

УДК 663

Подбор технологических параметров для получения солодового дистиллята с наиболее приемлемым сенсорным профилем

В.А. Романов, dyvom@notsharingmy.info

канд. техн. наук **Н.В. Баракова**, n.barakova@mail.ru

Университет ИТМО

191002, Россия, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Описан подбор технологических параметров сырья, затирания и брожения в производстве солодового дистиллята, обеспечивающих получение максимально приемлемого сенсорного профиля готового дистиллята. Сенсорный профиль зависит в основном от концентраций трех групп веществ: предельных альдегидов, высших спиртов и средних эфиров. Выбору подлежали параметры сырья (сорт солода), затирания и брожения, все величины которых так или иначе влияют на образование указанных сенсорно значимых веществ. Методика подбора технологических параметров заключалась в нахождении неслучайным образом лучшего из сенсорных профилей, полученных при тех или иных значениях параметров. Непосредственным критерием оценки служил обобщенный целевой показатель \hat{C} — линейная свертка ключевых, различных для всех технологических стадий, показателей, имеющих отношение к сенсорному профилю с коэффициентами значимости. Последние находились сопоставлением произвольно назначенного группой экспертов уровня приемлемости соответствующего показателя с безразмерной шкалой от 0 до 1. Показана возможность подбора технологических параметров для получения наиболее приемлемого, по экспертной оценке, сенсорного профиля солодового дистиллята. Описанный подход, являясь родом имитационного моделирования технологического процесса, позволяет использовать экспертную оценку для создания и улучшения технологии любого пищевого продукта и подбора управляющих воздействий (синтеза регуляторов) в ручном и автоматическом управлении биотехнологическим процессом.

Ключевые слова: биотехнология продуктов питания; имитационное моделирование; нечеткая логика; подбор технологических параметров; солодовый дистиллят.

DOI: 10.17586/2310-1164-2017-10-4-53-60

Screening input parameters in distilled malt spirit technology for obtaining a sensory profile with maximum acceptability

Vsevolod A. Romanov, dyvom@notsharingmy.info

Ph.D. **Nadezhda V. Barakova**, n.barakova@mail.ru

ITMO University

9, Lomonosova str., St. Petersburg, 191002, Russia

The article deals with the process of choosing production parameters of raw materials, mashing, and fermentation that allow for obtaining optimal final parameters of the product, namely sensory profile of distilled malt spirit. Sensorics mainly depend on overall concentrations of three groups of compounds: aliphatic aldehydes, higher alcohols, and esters. The parameters chosen involved raw material (barley malt), its parameters affecting cooked mash composition, fermentation process and, subsequently, final distillate sensorics. Methodology of raw material screening was ranking sensorics with various initial parameters obtained non-randomly. The actual ranking criterion was aggregated sensorics parameter \hat{C} — linear aggregation of concentration figures for basic sensory active compounds with relevance coefficients (multipliers). The latter were found by projecting an acceptance score of a corresponding parameter evaluated by test panel onto a unitless scale of form 0 to 1. The possibility of obtaining the most acceptable, in an expert opinion, sensory profile in the malt distillate via screening input parameters is demonstrated. The above approach, being a kind of production process imitation modeling, allows for expert opinions to be utilized in screening and improving processing parameters for any foodstuffs, as well as synthesizing controlling methods (controllers) in manual and automatic biotechnology process control.

Keywords: food biotechnology; imitation modeling; fuzzy logic; choosing production parameters; malt distillate.

Введение

Солодовый дистиллят — жидкость, содержащая 60 и более объемных процентов спирта, которая получается двойной простой перегонкой зрелой бражки из соложенного сырья и отличается высоким содержанием сенсорно значимых веществ. Свойства солода, режима затирания и брожения вносят большой вклад в сложение развитого сенсорного характера дистиллята.

Состав солода определяет теоретический максимум содержания экстрактивных веществ в сусле. Режим затирания определяет, сколько в действительности экстрактивных веществ будет получено и насколько они будут усвояемы для дрожжей, а режим брожения — сколько усвояемых веществ будет преобразовано дрожжами в те или иные сенсорно значимые вещества.

