

УДК 674:630.886 +663.241/256

Поступила в редакцию 10.05.2017
Received 10.05.2017О.Н. Урсул¹, Т.М. Тананайко²¹РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,
г. Минск, Республика Беларусь²Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА БЕЛОРУССКОЙ ДРЕВЕСИНЫ ГРУШИ И ДУБА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛКОГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация: Статья является продолжением публикаций по сравнительному анализу технологического потенциала белорусской древесины различных видов для производства алкогольной продукции. В данной статье рассматривается возможность использования белорусской древесины груши. Проведен анализ исходного компонентного состава исследуемой древесины. Отмечена необходимость термической обработки древесины для подготовки ее экстрактивных компонентов к извлечению и новообразованию. Установлены оптимальные способы обработки древесины и зависимости накопления экстрактивных и ароматобразующих компонентов от вида древесины. Исследованы органолептические характеристики, сообщаемые экстрактивными компонентами различных видов древесины, на основании которых даны рекомендации направлений их использования при производстве алкогольной продукции.

Ключевые слова: древесина дуба, древесина груши, предварительная обработка, алкогольная продукция, экстрактивные компоненты, ароматические альдегиды, органолептические характеристики

O.N. Ursul¹, T.M. Tananajka²¹Scientific-Practical Center for Foodstuffs NAS of Belarus, RUE, Minsk, Republic of Belarus²Educational institution "Belarusian State Technological University", Minsk, Republic of Belarus

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL CAPACITY OF BELARUSSIAN OAK AND PEAR WOOD FOR THE ALCOHOLIC BEVERAGES PRODUCTION

Abstract: The article continues a series of publications on a comparative analysis of the technological capacity of Belarusian wood of various types for the production of alcoholic beverages. The article discusses the possibility of usage of oak and pear wood of Belarusian origin in the production of alcoholic beverages. It is noted that the main selection criterion for the production of alcoholic beverages is the chemical composition of wood. The analysis of the initial component of investigated wood was conducted. The necessity of thermal treatment of wood for preparation of its extractive components for extraction was noted. Optimal methods of wood pre-treatment and dependencies of the accumulation of extractives and aromatic components according to type of wood were established. Organoleptic characteristics reported by extractive components of different types of wood were investigated, on the basis of which were given recommendations on directions of their use in the production of alcoholic beverages.

Key words: oak wood, pear wood, pre-treatment, alcohol products, extractive components, aromatic aldehydes, organoleptic characteristics

Введение. Спрос на алкогольную продукцию, выдержанную в контакте с древесиной дуба, обусловлен ароматическими особенностями компонентов древесины дуба. Ранее в статье [1] был приведен сравнительный анализ технологического потенциала древесины дуба, классического для виноделия, с новым видом древесины — яблоней. Известно, что формирование типичных тонов выдержки в данной продукции основано на экстрактивных компонентах древесины. Их источником для выдержанной алкогольной продукции помимо древесины дуба и яблони могут быть также груша и слива. Технологический потенциал белорусской древесины дуба, липы и клена для целей производства алкогольной продукции исследован в сравнении [2].

Актуальность исследования перспектив использования в виноделии новых видов древесины определяется в первую очередь экономической целесообразностью (импортозамещение дорогостоящего сырья древесины дуба для виноделия). Кроме того при использовании белорусского сырья появляется возможность контроля качества древесины, используемой в производстве, а также расширяется база для разработки новых видов спиртных напитков с новыми уникальными органолептическими характеристиками.

Цель исследования — проведение сравнительного анализа технологического потенциала белорусской древесины груши и дуба для целей производства алкогольной продукции.

Материалы и методы исследования

Образцы древесины и их краткая геоботаническая характеристика

Объектами исследования была подготовленная щепа белорусской древесины ботанических видов дуб черешчатый (*Quercus robur*) и груша обыкновенная (*Pyrus communis*).

Краткая геоботаническая характеристика древесины дуба приведена в [1, 3, 4].

В отличие от древесины дуба груша обыкновенная (*Pyrus communis*) является безъядровой рассеянно-сосудистой спелодревесной породой. Спелодревесные породы отличаются от заболонных тем, что центральная зона ствола в растущем дереве имеет меньшую влажность, чем периферическая. Эту периферическую зону и принято называть спелой древесиной. Древесина имеет окраску теплых тонов от розовато-желтовато-белого (у молодых деревьев) до буровато-красного цвета (у более старых). Годичные слои и сердцевинные лучи на продольных разрезах, в отличие от древесины дуба, слабо различимы. Таким образом, для целей производства алкогольной продукции будет исследована вся спелодревесная часть древесины груша, в отличие от древесины дуба, где используется только ядро [3, 4].

Водно-спиртовая экстракция и термическая обработка древесины

Оценку технологического потенциала древесины дуба и груши осуществляли по качественному и количественному составу экстрактивных компонентов.

