

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ СБРАЖИВАНИЯ МЕЗГИ ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСТИЛЛЯТА

Сызько К.С., Дубинина Е.В., канд. техн. наук

Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова», г. Москва

Аннотация. В результате сравнительной оценки винных дрожжей для сбраживания мезги черной смородины выбрана раса Черносмородиновая 7. Разработаны оптимальные температурные режимы сбраживания мезги в анаэробных условиях.

Чёрная смородина является одной из самой распространённых ягодных культур на территории Российской Федерации. Анализ литературных данных по химическому составу плодов чёрной смородины разных сортов свидетельствует о широких возможностях ее применения в качестве сырья для производства плодовых дистиллятов [1, 2]. Ягоды черной смородины содержат от 6,6 до 15,4 сахаров, при кислотности около 2,3 %.

Исследованиями отечественных и зарубежных ученых показали, что на состав летучих компонентов, являющихся основой вкуса и аромата плодовых дистиллятов, значительное влияние оказывают технологические режимы при которых происходит сбраживание сырья [3]. Определяющее значение при этом имеют дрожжи рода *Saccharomyces*, в процессе метаболизма которых, помимо этилового спирта, образуется основная часть летучих компонентов, представляющих собой вторичные и побочные продукты спиртового брожения. В этой связи целью исследования стало изучение влияния различных рас дрожжей на сбраживание черносмородиновой мезги и образование летучих компонентов.

Объектами исследования послужили замороженные ягоды чёрной смородины и сброженная черносмородиновая мезга. В работе использовали чистые культуры дрожжей (ЧКД) *Saccharomyces vini*: Черносмородиновая 7, Вишневая 33, К-72 и одна раса дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* Red Fruit – препарат активных сухих дрожжей (АСД).

Перед проведением процесса сбраживания мезга чёрной смородины прошла следующую подготовку. Плоды размораживали, измельчали до однородной консистенции. Полученный объем мезги разбавили таким же объемом воды (1:1). Эта операция была необходима для того, чтобы уменьшить концентрацию кислот в мезге. Разбавленную мезгу чёрной смородины распределили по четырём колбам объемом 250 см³.

Расы дрожжей Черносмородиновая 7, Вишневая 33 и К-72 были взяты в виде чистой культуры на солодовом скошенном сусле-агаре. Для приготовления разводки, дрожжевую культуру петлей перенесли в колбу со стерилизованной питательной средой. Для приготовления питательной среды в разбавленную мезгу чёрной смородины добавляли инвертированный сахарный сироп до

содержания сахара в смеси 200 г/дм³. Приготовленную смесь стерилизовали путем кратковременного нагрева до температуры кипения. Колбу с внесенной дрожжевой культурой закрыли ватной пробкой и выдерживали в термостате при t=28°C для разбраживания. Через каждые 24 часа проводили подсчет дрожжевых клеток. При достижении концентрации дрожжевых клеток в питательной среде 90 - 100 млн/см³ дрожжевая разводка использовалась для проведения экспериментов.

Rasa Red Fruit была взята в виде АСД. Приготовление разводки осуществляли по следующей схеме: брали навеску дрожжей (из расчёта 0,2 г на см³), разбавляли 10 см³ тёплой воды, выдерживали 10 минут, добавляли 10 см³ сула, выдерживали 10 минут и вносили в мезгу.

Контроль физиологического состояния дрожжей проводился методом подсчета общего числа клеток и почкующихся в камере Горяева. Микроскопические исследования проводили при помощи микроскопа МБИ-6 при увеличении ×400. Бродильную активность дрожжей по отношению к черносмородиновой мезге определяли объемным методом по количеству выделившегося диоксида углерода и скорости сбраживания сахаров.

Качественный и количественный состав летучих компонентов определяли газохроматографическим методом на хроматографе «Кристалл 5000.1» («Хроматек», Россия) с пламенно-ионизационным детектором. Хроматографическая колонка HP FFAP: длина – 50 м, внутренний диаметр – 0,32 мм. Режимные параметры работы хроматографа: начальная температура термостата колонок – 70 °С, продолжительность выдержки – 6 мин., скорость нагрева термостата колонок до температуры 180 °С – 12 °С/мин., продолжительность выдержки – 15 мин., температура испарителя (инжектора) – 200 °С, температура детектора – 200 °С, коэффициент деления потока – 30:1, скорость потока газа-носителя (азот) – 1,3 см³/мин., скорость потока воздуха – 200 см³/мин., скорость потока водорода – 20 см³/мин., объем пробы – 1 мм³.

