Fedoseyeva U.S., Polyakova L.I. System of suppliers' assessment in food safety management. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2015, vol. 37, no. 2, pp. 125–131. (In Russ.)

Федосеева Ульяна Сергеевна
аспирант кафедры технологии бродильных производств и консервирования ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел.: +7 (3842) 39-68-55

Полякова Людмила Ивановна
директор департамента контроля и обеспечения качества, ООО «Бочкаревский пивоваренный завод», 659445, Россия, Алтайский край, Целинный район, с. Бочкари, ул. Молодежная, 1А, тел.: +7 (38596) 32-594,
e-mail: fus@bochkari.ru

Ulyana S. Fedoseyeva
Postgraduate Student of the Department of Department of Zymurgy and Food Preservation Technology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-55

Lyudmila I. Polyakova
Director of the Department of Control and Quality Assurance, «Bochkarevsky Brewery» Ltd, 1 A, st. Molodezhnaya, Bochkarev village, Altay, 659445, Russia, phone: +7 (38596) 32-594,
e-mail: fus@bochkari.ru

УДК 663.14

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАРИЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ПРОЦЕССЕ ПИВОВАРЕНИЯ

У.С. Федосеева*, В.А. Помозова

ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

**e-mail: fedoseeva.bpz@gmail.com*

Дата поступления в редакцию: 05.02.2015
Дата принятия в печать: 20.04.2015

Использование инструментов статистического анализа – простой и эффективный способ управления технологическим процессом. Статистические инструменты дают возможность получать достоверные данные о процессе, корректировать и улучшать его, тем самым повышая качество продукции. На основе семи простых инструментов контроля качества предложен алгоритм анализа и улучшения процесса производства пива. Алгоритм включает в себя определение параметров качества пива, нуждающихся в управлении; определение характера распределения изучаемых величин; определение статистической управляемости процесса; изучение причин, при которых распределение величины не является нормальным; определение факторов статистической неуправляемости процесса; определение возможности и пути улучшения процесса. Вкус и аромат пива определяется многими параметрами. Высшие спирты играют важную роль в органолептическом восприятии пива, так как некоторые из спиртов являются необходимыми компонентами пива, другие в концентрациях, превышающих порог ощущения, отрицательно сказываются на запахе продукта и придают ему нежелательный привкус. С помощью разработанного алгоритма по показателю содержания высших спиртов исследован процесс брожения пива с экстрактивностью 12,5 % на примере данных ООО «Бочкаревский пивоваренный завод» (Алтайский край, Россия). Инструмент контроля качества (гистограмма) использовался для оценки дифференциального распределения изучаемой величины. Доказано нормальное распределение содержания высших спиртов в пиве. Проведен анализ процесса брожения с помощью контрольных карт Шухарта. Построены контрольная карта размахов и контрольная карта индивидуальных значений содержания высших спиртов в пиве. Для интерпретации хода технологического процесса по контрольным картам применены критерии для особых причин. Показано, что процесс брожения статистически управляем, особые причины не обнаружены. Предлагаемый алгоритм анализа и улучшения процесса производства пива прост в использовании и дает возможность изучать и улучшать процесс.

Качество пива, высшие спирты, инструменты контроля качества, гистограмма, контрольная карта Шухарта.

Введение

В последние годы бурное развитие получили системы и инструменты менеджмента качества. Статистические инструменты при этом имеют большое значение, так как позволяют оценить состояние технологических процессов и выявить отклонения от установленных требований, определяют возможные направления воздействия для корректировки и улучшения процесса. Основной задачей статистического управления процессом является недопущение отклонений параметров процессов от установленных стандартов и в меньшей мере обнаружение уже допущенного отклонения от стандарта. Эффективность применения на практике инструментария статистического анализа подтверждена многими предприятиями, которые достигли успеха в области обеспечения высокого уровня качества продукции.

Из всего множества инструментов управления качеством выделяют 7 методов, которые в научно-

технической литературе имеют название «Семь инструментов контроля качества» [1]:

– гистограмма;
– диаграмма разброса;
– диаграмма Парето;
– стратификация (расслоение);
– графики;
– диаграмма Исикавы (причинно-следственная диаграмма);
– контрольная карта.

