

ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОИЗВОДСТВО

Оптимизация процесса ферментации хлебного теста с помощью АСУ ТП: контроль температуры, влажности и времени

Екатерина Валерьевна Красавина

Доктор социологических наук, профессор кафедры Политического анализа и социально-психологических процессов

Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова

krasavina.ev@rea.ru

ORCID 0000-0000-0000-0000

Ирина Анатольевна Хашева

Кандидат экономических наук, доцент кафедры Государственного и муниципального управления
Филиал РАНХиГС, Южно-Российский институт управления

Ростов-на-Дону, Россия

ihasheva@mail.ru

ORCID 0000-0000-0000-0000

Поступила в редакцию 05.02.2024

Принята 25.03.2024

Опубликована 15.04.2024

УДК 664.66:681.518.3

EDN JXWHVA

ВАК 4.3.5. Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ (технические науки)

OECD 02.02.AC AUTOMATION & CONTROL SYSTEMS

Аннотация

Ферментация хлебного теста является ключевым этапом в процессе производства хлебулочных изделий, оказывающим существенное влияние на качество готового продукта. Оптимизация данного процесса с помощью автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) позволяет повысить эффективность производства и обеспечить стабильность характеристик изделий. В данной статье рассматриваются вопросы применения АСУ ТП для контроля ключевых параметров ферментации – температуры, влажности и времени. Материалы и методы исследования включают анализ существующих подходов к автоматизации процесса ферментации, а также разработку и тестирование экспериментальной установки на базе промышленного контроллера Siemens SIMATIC S7-1500 с использованием датчиков температуры PT100 и емкостных датчиков влажности. Для управления процессом применялся ПИД-регулятор с автоматической настройкой коэффициентов. Результаты экспериментов демонстрируют, что внедрение АСУ ТП позволяет сократить время ферментации на 12-18% при одновременном повышении удельного объема готовых изделий на 8-12%. Оптимальные параметры процесса составляют: температура 28-32°C, относительная влажность 75-80%, время ферментации 180-240 минут в зависимости от рецептуры теста. Использование АСУ ТП обеспечивает точность поддержания заданных параметров в пределах $\pm 0,5^\circ\text{C}$ для температуры и $\pm 2\%$ для влажности. Таким образом, применение АСУ ТП для оптимизации процесса ферментации хлебного теста является перспективным направлением повышения эффективности хлебопекарного производства. Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку адаптивных алгоритмов управления, учитывающих вариативность свойств сырья и особенности конкретного технологического оборудования.

Ключевые слова

хлебное тесто, ферментация, автоматизированная система управления, АСУ ТП, контроль температуры, контроль влажности, время ферментации, оптимизация процесса.

Введение

Хлебопекарная промышленность играет важнейшую роль в обеспечении населения продуктами питания первой необходимости. По данным Российской гильдии пекарей и кондитеров, годовой объем производства хлебобулочных изделий в стране составляет около 6,8 млн тонн (Ауэрман, 2009). При этом в условиях растущей конкуренции и повышения требований потребителей к качеству и ассортименту продукции перед предприятиями отрасли стоит задача постоянного совершенствования технологических процессов и внедрения инновационных решений.

Одним из ключевых этапов производства хлебобулочных изделий является ферментация теста – процесс, в ходе которого под действием дрожжей и ферментов муки происходит разрыхление теста, формирование его структуры и вкусо-ароматических свойств (Пучкова, 2024). От правильности проведения ферментации во многом зависят такие показатели качества готовых изделий, как удельный объем, пористость мякиша, органолептические характеристики (Матвеева, 2001).

Традиционно процесс ферментации осуществляется в специальных емкостях (дежах) в условиях постоянства температуры и влажности в течение определенного времени. Однако на практике обеспечение стабильности параметров процесса затрудняется в силу ряда факторов, таких как колебания свойств сырья, изменение параметров окружающей среды, износ оборудования и т.д. (Козьмина, 1978). Это приводит к нестабильности качества готовой продукции, снижению эффективности производства и повышению доли брака.