Известно, что ускоренный синтез дрожжами примесей является побочным эффектом противодействия осмотическому стрессу [1, 2]. Гиперосмотический стресс, с точки зрения механизмов внутриклеточной регуляции, есть реакция двух независимых веществ-сенсоров на повышение осмотического давления среды. Эта реакция запускает протеинкиназный путь регулирования активности различных ферментов пути Эмбдена–Майергофа–Парнаса [3]. В частности, медиатор под названием протеинкиназа А способен пятикратно увеличить активность 6-фосфофрукто-2-киназы, что приводит к трехкратному увеличению накопления глицерина [4, 5]. Активирование других ферментов таким же образом ускоряет синтез прочих примесей [2, 3, 6].

Механизмы формирования из этих примесей сенсорного характера дистиллята сравнительно мало изучены, в связи с чем отсутствуют теоретические предпосылки для построения классической детерминированной математической модели, и в проектировании технологического процесса возможно использование только экспериментального статистического моделирования [7].

Способ является подвидом имитационного моделирования, но с большей опорой на оцифровку результатов эксперимента. По плану эксперимента, построенному вокруг базовой «черновой» технологии путем вариации ключевых параметров (допускается неортогональность плана), готовится набор образцов с различными показателями, а затем оценивается приемлемость этих показателей. Отсюда выводятся наилучшие значения исходных параметров [8–11].

Однако для решения поставленной задачи необходим еще целевой показатель, к которому должны стремиться показатели качества экспериментальных образцов, с тем чтобы можно было выбрать лучшие. Им может быть сам сенсорный характер образца. Этот характер можно представить в виде поверхности (сенсорного профиля) с формой, однозначно описываемой набором векторов (градиентов). Сумма этих векторов будет вектором гедонического фактора сенсорного профиля.

Гедонический фактор будет тем более выражен, чем лучше будут удовлетворены предпочтения потребителя. Несмотря на субъективность, такая оценка может быть применена к составлению и улучшению технологии, поскольку в данном случае удовлетворение потребности рынка в напитке определенного сенсорного характера и есть одна из важнейших целей технологического процесса [9, 12].

То, что подход к оценке солодового дистиллята во многом субъективен, связано с самой идеей продукта: дистиллят, являясь спиртом сравнительно низкой очистки, допускает множественные вариации химического состава и, следовательно, сенсорного профиля. Поэтому все, что делает солодовый дистиллят оригинальным продуктом, — совокупность субъективных вкусовых предпочтений, этими предпочтениями нельзя пренебречь. Более того, гедонический фактор сенсорного профиля применим в качестве так называемого обобщенного целевого показателя при подборе технологических параметров, если имеется способ его числового выражения, с тем чтобы возможно было оценивать образцы, получаемые на той или иной технологической стадии, по единой шкале (причем шкалы могут отличаться для разных стадий) [8, 9].

Обобщенный показатель режима затирания должен находиться из значений, которые дают представление о потенциальном сенсорном характере, т. к. еще нельзя говорить о формировании сенсорного профиля как такового. Поэтому целевой показатель может находиться из концентраций химических предшественников сенсорно значимых веществ, полученных при том или ином режиме.

Для выбора сырья, а также параметров брожения, более правильно доводить технологический процесс до конца и сравнивать концентрации сенсорно значимых веществ в образцах дистиллята.

Таким образом, сочетание экспериментально-статистического подхода к моделированию технологического процесса и способа выражения потребительской концепции качества в виде

обобщенных целевых показателей позволяет ввести новый принцип составления технологии солодового дистиллята. Данный эксперимент имеет целью практическую апробацию этого принципа путем приготовления образцов по различным технологическим режимам и нечеткого сравнения (ранжирования) согласно экспертному мнению о степени соответствия сенсорных показателей образцов потребительской концепции качества.

Объекты и методы исследования

Эксперимент по составлению технологии дистиллята описанным путем заключался в следующем.