Гистограмма используется для предварительной оценки дифференциального распределения изучаемой случайной величины, однородности экспериментальных данных, сравнения разброса данных с допустимым, природы и точности изучаемого процесса. Гистограмма – это столбчатый график, позволяющий наглядно представить характер распределения случайных величин в выборке. Такие инструменты, как диаграмма разброса, диаграмма Исикавы, графики, диаграмма Парето, позволяют выявить причинно-следственные связи изучаемых величин. **Диаграмма разброса** позволяет без математической обработки экспериментальных данных о значениях двух переменных на основе графического представления этих данных оценить характер и тесноту связи между ними. **Диаграмма Парето –** это способ графического представления опытных данных о результатах различных видов деятельности, процессов, облегчающий принятие решения о наиболее важных причинах получения этих результатов. **Стратификация (расслоение)** - это один из наиболее простых, эффективных и распространенных методов выявления причин несоответствий, влияния различных факторов на показатели качества процесса. Расслоение данных заключается в разделении результатов процесса на группы, внутри которых эти результаты получены в определенных условиях протекания процесса. Данные, разделенные на группы по признаку условий их формирования, называют слоями (стратами), а сам процесс разделения на слои – стратификацией данных. Стратификация данных производится часто по следующим признакам: оборудование; человеческий фактор; исходные материалы; методы работы; условия и способы измерений. Применение **графиков** придает наглядность и облегчает понимание закономерностей, которые эти данные отражают. Часто используют следующие виды графиков: график в виде ломаной линии; столбчатый график; круговой график; ленточный график; «радиационная» диаграмма. **Диаграмму Исикавы** или причинно-следственную диаграмму используют для выявления и систематизации факторов, влияющих на определенный результат процесса, вызывающих какую-либо проблему при его реализации [1].

Цель контрольных карт – обнаружить неестественные изменения в данных из повторяющихся процессов и дать критерии для обнаружения отсутствия статистической управляемости. Контрольная карта – это графический способ представления и сопоставления информации, основанной на последовательности выборок, отражающих текущее состояние процесса, с границами, установленными на основе внутренне присущей процессу изменчивости [3].

Преимущество этих методов – простота, но вместе с тем они сохраняют связь со статистикой, что позволяет использовать их при принятии решений, основанных на фактах. Инструменты контроля качества дают возможность получить эти факты – достоверную информацию о состоянии изучаемых процессов. Эти методы можно рассматривать и как отдельные инструменты, и как систему методов.

Цель настоящей работы – разработать алгоритм для анализа и улучшения процесса производства пива.

Объект и методы исследования

Для исследования выбран объект – пиво с экстрактивностью начального сусла 12,5 %.

Анализ содержания высших спиртов в пиве проводился на газовом хроматографическом комплексе «Хромос ГХ-1000».

Для анализа технологического процесса использовались статистические методы: гистограмма и контрольная карта Шухарта.

Результаты и их обсуждение

Технологический процесс производства пива является достаточно сложным, качество готового продукта определяется множеством факторов, которые необходимо учитывать и управлять ими для достижения требуемого результата.

С точки зрения потребителя понятие «качество пива» является достаточно субъективным и во многом зависит от индивидуальных предпочтений. Тем не менее общепризнанным стандартом хорошего пива является напиток, в котором соблюдается баланс между горечью, кислотностью, сладостью, содержанием алкоголя, концентрацией эфиров и приятным хмелевым ароматом и имеется достаточное количество диоксида углерода, придающего пиву приятную свежесть и способствующего пенообразованию [2].

При употреблении пива возникают вкусовые ощущения, которые переходят из одного в другое и быстро теряют свою остроту. Вкусовые ощущения протекают в три стадии – начальную, оценивающую и завершающую. Общая вкусовая картина этих стадий должна быть сбалансирована. Полнота вкусового ощущения зависит от температуры пива (чем оно холоднее, тем ниже полнота ощущения), от содержания диоксида углерода, от личных предпочтений дегустатора.

