

*В статье рассматривается возможность использования отечественных древесины яблони и дуба в сравнении для целей производства алкогольных напитков. Отмечено, что основным критерием выбора древесины для алкогольной отрасли являются ее экстрактивные компоненты. 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*

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ДРЕВЕСИНЫ ЯБЛОНИ И ДУБА БЕЛОРУССКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛКОГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*О. Н. Урсул, кандидат технических наук, старший научный сотрудник — руководитель группы по винодельческой и пивобезалкогольной отраслям отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции;*

*Т. М. Тананайко, кандидат технических наук, доцент, начальник отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции — ведущий научный сотрудник*

Спрос на алкогольную продукцию, выдержанную в контакте с древесиной дуба, обусловлен ароматическими особенностями компонентов древесины дуба. К основным группам такой продукции относят крепкую алкогольную продукцию — коньяк (бренди), виски, кальвадос, ром. Формирование типичных тонов выдержки в данной продукции основано на экстрактивных компонентах древесины. В качестве источника экстрактивных компонентов традиционно используется древесина дуба. В Республике Беларусь древесина дуба используется в производстве алкогольной продукции, однако она импортного производства. Кроме того, запасы древесины дуба ограничены, что вызывает необходимость расширения сырьевой базы древесины (новые экотипы древесины дуба, новые виды древесины). Исследование древесины белорусского дуба и других пород актуально для изготовления алкогольных напитков. Республика Беларусь обладает обширной (около 4 % лесных насаждений) сырьевой базой древесины дуба черешчатого (*Quercus robur*), что представляет собой интерес для изготовления выдержанных алкогольных напитков.

Источником экстрактивных компонентов для выдержанной алкогольной продукции могут быть также яблоня, груша, слива. Технологический потенциал белорусской древесины дуба, липы и клена для целей производства алкогольной продукции исследован в сравнении [1].

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 отечественной древесины яблони и дуба для целей производства алкогольной продукции.

**Материалы и методы исследования.**

*Образцы древесины и их краткая геоботаническая характеристика.*

Объектами исследования была подготовленная щепка древесины ботанических видов дуб черешчатый (*Quercus robur*) и яблоня домашняя, или культурная (*Malus domestica*), произрастающих на территории Беларуси.

Дуб черешчатый (*Quercus robur*) является ядровой кольцесосудистой породой. Древесина белорусского дуба имеет четко выраженное ядро желтовато-коричневого цвета и узкую желтовато-белую заболонь (около 10 % от ядра). Ширина заболони колеблется в пределах 5 — 8 слоев в связи с особенностью увлажнения почв республики и увеличивается с увеличением влажности. Годичные слои хорошо выражены. Сердцевинные лучи широкие, хорошо выражены. Ранняя зона годичного слоя имеет крупные сосуды, темная поздняя зона — мелкие сосуды. Структура белорусского дуба черешчатого мелкозернистая в связи с особенностями умеренного климата. В производстве алкогольной продукции используется ядровая часть древесины дуба.

Яблоня домашняя, или культурная (*Malus domestica*) (семейство Розоцветных) является ядровой рассеянно-сосудистой породой. Ядро красно-коричневого цвета, заболонь широкая желто-розового цвета. Годичные слои слегка извилистые и неодинаковые по ширине. Сердцевидные лучи узкие.

*Водно-спиртовая экстракция и термическая обработка древесины.*

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

Древесину для исследований подготавливали следующим образом. Щепу 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 экстрагирования древесины дуба и яблони**

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

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

Термическую обработку древесины дуба и яблони осуществляли в сушильном шкафу продолжительностью 60 мин при температуре от  $120^{\circ}\text{C}$  до  $260^{\circ}\text{C}$  с шагом в  $20^{\circ}\text{C}$  (7 режимов).

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

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

**Таблица 2. Образцы водно-спиртовых экстрактов термически обработанной древесины дуба и яблони**

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>
Яблоня домашняя	<i>M-120</i>	<i>M-160</i>	<i>M-180</i>	<i>M-200</i>	<i>M-220</i>	<i>M-240</i>	<i>M-260</i>

*Анализ экстрактивных компонентов.*

Анализ состава экстрактивных компонентов образцов древесины дуба и яблони проводили на высокоэффективном жидкостном хроматографе Agilent 1200, оснащённом диодно-матричным детектором. Колонка — Zorbax SB C18 4,6 мм X 250 мм, 3,5µм. В качестве подвижной фазы использовали 0,05 % водный раствор трифторуксусной кислоты, метанол и ацетонитрил. Исследовали содержание 14 фенольных и фурановых компонентов: дубильных веществ (галловая и эллаговая кислоты), продуктов распада целлюлоз, гемицеллюлоз (фурфурол, 5-МФ и 5-ГМФ) и низкомолекулярных производных лигнина (конифериловый альдегид, ванилин, ванилиновая кислота, синаповый альдегид, синаповая кислота, сиреневый альдегид, сиреневая кислота, 4-ГБА, р-кумаровая кислота). Идентификацию фенольных компонентов проводили по временам удерживания и спектрам поглощения с использованием диодно-матричного детектора при двух длинах волн — 280 нм и 320 нм. Количественное содержание компонентов определяли методом внутренних стандартов с пределом измерений методики 0,1 мг/дм<sup>3</sup> для всех определяемых компонентов. Результаты выражали в мг/100 г сухой древесины.

