

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Statistical quality control is an effective method of monitoring a process through the use of control charts. Control charts enable the use of objective criteria for distinguishing background variation from events of significance based on statistical techniques. Much of its power lies in the ability to monitor both process center and its variation about that center. If the chart indicates that the process being monitored is not in control, the pattern it reveals can help determine the source of variation to be eliminated to bring the process back into control. The subject-matter of this work is the investigation of the statistical manageability of bread production through the instrumentality of quality control charts.

**Введение.** Производственный контроль – это основной элемент государственной системы обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов. Особую форму и содержание производственный контроль приобрел в последние годы при внедрении на предприятиях систем менеджмента качества [1] и безопасности [2]. Одним из основных требований этих систем является обеспечение прослеживаемости характеристик продукции для возможности оперативного регулирования технологического процесса и производства качественной и безопасной продукции.

Проблема текущего мониторинга качества продукции в процессе ее производства всегда остро стояла перед производителями. Если под мониторингом качества понимать не только непосредственную проверку пригодности выпускаемой продукции, но и наблюдение за тенденциями изменения качества в ходе производственного процесса, то поставленная задача представляется достаточно трудоемкой [3].

Особое место в решении подобных задач занимают статистические методы управления качеством, базирующиеся на количественной оценке различных параметров продукции. Понятие изменчивости процесса – это основа статистического управления производственным процессом. Изменчивость представляет собой неизбежные различия среди индивидуальных значений результатов процесса, их источники могут группироваться в два основных класса: обычные и особые причины.

К обычным причинам относят многочисленные источники изменчивости в процессе, которые имеют стабильное и повторяемое распределение во времени. Процесс находится в статистически управляемом состоянии или статистически управляем или контролируем, если источником его изменчивости являются только случайные (обычные) причины, а такую изменчивость процесса называют собственной.

Особые неслучайные причины отражают любые вызывающие факторы, которые воздействуют на процесс не всегда, т. е. они не присущи процессу. Применительно к производственному процессу такими непредсказуемыми и нестабильными причинами могут быть поломка инструмента, неправильная настройка станка и т. д.

Такой процесс называют статистически неуправляемым. Если все особые причины не выявить и не устранить, то они будут влиять на выход процесса непредсказуемым образом [4].

Одним из эффективных методов анализа работоспособности, стабильности и эффективности разнообразных процессов являются карты контроля качества, представляющие собой графическое и наглядное представление изменений среднего значения, характеристик разброса показателей качества процессов. Наблюдая за динамикой этих показателей, можно выявить разнообразные, в том числе и потенциально возможные нарушения хода процесса [3].

Многолетний опыт применения контрольных карт в промышленности [5–8], в том числе и пищевой отрасли при производстве сахара, молока, шоколада [9, 10], позволяет заключить, что контрольные карты могут быть использованы:

- 1) как сигнал о том, что в процессе произошло некоторое изменение, так и в качестве оценки величины изменения;
- 2) для получения оценок числа случаев в прошлом, когда в процессе возникали изменения, и установления на их основе причин, вызывающих эти изменения;
- 3) как меру качества продукции для классификации по периодам.

Однако для представления результатов процесса важно использовать именно тот набор контрольных карт, который наиболее полно соответствует собранным данным о процессе. Классификация контрольных карт часто осуществляется согласно типам величин, которые выбраны для отслеживания характеристик качества. Так, различают контрольные карты для непрерывных переменных (X-, R-, S- и S<sup>2</sup>-карты) и контрольные карты по альтернативному признаку (C- и Np-карты, U- и P-карты) [11].

Контрольные карты для количественного признака предпочтительны по ряду причин. Так, численное значение (например, значение жирности молока – 3,1%) содержит больше информации, чем регистрация альтернативных событий «да – нет» (например, жирность молока в допустимых пределах или вне допустимых пределов). Общие затраты

на измерения в некоторых случаях оказываются ниже, чем получение единицы данных в виде «да – нет», так как для получения достаточной информации о процессе зачастую требуется измерить меньшее число единиц продукции, чем при контроле по альтернативному признаку. В связи с этим происходит сокращение времени между изготовлением полуфабрикатов или других промежуточных продуктов и корректирующими действиями благодаря меньшему числу единиц, необходимых для проверки при принятии решения. Кроме того, улучшение процесса может быть оценено количественно, даже если все индивидуальные значения лежат внутри установленного допуска. Это важно для проведения анализа и дальнейшего непрерывного совершенствования процесса [12].