В формировании вкуса большое значение имеет аромат. Аромат может быть хмелевым или иметь эфирно-спиртовые ноты. Выразительность последнего зависит от содержания высших спиртов, эфиров и альдегидов. Кроме того, на первой стадии возникает ощущение более или менее выраженной полноты вкуса, которая зависит от массовой доли сухих веществ начального сусла и цветности пива. Полнота вкуса обусловлена, с одной стороны, степенью сладости сахаров, оставшихся в пиве после брожения, а также декстринами и спиртом, а с другой – количеством и размерами коллоидных частиц. Спустя некоторое время после начала дегу-

стации оценивается «игристость» пива, которая зависит от значения pH пива, содержания растворенных буферных веществ и фосфатов, от качества солода и состава пивоваренной воды. Непосредственное влияние на вкус пива оказывает также содержание диоксида углерода: чем оно выше (в пределах 0,38–0,50 %), тем дольше сохраняется вкус пива, однако высокое содержание CO_2 при несбалансированном составе пива (при недостаточном содержании коллоидов и низкой вязкости) может приводить к появлению резкого вкуса.

Завершающая стадия оценки вкуса определяется по горечи. Кроме того, на третьей стадии вкус пива может характеризоваться кисловатым или даже слегка кисловатым оттенком. Вкус пива считается завершенным, когда отличные друг от друга вкусовые ощущения гармонично переходят от одного к другому [6].

В пиве содержится большое количество компонентов, которые оказывают влияние на вкус и аромат:

– главные вкусовые составляющие, их концентрация более чем в два раза превышает порог ощущения (этанол, диоксид углерода, горькие хмелевые вещества);

– вторичные вкусовые составляющие – имеют концентрацию, которая в один-два раза превышает порог ощущения. Это наиболее важные вкусовые вещества пива (изоамиловый спирт, изоамилацетат, этилкаприлат, этилацетат и др.);

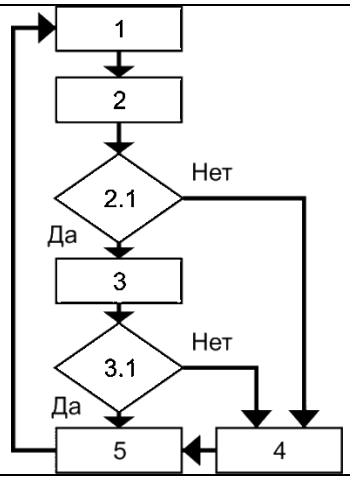
– фоновые вкусовые вещества, концентрация в пиве этих веществ ниже значения порога ощущения от двух до десяти раз (фенилацетат, ацетоин и др.) [2].

Наиболее важными компонентами, влияющими на сенсорный профиль пива, являются: органические спирты, кислоты, эфиры, карбонильные и серосодержащие соединения [2].

Таким образом, с органолептической точки зрения пиво представляет собой сложный комплекс соединений различных классов, каждое из которых вносит определенный вклад в качество пива. Для того чтобы качество пива соответствовало нормативным документам и ожиданиям потребителя, производителю необходимо определить основные компоненты, которые будут формировать отличительный вкус и аромат напитка. Определив их, остается лишь, применяя комплекс инструментов контроля качества, управлять технологическим процессом, анализировать его и улучшать. Алгоритм для анализа и улучшения технологического процесса приведен в табл. 1.

Таблица 1

Алгоритм анализа и улучшения технологического процесса

Блок-схема	Описание шагов (в скобках указаны инструменты контроля качества, применяемые на этапе)
	1. Определить параметры качества пива, которыми необходимо управлять в процессе производства с помощью инструментов контроля качества
	2. Определить характер распределения изучаемых величин (гистограмма). 2.1. Характер изучаемых величин является нормальным?
	3. Определить статистическую управляемость процесса (контрольная карта Шухарта). 3.1. Процесс статистически управляем?
	4. Изучить причины, при которых распределение величины не является нормальным. Определить факторы статистической неуправляемости процесса (диаграмма разброса, диаграмма Исикавы, графики, диаграмма Парето)
	5. Определить возможности и пути улучшения процесса, в том числе используя данные о причинах нестабильности процесса, пункт 4