Древесину для исследований подготавливали следующим образом. Щепа древесины с помощью лабораторной мельницы измельчали до порошкообразного состояния. Режимы экстрагирования указаны в табл. 1. Образцы выдерживали в течение одного месяца в темном месте при комнатной температуре $t = 20^\circ\text{C}$.

Таблица 1. Режимы экстракции компонентов из древесины дуба и груши
Table 1. Extraction modes of oak and pear wood components

Наименование вида древесины	Массовая концентрация в водно-спиртовом растворе, %	Объемная доля этилового спирта, %
Дуб черешчатый	5	60
Груша обыкновенная	5	60

Образцы необработанной древесины дуба и груши для исследования начального уровня содержания экстрактивных компонентов маркировали как *Q-0* и *Pyr-0* соответственно.

Термическую обработку древесины дуба и груши осуществляли в сушильном шкафу продолжительностью 60 мин при температуре от 120°C до 260°C с шагом в 20°C (7 режимов).

Экстракцию термически обработанных образцов древесины дуба и груши для оценки содержания экстрактивных компонентов проводили с соблюдением режимов, указанных в табл. 1, по вышеуказанному способу.

Образцы термически обработанной древесины дуба и груши для исследования содержания экстрактивных компонентов маркировали в соответствии с табл. 2.

Таблица 2. Образцы водно-спиртовых экстрактов термически обработанной древесины дуба и груши
Table 2. Samples of hydroalcoholic extracts of heat-treated oak and pear wood

Наименование вида древесины	Температура обработки, $^\circ\text{C}$						
	120	160	180	200	220	240	260
Дуб черешчатый	<i>Q-120</i>	<i>Q-160</i>	<i>Q-180</i>	<i>Q-200</i>	<i>Q-220</i>	<i>Q-240</i>	<i>Q-260</i>
Груша обыкновенная	<i>Pyr-120</i>	<i>Pyr-160</i>	<i>Pyr-180</i>	<i>Pyr-200</i>	<i>Pyr-220</i>	<i>Pyr-240</i>	<i>Pyr-260</i>

Анализ экстрактивных компонентов

Анализ состава экстрактивных компонентов образцов древесины дуба и груши (дубильных веществ (галловая и эллаговая кислоты), продуктов распада целлюлоз, гемицеллюлоз (фурфурол, 5-МФ и 5-ГМФ) и низкомолекулярных производных лигнина (кониферилловый альдегид, ванилин, ванилиновая кислота, синаповый альдегид, синаповая кислота, сиреневый альдегид, сиреневая кислота, 4-ГБА, р-кумаровая кислота) проводили методом ВЭЖХ, описанным в [1]. Результаты выражали в мг/100 г сухой древесины.

Результаты и их обсуждение. Для контакта с алкогольной продукцией древесину подвергают предварительной обработке с целью подготовки экстрактивных компонентов к извлечению [5–11]. Обработка позволяет удалить нежелательные компоненты из древесины и подготовить ароматические вещества к экстрагированию в алкогольный напиток с целью формирования тонов выдержки в алкогольной продукции.

Выбор способов предварительной обработки различных видов древесины зависит от ее химического состава [6–8, 12–15]. В связи с этим был проведен анализ состава экстрактивных компонентов в образцах белорусской древесины дуба и груши.

Исследование начального уровня содержания экстрактивных компонентов в необработанной древесине проводили после водно-спиртовой экстракции в образцах *Q-0* и *Pyr-0*. По завершении экстрагирования полученные водно-спиртовые экстракты древесины отфильтровывали и исследовали по содержанию экстрактивных компонентов.

В табл. 3 приведено содержание основных экстрактивных компонентов в необработанной древесине, мг/100 г сухой древесины.

Т а б л и ц а 3. Содержание экстрактивных компонентов необработанной древесины дуба и груши, мг/100 г сухой древесины
Table 3. The content of extractive components of untreated oak and pear wood, mg/100 g of dry wood

Наименование компонента	Содержание, мг/100 г сухой древесины	
	<i>Q-0</i>	<i>Pyr-0</i>
Галловая кислота	12,2	н/о
Эллаговая кислота	102	н/о
Фурфурол	н/о	н/о
5-МФ	0,11	н/о
5-ГМФ	0,2	н/о
Кониферилловый альдегид	0,55	0,06
Ванилин	н/о	0,33
Ванилиновая кислота	0,31	н/о
Синаповый альдегид	1,98	0,65
Синаповая кислота	0,1	н/о
Сиреневый альдегид	1,74	0,28
Сиреневая кислота	1,01	0,22
4-ГБА	н/о	н/о
р-кумаровая кислота	0,2	н/о

Примечание: н/о — содержание компонента в водно-спиртовом экстракте менее 0,1 мг/дм³

По результатам анализа содержания основных экстрактивных компонентов в необработанной древесине (табл. 3) отмечено следующее:

1) Общее содержание экстрактивных компонентов в необработанной древесине *Q-0* выше, чем в *Pyr-0* (120,32 мг/100 г сухой древесины и 1,54 мг/100 г сухой древесины соответственно). Необработанная древесина дуба обладает большим технологическим потенциалом для извлечения экстрактивных компонентов при производстве алкогольной продукции. Древесина груши требует дополнительной обработки, подготавливающей древесину к извлечению экстрактивных компонентов.

