

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСТИЛЛЯТОВ ИЗ ВОЗВРАТНЫХ ОТХОДОВ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Л.А. Оганесянц, В.А. Песчанская, Л.Н. Крикунова, Е.В. Дубинина

Актуальность данной работы обусловлена необходимостью решения экологических проблем хлебопекарной отрасли, связанных с увеличившимся объемом возвратных отходов производства. Цель исследования состояла в научно-практическом обосновании выбора способа дистилляции при получении нового вида дистиллятов. Установлено, что, в отличие от других видов крахмалсодержащего сырья, суммарная концентрация летучих компонентов в пересчете на безводный спирт в спирте-сырце существенно снижается по сравнению со сброженным сусликом за счет высших спиртов (до 31 %). Высшие спирты при фракционированной дистилляции концентрируются в конце отбора средней фракции независимо от способа получения дистиллята. Изучение динамики перехода отдельных летучих компонентов во фракции показало, что при дистилляции спирта-сырца, в отличие от прямой перегонки сброженного суслика, в головной фракции содержится на 10 % меньше ацетальдегида и на 15 % – этилацетата. Сделан расчет соотношения изоамилола и суммы изобутанола и 1-пропанола и его изменение по фракциям в зависимости от способа дистилляции. Установлено, что однократная дистилляция характеризуется более высоким суммарным содержанием летучих компонентов в дистилляте (в среднем на 20 % против образцов, полученных способом двукратной перегонки). В дистиллятах, полученных прямой сгонкой, отмечено снижение концентрации альдегидов и кетонов при более высокой концентрации высших спиртов и фенолэтилового спирта. Выявлены технико-экономические преимущества однократной дистилляции, состоящие в упрощении технологического процесса, сокращении его продолжительности и повышении выхода конечного продукта из единицы сырья на 0,9–1,3 %.

Ключевые слова: возвратные отходы хлебопекарного производства, способ дистилляции, спирт-сырец, дистиллят, летучие компоненты, эффективность процесса.

Проблема использования возвратных отходов хлебопекарного производства, обострившаяся в последнее время, связана с изменившимися взаимоотношениями между производителями хлебобулочных изделий и торговыми предприятиями. Основным источником возвратных отходов являются крупные сетевые торговые предприятия, которые имеют право возвращать нереализованную продукцию на хлебозаводы по закупочной цене [1, 2].

Традиционно возвратные отходы хлебопекарного производства используются на предприятии-производителе в ограниченном объеме, поэтому расширение направлений их использования является актуальной задачей.

Оценка биохимического состава возвратных отходов в зависимости от вида используемого сырья (в первую очередь, муки), проведенная специалистами ВНИИПБиВП, показала перспективность их применения для производства дистиллятов [3, 4]. Установлено, что по сравнению с традиционным крахмалсодержащим сырьем (зерном разных культур) отходы хлебопекарного производства характеризуются более высоким содержанием крахмала – основного компонента, оп-

ределяющего выход дистиллята из тонны сырья.

Оценка белкового комплекса показала, что содержание растворимого белка в возвратных отходах хлебопекарного производства, полученных из пшеничной муки, составляет 0,53–0,85 %, из смеси ржаной и пшеничной муки – 1,32–2,90 %, содержание аминного азота варьируется в пределах от 0,18 до 0,38 %, что ниже необходимых значений [3]. Поэтому на стадии получения осажаренного суслика была предусмотрена «белковая пауза» для накопления растворимого белка.

Выявленные особенности биохимического состава различных видов возвратных отходов хлебопекарного производства были учтены авторами при разработке оптимальных технологических параметров на этапах получения и сбраживания осажаренного суслика [5, 6].