Прежде чем приступать к статистическому анализу данных, необходимо определить параметры и процессы, которые наибольшим образом влияют на качество готового пива. В первую очередь такими параметрами являются те, которые регламентированы нормативной документацией. В пиве согласно [4] нормируются такие показатели, как объемная доля спирта, кислотность, pH, цвет, массовая доля двуокиси углерода, пенообразование, а также органолептические показатели (прозрачность, аромат, вкус). Производитель вправе выбрать и дополнительные критерии для оценки качества пива. Как правило, потребители отдают предпочтение пиву, которое имеет мягкий вкус и аромат, легко пьется и хорошо утоляет жажду. Рассмотрим в качестве примера использования алгоритма статистический анализ содержания высших спиртов в пиве, так как некоторые из спиртов являются необходимыми компонентами пива, другие в концентрациях, превышающих порог ощущения, отрицательно сказываются на запахе продукта и придают ему нежелательный привкус [2].

Во время главного брожения образуется около 80 % высших спиртов от общего их количества в зависимости от используемой расы дрожжей, состава сусла и условий брожения. В фазе дображивания происходит лишь незначительное увеличение концентрации [5]. Существуют два пути образования высших спиртов: катаболический и анаболический [2].

Катаболический путь связан с распадом аминокислот, которые поступают в клетку из сусла. В этом случае потребленные дрожжами аминокислоты трансаминируются с образованием α-кетокилот с последующим их декарбоксилированием и восстановлением, в результате чего образуются спирты, содержащие на один атом углерода меньше, чем потребленная аминокислота.

Анаболический путь связан с синтезом аминокислот. В этом случае предпоследней реакцией является образование соответствующей α-кетокилоты из пирувата и ацетил-КоА. Далее, как и в первом случае, происходит декарбоксилирование и восстановление этих α-кетокилот с образованием высших спиртов.

Содержание высших спиртов колеблется от 60 до 150 мг/дм^3, при нормальном низовом брожении – от 60 до 90 мг/дм^3 [5]. Факторы, оказывающие существенное влияние на содержание высших спиртов в пиве, представлены в табл. 2 [2, 5, 6].

Таблица 2

Основные факторы, оказывающие влияние на образование высших спиртов в пиве

Фактор	Образование высших спиртов возрастает	Образование высших спиртов понижается
Вид используемых дрожжей	Верхового брожения	Низового брожения
Экстрактивность начального сусла	Более 13 %	Менее 13 %
Концентрация аминокислот в сусле	• Пониженная концентрация аминокислот в сусле (сусло из бедного белком или слабо растворенного солода или при использовании несоложеных материалов) • Чрезмерное содержание аминокислот	Высокое количество аминокислот в сусле
Температура брожения	• Увеличение температуры брожения • Температура внесения дрожжей выше 8 °С	Низкие температуры начального сусла Холодное брожение
Давление пива во время брожения		Повышенное давление
Перемешивание молодого пива (например, мешалкой или насосом)	Интенсивное перемешивание молодого пива	Отсутствие интенсивного перемешивания молодого пива
Аэрация сусла	Интенсивная аэрация сусла	Исключение попадания кислорода в пиво уже после внесения дрожжей
Доливы сусла	При многократных доливах сусла	При отсутствии доливов сусла

В табл. 3 представлены результаты лабораторного анализа содержания высших спиртов в пиве с экстрактивностью начального сусла 12,5 %, проведенного по выборкам из 30 последовательных партий на примере данных ООО «Бочкаревский пивоваренный завод», также приведен скользящий размах значений концентрации высших спиртов – это абсолютное значение разности измерений в последовательных парах.

Далее проводится анализ характера распределения изучаемой величины с помощью инструмента гистограмма (шаг 2, табл. 1) [7].

Первым этапом построения гистограммы является определение наибольшего (L) и наименьшего (S) значения данных. По данным табл. 3 наименьшим значением является 67,8 мг/дм^3, наибольшим 80,3 мг/дм^3.