2) Дубильные вещества (галловая и эллаговая кислоты) обнаружены только в древесине дуба (*Q-0*). Дубильные вещества сообщают тона выдержки алкогольной продукции, однако их избыток способс-

твует образованию помутнений с солями железа и придает грубость и резкость во вкусе алкогольных напитков. Дубильные вещества плохо растворимы в холодной воде, и относительно хорошо — в горячей. Предварительная обработка древесины горячей и холодной водой позволяет снизить высокое содержание дубильных веществ [3].

3) Содержание фурановых компонентов в образцах необработанной древесины дуба незначительное, в доревесине груши не обнаружены или содержатся в количестве менее $0,1 \text{ мг/дм}^3$ в водно-спиртовом экстракте. Фурановые альдегиды в значительной степени образуются при термической обработке древесины и способствуют формированию в букете алкогольной продукции карамельного и других оттенков. На основании этого древесину обоих видов подвергают различной степени термической обработки.

4) Общее содержание производных лигнина в необработанной древесине *Q-0* выше, чем в *Pyr-0* (5,89 мг/100 г сухой древесины и 1,54 мг/100 г сухой древесины соответственно) из экстрактивных компонентов в древесине груши обнаружены только производные лигнина.

5) В обоих образцах древесины отмечено наличие коричных альдегидов (конифериловый и синаповый), которые в процессе экстракции и действия кислорода воздуха способствуют формированию бензойных альдегидов (ванилин и сиреневый альдегид) и соответствующих кислот [5, 11, 16, 17]. Отмечено, что в обоих образцах древесины степень окислительной трансформации производных сирингилового ряда (синаповый и сиреневый альдегиды, синаповая и сиреневая кислоты) выше, чем производных гваяцилового ряда (конифериловый альдегид, ванилин, ванилиновая кислота) по их содержанию и находится в соотношении 5,6 : 1 в *Q-0* и 3 : 1 в *Pyr-0*.

Таким образом, на основании данных по составу экстрактивных компонентов необработанной древесины (табл. 3) сделан вывод о целесообразности термической обработки с целью подготовки экстрактивных компонентов к извлечению. Это позволяет ускорить процессы окислительной термодеструкции полимеров древесины, которые являются основополагающими в сложении букета и вкуса алкогольных напитков.

Известно, что изменение физических показателей древесины и термодеструкция ее полимеров происходит в интервале температур от 120°C до 250°C , однако структура древесины при этом сохраняется [5, 6, 11, 12, 14, 16–19].

Влияние термической обработки на изменение содержания экстрактивных компонентов древесины дуба и груши исследовали при температуре обработки от 120°C до 260°C в образцах водно-спиртовых экстрактов согласно табл. 2.

На основании полученных данных по массовой концентрации индивидуальных компонентов в водно-спиртовых экстрактах древесины сравнивали общее содержание экстрактивных компонентов, мг/100 г древесины, и суммарное содержание ароматических альдегидов, мг/100 г древесины — кониферилового, ванилина, синапового и сиреневого, как основных ароматобразующих компонентов алкогольной продукции. Кроме того, исследовали соотношение «сиреневый альдегид / ванилин» в качестве идентификационного показателя, характеризующего вид древесины и уровень ее термической обработки, для последующей оценки подлинности алкогольных напитков.

В результате анализа полученных данных отмечено, что отличительное накопление общего содержания экстрактивных компонентов и ароматических альдегидов происходило при температуре от 180°C до 240°C .

На рис. 1 приведена зависимость массовой концентрации экстрактивных компонентов древесины дуба и груши от уровня термической обработки.

Из рис. 1 следует, что максимальное содержание экстрактивных компонентов находится в следующих образцах древесины, мг/100 г древесины: *Q-220* — 581,7, *Pyr-220* — 270,6.

Известно, что низкомолекулярные продукты деполимеризации лигнина древесины максимально экстрагируются при $200\text{--}220^\circ\text{C}$ [13, 16, 17]. Нами был исследован вклад ароматических альдегидов — продуктов деполимеризации лигнина древесины различных видов — в общее содержание экстрактивных компонентов.

Результаты исследования формирования ароматических компонентов под действием различного уровня термической обработки представлены на рис. 2.

