

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ И БИОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 630*867.5.674.049.2:519.23

А.С. Кривоногова, Н.А. Белоногова, А.Р. Бирман
*Санкт-Петербург, Россия***ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ПРОЦЕССА ГЛУБОКОГО УПЛОТНЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Аннотация. В статье исследованы и систематизированы известные и получены новые экспериментальные данные по изменению физико-механических свойств уплотненной древесины. Выявлены закономерности изменения физико-механических характеристик древесины при ее уплотнении. Установлены деформативные свойства древесины мягких лиственных пород, необходимые для разработки режимов уплотнения и определения их параметров. Определены возможности полноценной замены ценных пород дерева и других дефицитных и дорогостоящих материалов уплотненной древесины. Проанализированы формы функциональных зависимостей для физико-механических характеристик уплотненной древесины от ее плотности. Рассматривались значения коэффициентов качества (прочности, твердости и износа) и их применение при максимально возможном уплотнении. Выявлены точные методы решений, служащие средством изучения процесса глубокого уплотнения. Предложена методика расчета экспериментального определения эксплуатационных характеристик. Проведенные исследования были направлены на систематизацию известных и получение новых экспериментальных данных по изменению физико-механических свойств уплотненной, в том числе и контурным способом, древесины, в том числе – осины. При исследовании физико-механических свойств древесины наблюдается весьма существенный разброс результатов измерений. Это объясняется влиянием большого числа независимых друг от друга факторов. Данное обстоятельство в еще большей степени имеет место при испытаниях уплотненной древесины, так как ко всем ранее действующим факторам прибавляется наличие условий и режимов прессования. Поэтому для объективного суждения о закономерностях изменения физико-механических свойств уплотненной древесины необходим тщательный статистический анализ большого числа опытов. Задачи статистического исследования можно свести к определению оптимальных областей промышленного применения уплотненной древесины и ее перспектив, определению наиболее выгодных степеней уплотнения в зависимости от характера использования и анализа зависимости характеристик уплотненной древесины от плотности. Целью этих исследований было, во-первых, установление деформативных свойств древесины мягких лиственных пород, необходимых для разработки режимов уплотнения и определения их параметров, во-вторых, выяснение возможности полноценной замены ценных пород дерева и других дефицитных и дорогостоящих материалов уплотненной древесины, и, в третьих, выявление закономерностей изменения физико-механических характеристик древесины при ее уплотнении с тем, чтобы получить возможность прогнозировать эти свойства.

Ключевые слова: древесина; физико-механические характеристики; уплотнение древесины; статистический анализ.

Сведения об авторе: Кривоногова Александра Станиславовна¹, доцент кафедры начертательной геометрии и графики; Белоногова Наталья Александровна², кандидат технических наук, заведующая кафедрой начертательной геометрии и графики; Бирман Алексей Романович³, доктор технических наук, профессор кафедры технологии лесозаготовительных производств.

Место работы: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова^{1, 2, 3}.

Контактная информация: 194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5; тел.: 8-812-6709334¹; 8-812-6709334².

E-mail: krivonogova.aleksandra@lta-landscape.com¹; graphics.spbftu@gmail.com²; birman1947@mail.ru³.

Проведенные исследования были направлены на систематизацию известных и получение новых экспериментальных данных по изменению физико-механиче-

ских свойств уплотненной, в том числе и контурным способом, древесины, в частности, осины [1–13].

Задачи теоретического обоснования можно свести к определению оптимальных областей промышленного применения уплотненной древесины и ее перспектив, нахождению наивыгоднейших степеней уплотнения в зависимости от характера использования и анализа зависимости характеристик уплотненной древесины от плотности.

Целью этих исследований было, во-первых, установление деформативных свойств древесины мягких лиственных пород, необходимых для разработки режимов уплотнения и определения их параметров, во-вторых, выяснение возможности полноценной замены ценных пород дерева и других дефицитных и дорогостоящих материалов уплотненной древесины, и, в-третьих, выявление закономерностей изменения физико-механических характеристик древесины при ее уплотнении с тем, чтобы получить возможность прогнозировать эти свойства [1; 2; 12; 13].