При построении гистограммы интервал между наибольшим и наименьшим значениями делят на соответствующие участки. Число участков соответствует корню квадратному из числа данных (N), то есть в нашем случае – корню квадратному из 30. Таким образом, число участков равно 5. Определим ширину участка (h): разность между L и S разделим на число участков и округлим полученное число. Таким образом, ширина участка составит 2,5.

Интервалы участка и частота попадания данных в участок – f приведены в табл. 4.

Таблица 3

Сумма высших спиртов для 30 последовательных выборок партий пива

№ п/п	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Сумма спиртов X, мг/дм^3	68,6	70,4	72,1	76,9	74,2	71,2	73,9	75,2	71,55	69,1
Скользящий размах R		1,8	1,7	4,8	2,7	3	2,7	1,3	3,65	2,45
№ п/п	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
Сумма спиртов X, мг/дм^3	72,8	69,9	67,8	72,1	72,4	75,2	74,6	77,55	74,2	72,6
Скользящий размах R	3,7	2,9	2,1	4,3	0,3	2,8	0,6	2,95	3,35	1,6
№ п/п	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
Сумма спиртов X, мг/дм^3	76,8	80,3	77,2	77,6	79,5	75,2	74,2	73,1	76,7	74,1
Скользящий размах R	4,2	3,5	3,1	0,4	1,9	4,3	1	1,1	3,6	2,6

Таблица 4

Интервалы участков и частота попадания значений суммы высших спиртов в интервал

Участок	Интервал участка	Центральное значение	Частота попадания данных в участок, f
1	67,8–70,3	69,05	4
2	70,3–72,8	71,55	7
3	72,8–75,3	74,05	11
4	75,3–77,8	76,55	6
5	77,8–80,3	79,05	2

Следующий этап – построение гистограммы (рис. 1).

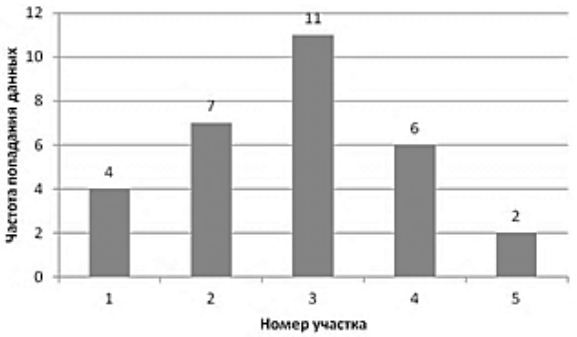


Рис. 1. Гистограмма

Рис. 1 показывает, что гистограмма имеет двустороннюю симметрию, что означает нормальное распределение. Следовательно, можно перейти к следующему этапу – анализу процесса с помощью контрольной карты Шухарта (шаг 3, табл. 1) [3].

Контрольная карта Шухарта представляет собой график значений определенных характеристик подгрупп в зависимости от их номеров. Он имеет центральную линию (*CL*), соответствующую эталонному значению характеристики, а также контрольные границы относительно центральной линии (*UCL* – верхняя, *LCL* – нижняя). Контрольные границы на карте Шухарта находятся на расстоянии 3σ от центральной линии, где σ – генеральное стандартное отклонение используемой статистики. Границы ±3σ указывают, что около 99,7 % значений характеристики подгрупп попадут в эти пределы при условии, что процесс находится в статистически управляемом состоянии.

Контрольные карты Шухарта бывают двух основных типов: для количественных и альтернативных (качественных) данных. Количественные данные представляют собой наблюдения, полученные с помощью измерения и записи значений некоторой характеристики для каждой единицы. Карты для количественных данных – это классические контрольные карты, применяемые для управления процессами. Для контрольных карт, использующих количественные данные, предполагается нормальное распределение для вариаций внутри выборок, причем отклонения от этого предположения влияют на эффективность карт.

Существуют две ситуации при использовании контрольных карт: стандартные значения не заданы и стандартные значения заданы. Стандартные значения – значения, установленные в соответствии с некоторыми конкретными целями или требованиями.