**Результаты и обсуждение.** Для контакта с алкогольной продукцией древесину подвергают предварительной обработке с целью подготовки экстрактивных компонентов к извлечению. 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. В связи с этим был проведен анализ состава экстрактивных компонентов в образцах отечественной древесины дуба и яблони.

Исследование начального уровня содержания экстрактивных компонентов в необработанной древесине проводили после водно-спиртовой экстракции в образцах *Q-0* и *M-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.

**Таблица 3. Содержание экстрактивных компонентов необработанной древесины дуба и яблони, мг/100 г сухой древесины**

Наименование компонента	Содержание, мг/100 г сухой древесины	
	<i>Q-0</i>	<i>M-0</i>
Галловая кислота	12,2	н/о
Эллаговая кислота	102	н/о
Фурфурол	н/о	н/о
5-МФ	0,11	0,1
5-ГМФ	0,2	н/о
Конифериловый альдегид	0,55	0,39
Ванилин	н/о	н/о
Ванилиновая кислота	0,31	н/о
Синаповый альдегид	1,98	0,52
Синаповая кислота	0,1	н/о
Сиреневый альдегид	1,74	0,11
Сиреневая кислота	1,01	н/о
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/дм<sup>3</sup>

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  $M-0$  (120,32 мг/100 г сухой древесины и 1,12 мг/100 г сухой древесины соответственно). Необработанная древесина дуба обладает большим технологическим потенциалом для извлечения экстрактивных компонентов при производстве алкогольной продукции. Древесина яблони 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 способствует 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 [2].

3) Содержание фурановых компонентов в образцах необработанной древесины незначительное. 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 подвергают различной степени термической обработки.

4) Общее содержание производных лигнина в необработанной древесине  $Q-0$  выше, чем в  $M-0$  (5,89 мг/100 г сухой древесины и 1,02 мг/100 г сухой древесины соответственно).

5) В обоих образцах древесины отмечено наличие коричневых альдегидов (конифериловый и синаповый), которые в процессе экстракции и действия кислорода воздуха способствуют формированию бензойных альдегидов (ванилин и сиреневый альдегид) и соответствующих кислот [2, 3]. Отмечено, что в обоих образцах древесины степень окислительной трансформации производных сиригилового ряда (синаповый и сиреневый альдегиды, синаповая и сиреневая кислоты) выше, чем производных гваяцилового ряда (конифериловый альдегид, ванилин, ванилиновая кислота) по их содержанию.

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 °С до 250 °С, однако структура древесины при этом сохраняется [2 — 5].

Влияние термической обработки на изменение содержания экстрактивных компонентов древесины дуба и яблони исследовали при температуре обработки от 120 °С до 260 °С 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 ароматизирующих компонентов алкогольной продукции. Кроме того, исследовали соотношение «сиреневый альдегид / ванилин» в качестве идентификационного показателя, характеризующего вид древесины и уровень ее термической обработки, для последующего анализа алкогольных напитков.