Важным показателем оценки активности используемой расы дрожжей является интенсивность брожения, определяемая по объему выделившегося углекислого газа. Установлено, что среди дрожжей вида *Saccharomyces vini* наибольшую бродильную активность по отношению к мезге чёрной смородины проявила раса Черносмородиновая 7 (рис. 1). Расы Вишневая 33 и К-72 выделили практически одинаковый объем углекислого газа в течение 3 часов эксперимента, а выделение углекислого газа в образце сбраживаемом расой Вишневая 33 прекратилось после 2,5 часов наблюдений, что может быть следствием остановки брожения.

При исследовании расы «Red Fruit» активное выделение диоксида углерода началось после истечения 8 часов эксперимента и за 24 часа объем выделившегося диоксида углерода составил 140 см³, что свидетельствует о высокой бродильной активности (рис. 2).

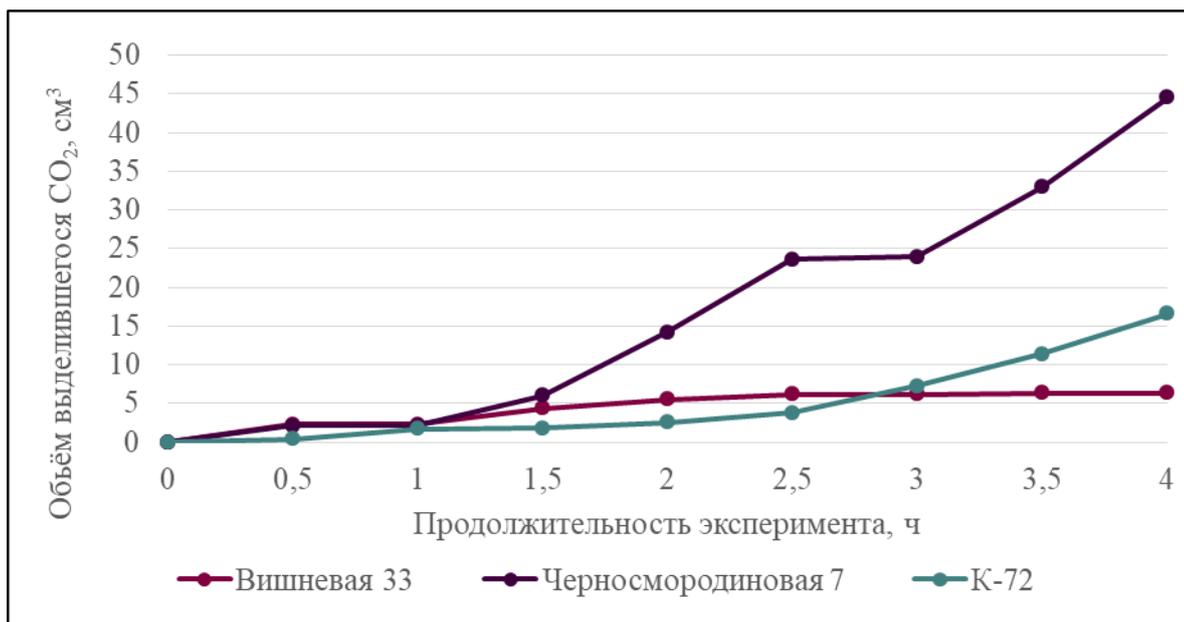


Рисунок 1. Динамика выделения CO₂ при сбраживании мезги чёрной смородины расами дрожжей *Saccharomyces vini*



Рисунок 2. Динамика выделения CO₂ при сбраживании мезги чёрной смородины расой «Red Fruit»

Данные по бродильной активности дрожжей не позволяют сделать однозначный вывод о преимуществе той или иной расы, поэтому следующим этапом исследований стало изучение влияния расы дрожжей на качественные показатели сброженной мезги. Для этих целей были выбраны расы Черносмородиновая 7 и Red Fruit», показавшие наибольшую бродильную активность по отношению к мезге чёрной смородины.

Установлено, что исследуемые расы по-разному влияют на качественный и количественный состав летучих компонентов сброженной мезги (табл. 1).

Влияние расы дрожжей на состав летучих компонентов сброженной мезги черной смородины

Наименование компонента	Массовая концентрация, мг/дм ³		
	До брожения	«Red Fruit»	Черносмородиновая 7
Ацетальдегид	4,3	17,4	14,6
Ацетон	0,1	0,5	0,1
Этилформиат	0,1	0,4	-
Этилацетат	-	8,0	6,8
Метанол	2,4	262,2	128,1
Диацетил	-	-	0,6
1-пропанол	2,1	7,1	8,0
Изобутанол	-	27,4	29,3
Изоамилол	0,1	111,8	105,4
Гексанол	-	-	0,1
Этилкапроат	-	-	0,1
Этиллактат	-	-	0,1
Фенилэтиловый спирт	0,8	19,6	11,1
Всего летучих компонентов, в том числе:	9,9	454,4	304,3
Сложные эфиры	0,1	8,4	7,0
Высшие спирты	2,2	146,3	142,8
Карбонильные соединения	4,8	17,9	14,7

Как видно из полученных данных, в образце мезги, сброженной расой Черносмородиновая 7, содержится на 19 % меньше ацетальдегида и на 15 % меньше этилацетата. В этом же образце образовалось вдвое меньше метанола, чем в образце, сброженном расой «Red Fruit». По результатам органолептического анализа образец мезги, полученный с использованием расы Черносмородиновая 7 обладал более выраженным ароматом исходного сырья и гармоничным вкусом. С учетом результатов газохроматографических исследований и дегустационной оценки для дальнейших исследований была отобрана раса Черносмородиновая 7.