Следующим этапом производства дистиллятов является непосредственно процесс дистилляции, который может осуществляться как на периодически действующих, так и на непрерывно действующих установках. Для получения дистиллятов высокого качества применяются установки периодического дей-

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСТИЛЛЯТОВ ИЗ ВОЗВРАТНЫХ ОТХОДОВ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

ствия. Принципиально способы дистилляции на таких установках можно разделить на однократную и двукратную дистилляцию. В первом случае перегонка сброженного сусла осуществляется фракционированно с выделением трех фракций: головной, средней (непосредственно дистиллята) и хвостовой. Двукратная перегонка включает два этапа: на первом получают спирт-сырец, а на втором перегоняют его с разделением на головную, среднюю и хвостовую фракции.

При получении высокоароматичных напитков на основе дистиллятов из традиционных видов крахмалсодержащего сырья (зерно, солод) за рубежом используют, как правило, двойную дистилляцию [7, 8]. Отечественные специалисты показали перспективность получения зерновых дистиллятов способом однократной фракционированной дистилляции [9].

В целом, практика показала, что выбор способа дистилляции зависит от исходных характеристик сырья [10, 11].

До настоящего времени не проводились работы по влиянию способов дистилляции сусла из возвратных отходов хлебопекарного производства на динамику распределения основных летучих компонентов в процессе дистилляции и качественные характеристики полученных дистиллятов.

Цель исследования состояла в научно-практическом обосновании выбора способа дистилляции при получении нового вида дистиллятов.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов исследования использовали сброженное сусло из возвратных отходов хлебопекарного производства (смесь пшеничного и ржано-пшеничного хлеба в соотношении 1:1), спирт-сырец, фракции дистиллята (головная, средняя, хвостовая) и дистилляты, полученные в результате однократной и двукратной дистилляции. Сброженное сусло получали в соответствии с режимами, представленными в работе [12]. Крепость такого сусла варьировалась в пределах 9,7–9,9 % об., крепость спирта-сырца составляла от 22,5 до 24,5 % об.

Дистилляцию проводили на установке периодического действия кубового типа «Kothe Destillationstechnik» (Германия), конструкция которой позволяет осуществлять процесс в двух режимах. Во время дистилляции контролировали температуру и давление греющих паров, температуру паров на входе в дефлегматор и холодильник, крепость получаемого дистиллята. Дистилляцию осуще-

ствляли при температуре греющих паров от 100 °С до 110 °С и давлении – от 0,1 атм. (в начале дистилляции) до 0,4 – 0,5 атм. (в конце процесса). Температура паров дистиллята на входе в дефлегматор в процессе перегонки изменялась от 82 °С до 99,8 °С. Дистилляцию заканчивали при показаниях термометра на входе в холодильник 99,8 °С при всех режимах работы установки.

Дистиллят отбирали равными порциями до достижения крепости отбора хвостовой фракции.

Спирт-сырец получали путем простой перегонки (без укрепления) сброженного сусла без выделения отдельных фракций.

Во всех перечисленных объектах исследования определяли состав летучих компонентов методом газовой хроматографии на приборе «Thermo Trace GC Ultra» (Thermo, США) по ГОСТ 33834-2016.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе исследований был проанализирован состав и содержание основных летучих компонентов сброженного сусла и спирта-сырца, полученного после первого этапа дистилляции, с целью выделения которого в дистилляционной установке были отключены все контактные устройства - три тарелки.

Установлено (таблица 1), что суммарная концентрация летучих компонентов (в абсолютном выражении) в спирте-сырце, по сравнению с их содержанием в исходном сброженном сусле, возрастает почти в два раза. Вместе с тем, в отличие от других видов крахмалсодержащего сырья, в спирте-сырце отмечено более существенное снижение суммарной концентрации летучих компонентов за счет высших спиртов в пересчете на безводный спирт (31 % против 8 %). Выявленные отличия могут быть связаны с особенностями биохимического состава данного вида сырья – повышенным содержанием продуктов деструкции дрожжевых клеток, среди которых присутствуют высшие жирные кислоты.

Последние в условиях повышенных температур могут образовывать сложные эфиры с высшими спиртами. С целью определения влияния способа дистилляции на качественные характеристики конечного продукта была впервые изучена динамика распределения основных летучих компонентов по фракциям при дистилляции сброженного сусла из возвратных отходов хлебопекарного производства (10 кг) и спирта-сырца, полученного из такого же количества сброженного сусла.