Из рис. 2 следует, что в зависимости от режима термической обработки максимальное накопление ароматических альдегидов происходит при 220°C в обоих видах древесины. Так, в древесине дуба *Q-220* накапливается 296,7 мг/100 г древесины ароматических альдегидов, что составляет 51,0 % от общего содержания экстрактивных компонентов; в древесине груши *Pyr-220* — 253,8 мг/100 г древесины — что составляет 93,8 % от общего содержания экстрактивных компонентов. Таким образом, относительное содержание ароматических альдегидов от общего содержания экстрактивных компонентов в термически обработанной древесине груши выше, чем в древесине дуба.

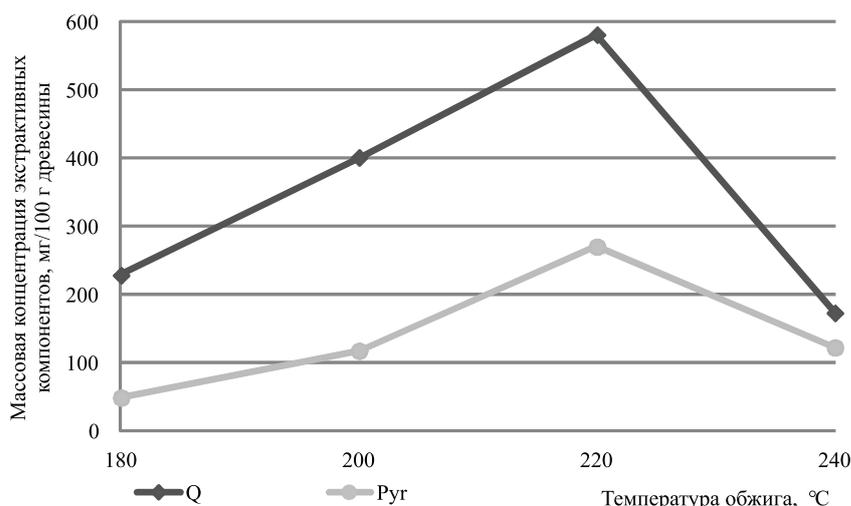


Рис. 1. Зависимость общего содержания экстрактивных веществ древесины от уровня термической обработки

Fig. 1. The dependence of the total content of extractive substances of wood on the level of heat treatment

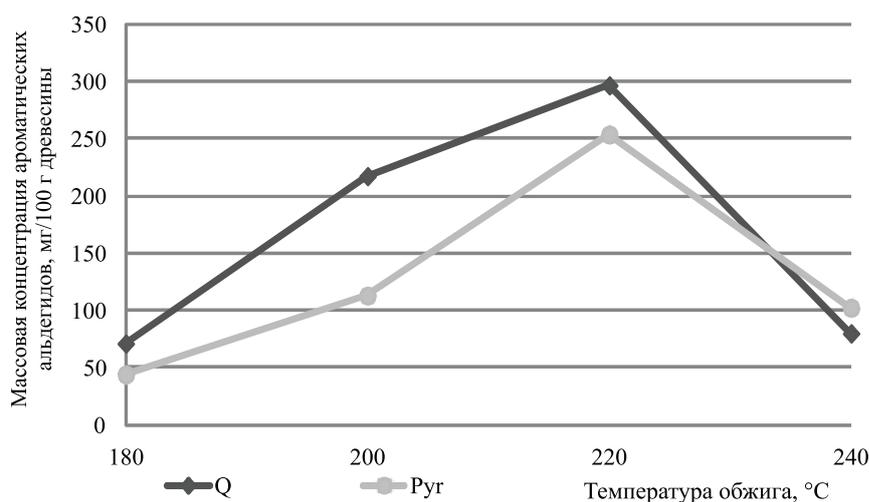


Рис. 2. Зависимость общего содержания ароматических альдегидов древесины от уровня термической обработки

Fig. 2. The dependence of the total content of aromatic aldehydes of wood on the level of heat treatment

Вклад ароматических альдегидов в общее содержание экстрактивных компонентов представлен в табл. 4.

Данные табл. 4 демонстрируют, что существует тесная зависимость общего содержания ароматических альдегидов от общего содержания экстрактивных компонентов. Это является важным критерием при оценке ароматобразующей функции различных видов обработанной древесины.

Таблица 4. Коэффициент корреляции общего содержания экстрактивных компонентов и ароматических альдегидов древесины дуба и груши
Table 4. Correlation coefficient of total extractive components and aromatic aldehydes of oak and pear wood

Вид древесины	Коэффициент корреляции R_{xy}
Q	0,9814
Pyr	0,9972

Следующим этапом оценки технологического потенциала белорусской древесины для производства алкогольных напитков было исследование критерия оценки качества древесины по соотношению ароматических альдегидов «сиреневый альдегид/ванилин». Данный критерий в настоящее время широко используется в исследовательских лабораториях для оценки качества и подлинности алкогольных напитков, выдержанных в контакте с древесиной. Этот показатель характеризует природу лигнинового комплекса, в котором в соответствии со структурными звеньями содержание сиреневого альдегида всегда выше, чем ванилина. Исходя из этого, данный критерий позволяет судить об экзогенном внесении дополнительных компонентов, как правило, ванилина, нарушающих характерные соотношения. В то же время значение этого показателя зависит от ряда факторов, описанных в [1].