Методика статистического анализа базировалась на выявлении параметров функциональных взаимосвязей физико-механических характеристик уплотненной древесины от ее плотности и степени уплотнения. После установления формы зависимости и определения ее параметров по экспериментальным данным была найдена степень приближения последних к аппроксимирующим зависимостям [9; 13].

В качестве исходных приняты аппроксимирующие зависимости физико-механических характеристик от плотности. Вид этих зависимостей был установлен при систематизации большого объема известных экспериментальных данных [2; 9; 12; 13].

Определялись и анализировались параметры уравнений, аппроксимирующих физико-механические характеристики в функции от плотности. Кроме того, здесь же выявлялось взаимовлияние указанных величин. По аппроксимирующим зависимостям для физико-механических характеристик определялись законы изменения со-

ответствующих удельных характеристик [12; 13].

При исследовании физико-механических свойств древесины наблюдается весьма существенный разброс результатов измерений. Это объясняется влиянием большого числа независимых друг от друга факторов. Данное обстоятельство в еще большей степени имеет место при испытаниях уплотненной древесины, так как ко всем ранее действующим факторам прибавляется наличие условий и режимов прессования. Поэтому для объективного суждения о закономерностях изменения физико-механических свойств уплотненной древесины необходим тщательный статистический анализ большого числа опытов.

Ранее проведенными исследованиями [1–13] были установлены формы функциональных зависимостей для физико-механических характеристик уплотненной древесины от ее плотности [3–5; 9]. Эти зависимости для большинства прочностных и упругих характеристик близки к линейным, а для показателей износа и твердости иногда могут аппроксимироваться квадратичными или экспоненциальными функциями. После того, как вид аппроксимирующей функции известен, определение ее параметров по экспериментальным данным не представляет каких-либо принципиальных трудностей.

Проанализированы параметры аппроксимирующих функций. Эти параметры определялись по методу наименьших квадратов. Выявление аппроксимирующих зависимостей для характеристик уплотненной древесины в явном виде преследовало ряд целей [2; 9].

Прежде всего, было необходимо выяснить, при каких эксплуатационных нагрузениях или условиях работы уплотненная древесина даст наибольший эффект. Это позволяет в дальнейшем выделить оптимальные области ее использования [9; 12; 13].

Во-вторых, существует острая потребность выявить характер и интенсив-

ность изменения различных физико-механических характеристик при уплотнении древесины. Это, с одной стороны, позволит выяснить рациональные степени уплотнения при различных видах нагружения. С другой стороны, экстраполяция полученных зависимостей может уточнить перспективы уплотненной древесины как нового конструкционного материала [6–8].

В-третьих, аналитическое выражение закономерностей изменения физико-механических характеристик уплотненной древесины в функции от ее плотности или объемной массы позволяет перейти к соответствующим закономерностям применения характеристик от степени уплотнения. Аналогично определяются аналитические зависимости для коэффициентов качества или удельных характеристик уплотненной древесины. Эти зависимости позволяют в самой общей форме исследовать и определять критерии экономической и технической целесообразности уплотненной древесины, которые, естественно, неразрывно

связаны с физико-механическими характеристиками [7–13].

Таким образом, задачи статистического анализа можно свести к следующему:

1. Определение оптимальных областей промышленного применения уплотненной древесины и ее перспектив.

2. Определение наивыгоднейших степеней уплотнения в зависимости от характера использования.

3. Подготовка аналитических закономерностей для установления и анализа технического и экономического критериев рациональности уплотненной древесины [2–4; 9–13].

Проведем анализ зависимости характеристик уплотненной древесины от плотности. Рассмотрим зависимости характеристик прочности и жесткости.

Физико-механические характеристики уплотненной древесины, выраженные коэффициентом k и определяющие ее прочность и жесткость, в подавляющем большинстве случаев могут быть представлены как линейные функции от удельного веса:

$$K = a + b\gamma, \quad (1)$$

где γ – удельный вес; a и b – аппроксимирующие коэффициенты.