1. Подбор режима затирания. На этой стадии объектом исследования было сусло, приготовленное из ячменного солода по двум режимам затирания: классическому и экспериментальному. Образцы сравнивались по содержанию сухих веществ, сбраживаемых углеводов и свободного аминного азота, а также по активной кислотности, с тем чтобы оценить, прежде всего, полноту экстрагирования тем и другим режимом полезных веществ сырья, независимо от состава последнего.
2. Приготовление сусла по выбранному режиму из трех других сортов ячменного солода.
3. Подбор режима брожения. После сбраживания одним штаммом дрожжей с одинаковой дозировкой всех четырех образцов сусла исследовались образцы зрелой бражки на остаточные экстрактивные вещества для определения режима, оптимального для интенсивности брожения.
4. Двукратная дистилляция с идентичными параметрами и одинаковой объемной долей отсекаемых фракций и ранжирование образцов дистиллята с выявлением лучшего из примененных солодов. На этой стадии, несмотря на то, что непосредственно анализировались дистилляты, объектом исследования были сорта солода, поскольку именно их характеристики определяли различия в сенсорных показателях одинаково полученных образцов.

Исходные технологические режимы — классический режим затирания и базовый режим брожения, — а также режимы дистилляции задавались исходя из литературных сведений [13].

Классическим режимом затирания предусматривалась выдержка затора при температурах 52; 62 и 67°C в течение 20 мин. Экспериментальный режим затирания при такой же первой температурной паузе предполагал выдержку затора при 64°C в течение 45 мин для продления активной температурной зоны амилолитических ферментов, вместе с тем имея равную общую длительность (за счет сокращения времени на нагревание) и несколько ускоряя охлаждение сусла.

Сусло, фильтрованное через слой собственной дробины, охлаждалось при помощи проточной холодной воды до температуры (30+5)°C, затем вносились предварительно регидратированные сухие спиртовые дрожжи для солодового виски. Для регидратации расчетное количество дрожжей смешивалось с дистиллированной водой температурой (35–2)°C в количестве 10 см³ · г⁻¹ дрожжей и выдерживалось при той же температуре не более 15 мин. Регидратированные дрожжи вносились в количестве 1 г · дм⁻³ сусла.

Брожение продолжалось (70–2) ч в герметичной стеклянной посуде с гидравлическим затвором (базовый режим). Опытный режим брожения отличался лишь тем, что с дрожжами добавлялось 0,2 г · дм⁻³ автолизата того же штамма для увеличения содержания азотсодержащих веществ.

В образцах сусла до брожения измерялась активная кислотность при помощи автоматического титратора «Метром-848 титрино-плюс» в режиме рН-метрии. Продолжительность измерения составляла не менее 3 мин или более в случае длительных колебаний измеряемой величины (кроме последней значащей цифры). До и после брожения определялось содержание сухих веществ на рефрактометре «Индекс инструментс» РТР 46; количество сбраживаемых углеводов — методом Бертрана [14]; количество свободного α-аминного азота — методом с нингидрином при длине волны 570 нм [15] на фотометре КФК-3-01. Дополнительно измерялась крепость ареометрически после отгонки спирта. Полученные данные представлены в таблицах 1 и 3.

В образцах дистиллятов определялась концентрация сенсорно значимых веществ на хроматографе «Кристалл-2000М» с дозатором ДАЖ-2М, колонкой НР-FFAP 0,32 мм × 0,5 мкм в газовой фазе 99,999% азота (ос. ч.) Для расчета концентраций веществ выбирались пики с расхождением не более 10%. Данные представлены в таблице 5.

Поскольку в экспериментах можно выделить три стадии — подбора сырья, режима затирания и брожения (условно обозначенные $x = 1...3$), — проводились три сессии сбора экспертного мнения

относительно результатов каждой из стадий. Уровни назначались независимо десятью опрошенными, имеющими опыт в дегустации дистиллятов, предварительно в целочисленных баллах.

Результаты, сильно отличающиеся от остальных результатов по данному показателю, отбрасывались (заменены прочерками). Результат отбрасывался, если изменение среднего отклонения (девиации) доказывало, что результат сильно уменьшает согласованность.

Также делался вывод об однозначности результата для экспертного мнения по каждой из стадий экспериментов на основании показателя согласованности

$$W_x = 12 \cdot \sigma^2 \cdot 10^{-2} \cdot (n^3 - n)^{-1},$$

где σ^2 — среднеквадратичное отклонение;

10 — число опрошенных;

n — число показателей в таблице.