Таблица 1 – Характеристика сброженного сусла и спирта-сырца по содержанию основных летучих компонентов*

Наименование компонентов	Сусло		Спирт-сырец	
	мг/дм ³	мг/дм ³ б.с.	мг/дм ³	мг/дм ³ б.с.
Ацетальдегид	20	204	72	301
Этилацетат	13	133	33	138
Метанол	2	20	5	21
Высшие спирты, в т. ч.:	593	6051	996	4165
- 1-пропанол	66	673	131	548
- изобутанол	140	1429	216	903
- изоамилол	387	3949	649	2714
Энантовый эфир	2	20	12	50
Фенилэтиловый спирт	19	194	55	230
Сумма летучих компонентов**	659	6724	1244	5302

* В таблице приведены средние значения концентраций из трех определений.

** В сумме летучих компонентов учитывались все идентифицированные вещества, часть из них в таблицах не приведены.

Эксперимент проводили при выбранной ранее скорости дистилляции [12]. Установлено, что при однократной дистилляции сброженного сусла в головной фракции концен-

трируется более 75 % ацетальдегида и около 54 % этилацетата от общего их содержания во всех фракциях (таблица 2).

Таблица 2 – Динамика распределения основных летучих компонентов сброженного сусла из возвратных отходов хлебопекарного производства при однократном способе дистилляции

Наименование компонента	Содержание летучих компонентов во фракции, мг							
	Головная фракция	Средняя фракция						Хвостовая фракция
		Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	
Ацетальдегид	249	35	15	10	5	3	5	3
Этилацетат	151	111	18	3	–	–	–	–
Метанол	3	5	3	–	3	3	3	–
Высшие спирты, в т. ч.:	81	302	393	453	635	1938	2032	40
- 1-пропанол	15	50	60	58	88	166	113	3
- изобутанол	30	125	154	171	237	429	122	5
- изоамилол	36	127	179	224	310	1343	1797	32
Энантовый эфир	3	5	5	8	10	33	20	4
Фенилэтиловый спирт	–	–	–	–	–	–	38	43
Сумма летучих компонентов*	499	471	441	486	663	1994	2171	90

* В сумме летучих компонентов учитывались все идентифицированные вещества, часть из них в таблицах не приведены.

Анализ динамики летучих компонентов показал, что суммарное содержание высших спиртов постепенно возрастает до фракции Ф7 с резким снижением во фракции Ф8 (хвостовая фракция). Для отдельных высших спиртов выявлены максимумы накопления. Так, максимальное содержание 1-пропанола и изобутанола зафиксировано во фракции Ф6, а изоамилола – во фракции Ф7, что обусловлено различиями в летучести данных соединений. В этих фракциях также обнару-

жено максимальное содержание энантового эфира. Такой труднолетучий компонент, как фенилэтиловый спирт, концентрируется во фракциях Ф7 и Ф8. По результатам расчета баланса летучих компонентов установлено, что значительная часть фенилэтилового спирта остается в барде.

Динамика распределения основных летучих компонентов при двукратном способе дистилляции (дистилляция спирта-сырца) представлена в таблице 3.

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСТИЛЛЯТОВ ИЗ ВОЗВРАТНЫХ ОТХОДОВ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Таблица 3 – Динамика распределения основных летучих компонентов сброженного сусла из возвратных отходов хлебопекарного производства при двукратном способе дистилляции

Наименование компонента	Содержание летучих компонентов во фракции, мг							
	Головная фракция	Средняя фракция						Хвостовая фракция
		Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Ф5	Ф6	
Ацетальдегид	181	96	3	1	1	1	–	–
Этилацетат	57	85	4	–	–	–	–	–
Метанол	1	5	4	3	2	1	–	–
Высшие спирты, в т. ч.:	17	147	185	374	879	1201	1320	28
- 1-пропанол	5	40	47	71	128	122	92	3
- изобутанол	7	60	71	129	262	273	131	4
- изоамилол	5	47	67	174	489	806	1097	21
Энантовый эфир	8	7	5	9	26	30	19	–
Фенилэтиловый спирт	1	–	–	–	–	–	10	40
Сумма летучих компонентов*	275	358	211	396	929	1248	1377	74

* В сумме летучих компонентов учитывались все идентифицированные вещества, часть из них в таблицах не приведены.