Исходя из этой основной зависимости, можно получить зависимости характеристик от степени уплотнения. Если воспользоваться выражением степени уплотнения по начальным параметрам элемента [9; 12; 13]

$$\varepsilon_1 = \frac{\gamma - \gamma_0}{\gamma},$$

то получим

$$\gamma = \frac{\gamma_0}{1 - \varepsilon_1}$$

и, соответственно,

$$K = a + \frac{b\gamma_0}{1 - \varepsilon_1} = \frac{a + b\gamma_0 - a\varepsilon_1}{1 - \varepsilon_1} = \frac{K_0 - a\varepsilon_1}{1 - \varepsilon_1}, \quad (2)$$

где $K_0 = a + b\gamma_0$ – начальное значение физико-механической характеристики натуральной древесины.

При использовании степени уплотнения по конечным размерам

$$\varepsilon_2 = \frac{\gamma - \gamma_0}{\gamma} = \frac{\gamma}{\gamma_0} - 1$$

имеем

$$\gamma = \gamma_0(\varepsilon_2 + 1),$$

и основная зависимость после подстановки принимает вид

$$K = a + b\gamma_0(\varepsilon_2 + 1) = K_0 + b\gamma_0\varepsilon_2. \quad (3)$$

Учитывая, что $b\gamma_0 = K_0 - a$, зависимость (1.3) можно представить

$$K = K_0 + (K_0 - a) \cdot \varepsilon_2. \quad (3a)$$

Наконец, при использовании логарифмического показателя уплотнения

$$\gamma = \gamma_0 l^{\varepsilon_x}.$$

$$\varepsilon_l = l_n \frac{\gamma}{\gamma_0},$$

Зависимость физико-механических характеристик от логарифмического показателя уплотнения принимает вид

имеем

$$K = a + b\gamma_0 l^{\varepsilon_l} = a + (K_0 - a) \cdot l^{\varepsilon_l}, \quad (4)$$

где ε_l – логарифмический показатель уплотнения.

Таким образом, все функциональные зависимости характеристики от степени уплотнения находятся через коэффициенты основной зависимости от объемного веса (1), через коэффициенты линейной аппроксимации a и b .

Определение этих коэффициентов производилось по экспериментальным дан-

ным методом наименьших квадратов. Вычислялись теоретические значения физико-механических параметров по найденным уравнениям, а также отклонения теоретических значений от результатов эксперимента. Вычислены коэффициенты a и b , а также найдены с их помощью значения характеристик

$$K_0 = a + b\gamma_0 \text{ и } K_{\max} = a + b\gamma_{\max} \quad (5)$$

Под γ_{\max} подразумевается плотность древесины при максимальном уплотнении $\gamma_{\max} = 1,5 \text{ г/см}^3$.

Были подсчитаны абсолютные и относительные интервалы изменения физико-механических характеристик, т.е. величины

$$\Delta K = K_{\max} - K_0 \text{ и } \frac{\Delta K}{K_0} = \frac{K_{\max} - K_0}{K} \quad (6)$$

Было выявлено, что прирост характеристик прочности при уплотнении увеличивается для пород с меньшей начальной плотностью. Это объясняется тем, что при малом начальном удельном весе диапазон уплотнения до максимальной степени при

$\gamma_{\max} = 1,54 \text{ г/см}^3$, соответственно, возрастает. Таким образом, древесина с малой плотностью, и прежде всего осина, является более благоприятным сырьем для уплотнения с точки зрения результата. Кроме того, процесс уплотнения древесины с малой плотностью проще осуществим. Для оценки сопоставимого прироста абсолютных и относительных значений характеристик

прочности и упругости может служить величина коэффициента регрессии « b » [9].

