав продукта незначительно изменяется консистенция (в случае паштета мясного) и консистенция и вкус (в случае йогурта). Данные изменения практически не влияют на итоговый коэффициент органолептической оценки качества продуктов питания, что говорит о возможности внесения инкапсулированного ингредиента в продукты питания в требуемом количестве.

Поскольку инкапсулированный пищевой ингредиент содержит биологически активные вещества, предотвращающие возникновение нейродегенеративных заболеваний, то следует провести

доклинические исследования для подтверждения профилактического эффекта полученных инкапсулированных пищевых ингредиентов.

### Заключение

В ходе работы был исследован химический состав хвои ели обыкновенной в качестве ресурса для получения пищевых биологически активных веществ. При исследовании свежей хвои ели обыкновенной были получены следующие результаты: влажность  $60,6 \pm 2,0\%$ ; содержание экстрактивных веществ  $10,3 \pm 0,9\%$ ; содержание дубильных веществ  $1,6 \pm 0,1\%$ . Исходя из полученных данных, можно говорить о том, что из хвои ели обыкновенной, собранной в европейской части России, в результате экстракции и других технологических операций, позволяющих выделить биологически активные вещества, могут быть получены значительные объемы биологически активных ингредиентов (в том числе экстракты полипrenoлов), достаточные для использования их в пищевой промышленности.

Органолептический анализ инкапсулированных биологически активных ингредиентов из хвои показал, что в составе йогурта с наполнителями (клюква и брусника) микрокапсулы незначительно влияли на вкус и консистенцию продукта, в составе паштета мясного микрокапсулы незначительно влияли лишь на консистенцию продукта. Данные изменения практически не влияют на итоговый коэффициент органолептической оценки качества продуктов питания, что свидетельствует о возможности свободного внесения инкапсулированного ингредиента в продукты в концентрации, требуемой для обеспечения человека биологически активными веществами в количестве 15% от рекомендуемой суточной нормы и отнести полученные продукты к группе функциональных.

### References

1. Bepalov V.G., Alexandrov V.A., Vysochina G.I., Kostikova V.A., Baranenko D.A. The inhibiting activity of meadowsweet extract on neuro carcinogenesis induced transplacentally in rats by ethylnitrosourea. *Journal of Neuro-Oncology*. 2017, V. 131, Is. 3, pp. 459–467.
2. Chojnacki T., Dallner G.J. The uptake of dietary polyphenols and their modification to active dolichols by the rat liver. *Journal of Biological Chemistry*. 1983, V. 258, Is. 2, pp. 916–922.
3. Leong M.H., Tan C.P., Nyam K.L. Effects of Accelerated Storage on the Quality of Kenaf Seed Oil in Chitosan-Coated High Methoxyl Pectin-Alginate Microcapsules. *Journal of Food Science*. 2016, V. 81, Is. 10, pp. 2367–2372.
4. Vitina I., Krastina V. et al. Applying spruce needle extractives in broiler chicken feeding. *Agronomy Research*. 2011, V. 9, pp. 509–514.
5. Delvas N., Bauge É. et al. Phenolic compounds that confer resistance to spruce budworm. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 2011, V. 141, Is. 1, pp. 35–44.
6. Bakry AM., Abbas S. et al. Microencapsulation of oils: a comprehensive review of benefits, techniques, and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2016, V. 15, Is. 1, pp. 143–182.
7. Singh J., Kaur K., Kumar P. Optimizing microencapsulation of  $\alpha$ -tocopherol with pectin and sodium alginate. *Journal of Food Science and Technology*. 2018, V. 55, Is. 9, pp. 3625–3631.
8. *Encapsulation technologies for active food ingredients and food processing*. In eds. N.J Zuidam, V.A. Nedovic. 2010. P. 400
9. Pamplona-Silva M.T., Mazzeo DEC. et al. Estrogenic Compounds: Chemical Characteristics, Detection Methods, Biological and Environmental Effects. *Water, Air, & Soil Pollution* 2018, V. 229 (5), pp. 144.
10. Chen F., Fan G.Q. et al. Encapsulation of omega-3 fatty acids in nanoemulsions and microgels: Impact of delivery system type and protein addition on gastrointestinal fate. *Food Res Int*. 2017, V.100, pp. 387–395.
11. Kwon J.H., Kim J.H. et al. Inhibitory effects of phenolic compounds from needles of *Pinus densiflora* on nitric oxide and PGE2 production. *Archives of Pharmacal Research*. 2010, V. 33, pp. 2011–2016.
12. Harley P., Eller A. et al. Observations and models of emissions of volatile terpenoid compounds from needles of ponderosa pine trees growing in situ: control by light, temperature and stomatal conductance. *Oecologia*. 2014, V. 176, pp. 35–55.
13. Götz P. Encapsulation in Arthropods. *Immunity in Invertebrates*. 1986, pp. 153–170.
14. Mitragotri S. Immunization without needles. *Nature Reviews Immunology*. 2005, V. 5, pp. 905–916.
15. Loscertales I.G., Barrero A. Micro/nano encapsulation via electrified coaxial liquid jets. *Science*. 2002, V. 295, pp. 1695–1698.
16. Hellström A, Kylin H, Strachan W.M, Jensen S. Distribution of some organochlorine compounds in pine needles from Central and Northern Europe. *Environ Pollut*. 2004, V. 128(1-2), pp.29–48.

Статья поступила в редакцию 09.10.2019