Были проведены исследования по изучению влияния дополнительных источников азотистого питания на процесс брожения. В качестве азотистого питания использованы активаторы брожения «Vitamon Combi», «Siha Speed Ferm» и хлорид аммония.

Установлено, что в результате использования дополнительных источников азота в сброженной мезге повышалась концентрация этилового спирта на 0,2 – 0,4 % об (табл. 2). В наибольшей степени этому способствовали добавки «Vitamon Combi» и хлорида аммония.

Таблица 2

Влияние азотистого питания на физико-химический состав и органолептические характеристики сброженной мезги черной смородины

Наименование показателя	Условия брожения, наименование добавки			
	Контроль (брожение без добавок)	«Vitamon Combi»	«Siha speed Ferm»	Аммоний хлористый
Физико-химические показатели				
Объемная доля этилового спирта, %	2,5	2,9	2,7	2,9
Массовая концентрация летучих кислот, г/дм ³	0,24	0,24	0,3	0,3
Органолептические показатели				
Цвет	Темно-вишневый, с фиолетовым оттенком	Темно-вишневый, с фиолетовым оттенком	Темно-вишневый, с фиолетовым оттенком	Темно-вишневый, с фиолетовым оттенком
Аромат	Чистый, с выраженными тонами черной смородины	Тона черной смородины выражены слабо, легкий дрожжевой тон	Тона черной смородины выражены слабо	Яркие тона черной смородины, без посторонних тонов
Вкус	Чистый со свежей кислотностью	Чистый со свежей кислотностью	Чистый со свежей кислотностью	Чистый со свежей кислотностью

По органолептическим показателям лучшим образцом оказался образец сброженной мезги с добавлением хлорида аммония.

Как свидетельствуют данные, представленные в таблице 3, добавление в мезгу дополнительных источников азотистого питания привело к изменению качественного состава и количественного содержания летучих компонентов, которые являются вторичными продуктами спиртового брожения.

Таблица 3

Влияние азотистого питания на состав летучих компонентов сброженной мезги черной смородины

Наименование компонента	Условия брожения, наименование добавки			
	Контроль (брожение без добавок)	«Vitamon Combi»	«Siha SpeedFerm»	Аммоний хлористый
1	2	3	4	5
Ацетальдегид	6,0	6,8	6,8	7,4
Ацетон	1,0	0,7	1,3	0,9
Этилформиат	0,4	-	-	0,7
1	2	3	4	5

Этилацетат	8,5	8,1	8,4	8,4
Метанол	502,1	311,2	454,6	360,3
2-пропанол	-	1,2	-	1,8
Диацетил	-	0,9	-	1,1
1-пропанол	11,7	14,4	10,8	13,6
Изобуганол	30,1	25,8	29,3	32,2
Изоамилацетат	0,6	0,9	0,5	0,7
1-бутанол	7,3	1,9	4,1	3,4
Изоамилол	116,3	92	109,2	107,3
Гексанол	0,2	0,1	-	0,3
Фенилэтиловый спирт	19,7	10,0	17,9	13,5
Этиллактат	-	0,6	-	1,1
Всего летучих компонентов, в том числе:	703,9	474,6	642,9	552,7
Сложные эфиры	9,5	9,6	8,9	10,9
Высшие спирты	165,6	135,4	153,4	158,6
Карбонильные соединения	14,0	8,4	8,1	9,4

Во всех опытных образцах по сравнению с контролем отмечалось снижение концентрации метанола на 9 – 38 %. Минимальная концентрация метанола была зафиксирована в образце с использованием активатора брожения «Vitamon Combi». В образце, полученном с использованием хлорида аммония, концентрация метанола была выше на 16 %, однако он имел преимущества по органолептическим показателям, что позволило рекомендовать хлорид аммония в качестве дополнительного источника азотистого питания при сбраживании мезги чёрной смородины.

В результате изучения влияния различных температурных режимов на процесс брожения было установлено, что наиболее высокими качественными показателями обладала мезга, сброженная при температуре 18 ± 2 °С (табл. 4).