По данным значения коэффициентов регрессии для различных пород и различных видов деформирования можно сделать следующие выводы:

1. Наивысший рост прочности от уплотнения древесины имеет место при ее работе на статический изгиб.
2. Значительно возрастает прочность уплотненной древесины при сжатии ее вдоль волокон и поперек волокон в радиальном направлении.
3. Прочность уплотненной древесины при сжатии поперек волокон в тангентальном

направлении растет значительно слабее (примерно в 2 раза), чем при сжатии вдоль волокон.

4. Лиственные породы обнаруживают значительно большие колебания прочности при уплотнении, чем хвойные породы.

5. Сравнительно медленнее при уплотнении возрастает прочность на скалывание и раскалывание.

6. Медленно возрастает при уплотнении сопротивляемость древесины ударному изгибу.

Большой фактический экспериментальный материал, проанализированный в данной работе, позволяет сделать обоснованные выводы о технической целесообразности уплотнения древесины [2; 3; 5; 7]. В качестве критерия таковой целесообразности может служить изменение при уплотнении эксплуатационных характеристик древесины. Прирост коэффициентов эксплуатационных характеристик при уплотнении характеризует целесообразность этого процесса. Наоборот, уменьшение их величины определяет заведомую невыгодность уплотнения (для износа целесообразность уплотнения определяется обратным отмеченному изменению коэффициента качества) [4–6; 9; 13].

Рассматривались значения коэффициентов эксплуатационных характеристик (прочности, твердости и износа) и их применение при максимально возможном уплотнении. Проанализировав эти данные, можно сделать следующие выводы:

1. Эксплуатационные характеристики на сжатие вдоль волокон и изгиб для всех пород при уплотнении не обнаруживают какого-либо возрастания. Следовательно, применение уплотненной древеси-

ны для изгиба или сжатия вдоль волокон технически нецелесообразно.

2. Значительно возрастают при уплотнении эксплуатационные характеристики при сжатии поперек волокон (в тангентальном и радиальном направлениях). Возрастание доходит до 500–800%, причем на сжатие в радиальном направлении интенсивность возрастания коэффициента качества в два раза больше, чем при сжатии в тангентальном направлении. Таким образом, уплотненную древесину целесообразно применять в тех элементах, где она работает на сжатие поперек волокон.

3. Эксплуатационные характеристики на скалывание и раскалывание при уплотнении возрастают. Однако отмеченное явление наблюдалось только для березы. Для других пород экспериментальные исследования недостаточны и должны быть продолжены. Тем не менее, применение уплотненной древесины для работы на скалывание можно считать целесообразным.

4. Эксплуатационные характеристики на ударный изгиб существенно снижаются при уплотнении. Таким образом, при динамических нагружениях уплотненную древесину следует применять с осторожностью; тем более, что ударная твердость также обнаруживает падение.

5. Эксплуатационные характеристики по твердости и износу обнаруживают существенное возрастание. Причем сильнее всего растет твердость по радиальной поверхности. При определяющем влиянии износа от уплотненной древесины, в наибольшей степени осины, можно ожидать большего эффекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Актуальные проблемы развития лесного комплекса: Материалы Международной научно-технической конференции // Новые направления использования древесины осины и ее отходов / А.Р. Бирман, Н.А. Белоногова. – Вологда, 2009.

2. Базаров С.М., Куницкая О.А. К проблеме производства материалов с новыми физико-химическими свойствами на основе заполнения древесины компонентами // Материалы II международной научно-практической интернет-конференции «Леса России в 21 веке». – СПб., 2009. – С. 152–155.