Баллы и результаты их обработки представлены в таблицах 2, 4 и 6.

Далее к осредненным баллам применялся метод односторонней функции желательности с безразмерными шкалами $\{\mu_x\}$: 0,00 (неприемлемый показатель); 0,20; 0,37 ($\approx 1 - e^{-1}$); 0,63 ($\approx e^{-1}$); 0,80; 1,00 (наилучший возможный показатель). Результаты экспериментов с показателями приемлемости по безразмерным шкалам и соответствующие обобщенные показатели \hat{C}_x представлены в таблицах 1, 3 и 5.

Результаты и их обсуждение

Отбирались образцы промежуточных продуктов: осахаренного сусла и зрелой бражки, полученной сбраживанием этого сусла. Оценивались наиболее важные показатели (таблицы 1 и 3). Одновременно испытывались альтернативные режимы получения сусла и бражки с целью сравнить с исходными режимами и получить дистиллят с улучшенным сенсорным профилем.

Подбор параметров стадии затирания должен вестись так, чтобы содержание сухих веществ сбраживаемых углеводов и свободного аминного азота, а также активной кислотности стремилось к значениям, при которых в дальнейшем обеспечивался бы синтез наиболее приемлемого количества сенсорно значимых веществ. Исходя из этого образцы сусла, приготовленного по двум режимам, сравнивались по агрегированному из указанных физико-химических показателей обобщенному критерию затирания \hat{C}_1 с соответственно назначенными коэффициентами μ_1 (таблица 1).

Таблица 1 – Физико-химические показатели сусла, полученного при различных режимах затирания
Table 1 – Physico-chemical indicators of mash obtained by different techniques

№	Показатель	Режим затирания		Коэффициент μ_1
		классический	опытный	
1	pH	5,8	5,7	0,63
2	Сухие вещества, %	17,0	17,7	0,80
3	Аминный азот, мг/дм ³	90,1	109,5	1,00
4	Сбраживаемые углеводы, г/100 см ³	5,13	6,54	0,80
Обобщенный показатель \hat{C}_3		112,5	132,5	

При сравнении обобщенных показателей \hat{C}_1 было обнаружено, что образец, приготовленный по опытному режиму затирания, с показателем \hat{C}_1 , равным 132,5, превосходит образец по базовому режиму. Из этого следует, что с точки зрения сенсорных показателей будущего дистиллята предпочтительнее опытный режим затирания.

Экспертная оценка в данном случае необходима для назначения различным показателям сусла показателей (μ_1) «важности», или же того, какому из показателей нужно уделять наибольшее внимание: так, отклонения в содержании свободного аминного азота в сусле наиболее критичны ($\mu_{1,as} = 1$). Учет сравнительной значимости показателей позволяет более взвешенно оценить продуктивность обоих режимов затирания.

Таблица 2 – Экспертное мнение о физико-химических показателях сула

Table 2 – Physico-chemical indicators of mash evaluated by test panel

№ показателя	Балл										Средний балл	Средняя девиация	Число W по таблице
	4	3	2	3	3	—	4	4	4	3			
1	4	3	2	3	3	—	4	4	4	3	3,33	0,59	0,36
2	3	4	3	3	5	3	—	4	3	—	3,50	0,62	
3	5	5	5	4	4	5	5	5	3	5	4,60	0,56	
4	3	—	4	—	3	4	3	5	3	5	3,75	0,75	

Параметры брожения должны обеспечивать наилучшее усвоение дрожжами экстрактивных веществ сула, так как на стадии брожения образуются все основные сенсорно значимые вещества, а перегонка лишькратно увеличивает их концентрации. Для определения, имеет ли опытный режим брожения преимущество перед базовым, образцы зрелой бражки, полученной по обоим режимам, сравнивались по обобщенному критерию затирания \hat{C}_2 с соответственно назначенными коэффициентами μ_2 (таблица 2). Коэффициенты отрицательны, поскольку в данном случае большее остаточное содержание усвояемых веществ дает меньший балл, и, чтобы отразить этот факт, ось коэффициентов следует направить в обратную балльной шкале сторону: из нуля в отрицательные числа.