Не выявлено принципиальных различий в характере распределения основных летучих компонентов по фракциям при дистилляции спирта-сырца и сброженного сусла. Вместе с тем, как абсолютные значения отдельных показателей, так и их относительное содержание во фракциях, претерпевают изменения. Так, при дистилляции спирта-сырца в головную фракцию переходит на 12,6 % меньше ацетальдегида и на 14,4 % – этилацетата от их суммарного содержания по сравнению с однократной дистилляцией, что свидетельствуют о большем переходе этих компонентов в среднюю фракцию.

Также выявлено, что двукратная дистилляция характеризуется большими потерями энантового эфира с головной фракцией, они увеличиваются более чем в два раза.

Рядом авторов ранее было отмечено существенное влияние на органолептические характеристики дистиллятов и напитков на их основе соотношения основных высших спиртов [13, 14, 15]. Поэтому в настоящей работе сделан расчет соотношения изоамилола и суммы изобутанола и 1-пропанола и его изменение по фракциям в зависимости от способа дистилляции (рисунок 1).

Расчетные данные показали, что характер изменения данного соотношения в процессе дистилляции не зависит от способа её проведения и характеризуется возрастанием с максимальными значениями во фракции Ф7 и снижением во фракции Ф8. Однако абсолютные значения этого показателя меняются в зависимости от способа дистилляции. Представленные на рисунке 1 данные позволяют создать математическую модель для

регулирования данного соотношения в дистилляте.

На завершающем этапе исследований были получены образцы дистиллятов путем объединения фракций Ф2...Ф7. Установлено (таблица 4), что однократная дистилляция характеризуется повышением суммарного содержания летучих компонентов в дистилляте в среднем на 20 % против образцов, полученных способом двукратной перегонки.

В дистиллятах, полученных прямой сгонкой, отмечено снижение концентрации альдегидов и кетонов при более высокой концентрации высших спиртов и фенилэтилового спирта. В тоже время соотношение высших спиртов и концентрация энантового эфира меняется несущественно.

Органолептическая оценка данных дистиллятов показала, что образцы, полученные в результате однократной дистилляции, отличались более ярким ароматом с цветочно-медовыми оттенками и мягким, гармоничным вкусом. Образцы после двукратной дистилляции характеризовались менее выраженным ароматом. Результаты органолептического анализа в целом коррелировали с данными по качественному и количественному составу летучих компонентов в образцах дистиллятов.

На практике при выборе способа получения дистиллята необходимо учитывать экономические аспекты, включающие в себя затраты на оборудование, продолжительность технологического цикла и выход конечного продукта из единицы сырья. При получении дистиллятов классическим способом (двукратная дистилляция) обычно используют

простые кубовые установки, оснащенные дефлегматором – «шарантского» типа. Схема однократной дистилляции подразумевает применение установок более сложной конструкции. Однако, двукратная дистилляция су-

щественно продолжительнее (в 1,5–2 раза) по сравнению с однократной дистилляцией и, следовательно, эффективность использования оборудования при этом способе ниже.