Имеющиеся литературные данные об использовании статистических методов в пищевой промышленности [9, 10] свидетельствуют о достаточности применения X- и R-карт при контроле производственных процессов данной отрасли. Преимущество использования данных карт заключается в их информативности, простоте построения и интерпретации.

После выбора контрольной карты и ее построения важным этапом является интерпретация, которая состоит в определении наличия особых причин, свидетельствующих о выходе процесса из-под контроля [13]. Так, каждая контрольная карта имеет контрольные границы и сигма-уровни, которые характеризуются (рис. 1):

- одним отклонением от среднего – пределы первого сигма-уровня;
- двумя отклонениями от среднего – пределы второго сигма-уровня;
- тремя отклонениями от среднего – пределы третьего сигма-уровня, они же контрольные границы.

Процесс является статистически неуправляемым, т. е. выявлено наличие особой причины, если имеет место один из следующих признаков:

1) одно или более наблюдений лежат за пределами контрольных границ – наиболее часто встречающийся признак. Используется для всех видов контрольных карт;

2) две из трех последовательных точек лежат за пределом второго сигма-уровня. Признак не применяется для R-карт;

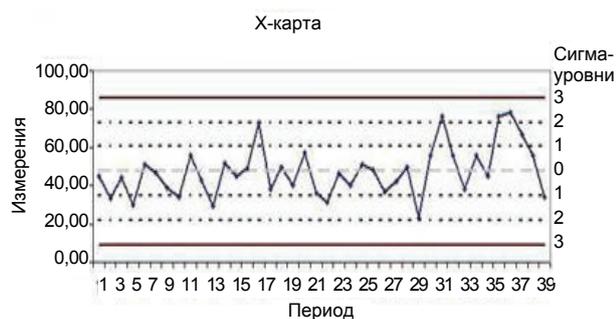


Рис. 1. Общий вид X-карты

3) четыре из пяти последовательных точек лежат за пределом первого сигма-уровня. Признак не используется для R-карт;

4) восемь или более точек подряд лежат по одну сторону от центральной линии. Применяется для всех видов контрольных карт;

5) шесть точек подряд выстроены в убывающем или возрастающем порядке. Используется для всех видов контрольных карт;

6) четырнадцать или более точек подряд последовательно колеблются вверх и вниз. Считая такие чередования, не следует принимать во внимание точки, которые повторяют предыдущее значение. Если подряд две точки имеют одинаковое значение, не считайте вторую точку. Признак применяется для всех видов контрольных карт;

7) пятнадцать или более последовательных точек лежат в пределах первого сигма-уровня. Признак не используется для R-карт.

После выявления наличия какого-либо из вышеперечисленных признаков необходимо определить причину этого события путем анализа данных о технологическом процессе в период регистрации анализируемой информации, а именно состоянии оборудования и окружающей среды, статусе персонала, характеристиках сырья, ингредиентах и т. д. [6].

Из вышесказанного следует, что контрольные карты могут служить доступным и информативным средством текущего мониторинга параметров продукции и технологического процесса. В связи с этим целью данной работы было определение работоспособности и стабильности производства хлеба на основе статистического анализа некоторых характеристик технологического процесса его изготовления.

**Объекты и методы исследования.** Объектом исследования в рамках данной работы был технологический процесс изготовления хлеба «Нарочанский» [14] на одном из хлебозаводов г. Минска, имеющий сложную 4-стадийную схему производства. Для оценки стабильности данного процесса изучались важные для формирования качества и безопасности готовой продукции характеристики, такие как влажность и конечная кислотность теста.

Влажность теста определяли с использованием прибора К. Н. Чижовой. Сущность метода заключается в высушивании навески образца, помещенной в подготовленный бумажный пакет, между пластинами прибора, нагретыми до 160°C, до постоянной массы [15].

Метод определения кислотности теста основан на растирании исследуемой пробы в фарфоровой ступке с дистиллированной водой и ее титровании 0,1 н. раствором NaOH в присутствии фенолфталеина до розовой окраски [15].