Таблица 4

Влияние температурных режимов на физико-химический состав и органолептические характеристики сброженной мезги черной смородины

Наименование показателя	Температурные режимы, °С		
	10 ± 2	18 ± 2	28 ± 2
1	2	3	4
Объемная доля этилового спирта, %	2,1	3,0	2,1
Массовая концентрация, мг/дм ³ :			
- летучих кислот, г/дм ³	0,12	0,48	0,62
- метанола	139,4	134,6	366,2
- сложных эфиров	3,0	6,9	2,2
1	2	3	4
- высших спиртов	48,44	135,7	84,7

- карбонильных соединений	17,6	28,3	42,1
Органолептические показатели			
Цвет	Тёмно-рубиновый	Тёмно-рубиновый	Тёмно-рубиновый
Аромат	Чистый, с тонами ягод и листьев чёрной смородины	Чистый аромат ягод чёрной смородины	С тонами окисленности
Вкус	Чистый, свежий, с легкой горчинкой	Чистый, свежий, свойственный исходному сырью	С дрожжевым тоном

Как видно из представленных данных, наибольший наброд спирта наблюдался в образце, сброженном при температуре 18 °С. Образец мезги, полученный при температуре 18 °С отличается наиболее высоким содержанием сложных эфиров и отдельных высших спиртов, таких как 1-пропанол и изоамилол, придающих аромату приятные фруктовые оттенки.

Таким образом, оптимальной температурой сбраживания мезги чёрной смородины является температура 18 ± 2 °С.

С целью разработки оптимальных режимов аэрирования при сбраживании мезги чёрной смородины, предназначенной для дистилляции, был поставлен эксперимент, предусматривающий как использование аэрации, так и её исключение. В эксперименте участвовали 3 образца мезги – образец А аэрировался однократно, в начале брожения. Образец Б аэрировали ежедневно, раз в сутки до завершения брожения. Контрольный образец (К) сбраживался без аэрирования, в анаэробных условиях. Брожение всех образцов осуществляли в течение пяти суток при выбранной температуре. Наибольшая степень сбраживания сахаров отмечалась в образце А – объемная доля этилового спирта в этом образце была максимальная. По органолептическим показателям образец мезги, полученный в анаэробных условиях, и образец А были идентичны. Однако в образце А содержание метилового спирта оказалось в два раза выше, чем в контрольном образце (табл. 5).

Таблица 5

Влияние режимов аэрирования на состав летучих компонентов сброженной мезги черной смородины

Наименование компонента	Массовая концентрация при различных режимах аэрирования, мг/дм ³		
	К	А	Б
1	2	3	4
Ацетальдегид	15,1	8,9	16,3
Ацетон	-	0,8	0,1
Этилформиат	-	-	0,3
Этилацетат	7,2	3,4	3,4
1	2	3	4
Метанол	130,6	261,4	111,3

Диацетил	0,6	-	-
1-пропанол	7,2	6,5	5,6
Изобутанол	29,3	27,1	25,9
Изоамилацетат	0,9	0,4	-
1-бутанол	-	-	-
Изоамилол	105,4	94,0	86,0
Этилкапроат	0,2	-	-
Гексанол	0,1	0,1	0,1
Этиллактат	-	-	-
Фенилэтиловый спирт	11,1	20,4	9,5
Всего летучих компонентов, в том числе:	307,7	426,0	258,5
Сложные эфиры	8,3	3,8	3,7
Высшие спирты	142,0	127,6	117,6
Карбонильные соединения	15,7	9,7	16,4

Анализ полученных данных позволил сделать вывод о том, что азирование мезги в процессе брожения приводит к снижению концентрации таких ценных ароматобразующих компонентов как пропанол, изоамилацетат, компоненты энантиомерного эфира, что вероятно обусловлено изменением метаболизма дрожжевой клетки. Исходя из этого, рекомендовано проводить анаэробный режим сбраживания мезги чёрной смородины, предназначенной для дистилляции.

В целом результаты исследования позволили разработать оптимальные технологические режимы сбраживания мезги черной смородины, обеспечивающие получение продукта с высокими органолептическими характеристиками.

Литература

1. Петрова С.Н. Состав плодов и листьев черной смородины (обзор)/ С.Н. Петрова, А.А. Кузнецова // Химия растительного сырья. – 2014. – №4. – С. 43-50.
2. Оганесянц Л.А. Использование нетрадиционного сырья при производстве плодовых дистиллятов/Л.А. Оганесянц [и др.] // Виноделие и виноградарство. – 2014. – №5. – С. 20-22.
3. Ли Э. Спиртные напитки: Особенности брожения и производства [Текст]/ Э. Ли, Дж. Пигготт (ред.); перевод с англ. под общ. ред. А.Л. Панасюка. – СПб.: Профессия, 2006. – 552 с.