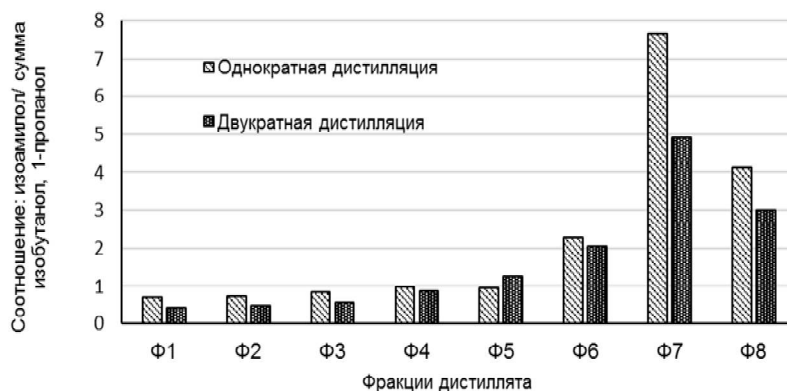


Рисунок 1 – Динамика изменения соотношения высших спиртов в зависимости от способа дистилляции

Таблица 4 – Влияние способа дистилляции на состав летучих компонентов дистиллятов из возвратных отходов хлебопекарного производства

Наименование компонента	Массовая концентрация, мг/дм ³ б.с.	
	Однократная дистилляция	Двукратная дистилляция
Ацетальдегид	70 ÷ 80	85 ÷ 95
Изобутиральдегид	5 ÷ 8	9 ÷ 15
Ацетон	2 ÷ 4	7 ÷ 9
Этилацетат	115 ÷ 130	85 ÷ 115
Метанол	10 ÷ 15	10 ÷ 15
Диацетил	4 ÷ 6	11 ÷ 14
1-пропанол	500 ÷ 600	650 ÷ 730
Изобутанол	1450 ÷ 1530	1020 ÷ 1100
Изоамилацетат	22 ÷ 30	8 ÷ 12
Изоамилол	4010 ÷ 4120	3080 ÷ 3130
Этилкапроат	30 ÷ 35	40 ÷ 45
Этиллактат	20 ÷ 25	20 ÷ 25
Гексанол	5 ÷ 10	7 ÷ 12
Этилкаприлат	25 ÷ 30	20 ÷ 25
Этилкапрат	35 ÷ 45	25 ÷ 35
Фенилэтиловый спирт	40 ÷ 50	10 ÷ 15
Сумма летучих компонентов*	6350 ÷ 6730	5100 ÷ 5410

* В сумме летучих компонентов учитывались все идентифицированные вещества, часть из них в таблицах не приведены.

Полученные экспериментальные данные (объем фракций, крепость фракций) и их обработка позволили выявить преимущества

однократной дистилляции, по сравнению с получением дистиллята способом двукратной перегонки (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние способа дистилляции на распределение безводного спирта по фракциям

Фракции дистиллята	Содержание б.с. во фракции, % от общего содержания	
	Однократная дистилляция	Двукратная дистилляция
Головная	6,2–6,6	4,8–5,9
Средняя	89,5–90,5	88,2–89,6
Хвостовая	0,5–0,7	1,1–1,7
Потери	2,2–3,8	3,3–5,4

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСТИЛЛЯТОВ ИЗ ВОЗВРАТНЫХ ОТХОДОВ ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Установлено, что двукратная перегонка характеризуется более высокими потерями спирта – они возрастают примерно на 1,1–1,6 %. Кроме того, однократная дистилляция позволяет увеличить выход средней фракции на 0,9–1,3 %, что имеет определенное значение для производителя.