Указанные характеристики определяли при каждом замесе теста в период с 1 января по

1 февраля 2008 г. В каждой контрольной точке исследовали объединенную пробу, которая была получена путем смешивания трех проб, отобранных с различных уровней емкости.

Для статистического анализа полученных результатов исследования приведенных выше характеристик строили контрольные карты X- и R-типа. Построение контрольных карт осуществляли при помощи программного обеспечения STATISTICA8 Trial, предоставленного компанией StatSoft, Inc. Для интерпретации контрольных карт использовали данные технологических документов [14, 16].

**Результаты исследования.** Результаты статистической обработки значений конечной кислотности и влажности теста, представленные в виде контрольных карт, приведены на рис. 2 и 3 соответственно. Анализ данных R-карты для конечной кислотности теста (рис. 2) показал, что две точки находятся выше верхней контрольной границы. Это первый сигнал о нарушении управляемого состояния в этих точках. Можно предположить, что причиной явилось увеличение изменчивости от единицы к единице, т. е. рост разброса результатов в указанных точках во времени. Помимо этого, на карте обнаружена серия из восьми значений размахов ниже среднего значения, что, как правило, является признаком того, что уменьшился разброс данных, т. е. улучшилось состояние процесса. Безусловно, это необходимо использовать для совершенствования процесса.

Проанализировав X-карту для изучаемого показателя, определили, что одна точка выходит за верхний контрольный предел. Это свидетельствует о наличии особой причины и необходимости немедленного анализа работы процесса.

Анализ контрольных карт, построенных по результатам определения влажности теста (рис. 3),

показал следующее. На R-карте наблюдается выход четырех точек за верхний контрольный предел. Это говорит о неуправляемости процесса в этих точках.

Вместе с тем на X-карте два значения выходят за нижний контрольный предел, что свидетельствует о влиянии на процесс в этих точках особых причин.

Далее проводили оценку технологического процесса за исследуемый период (01.01.–01.02.2008 г.) по ряду критериев, оказывающих первостепенное воздействие на стабильность производства. Результаты оценки, представленные в таблице, указывали на наличие следующих типов потенциальных нарушений:

- 1) со стороны персонала – на стадии дозирования сырья и жидких полуфабрикатов (заварки) недобросовестное отношение и халатность тестоводов;
- 2) со стороны измерительной системы – на стадии дозирования рецептурных компонентов, а также в ходе измерения контролируемых параметров;
- 3) ненадлежащий контроль – на стадии приемки основного сырья по физико-химическим и микробиологическим показателям.

Таким образом, в результате проведенного в рамках данной работы статистического анализа значений кислотности и влажности теста при производстве хлеба «Нарочанский» были установлены следующие особые причины нестабильности технологического процесса: избыточное внесение муки, о чем свидетельствовала пониженная влажность теста, неправильное ведение процесса приготовления заварки, что способствовало повышению кислотности теста, а также использование несоответствующего требованиям ТНПА сырья (мука, солод ржаной, дрожжи и т. д.).