Данные по соотношению «сиреневый альдегид/ванилин» в зависимости от вида древесины и режима ее термической обработки представлены в табл. 5.

Таблица 5. Зависимость соотношения «сиреневый альдегид/ванилин» от тепловой обработки и вида древесины
Table 5. Dependence of the ratio “syringaldehyde/vanillin” on the heat treatment and the type of wood

Вид древесины	Соотношение «сиреневый альдегид / ванилин» в зависимости от температуры обработки (°C)							Коэффициент корреляции R_{xy}	Коэффициент корреляции при температуре обработки 180 – 240 °C R_{xy}
	120	160	180	200	220	240	260		
<i>Q</i>	10,38	1,22	1,47	2,37	4,90	4,69	2,97	0,7120	0,9760
<i>Pyr</i>	-	1,27	1,67	2,95	8,13	11,25	5,08	0,7169	0,9753

Из данных табл. 5 следует, что значения соотношения «сиреневый альдегид/ванилин» подчеркивают идентификационные различия видов древесины. Коэффициент корреляции при температуре обработки обоих видов древесины 180–240 °C показывает тесную зависимость (98 %) соотношения «сиреневый альдегид/ванилин» от уровня термической обработки. Таким образом, соотношение «сиреневый альдегид/ванилин» может быть использовано в дальнейшем в качестве показателя, характеризующего вид древесины и степень ее обработки для последующей оценки подлинности выдержанных алкогольных напитков.

Таким образом, на основании данных рис. 1, 2 и табл. 5 определены диапазоны термической обработки древесины в зависимости от вида с целью максимального накопления в них ароматических альдегидов и подготовки их к извлечению. Установленные оптимальные режимы приведены в табл. 6.

Таблица 6. Температура предварительной обработки древесины, обеспечивающая максимальное накопление ароматических альдегидов
Table 6. The temperature of the pre-treatment of wood, providing the maximum accumulation of aromatic aldehydes

Вид древесины	Температура обработки, °C	Оптимальная температура обработки, °C
<i>Q</i>	180–220	220
<i>Pyr</i>	200–240	220

На основании приведенных данных отмечено, что древесина дуба является более термочувствительной (высокое накопление ароматических компонентов от 180 °C), чем древесина груши, что связано со структурно-анатомическими особенностями (ширина сосудов) и прочностью древесины.

С целью оценки перспектив использования древесины груши и дуба при производстве алкогольных напитков [20] исследованы органолептические характеристики (букет и вкус) изготовленных водно-спиртовых экстрактов обработанной древесины с максимальным содержанием экстрактивных компонентов *Q-220* и *Pyr-220* (табл. 7).

На основании сравнительных исследований букета образцов водно-спиртовых экстрактов древесины (табл. 7) отмечено формирование благородных тонов обжаренной древесины. Для древесины груши *Pyr-220* отмечено развитие в букете благородных оттенков копченого чернослива. Для древесины дуба *Q-220* отмечена более сложная структура букета со смолистыми и ореховыми оттенками во вкусе и букете различных групп алкогольной продукции.

Таблица 7. Органолептические характеристики водно-спиртовых экстрактов Q-220 и Pyr-220
Table 7. Organoleptic characteristics of hydro-alcoholic extracts Q-220 and Pyr-220

Наименование экстракта	Органолептические характеристики	
	Букет	Вкус
Q-220	Сложный, с преобладанием тонов обжаренной древесины, свойственный древесине дуба	Терпкий, чистый, выраженный, с тонами обжаренной древесины дуба, смолистый, свойственный древесине дуба
Pyr-220	Сложный, с преобладанием тонов обжаренной древесины и оттенками вяленой груши и копченого чернослива	Терпкий, чистый, с тонами вяленой груши и оттенками копченого чернослива

На основании сравнительных исследований вкуса образцов водно-спиртовых экстрактов древесины отмечена возможность их использования при разработке новых видов алкогольной продукции с уникальными органолептическими характеристиками. В древесине груши *Pyr-220* отмечены увяленные тона груши и оттенки копченого чернослива. Формирование таких оттенков благоприятно при производстве различных групп алкогольной продукции. Для древесины дуба *Q-220* отмечены выраженные смолистые оттенки. Экстрактивные компоненты древесины дуба будут сообщать благоприятные оттенки органолептическим характеристикам различных групп алкогольной продукции.