3. Бирман А.Р., Соколова В.А., Кривоногова А.С. Борирование древесины пропиткой с целью повышения ее нейтронозащитных свойств // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 208 (№ 972). – СПб., 2014. – С. 130–137.
4. Бирман А.Р., Кривоногова А.С. Использование методов пропитки длинномерных сортиментов // Вестник Нижневартковского гос. ун-та: Математические и естественные науки. – Нижневартовск, 2015. – № 1. – С. 45–48.
5. Бирман А.Р., Кривоногова А.С., Соколова В.А. Определение коэффициента фильтрации и параметров процесса пропитки древесных углей в поле центробежных сил // Научное обозрение. – 2015. – № 7. – С. 238–244. (№ 1346).
6. Бирман А., Соколова В.А., Кривоногова А.С. Пропитка древесины гидростатическим способом // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: Сб. науч. тр. по материалам заоч. науч.-практич. конф. – Воронеж, 2014. – № 5. – Ч. 4. – С. 33–38.
7. Бирман А.Р., Соколова В.А., Кривоногова А.С. Торцовая пропитка длинномерных сортиментов // Научное обозрение. – 2014. – № 7. – С. 281–285. (№ 1346).
8. Кривоногова А.С. Математическая модель процесса пропитки капиллярно-пористых структур водными растворами пероксида // Научное обозрение. – 2015. – № 7. – С. 251–257. (№ 1346).
9. Кривоногова А.С. Методика статистического анализа закономерностей изменения физико-механических характеристик уплотненной древесины // Научное обозрение. – 2015. – № 7. – С. 244–251. (№ 1346).
10. Кривоногова А.С., Бирман А.Р., Нгуен Ван Тоан. Описание математической модели технологии процесса пропитки капиллярно-пористых структур // Международный научный журнал «Educatio». – Новосибирск, 2015. – № 4 (11). – Ч. 4. – С. 81–83.
11. Кривоногова А.С., Бирман А.Р. Пропитка капиллярно-пористых структур встречно-центробежным способом // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: Сб. тр. по материалам международной заочной науч.-практич. конф. – Воронеж, 2015. – № 2. – Ч. 1. – С. 236–240.
12. Кривоногова А.С. Совершенствование технологии подготовки древесины мягких лиственных пород для производства угля высокого качества: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 2015.
13. Кривоногова А.С., Нгуен Ван Тоан, Соколова В.А., Бирман А.Р. Статистические показатели эксплуатационных характеристик модифицированной древесины // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: Сб. тр. по материалам международной заочной науч.-практич. конф. – Воронеж, 2015. – № 2. – Ч. 2. – С. 239–243.

REFERENCES

1. Aktualnye problemy razvitiya lesnogo kompleksa: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii [Topical issues of forestry complex development: Proceedings of the international scientific and technical conference] // Noviyе napravleniya ispolzovaniya drevesiny osiny i ejo otkhodov / A.R. Birman, N.A. Belonogova. Vologda, 2009. (In Russian).
2. Bazarov, S.M. K probleme proizvodstva materialov s novymi fiziko-khimicheskimi svoystvami na osnove zapolneniya drevesiny komponentami [On the problem of producing materials with new physical and chemical properties based on filling the timber with components] / Bazarov, S.M., Kunitskaya, O.A. // Materialy II mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii "Lesа Rossiі v 21 veke". Saint Petersburg, 2009. P. 152–155. (In Russian).
3. Birman, A.R. Borirovaniye drevesiny propitkoy s tseliyu povysheniya ejo neitronozashchitnykh svojstv [Wood borating to improve wood neutron protective properties] / Birman, A.R., Sokolov, V.A., Krivonogova, A.S. // Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii]. Vol. 208 (№ 972). Saint Petersburg, 2014. P. 130–137. (In Russian).
4. Birman, A.R. Ispolzovaniye metodov propitki dlinnomernykh sortimentov [Impregnation of long wood logs] / Birman, A.R., Krivonogova, A.S. // Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta [The Bulletin of Nizhnevartovsk State University: Mathematical and Natural Sciences]. Nizhnevartovsk, 2015. № 1. P. 45–48. (In Russian).
5. Birman, A.R. Opredeleniye koeffitsienta filtratsii i parametrov protsessа propitki drevesnykh uglej v pole tsentrobezhnykh sil [Measuring the filtration coefficient and wood coal impregnation parameters in the centrifugal force field] / Birman, A.R. Krivonogova, A.S., Sokolova, V.A. // Nauchnoye obozreniye. 2015. № 7. P. 238–244. (№ 1346) (In Russian).
6. Birman A. Propitka drevesiny gidrostaticheskim sposobom [Hydrostatic wood impregnation] / Birman, A.R., Sokolov, V.A., Krivonogova, A.S. // Aktualniye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya

i praktika: Sb. nauch. tr. po materialam zaoch. nauch.-praktich. konf. Voronezh, 2014. № 5. Part 4, P. 33–38. (In Russian).