В целом, полученные данные позволяют рекомендовать для получения дистиллятов из возвратных отходов хлебопекарного производства однократный способ перегонки, характеризующийся упрощением технологического процесса, сокращением его продолжительности, более высоким выходом конечного продукта из единицы сырья и его наилучшими органолептическими характеристиками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дзювина, О. Использование пищевых отходов хлебокомбинатов / О. Дзювина // Хлебопродукты. – 2008. – № 1. – С. 54–55.
 2. Анализ лимитов размещения отходов хлебопекарных предприятий / М.Н. Волохова [и др.] // Хлебопечение России, 2010. – № 4. – С. 23–25.
 3. Крикунова, Л.Н. Исследование белкового комплекса возвратных отходов хлебопекарного производства / Л.Н. Крикунова, Е.В. Дубинина // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2018. – № 6 (53). – С. 63–66.
 4. Крикунова, Л.Н. Минеральный состав возвратных отходов хлебопекарного производства / Л.Н. Крикунова, В.А. Песчанская, М.А. Захаров // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. – 2018. – № 2. – С. 25–29.
 5. Крикунова, Л.Н. Исследование процесса получения суслу из возвратных отходов хлебопекарного производства / Л.Н. Крикунова, В.А. Песчанская, М.А. Захаров // Пиво и напитки. – 2018. – № 3. – С. 20–23.
 6. Влияние расы дрожжей на процесс сбраживания суслу из возвратных отходов хлебопекарного производства / Л.Н. Крикунова [и др.] // Пиво и напитки. – 2019. – № 2. – С. 70–74.
 7. Christoph N., Bauer-Christoph C. Flavour of Spirit Drinks: Raw Materials, Fermentation, Distillation, and Ageing, Flavours and Fragrances Chemistry, Bioprocessing and Sustainability, ed. by Ralf Gunter Berger. – Berlin, 2007. – P. 219–239.
 8. Aylott, R.I. Whisky analysis. In: Whisky – Technology, Production and Marketing. / R.I. Aylott. – I. Russell, Ed., Academic Press : London, 2003. – P. 277–304.
 9. Песчанская, В.А. Сравнительная характеристика способов производства зерновых дистиллятов / В.А. Песчанская, Л.Н. Крикунова, Е.В. Дубинина // Пиво и напитки. – 2015. – № 6. – С. 40–43.
 10. Ли, Э., Пигготт, Дж. Спиртные напитки: Особенности брожения и производства / Э. Ли, Дж. Пигготт (ред.) ; перевод с англ. под общ. ред. А.Л. Панасюка. – СПб. : Профессия, 2006. – 552 с.
 11. Campbell, I. Grain whisky distillation. In: Whisky – Technology, Production and Marketing. I. Russell, Ed. / I. Campbell. – London : Academic Press, 2003. – P. 181–208.
 12. Оганесянц, Л.А. Динамика распределения летучих компонентов при дистилляции сброженного суслу из возвратных отходов хлебопекарного производства / Л.А. Оганесянц, Л.Н. Крикунова, Е.В. Дубинина // Ползуновский вестник. – 2019. – № 2. – С. 12–17.
 13. Poisson, L. Characterization of the Most Odor-Active Compounds in an American Bourbon Whisky by Application of the Aroma Extract Dilution Analysis / L. Poisson, P. Schieberle // Agric. Food Chem. – 2008. – № 56. – P. 5813–5819.
 14. Sensory and Chemical Analysis of 'Shackleton's' Mackinlay Scotch Whisky / J. Pryde [et al.] // Journal of the Industry of Brewing. – 2011. – Vol. 117. – № 2. – P. 156–165.
 15. Correlation between Chemical Composition and Sensory Properties of Brazilian Sugarcane Spirits (Cachaças) / F.A.T. Serafim [et al.] // J. Braz. Chem. Soc. – 2013. – Vol. 24. – № 6. – P. 973–982.
- Оганесянц Лев Арсенович, академик РАН, д.т.н., профессор, директор ВНИИ-БиВП – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, тел.: 8(499)246-67-69, e-mail: vniipbivp@fnscps.ru.**
- Песчанская Виолетта Александровна, заведующая отделом технологии крепких напитков ВНИИБиВП – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, тел.: 8(499)246-66-12, e-mail: labcognac@mail.ru.**
- Крикунова Людмила Николаевна, д.т.н., профессор, ведущий научный сотрудник отдела технологии крепких напитков ВНИИБиВП – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, тел.: 8(499)255-20-21, e-mail: cognac320@mail.ru.**
- Дубинина Елена Васильевна, к.т.н., ведущий научный сотрудник отдела технологии крепких напитков ВНИИБиВП – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН, тел.: 8(499) 246-87-82, e-mail: elenavd@yandex.ru.**