Выводы. Проведена сравнительная оценка технологического потенциала древесины дуба и груши, произрастающих в Республике Беларусь, в качестве сырья для производства алкогольных напитков с уникальными органолептическими характеристиками.

Установлена необходимость дифференцированной термической обработки для древесины обоих видов с целью извлечения и новообразования экстрактивных компонентов. Отмечено, что максимальное количество ароматических компонентов экстрагируется из обоих видов древесины при температуре 180–240°C. Максимальным содержанием экстрактивных компонентов обладает древесина дуба *Q-220*. В то же время, максимальным содержанием ароматических альдегидов (93,8 %) относительно общего содержания экстрактивных компонентов обладает древесина груши *Pyr-220*.

Установлена тесная зависимость показателя «сиреневый альдегид/ванилин» от температуры обработки и вида древесины при 180–240°C (98 %). Данный показатель может быть использован в дальнейшем в качестве показателя, характеризующего вид древесины и степень ее обработки для последующего анализа выдержанных алкогольных напитков.

Сравнительный анализ букета и вкуса, сообщаемых экстрактивными компонентами белорусской древесины дуба и груши, позволяет их использовать при производстве различных групп алкогольной продукции с отличительными органолептическими характеристиками.

Перспективы использования другого белорусского вида древесины семейства Розоцветных (сливы), помимо яблони и груши, в сравнении с древесиной дуба для целей производства алкогольной продукции, будут приведены в следующих исследованиях.

Список использованных источников

1. Урсул, О.Н. Сравнительный анализ технологического потенциала белорусской древесины яблони и дуба для производства алкогольной продукции / О.Н. Урсул, Т.М. Тананайко // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2016. — № 4 (34). — С. 172–177.
2. Урсул, О.Н. Оценка технологического потенциала древесины отечественных пород в производстве выдержанной алкогольной продукции / О.Н. Урсул, С.В. Ризевский // Молодежь в науке — 2014: Приложение к журналу «Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі» в пяти частях, ч. 5-я, Серия аграрных наук. — Минск. — 2015. — С. 172–177.
3. Изучение динамики компонентного состава выдержанной винодельческой продукции и перспектив использования древесины белорусского происхождения с целью разработки элитной национальной алкогольной продукции: отчет о НИР (заключ.) : 65.13.21, 65 / РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию»; рук. Т.М. Тананайко; исполн.: О.Н. Урсул [и др.]. — Минск, 2014. — 408 с. — № ГР 20121405.