Таблица 3 – Физико-химические показатели зрелой бражки, полученной при различных режимах брожения

Table 3 - Physico-chemical indicators of fermented wash obtained by different fermentation regimes

№	Показатель	Режим брожения		Коэффициент μ_2
		базовый	опытный	
1	Сухие вещества, %	5,2	3,3	-0,80
2	Аминный азот, мг·дм ⁻³	0,2	0,2	-1,00
3	Сбраживаемые углеводы, г/100 см ³	—	0,1	-0,80
Обобщенный показатель \hat{C}_2		-5,8	-2,7	

По обобщенным показателям \hat{C}_2 образец, сброженный по опытному режиму, превосходит образец, полученный по базовому режиму: $-2,7 > -5,8$. Поэтому для получения зрелой бражки, при дистилляции наиболее обогащающей сенсорный профиль спирта, предпочтительнее опытный режим брожения.

Таблица 4 – Экспертное мнение о физико-химических показателях бражки

Table 4 – Physico-chemical indicators of fermented wort evaluated by test panel

№ показателя	Балл										Средний балл	Средняя девиация	Число W по таблице
	2	1	3	2	1	1	1	—	1	1			
1	2	1	3	2	1	1	1	—	1	1	1,44	0,59	0,24
2	1	0	0	—	1	0	1	—	1	0	0,50	0,50	
3	2	2	1	2	0	0	1	2	—	1	0,48	0,48	

Не менее важны для получения солодового дистиллята с благоприятным сенсорным профилем показатели сырья, поскольку компоненты солода служат химическими предшественниками сенсорно значимым веществам. При этом показатели солода трудно логически связать с потенциальным сенсорным профилем, как на предыдущих стадиях эксперимента. В связи с этим из различных сортов солода по ранее выбранным режимам затирания и брожения и одинаковому режиму двойной перегонки и фракционирования получались дистилляты (средняя фракция) и ранжировались по обобщенному показателю \hat{C}_3 с соответственно назначенными коэффициентами μ_3 (таблица 3). Отрицательный коэффициент назначен метиловому спирту из соображений пищевой безопасности.

Таблица 5 – Ранжир солодовых дистиллятов на основе показателей качества

Table 5 – The distribution of malt distillates according to their quality indicators

Показатель, мг·дм ⁻³	Дистилляты				Коэффициент μ_3
	I	II	III	IV	
сложные эфиры	53,0	26,9	59,8	26,8	1,00
ацетальдегид	35,4	11,5	43,1	15,9	0,20
высшие спирты	5125,3	4080,3	1980,3	2785,8	0,20
метиловый спирт	51,5	36,8	59,3	42,4	-1,00
обобщенный показатель \hat{C}_3	521,1	400,4	207,0	266,2	

После сравнения обобщенных показателей солодовых дистиллятов \hat{C}_3^{I-IV} лучшим был признан образец из сорта солода I с показателем \hat{C}_3 , равным 521,1. Поэтому данный сорт солода был признан наиболее подходящим к использованию в качестве сырья для солодового дистиллята с максимально приемлемым сенсорным профилем.

Одновременно были установлены пределы целевых значений концентраций примесей, которые может иметь дистиллят в случае применения другого солода, и при которых, несмотря на меньшие концентрации примесей, органолептический характер еще можно признать приемлемым. Согласно мнению экспертов, солодовый дистиллят приемлемого органолептического качества должен содержать, мг · дм⁻³: предельных альдегидов (в пересчете на ацетальдегид): не менее 12 и не более 43; высших спиртов – 1980...5125; сложных эфиров – 27...60; метилового спирта – не более 60.

Кроме того, из экспертной оценки были получены коэффициенты каждой группы органолептически значимых примесей μ_3 , которые устанавливают какие примеси наиболее критичны для органолептического качества. Здесь это сложные эфиры ($\mu_3^{эф} = 1$). Как и ранее, учет сравнительной значимости показателей позволяет вести более обоснованное ранжирование образцов.