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

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

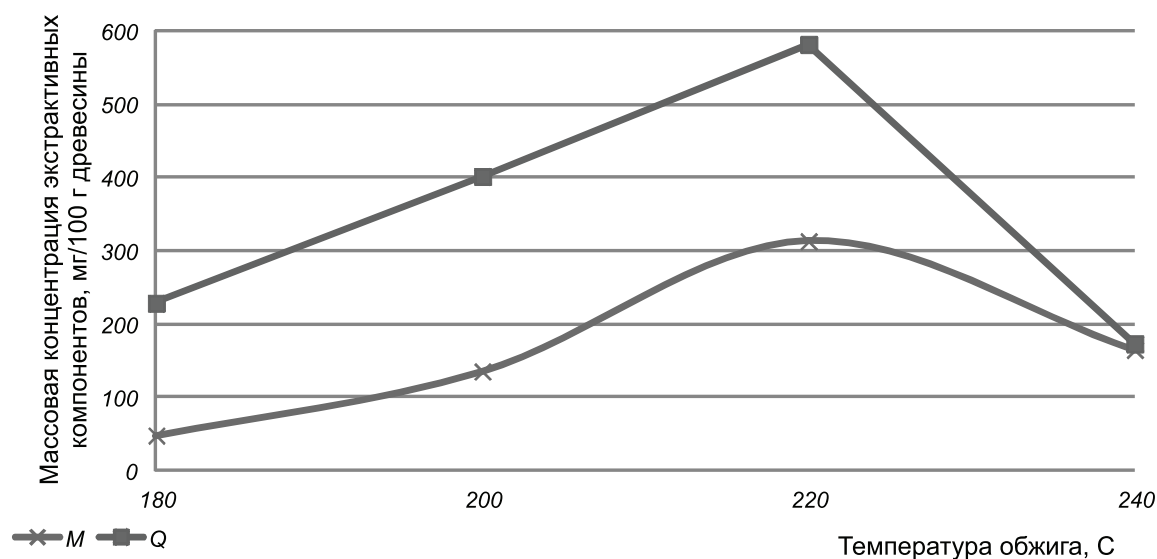


Рис. 1. Зависимость общего содержания экстрактивных веществ древесины от уровня термической обработки

Из рис. 1 следует, что максимальное содержание экстрактивных компонентов находится в следующих образцах древесины, мг/100 г древесины: *Q-220* — 581,7, *M-220* — 313,2.

Известно, что низкомолекулярные продукты деполимеризации лигнина древесины максимально экстрагируются при 200 — 220 °С [5]. 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.

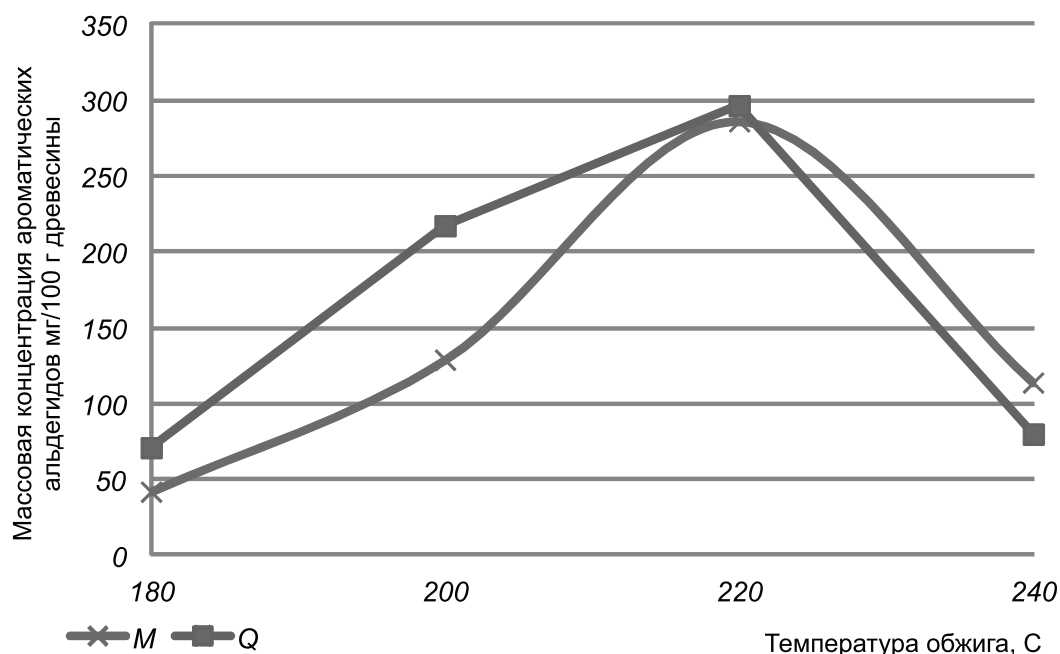


Рис. 2. Зависимость общего содержания ароматических альдегидов древесины в зависимости от уровня термической обработки

Из рис. 2 следует, что в зависимости от режима термической обработки максимальное накопление ароматических альдегидов происходит при 220 °С в обоих видах древесины. Так, в древе-

сине дуба *Q-220* накапливается 296,7 мг/100 г древесины ароматических альдегидов, что составляет 51,0 % от общего содержания экстрактивных компонентов; в древесине яблони *M-220* — 286,3 мг/100 г древесины — 91,4 %. Таким образом, относительное содержание ароматических альдегидов от общего содержания экстрактивных компонентов в термически обработанной древесине яблони выше, чем в древесине дуба.

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

**Таблица 4. Коэффициент корреляции изменения общего содержания экстрактивных компонентов и ароматических альдегидов в образцах древесины**

Вид древесины	Коэффициент корреляции $R_{xy}$
<i>Q</i>	0,9814
<i>M</i>	0,9826

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.