4. Разработка научно-практических основ получения и применения экстрактов термообработанной древесины ряда лиственных растений для коррекции органолептических характеристик алкогольной продукции: отчет о НИР (заключ.) : 65.47, 65.49 / РУП «НПЦ НАН Беларуси по продовольствию»; рук. Т.М. Тананайко; исполн.: О.Н. Урсул [и др.]. — Минск, 2015. — 426 с. — № ГР 20111481.
5. Influence of wood heat treatment, temperature and maceration time on vanillin, syringaldehyde, and gallic acid contents in oak wood and wine spirit mixtures / R. Gimenes Martines [et al.] // *American J. of Enology. And Viticulture.* — 1996. — № 47. — P. 441–446.
6. Modelisation of heat treatment of Portuguese oak wood (*Quercus pyrenaica* L.). Analysis of the behaviour of low molecular weight phenolic compounds / S. Canas [et al.] // *Ciencia of Technol. Vitiv.* — 2000. — Vol. 15. — P. 75–94.
7. Optimisation of accelerated ageing of grape marc distillate on a micro-scale process using a Box–Behnken design: influence of oak origin, fragment size and toast level on the composition of the final product / R. Rodriguez-Solana [et al.] // *Australian Journal of Grape and Wine Research.* — 2017. — Vol. 23. Iss. 1. — P. 5–14.
8. Influence of combined hydro-thermal treatments on selected properties of Turkey oak (*Quercus cerris* L.) wood / L. Todaro [et al.] // *J. of Wood Sci. Technol.* — 2012. — Vol. 46, № 1. — P. 563–578.
9. Process for preparing an oak wood extract and distillate: US 5 356 641, U.S. Cl. 426/52, Int. Cl. A 23 L 1/0534 / Bowen [et al.]; assignee Indopco Inc. Quest, International Flavors & Food, Ingredients Company, Md. — № 58,706; filed on 10.05.1993; pub. date 18.10.1994 // Patent application publication. — 1994. — P. 1–6.
10. Исследование кинетики набухания древесины вишни и сливы в водно-спиртовых растворах и в воде / И.В. Новикова [и др.] // *Производство спирта и ликероводочных изделий.* — 2012. — № 2. — С. 16–17.
11. Changes in low molecular weight phenolic compounds in Spanish, French and American oak woods during natural seasoning and toasting / E. Cadahia [et al.] // *J. Agric. Food Chem.* — 2001. — Vol. 49. — P. 1790–1798.
12. Experimental and theoretical studies of the thermal degradation of a phenolic dibenzodioxocin lignin model / Ch. Gardrat [et al.] // *J. of Wood Sci. Technol.* — 2013. — Vol. 47, № 1. — P. 27–41.
13. Аксенов, П.А. Отбор дуба для использования его древесины в виноделии: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01 / П.А. Аксенов; ФГБОУ ВПО «Московский госуд. ун-т леса». — Москва, 2012. — 24 с.
14. Intraspecific variation of European oak wood thermal stability according to radial position / J. Hamada [et al.] // *J. of Wood Sci. Technol.* — 2017. — Vol. 51, Iss. 4. — P. 785–794.
15. Perrez-Coello, M.S. Determination of volatile compounds in hydroalcoholic extracts of French and American oak wood / M.S. Perrez-Coello, J. Sanz, M.D. Cabezudo // *American Journal of Enology and Viticulture.* — 1999. — Vol. 50(2). — P. 162–165.
16. Кононов, Г.Н. Химия древесины и ее основных компонентов / Г.Н. Кононов. — Москва: МГУЛ, 1999. — 247 с.
17. Браунс, Ф.Э. Химия лигнина / Ф.Э. Браунс. — Москва: Лесная пром-ть, 1964. — 864 с.
18. Volatile composition analysis by solid-phase microextraction applied to oak wood used in cooperage (*Quercus pyrenaica* and *Quercus petraea*): effect of botanical species and toasting process / A.M. Jordao [et al.] // *J. of Wood Sci.* — 2006. — Vol. 52. — P. 514–521.
19. Ризевский, С.В. Получение и анализ экстрактов термообработанной древесины лиственных пород растений для использования в виноделии / С.В. Ризевский, О.Н. Урсул, В.П. Курченко // Тезисы докладов 78-ой научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов «Технология органических веществ», Минск, 3–13 февраля 2014 г. // УО БГТУ; редкол.: И.М. Жарский [и др.]. — Минск. — 2014. — С. 47.
20. Alternative woods for aging distillates — an insight into their phenolic profiles and antioxidant activities / R.R. Madrera [et al.] // *J. of Food Sci. Biotechnol.* — 2012. — Vol. 19, № 4. P. 1129–1134.

References

1. Ursul O.N. Comparative analysis of the technological potential of Belarusian apple and oak wood for the production of alcohol products / O.N. Ursul, T.M. Tananaiko // Food industry: science and technology. — 2016. — No. 4 (34). — pp. 90–98.
2. Ursul O.N. Estimation of technological potential of wood of domestic breeds in the production of aged alcoholic products / O.N. Ursul, S.V. Rizewski // Youth in Science — 2014: Supplement to the journal «Vesci Natsynyannaya Akademiiii Navuk Belarusi» in five parts, part 5, Series of Agricultural Sciences. — Minsk. — 2015. — pp. 172–177.
3. Study of the dynamics of the component composition of aged wine products and the prospects for the use of timber of Belarusian origin for the purpose of developing elite national alcohol products: report on research (conclusion): 65.13.21, 65 / RUE «NPC NAS of Belarus for Food»; hands. T.M. Tananaiko; Exec.: O.N. Ursul [and others]. — Minsk, 2014. — 408 p. — No. GR 20121405.
4. Development of scientific and practical principles for obtaining and applying extracts of heat-treated wood of a number of deciduous plants for correction of organoleptic characteristics of alcohol products: report on research (conclusion): 65.47, 65.49 / RUE «NPC NAS of Belarus for Food»; hands. T.M. Tananaiko; Exec.: O.N. Ursul [and others]. — Minsk, 2015. — 426 p. — No. GR 20111481.
5. Influence of wood heat treatment, temperature and maceration time on vanillin, syringaldehyde, and gallic acid contents in oak wood and wine spirit mixtures / R. Gimenes Martines [et al.] // American J. of Enology. And Viticulture. — 1996. — № 47. — pp. 441–446.
6. Modelisation of heat treatment of Portuguese oak wood (*Quercus pyrenaica* L.). Analysis of the behaviour of low molecular weight phenolic compounds / S. Canas [et al.] // Ciencia of Technol. Vitiv. — 2000. — Vol. 15. — pp. 75–94.
7. Optimisation of accelerated ageing of grape marc distillate on a micro-scale process using a Box–Behnken design: influence of oak origin, fragment size and toast level on the composition of the final product / R. Rodríguez-Solana [et al.] // Australian Journal of Grape and Wine Research. — 2017. — Vol. 23. Iss. 1. — pp. 5–14.
8. Influence of combined hydro-thermal treatments on selected properties of Turkey oak (*Quercus cerris* L.) wood / L. Todaro [et al.] // J. of Wood Sci. Technol. — 2012. — Vol. 46, № 1. — pp. 563–578.
9. Process for preparing an oak wood extract and distillate: US 5 356 641, U.S. Cl. 426/52, Int. Cl. A 23 L 1/0534 / Bowen [et al.]; assignee Indopco Inc. Quest, International Flavors & Food, Ingredients Company, Md. — № 58,706; filed on 10.05.1993; pub. date 18.10.1994 // Patent application publication. — 1994. — pp. 1–6.
10. Investigation of the swelling kinetics of cherry and plum wood in water-alcohol solutions and in water / I.V. Novikova [et al.] // Production of alcohol and alcoholic beverages. — 2012. — № 2. — pp. 16–17.
11. Changes in low molecular weight phenolic compounds in Spanish, French and American oak woods during natural seasoning and toasting / E. Cadahia [et al.] // J. Agric. Food Chem. — 2001. — Vol. 49. — pp. 1790–1798.
12. Experimental and theoretical studies of the thermal degradation of a phenolic dibenzodioxocin lignin model / Ch. Gardrat [et al.] // J. of Wood Sci. Technol. — 2013. — Vol. 47, № 1. — pp. 27–41.
13. Aksenov P.A. Selection of oak for the use of its wood in winemaking: author's abstract. dis. ... cand. agricultural sciences: 06.03.01 / P.A. Aksenov; FGBOU HPE “Moscow State University. un-t of the forest” — Moscow, 2012. — 24 p.
14. Intraspecific variation of European oak wood thermal stability according to radial position / J. Hamada [et al.] // J. of Wood Sci. Technol. — 2017. — Vol. 51, Iss. 4. — pp. 785–794.
15. Perrez-Coello M.S. Determination of volatile compounds in hydroalcoholic extracts of French and American oak wood / M.S. Perrez-Coello, J. Sanz, M.D. Cabezudo // American Journal of Enology and Viticulture. — 1999. — Vol. 50(2). — pp. 162–165.
16. Kononov G.N. Chemistry of wood and its main components / G.N. Kononov. — Moscow: MGUL, 1999. — 247 p.