7. Birman, A.R. Tortsovaya propitka dlinnomernykh sortimentov [Frontal impregnation of long logs] / Birman A.R., Sokolov V.A., Krivonogova A.S. // Nauchnoye obozreniye. 2014. № 7. P. 281–285. (№ 1346). (In Russian).

8. Krivonogova, A.S. Matematicheskaya model protsessa propitki kapillyarno-poristykh struktur vodnymi rastvorami peroksida [Mathematical model of capillary-porous woodstructure impregnation with peroxide aqueous solution] // Nauchnoye obozreniye. 2015. № 7. P. 251–257. (№ 1346). (In Russian).

9. Krivonogova, A.S. Metodika statisticheskogo analiza zakonornostey izmeneniya fiziko-mekhanicheskikh kharakteristik uplotnennoy drevesiny [Methods of statistical analysis of changes in physical and mechanical properties of compacted wood] // Nauchnoye obozreniye. 2015. № 7. P. 244–251. (№ 1346). (In Russian).

10. Krivonogova, A.S. Opisaniye matematicheskoy modeli tekhnologii protsessa propitki kapillyarno-poristykh struktur vodnimi rastvorami peroksida [Mathematical model of the impregnation process in capillary-porous wood structures] / Krivonogova, A.S., Birman, A.R., Nguyen Van Toan // Educatio. 2015. № 4 (11). Part 4. Novosibirsk, P. 81–83. (In Russian).

11. Krivonogova, A.S. Propitka kapillyarno-poristykh struktur vstrechno-tsentrobeznyim sposobom [Counter-centrifugal impregnation of capillary-porous wood structures] / Krivonogova, A.S., Birman, A.R. // Aktualniye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika: Sb. nauch. tr. po materialam zaoch. nauch.-praktich. konf. 2015. № 2. Part 1. Voronezh, P. 236–240. (In Russian)

12. Krivonogova, A.S. Sovershenstvovanye tekhnologii podgotovki drevesiny myagkikh listvennykh porod dlya proizvodstva uglya vysokogo kachestva: Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk [Improving the technology of preparing soft leaf wood for high-quality coal production: Author's abstract of Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences]. Saint Petersburg, 2015. (In Russian).

13. Krivonogova, A.S. Statisticheskyye pokazateli ekspluatatsionnykh kharakteristik modifitsirovannoy drevesiny [Statistical indicators of the modified wood operational performance / Krivonogova, A.S., Nguyen Van Toan, Sokolova, V.A., Birman, A.R. // Aktualniye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika: Sb. nauch. tr. po materialam zaoch. nauch.-praktich. konf. 2015. № 2. Part 2. Voronezh, P. 239–243. (In Russian).

*A.S. Krivonogova, N.A. Belinogova, A.R. Birman
St. Petersburg, Russia*

THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN DEEP WOOD COMPACTION AND OPERATING CHARACTERISTICS

Abstract. The following paper studies and classifies the existing and new experimental data on changes in physical and mechanical properties of compressed wood. Here we have determined the patterns of changes in physical and mechanical characteristics of compressed wood, deformation properties of soft leaf wood required to develop compaction modes and wood parameters, and opportunities for a complete substitute of precious wood and other scarce and expensive compressed wood materials. We have analyzed the functional dependencies on wood density for physical and mechanical characteristics of the compressed wood, considered the values of quality factors (strength, hardness and wear) and their application at the highest possible compaction and revealed the exact methods for studying the process of deep compaction. The work offers a method for calculating the experimental observation of wood performance parameters. The research is focused on systematizing the existing experimental data and obtaining new data on the changes in physical and mechanical properties of compressed wood, including aspen wood. When studying physical and mechanical properties of wood, a substantial variation of measurement results is observed due to a large number of independent factors. This is particularly true when testing compacted wood, since various conditions and compaction modes are to be considered. Therefore, to achieve objective view on the principles regulating the changes in physical and mechanical properties of compressed wood, one requires careful statistical analysis of many experiments. For the most part, statistical analysis is aimed at identifying the optimal industrial use of compressed wood and prospects of such use, finding the most profitable degrees of wood compaction depending on its use, and analysing compressed wood characteristics depending on its density.