Таблица 6 – Экспертное ранжирование солодовых дистиллятов

Table 6 – Malt distillates devaluated by test panel

№ показателя	Балл										Средний балл	Средняя девиация	Число W по таблице
	5	4	5	4	4	—	4	5	5	5			
1	5	4	5	4	4	—	4	5	5	5	4,56	0,49	0,19
2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1,40	0,48	
3	2	1	—	1	1	1	2	1	0	1	1,11	0,16	
4	0	0	1	1	0	0	—	—	0	1	0,38	0,47	

Заключение

Главным результатом исследования является формирование принципа проектирования технологии солодового дистиллята, наиболее соответствующего потребностям российского потребителя, и составление реальной технологии по этому принципу путем нечеткого сравнения альтернативных режимов производства.

Основными критериями сравнения технологических режимов служили обобщенные целевые показатели, позволяющие ранжировать альтернативные образцы с учетом субъективных предпочтений, но относительно объективным образом. Целевые показатели формировались из субъективной экспертной оценки сенсорных показателей образцов, что позволяло моделировать потребительскую концепцию качества.

Данный подход может применяться для проектирования, оптимизации, переноса на другую сырьевую и производственную базу любых биотехнологических процессов пищевого производства, а также ручном и автоматическом управлении ими.

Литература

1. Aslankoochi E., Rezaei M.N., Vervoort Y., Courtin C.M., Verstrepen K.J. Glycerol production by fermenting yeast cells is essential for optimal bread dough fermentation. *PLoS ONE*. 2015, V. 10, no. 3.
2. D'Amore T., Panchal C.J., Russell I. Osmotic pressure effects and intracellular accumulation of ethanol in yeast during fermentation. *J. of Ind. Microbiol. & Biotech.*, 1988, no. 2(6), pp. 365–372.
3. Christoph N., Bauer-Christoph C. Flavour of spirit drinks: raw material, fermentation, distillation, and ageing. Berger R.G. (ed.) *Flavours and Fragrances*. Springer, Berlin 2007. pp. 219–239.
4. Piao H., MacLean Freed J., Mayinger P. Metabolic activation of the HOG MAP kinase pathway by Snf1/AMPK regulates lipid signaling at the Golgi. *Traffic*. 2012, V.13, no. 11, pp. 1522–1531.
5. Vallejo M.C., Mayinger P. Delayed turnover of unphosphorylated Ssk1 during carbon stress activates the yeast Hog1 MAP kinase pathway. *PLoS ONE*. 2015, V. 10, no. 9.
6. Абрамов Ш.А., Халилова Э.А. Образование побочных метаболитов дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* в условиях спиртового брожения // Хранение и переработка сельхозсырья. 2007. № 9. С. 64–67.
7. Кошак Ж.В., Минина Е.М. Применение ЭВМ в отрасли: учебное пособие. Могилев: МГУП, 2005. 93 с.
8. Володин А.А. Системный анализ и управление сложными биосистемами на базе нейро-нечетких регуляторов: дис. ... канд. техн. наук. Ставрополь, 2014. 214 с.
9. Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология. М.: Машиностроение-1, 2004. 488 с.
10. Ершов К.С. Анализ и классификация алгоритмов кластеризации // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2016. № 19. С. 274–279.
11. Иванова Г.В. Автоматизация основных технологических процессов химических производств: методические материалы по курсу лекций (в двух частях). Ч. 1. СПб.: Изд-во СПб гос. технолог. инст., 2003. 69 с.
12. Robichaud J., Bleibaum R.N., Thomas H. Cracking the consumer code – linking winemakers to consumers to increase brand loyalty. *Proceedings of the 13th Australian Wine Industry Technical Conference*, 2005. URL: [http://mintinnovation.com/links/docs/Sensory_Evaluation/Cracking the consumers code in wines.pdf](http://mintinnovation.com/links/docs/Sensory_Evaluation/Cracking_the_consumers_code_in_wines.pdf). (Accessed 10.10.2017).
13. Priest F.G., Stewart G.G. (Ed.) *Handbook of brewing*. CRC Press, 2006. 853 p.
14. Кузьмина С.С., Захарова А.С. Методы исследования свойств сырья и готовой продукции. Часть 1. Барнаул: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2008. 103 с.
15. Lie S. The EBC – ninhydrinmetod for determination of free alpha amino nitrogen. *J. Inst. Brew* (79). pp. 825–833.