17. Browns F.E. Chemistry of lignin / F.E. Browns. — Moscow: Forest Industry, 1964. — 864 p.
18. Volatile composition analysis by solid-phase microextraction applied to oak wood used in cooperage (*Quercus pyrenaica* and *Quercus petraea*): effect of botanical species and toasting process / A.M. Jordao [et al.] // J. of Wood Sci. — 2006. — Vol. 52. — pp. 514–521.
19. Rizewski S.V. Preparation and analysis of extracts of heat-treated hardwood for use in winemaking / S.V. Rizewski, O.N. Ursul, V.P. Kurchenko // Theses of reports of the 78th scientific and technical conference of faculty, researchers and graduate students “Technology of organic substances”, Minsk, February 3 – 13, 2014 // UB BSTU; Seldom: I.M. Zharsky [and others]. — Minsk. — 2014. — p. 47.
20. Alternative woods for aging distillates — an insight into their phenolic profiles and antioxidant activities / R.R. Madrera [et al.] // J. of Food Sci. Biotechnol. — 2012. — Vol. 19, № 4. — pp. 1129–1134.

Благодарности

Исследования, описанные в данной работе, были проведены в рамках заданий №№ 20110505 и 20141481 Государственной программы научных исследований «Инновационные технологии в АПК» на 2011–2015 гг. (подпрограмма 9.5 «Процессы и аппараты пищевых производств») совместно с БГУ, Министерством образования.

Acknowledgments

The research described in this work was carried out within the framework №№ 20110505 and 20141481 of State Program of Scientific Research “Innovative Technologies in the Agroindustrial Complex” for 2011–2015 (subprogram 9.5 “Processes and Apparatuses of Food Production”) in cooperation with BSU, the Ministry of Education.

Информация об авторах

Урсул Ольга Николаевна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник — руководитель группы по винодельческой и пивобезалкогольной отраслям отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: vino@belproduct.com

Тананайко Татьяна Михайловна — кандидат технических наук, доцент кафедры биотехнологии и биоэкологии учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (ул. Свердлова, 13, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: tananajko65@gmail.com

Information about the authors

Ursul Volha Nikolaevna — Ph.D., Senior Researcher — team leader for winemaking, beer and soft drinks industry of technology of alcoholic and non-alcoholic beverages department RUE “Scientific-Practical Center for Foodstuffs NAS of Belarus” (29 Kozlova str., Minsk, Republic of Belarus). E-mail: vino@belproduct.com

Tananaika Tatsiana Mikhailovna — Ph.D., assistant professor of the Department of Biotechnology and Bioecology of educational institution “Belarusian State Technological University” (13 Sverdlova str., Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tananajko65@gmail.com