Для построения контрольной карты Шухарта для индивидуальных значений *X* суммы высших спиртов и скользящих размахов *R*, стандартные значения для которых не заданы, использованы данные табл. 3.

Линии контрольной карты для скользящих размахов R:

– центральная линия *CL* рассчитывается как среднеарифметическое значений *R* (табл. 3),

$$CL = 2{,}6, \quad (1)$$

– верхняя контрольная граница

$$UCL = D_4\, CL = 3{,}267 \cdot 2{,}6 = 8{,}49, \quad (2)$$

– нижняя контрольная граница

$$LCL = D_3\, CL = 0 \cdot 2{,}6 = 0 \quad (3)$$

(так как число измерений в подгруппе меньше 7).

Значения множителей D_3 и D_4 взяты из [3]. Карта размахов приведена на рис. 2 и демонстрирует статистически управляемое состояние, это означает, что можно построить контрольную карту индивидуальных значений.

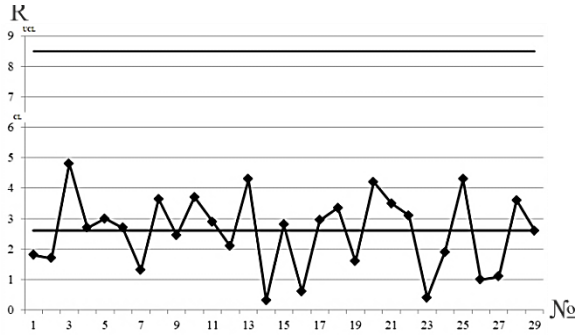


Рис. 2. Контрольная карта скользящих размахов *R*

Результаты расчета линии контрольной карты индивидуальных значений наносятся на контрольную карту (рис. 3).

Линии контрольной карты индивидуальных значений X:

центральная линия *CL* = 73,9 (это среднеарифметическое значений *X*, таблица 3);

– верхняя контрольная граница

$$UCL = CL + E_2\, \hat{R} = 73{,}9 + (2{,}66 \cdot 2{,}6) = 80{,}8 \quad (4)$$

–нижняя контрольная граница

$$LCL = CL - E_2\, \hat{R} = 73{,}9 - (2{,}66 \cdot 2{,}6) = 67{,}0 \quad (5)$$

Значение множителя E_2 взято из [3].

Определим зоны внутри контрольных границ шириной σ:

$$\sigma = (UCL - CL) / 3 = 2{,}3 \quad (6)$$

Линии зон шириной σ:

$$UCL_{2/3x} = UCL - \sigma = 80{,}8 - 2{,}3 = 78{,}5 \quad (7)$$

$$UCL_{1/3x} = UCL_{2/3x} - \sigma = 78{,}5 - 2{,}3 = 76{,}2 \quad (8)$$

$$LCL_{2/3x} = CL - \sigma = 73{,}9 - 2{,}3 = 71{,}6 \quad (9)$$

$$LCL_{1/3x} = LCL_{2/3x} - \sigma = 71{,}6 - 2{,}3 = 69{,}3 \quad (10)$$

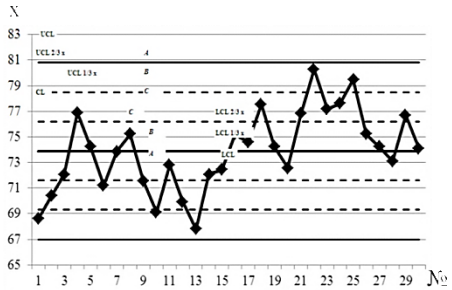


Рис. 3 Контрольная карта индивидуальных значений *X*

Контрольные карты интерпретированы с помощью критериев для особых причин, которые выявляют проявление особых (неслучайных) причин. Для этого на контрольной карте, помимо верхней и нижней контрольных границ и центральной линии, нанесены линии, которые делят карту на шесть равных зон шириной σ (расчет по формулам 6–10).