The present studies were aimed at determining deformation properties of soft leaf wood required to develop compaction modes and identify their parameters, clarifying the opportunities for a complete substitution of precious wood and other scarce and expensive compressed wood materials, and identifying the principles regulating the changes in physical and mechanical properties of compressed wood in order to predict these properties.

Key words: wood; physical and mechanical properties of wood; wood compaction; statistical analysis.

About the authors: Alexandra Stanislavovna Krivonogova, Assistant Professor at the Department of Descriptive Geometry and Graphics; Natalia Aleksandrovna Belonogova, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Descriptive Geometry and Graphics; Aleksey Romanovich Birman, Candidate of Technical Sciences, Professor at the Department of Logging Technologies.

Place of employment: Saint Petersburg State Forest Technical University.

УДК 665.112.1

А.А. Пурецкий, С.Н. Бутова, С.Ю. Солдатова
Москва, Россия

РАЗРАБОТКА МАЙОНЕЗНОГО СОУСА С ДОБАВЛЕНИЕМ ОБЛЕПИХОВОГО МАСЛА

Аннотация. Облепиховое масло содержит комплекс полезных ингредиентов, в частности, оптимальное соотношение омега-3 и омега-6 жирных кислот, является лидером по содержанию витаминов группы А и Е. Введение облепихового масла в состав масложировых продуктов способствует повышению их биологической ценности.

В работе рассматривается один из видов биологически активных компонентов, который может увеличить функциональность продукта, – облепиховое масло. Функциональные пищевые продукты занимают промежуточное место между продуктами массового потребления и лечебными продуктами. Целью данной работы была разработка майонезного соуса повышенной биологической ценности с облепиховым маслом.

Методика исследования учитывала особенности быстрого окисления и распада облепихового масла при различных технологических процессах. Одним из показателей ценности облепихового масла является содержание токоферолов, каротиноидов.

Для экспериментов использовали масло, полученное первичным прессованием из семян облепихи Крушевидной. Семена являются вторичным сырьем после получения сока из ягод облепихи. После сушки до влажности 7% семена отправляли в шнек-пресс для получения масла.

Окислительную стабильность свежесжатого облепихового масла изучали путем еженедельного определения показателей кислотного и перекисного чисел (ПЧ и КЧ) на протяжении трех месяцев. В качестве стандарта сравнения было выбрано рафинированное дезодорированное подсолнечное масло, которое является традиционным жировым компонентом майонезов и майонезных соусов. Хранение образцов масла осуществляли при комнатной температуре на свету.

Далее были разработаны рецептуры майонезного соуса с добавлением облепихового масла, оценено их качество и окислительная стабильность.

Результатом работы стало определение путей использования облепихового масла в чистом виде для производства масложировых продуктов: майонеза, маргарина, спреда.

Ключевые слова: масло; функциональность продукта; токоферол; каротиноиды; майонез; окисление.

Сведения об авторах: Александр Александрович Пурецкий, аспирант Московского государственного университета пищевых производств; Светлана Николаевна Бутова, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой биотехнологии и технологии продуктов биорганического синтеза; Светлана Юрьевна Солдатова, кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии и технологии продуктов биорганического синтеза.

Место работы: ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств».

Контактная информация: 125080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11; тел.: 8-499-750-01-11, 8-909-651-32-26. E-mail: zhimgupp@mail.ru, puretskiy_alex@mail.ru.