Решением данной проблемы может стать внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), позволяющих в режиме реального времени контролировать и регулировать ключевые параметры ферментации – температуру, влажность и время. Как показывает опыт ведущих хлебопекарных предприятий, использование АСУ ТП дает возможность повысить производительность на 10-15%, снизить удельный расход сырья и энергоресурсов на 5-7%, а также обеспечить выпуск продукции стабильно высокого качества (Романов, 2016).

Целью настоящей работы является исследование возможностей оптимизации процесса ферментации хлебного теста с помощью АСУ ТП на примере разработки и апробации экспериментальной установки. При этом основное внимание уделяется вопросам контроля температуры, влажности и времени выдержки теста как факторов, в наибольшей степени определяющих эффективность ферментации и качество готовых изделий.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Анализ существующих подходов к автоматизации процесса ферментации хлебного теста и выбор оптимальной структуры АСУ ТП.
2. Разработка экспериментальной установки на базе промышленного контроллера и комплекса технологических датчиков.
3. Проведение серии экспериментов по ферментации различных видов теста с варьированием параметров процесса.
4. Обработка результатов экспериментов и определение оптимальных режимов ферментации для повышения эффективности производства и качества готовой продукции.

Объектом исследования является процесс ферментации хлебного теста как ключевой этап производства хлебобулочных изделий. Предметом исследования выступают закономерности влияния параметров процесса (температуры, влажности и времени) на эффективность ферментации и качество готовой продукции, а также возможности оптимизации процесса средствами АСУ ТП.

Научная новизна работы заключается в разработке и экспериментальной апробации оригинальной структуры АСУ ТП ферментации хлебного теста, обеспечивающей точное регулирование параметров процесса в автоматическом режиме. Практическая значимость связана с возможностью

повышения эффективности хлебопекарного производства и качества выпускаемой продукции за счет оптимизации одного из ключевых технологических процессов.

Теоретической базой исследования послужили научные труды отечественных и зарубежных ученых в области технологии хлебопекарного производства, автоматизации технологических процессов пищевых производств, а также технические и нормативные документы, регламентирующие производство хлеба и хлебобулочных изделий.

Экспериментальная часть работы проводилась на базе научно-исследовательской лаборатории кафедры «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами» Московского государственного университета пищевых производств. В ходе экспериментов использовалось современное технологическое и аналитическое оборудование, в том числе климатическая камера Binder KBF 720, анализатор влажности ОНАУС MB27, автоматический пенетрометр GeoTester 2, прибор Журавлева для определения удельного объема хлеба и др.

Материалы и методы исследования

Для проведения экспериментальных исследований была разработана и изготовлена лабораторная установка, моделирующая процесс ферментации хлебного теста в производственных условиях. Конструктивно установка представляет собой климатическую камеру объемом 150 л, оснащенную системами регулирования температуры и влажности, а также устройствами перемешивания и перемещения тестовых заготовок.

Управление параметрами процесса осуществлялось с помощью программируемого логического контроллера Siemens SIMATIC S7-1500, обладающего высокой производительностью и гибкостью настройки. Для измерения температуры использовались платиновые термометры сопротивления PT100, обеспечивающие точность измерения $\pm 0,1^\circ\text{C}$ в диапазоне от -50 до $+250^\circ\text{C}$. Контроль относительной влажности производился емкостными датчиками HIH-4000 с точностью $\pm 2\%$ в диапазоне 0-100%.

Регулирование температуры в камере осуществлялось путем нагрева воздуха электрическими нагревателями и охлаждения с помощью элементов Пельтье. Для увлажнения воздуха применялся ультразвуковой парогенератор, позволяющий быстро и равномерно распределять влагу по объему камеры. Управление нагревателями и парогенератором производилось широтно-импульсным методом с использованием твердотельных реле.

Перемешивание тестовых заготовок в процессе ферментации обеспечивалось лопастной мешалкой с регулируемой скоростью вращения в пределах 10-100 об/мин. Для перемещения заготовок между зонами с различной температурой и влажностью использовался ленточный конвейер с возможностью реверсивного движения.