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. Однако значение этого показателя зависит от ряда факторов:

- ♦ вид древесины — лигнин различных видов деревьев отличается по структурным звеньям;
- ♦ регион происхождения древесины — содержание лигнина различно в древесине различных регионов, что влияет на конечное соотношение «сиреневый альдегид / ванилин»;
- ♦ степень использования древесины — скорость экстракции сиреневого альдегида выше, чем ванилина, в связи с чем в древесине многократного использования соотношение «сиреневый альдегид / ванилин» может смещаться в сторону уменьшения;
- ♦ другие факторы предварительной обработки древесины перед использованием.

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

**Таблица 5. Соотношение «сиреневый альдегид / ванилин» в зависимости от температуры обработки и вида древесины**

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>M</i>	4,40	0,90	1,26	2,46	7,31	9,63	5,89	0,5965	0,9815

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 дальней-

шем 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 для максимального накопления ароматических альдегидов в зависимости от вида древесины**

Вид древесины	Температура обработки, °С	Оптимальная температура обработки, °С
<i>Q</i>	180 — 220	220
<i>M</i>	200 — 240	220

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

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

**Таблица 7. Органолептические характеристики водно-спиртовых экстрактов *Q-220* и *M-220***

Наименование экстракта	Органолептические характеристики	
	Букет	Вкус
<i>Q-220</i>	Сложный, с преобладанием тонов обжаренной древесины, свойственный древесине дуба	Терпкий, чистый, выраженный, с тонами обжаренной древесины дуба, смолистый, свойственный древесине дуба
<i>M-220</i>	Сложный, с преобладанием тонов обжаренной древесины, с ореховыми оттенками	Терпкий, чистый, с ореховыми тонами, свойственный древесине яблони

На основании сравнительных исследований букета образцов водно-спиртовых экстрактов древесины (табл. 7) отмечено формирование благородных тонов обжаренной древесины. Для древесины яблони *M-220* отмечено развитие в букете выраженных оттенков обжаренного лесного ореха. Для древесины дуба *Q-220* отмечена более сложная структура букета со смолистыми и ореховыми оттенками.

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 яблони *M-220* отмечены выраженные ореховые тона. Формирование таких оттенков благоприятно при производстве винодельческой продукции с тонами портвейнизации, коньяков, бальзамов, виски и др. напитков. Для древесины дуба *Q-220* отмечены выраженные смолистые оттенки. Экстрактивные компоненты древесины дуба будут сообщать благоприятные оттенки органолептическим характеристикам различных групп алкогольной продукции.

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

Установлена необходимость дифференцированной термической обработки для древесины с целью извлечения и новообразования экстрактивных компонентов. Отмечено, что максимальное количество ароматических компонентов экстрагируется из обоих видов древесины при температуре 180 — 240 °С. Максимальным содержанием экстрактивных компонентов обладает древесина дуба *Q-220*. В то же время, максимальным содержанием ароматических альдегидов (до 92,0 %) относительно общего содержания экстрактивных компонентов обладает древесина яблони *M-220*.

Установлена тесная зависимость показателя «сиреневый альдегид / ванилин» от температуры обработки и вида древесины при 180 — 240 °С (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 отечественных древесины дуба и яблони, позволяет их использовать при производстве различных групп алкогольной продукции с отличительными органолептическими характеристиками.

Перспективы использования других отечественных видов древесины семейства Розоцветных (груша и слива), помимо яблони, в сравнении с древесиной дуба для целей производства алкогольной продукции будут приведены в следующих исследованиях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *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 «Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі» в пяти частях, ч. 5-я, Серия аграрных наук. — Минск. — 2015. — С. 172 — 177.
2. *Кононов, Г. Н.* Химия древесины и ее основных компонентов / Г.Н. Кононов. — Москва: МГУЛ, 1999. — 247 с.
3. 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.
4. 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.
5. 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.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 11.10.2016*

**О. Н. Ursul , Т. М. Tananajko**

### **COMPARATIVE ANALYSIS OF THE TECHNOLOGICAL CAPACITY OF BELORUSSIAN OAK AND APPLE WOOD FOR THE ALCOHOLIC BEVERAGES PRODUCTION**

The article discusses the possibility of using of Belarusian origin oak wood, as well as apple, in the production of alcoholic beverages. It is noted that the main criterion is the chemical composition of wood for selection its for the production of alcoholic beverages. The analysis of the initial component of investigated wood conducted. The rationale for pre-treatments was supply for the formation of given component of the wood and the preparation of its extractive components for extraction. Optimal methods of pre-treatments wood and the accumulation of extractives and aromatic components according to type of wood were established. Organoleptic characteristics reported by extractive components of different types of woo were investigated, on the basis of which recommendations directions of their use in the production of alcoholic beverages.