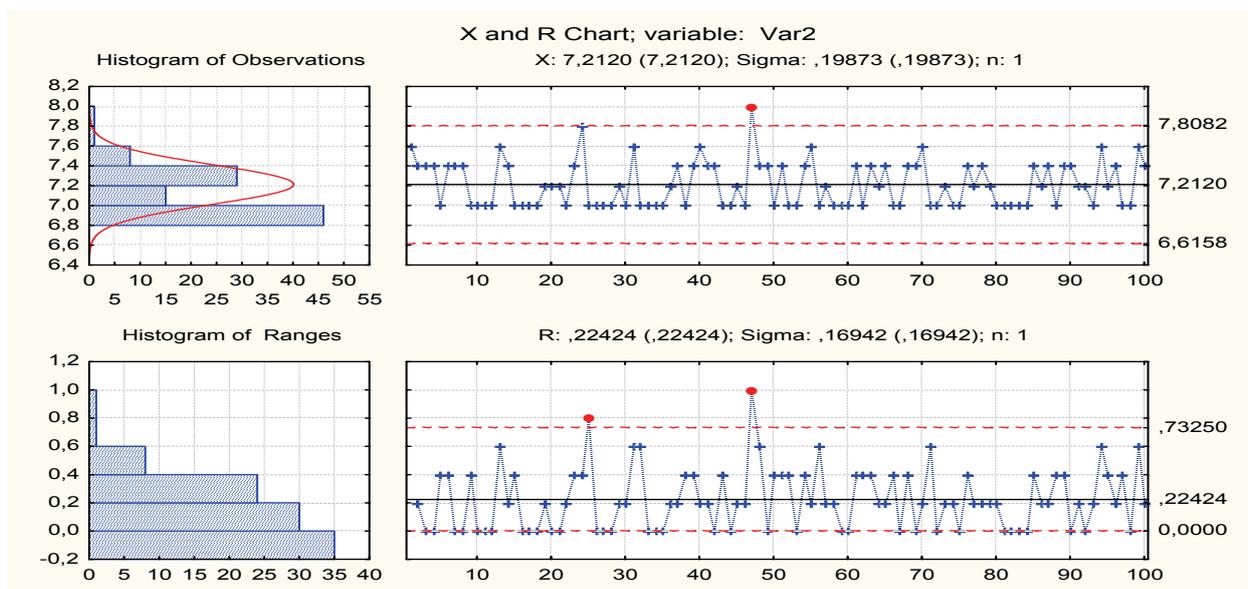


Рис. 2. X- и R-карты для конечной кислотности теста

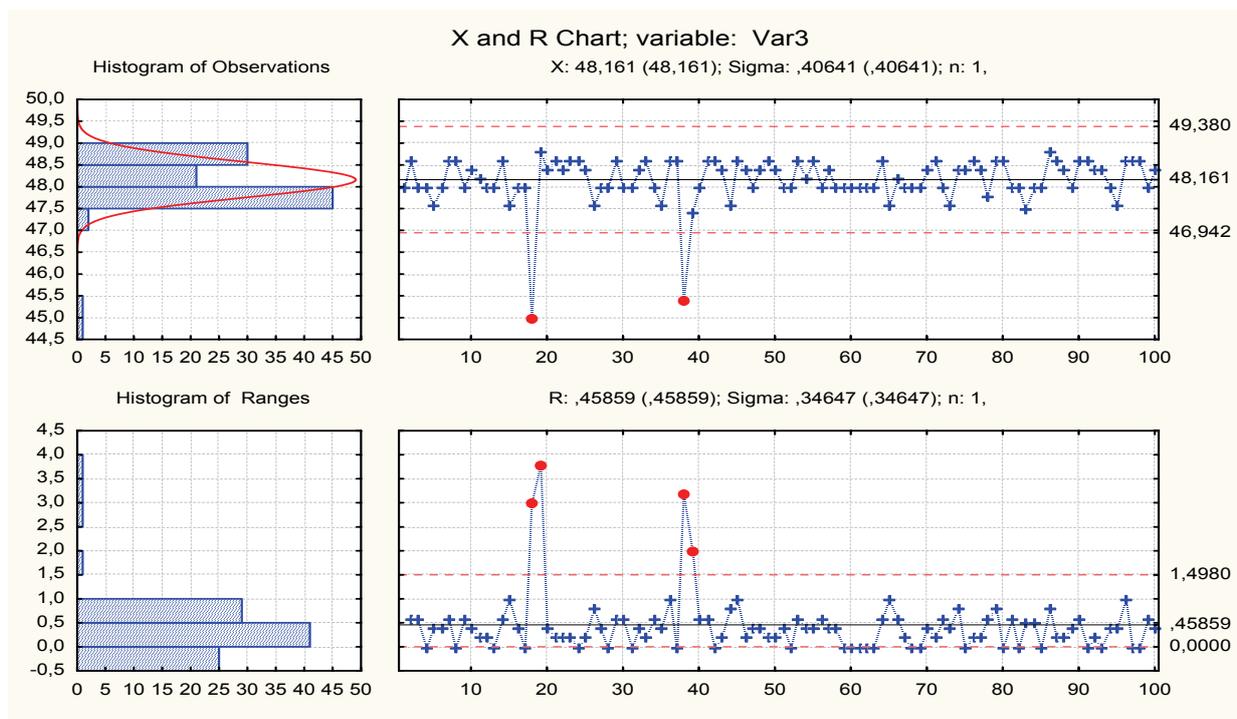


Рис. 3. X- и R-карты для влажности теста

Таблица

Результаты оценки технологического процесса

Критерий	Да/Нет	
	Конечная кислотность	Влажность
Есть ли различия в точности измерений у используемых инструментов/методов?	+	+
Влияет ли на процесс окружающая среда, например температура, влажность?	-	-
Участвовал ли когда-либо в выполнении процесса необученный персонал?	-	-
Произошли ли изменения в источниках входов процесса, например сырье, информация?	+	+
Влияет ли на процесс усталость человека?	+	+
Произошли ли изменения в политике или процедурах работы, например процедуры обслуживания?	-	-
Часто ли корректируется процесс?	+	+
Были ли выборки получены из разных частей процесса, например смены, люди?	+	+