Эти зоны обозначаются *A, B, C, C, B, A*, причем зоны *C* расположены симметрично центральной линии. Критерии для особых причин применимы к картам индивидуальных значений и картам средних значений, при условии, что распределение средних и индивидуальных значений является нормальным [3]. Результаты интерпретации представлены в табл. 5.

Таблица 5

Интерпретация процесса с помощью критериев для особых причин

№ критерия	Наименования критерия [3]	Пояснение	Результат
1	Одна точка вне зоны *A*	Показывает выход точки на контрольной карте за границу верхнего или нижнего контрольного предела	Отрицательно
2	Девять точек подряд в зоне *C* или по одну сторону от центральной линии	Показывает наличие серии – такого состояния, когда точки неизменно оказываются по одну сторону от центральной линии	Отрицательно
3	Шесть возрастающих или убывающих точек подряд	Показывает наличие тренда (дрейфа) – непрерывно повышающейся или понижающейся кривой	Отрицательно
4	Четырнадцать попеременно возрастающих и убывающих точек	Показывает периодическую структуру (то подъем, то спад)	Отрицательно
5	Две из трех последовательных точек в зоне *A* или вне ее	Показывает приближение к контрольным пределам	Отрицательно
6	Четыре из пяти последовательных точек в зоне *B* или вне ее	Показывает отдаление точек от центральной линии	Отрицательно
7	Пятнадцать последовательных точек в зоне *C* выше или ниже центральной линии	Показывает приближение к центральной линии, то есть в подгруппах смешиваются данные различных распределений	Отрицательно
8	Восемь последовательных точек по обеим сторонам от центральной линии и ни одной в зоне *C*	Показывает отдаление точек от центральной линии	Отрицательно

Анализ контрольных карт, приведенный в табл. 5, показал отсутствие специальных причин вариабельности процесса. Это значит, процесс производства пива находится в состоянии статистической управляемости. Эти данные подтверждены органолептической оценкой исследуемых образцов пива. Отмечено, что все они соответствуют типу пива, имеют полный, гармоничный аромат и вкус, аромат от побочных продуктов брожения отсутствует, пиво получило высокую оценку.

Таким образом, разработанный алгоритм позволяет эффективно использовать инструментарий статистического анализа в процессе производства пива. Последовательно используя статистические инструменты можно получить больше данных о процессе и принять эти сведения для улучшения технологического процесса и качества готовой продукции.

Список литературы

1. Системы, методы и инструменты менеджмента качества: учеб. пособие / М.М. Кане, Б.В. Иванов, В.Н. Корешков, А.Г. Схиртладзе. – СПб.: Питер, 2008. – 560 с.
2. Меледина, Т.В. Качество пива: стабильность вкуса и аромата, коллоидная стойкость, дегустация // Т.В. Меледина, А.Т. Дедегкаев, Д.В. Афонин – СПб.: ИД «Профессия», 2011. – 220 с.
3. ГОСТ Р 50779.42-99 (ИСО 8258–91). Статистические методы. Контрольные карты Шухарта. – М., Изд-во стандартов, 2004. – 32 с.
4. ГОСТ 31711-2012. Пиво. Общие технические условия.
5. Кунце, В. Технология солода и пива / В. Кунце. – СПб: Профессия, 2001. – 867 с.
6. Нарцисс, Л. Краткий курс пивоварения / Л. Нарцисс; при участии В. Бака; пер. с нем. А.А. Курленкова. – СПб.: Профессия, 2007. – 640 с.
7. Николаева, Э.К. «Семь инструментов качества» в японской экономике / Э.К. Николаева. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 88 с. (Качество, экономика, общество. Современные проблемы).