References

1. Aslankoochi E., Rezaei M.N., Vervoort Y., Courtin C.M., Verstrepen K. J. Glycerol production by fermenting yeast cells is essential for optimal bread dough fermentation. *PLoS ONE*. 2015, V. 10, no. 3.
2. D'Amore T., Panchal C.J., Russell I. Osmotic pressure effects and intracellular accumulation of ethanol in yeast during fermentation. *J. of Ind. Microbiol. & Biotech.*, 1988, no. 2(6), pp. 365–372.
3. Christoph N., Bauer-Christoph C. Flavour of spirit drinks: raw material, fermentation, distillation, and ageing. Berger R.G. (ed.) *Flavours and Fragrances*. Springer, Berlin 2007. pp. 219–239.
4. Piao H., MacLean Freed J., Mayinger P. Metabolic activation of the HOG MAP kinase pathway by Snf1/AMPK regulates lipid signaling at the Golgi. *Traffic*. 2012, V.13, no. 11, pp. 1522–1531.
5. Vallejo M.C., Mayinger P. Delayed turnover of unphosphorylated Ssk1 during carbon stress activates the yeast Hog1 MAP kinase pathway. *PLoS ONE*. 2015, V. 10, no. 9.
6. Abramov Sh. A., Khalilova E. A. Obrazovanie pobochnykh metabolitov drozhzhami *Saccharomyces cerevisiae* v usloviyakh spirtovogo brozheniya [Side metabolite production by *S. cerevisiae* yeast during ethanol fermentation]. *Storage and Processing of Agricultural Raw Materials*. 2007, no. 9, pp. 64–67.
7. Koshak Zh. V., Minina E. M. *Primenenie EVM v otrasli: uchebnoe posobie* [Computing in Industry: a Reference]. Mogilev, Mog. State Tech. U. Publ., 2005. 96 p.
8. Volodin A. A. Sistemnyi analiz i upravlenie slozhnymi biosistemami na baze neuro-nechetkikh regulyatorov [Neuro-fuzzy Controllers for Systemwide Analysis and Complex Biosystem Control]. *Ph.D. thesis*. Stavropol, 2014. 214 p.
9. Diligenskii N.V., Dymova L.G., Sevastyanov P.V. *Nechetkoe modelirovanie i mnogokriteril'anaya optimizatsiya proizvodstvennykh sistem v usloviyakh neopredelennosti: tekhnologiya, ekonomika, ekologiya* [Fuzzy modeling and multicriterial optimization of industrial-scale systems under uncertainty: technology, economy, ecology]. Moscow, Mashinostroenie-1 Publ., 2004. 488 p.
10. Ershov K.S. Analiz i klassifikatsiya algoritmov klasterizatsii [Analysis and classification of clusterization algorithms]. *New Information Technology in Automatic Systems*. 2016, no. 19, pp. 274–279.

11. Ivanova G. V. Avtomatizatsiya osnovnykh tekhnologicheskikh protsessov khimicheskikh proizvodstv: metodicheskie materialy po kursu lektsii (v dvukh chastyakh) [Automatization of basic production processes in chemical industry: lection notes]. Part I. St. Petersburg, St. Petersburg State Technical University Publ., 2003. 69 p.
12. Robichaud J., Bleibaum R.N., Thomas H. Cracking the consumer code – linking winemakers to consumers to increase brand loyalty. *Proceedings of the 13th Australian Wine Industry Technical Conference*, 2005. URL: [http://mintinnovation.com/links/docs/Sensory_Evaluation/Cracking the consumers code in wines.pdf](http://mintinnovation.com/links/docs/Sensory_Evaluation/Cracking_the_consumers_code_in_wines.pdf). (Accessed 10.10.2017).
13. Priest F.G., Stewart G.G. (Ed.) *Handbook of brewing*. CRC Press, 2006. 853 p.
14. Kuzmina S. S., Zakharova A. S. *Metody issledovaniya svoistv syr'ya i gotovoi produktsii* [Methods for examining properties of raw materials and produce]. Part I. Barnaul, Altai State Tech. U. Publ., 2008. 103 p.
15. Lie S. The EBC – ninhydrinmetod for determination of free alpha amino nitrogen. *J. Inst. Brew* (79). pp. 825–833.

Статья поступила в редакцию 14.09.2017