Все эти нарушения могут привести к значительным потерям сырья и изготовлению продукции, не соответствующей требованиям ТНПА по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям.

Полученные данные были использованы для разработки комплекса мер по устранению и предупреждению возникновения подобных дефектов, усилению контроля дозирования компонентов при производстве хлеба, а также изменению периодичности и программ проверки контрольно-измерительных приборов.

**Заключение.** Результаты исследований ученых и специалистов в области статистического управления процессами производства пищевых продуктов, а также собственные экс-

периментальные исследования показали ряд преимуществ использования контрольных карт по сравнению с традиционным подходом к контролю качества и регистрации данных о технологических процессах:

- простота построения и интерпретации;
- возможность автоматизации процесса производства;
- возможность наблюдения в течение длительного периода, благодаря чему систематические нарушения могут быть локализованы по месту и времени их возникновения.

Вышесказанное указывает на необходимость расширения сферы применения статистических методов управления качеством в пищевой отрасли, например, при определении

критических пределов для установленных в рамках систем менеджмента качества и безопасности критических контрольных точек.

### Литература

1. Системы менеджмента качества. Требования: СТБ ИСО 9001-2001. – Введ. 01.11.2001. – Минск: Госстандарт, 2005. – 33 с.
2. Системы качества. Управление качеством и безопасностью пищевых продуктов на основе анализа рисков и критических контрольных точек. Общие требования: СТБ 1470-2004. – Введ. 30.06.2004. – Минск: Госстандарт, 2004. – 15 с.
3. Швец, В. Е. Измерение процессов в современной системе менеджмента качества / В. Е. Швец // Методы менеджмента качества. – 2001. – № 1. – С. 11–13.
4. Статистическое управление процессами. SPC. – Н. Новгород: Приоритет, 2001. – 181 с.
5. Фейгенбаум, А. Контроль качества продукции / А. Фейгенбаум. – М.: Норма, 1994. – 200 с.
6. Мердок, Дж. Контрольные карты / Дж. Мердок. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 300 с.
7. Мхитарян, В. С. Статистические методы в управлении качеством продукции / В. С. Мхитарян. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 150 с.
8. Статистические методы повышения качества / Хитоси Кумэ [и др.]; под общ. ред. Хитоси Кумэ. – М.: Финансы и статистика, 1990. – 310 с.
9. Статистические методы контроля качества продукции / Л. Ноулер [и др.]; под общ. ред. Л. Ноулера. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 317 с.
10. Инструкция по химико-техническому контролю и учету сахарного производства. – Киев: ВНИИСП, 1983. – 476 с.
11. Шиндовский, Э. Статистические методы управления качеством. (Контрольные карты) / Э. Шиндовский, О. Шюрц. – М.: Мир, 1976. – 169 с.
12. Копосов, А. Ф. Контрольные карты – введение в задачу применения / А. Ф. Копосов. – М.: НТК Трек, 2000. – 123 с.
13. Управление качеством. Методы статистического управления процессами: СТБ 1505-2004. – Введ. 01.05.2005. – Минск: Госстандарт, 2005. – 44 с.
14. Технологическая инструкция по производству продукции «Хлеб «Нарочанский»: ТИ ВУ 101163237.190-2002. – Введ. 23.08.2007. – Минск: КУП «Минскхлебпром», 2007. – 40 с.
15. Ройтер, И. М. Справочник по хлебопекарному производству. Сырье и технология / И. М. Ройтер. – М.: Пищевая пром-сть, 1977. – 398 с.
16. Хлеб «Нарочанский»: РЦ ВУ 100056428.701-2007. – Введ. 03.09.2007. – Минск: КУП «Минскхлебпром», 2007. – 17 с.