TOOLS OF STATISTICAL ANALYSIS IN BREWING

U.S. Fedoseyeva, V.A. Pomozova

Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

**e-mail: fedoseeva.bpz@gmail.com*

Received: 05.02.2015
Accepted: 20.04.2015

The use of tools of statistical analysis is an easy and effective way for the management of a technological process. Statistical tools make it possible to obtain reliable data on the process, to correct and improve it, thereby increasing production quality. Based on seven simple instruments of quality control the analysis algorithm and improvements of the process beer production is offered. The algorithm includes determination of beer quality parameters that need management; determination of nature of the studied values distribution; determination of statistical process controllability; studying of the reason at which a value distribution is not normal; definition of factors of statistical process uncontrollability; determination of the opportunity and the way of process improvement. Many parameters are responsible for beer taste and aroma. The highest alcohols play an important role in organoleptic perception of beer as some of alcohols are necessary components of beer, others in concentrations exceeding a feeling threshold have an adverse effect on a product smell and add off-flavor to it. Using the developed algorithm for indication of the content of the highest alcohols, the process of beer fermentation with the extractiveness of 12.5 % has been investigated by the example of the data of the «Bochkarevsky Brewery» Ltd (The Altai Territory, Russia). The instrument of quality control – the histogram – was used for the assessment of differential distribution of the studied value. A normal distribution of highest alcohols in beer has been proved. The analysis of fermentation is carried out by means of control cards of Shukhart. A control card of swings and a control card of individual values of the content of highest alcohols in beer have been constructed. To interpret the course of technological process according to control cards the criteria for special causes are applied. It is shown that fermentation is a statistically operated process, no special causes being found. The offered analysis algorithm and improvements of beer production process is simple in use and makes it possible to study and improve the process.

Beer quality, the highest alcohols, instruments of quality control, histogram, control charts of Shukhart.

References

1. Kane M.M., Ivanov B.V., Koreshkov V.N., Shirtladze A.G. *Sistemy, metody i instrumenty menedzhmenta kachestva* [Systems, methods and tools of quality management]. St. Petersburg, Piter Publ., 2008. 560 p.
2. Meledina T.V., Dedegkaev A.T., Afonin D.V. *Kachestvo piva: stabil'nost' vkusa i aromata, kolloidnaja stojkost', degustacija* [Quality of beer: stability of taste and flavor, colloidal firmness, tasting]. St. Petersburg, Professija Publ., 2011. 220 p.
3. *GOST R 50779.42-99 (ISO 8258 – 91). Statisticheskie metody. Kontrol'nye karty Shuharta* [State Standard R 50779.42-99 (ISO 8258 – 91). Statistical methods. Control cards of Shukhart]. Moscow, Standards Publ., 2004. 32 p.
4. *GOST 31711-2012. Pivo. Obshhie tehnicheskie uslovija* [State Standard 31711-2012. Beer. General specifications]. Moscow, Standartinform Publ., 2011. 12 p.
5. Kunce V. *Tehnologija soloda i piva* [Tekhnologiya of malt and beer]. St. Petersburg, Professija Publ., 2001. 867 p.
6. Narciss L. *Kratkij kurs pivovarenija* [Short course of brewing]. St. Petersburg, Professija Publ., 2007. 640 p.
7. Nikolaeva E.K. *«Sem' instrumentov kachestva» v japonskoj jekonomike* ["Seven tools of quality" in Japanese economy]. Moscow, Standards Publ., 1990. 88 p.

Дополнительная информация / Additional Information

Федосеева, У.С. Использование инструментария статистического анализа в процессе пивоварения / У.С. Федосеева, В.А. Помозова // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 37. – № 2. – С. 131–137.

Fedoseyeva U.S., Pomozova V.A. Tools of statistical analysis in brewing. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2015, vol. 37, no. 2, pp. 131–137. (In Russ.)

Федосеева Ульяна Сергеевна
магистр техники и технологии, аспирант кафедры технологии бродильных производств и консервирования, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47,
тел.: +7 (3842) 39-68-55, e-mail: fedoseeva.bpz@gmail.com

Помозова Валентина Александровна
д-р техн. наук, профессор, заведующая кафедрой технологии бродильных производств и консервирования, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47,
тел.: +7 (3842) 39-68-55

Ulyana S. Fedoseyeva
Master of technique and technology, Postgraduate Student of the Department of Department of Zymurgy and Food Preservation Technology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-55,
e-mail: fedoseeva.bpz@gmail.com

Valentina A. Pomozova
Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Department of Zymurgy and Food Preservation Technology, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 39-68-55