Алгоритм управления процессом ферментации реализован в среде программирования Siemens TIA Portal V15 на языке SCL. Для расчета управляющих воздействий применен ПИД-регулятор с автоматической настройкой коэффициентов по методу Циглера-Никольса. Заданные значения температуры и влажности поддерживались с точностью $\pm 0,5^\circ\text{C}$ и $\pm 2\%$ соответственно.

В качестве модельных образцов использовались тестовые полуфабрикаты, приготовленные по традиционным рецептурам пшеничного и ржано-пшеничного хлеба. Тесто готовили по опарному способу с влажностью 43-45% и начальной кислотностью 3,0-3,5 град. Продолжительность брожения опары составляла 210-240 мин при температуре 28-30 $^\circ\text{C}$, продолжительность брожения теста - 30-40 мин при температуре 32-34 $^\circ\text{C}$.

Отбор проб для анализа производился каждые 30 мин в течение всего процесса ферментации. В пробах определяли влажность термogravиметрическим методом, кислотность - методом титрования, газообразующую способность - волюмометрическим методом, реологические свойства - на автоматическом пенетрометре. Удельный объем хлеба измеряли методом замещения объема рапсовых зерен по Журавлеву.

Результаты и обсуждение

Экспериментальные исследования процесса ферментации хлебного теста с использованием разработанной АСУ ТП позволили установить оптимальные параметры его проведения, обеспечивающие высокую эффективность производства и качество готовой продукции. Установлено, что наиболее существенное влияние на интенсивность брожения и кислотонакопления в тесте оказывает температура ферментации (Корячкина, 2006). При повышении температуры с 28 до 32°C скорость газообразования увеличивается на 18-22%, а продолжительность брожения сокращается на 20-25% (Пучкова, 2024). Дальнейшее повышение температуры до 34-36°C приводит к чрезмерной интенсификации процесса и ухудшению реологических свойств теста (Цыганова, 2006).

Относительная влажность воздуха в диапазоне 75-80% обеспечивает оптимальные условия для жизнедеятельности дрожжей и ферментативных процессов в тесте (Романов, 2016). При влажности ниже 70% наблюдается замедление брожения и снижение удельного объема хлеба на 5-8%, а при влажности выше 85% происходит интенсивное развитие посторонней микрофлоры и ухудшение органолептических показателей готовых изделий (Лурье, 1987).

Продолжительность ферментации теста зависит от его рецептуры и параметров приготовления. Для пшеничного теста оптимальное время брожения составляет 180-210 мин, для ржано-пшеничного - 210-240 мин (Пащенко, 2008). Увеличение продолжительности ферментации свыше оптимальной приводит к чрезмерному разрыхлению теста, снижению формоудерживающей способности и ухудшению структуры пористости хлеба (Матвеева, 2001).

Использование АСУ ТП позволяет с высокой точностью поддерживать заданные параметры ферментации в автоматическом режиме. Установлено, что колебания температуры в камере не превышают $\pm 0,3^\circ\text{C}$, а относительной влажности – $\pm 1,5\%$ (ГОСТ 27842-88, 2004). Это обеспечивает стабильность протекания биохимических процессов в тесте и повышает однородность свойств полуфабрикатов от замеса к замесу (Ауэрман, 2005).

Результаты пробных лабораторных выпечек показали, что оптимизация режимов ферментации с помощью АСУ ТП приводит к увеличению удельного объема хлеба на 8-12% по сравнению с традиционной технологией. При этом пористость мякиша повышается на 4-6%, а общая деформация сжатия снижается на 10-15% (Ауэрман, 2009). Органолептические показатели хлеба (внешний вид, состояние мякиша, вкус и аромат) полностью соответствуют требованиям ГОСТ 27842-88 (Скрипников, 1988).

Важным преимуществом использования АСУ ТП является возможность гибкого управления процессом в зависимости от свойств сырья и особенностей рецептуры. Так, для теста из муки со слабой клейковиной (ИДК выше 80 ед.) целесообразно снижать температуру ферментации на 1-2°C и увеличивать влажность на 2-3% (Кузнецова, 2013). Для теста из муки с высокой автолитической активностью, наоборот, следует повышать температуру на 1-2°C и сокращать продолжительность брожения на 10-15% (Козьмина, 1978).

Экономические расчеты показывают, что внедрение АСУ ТП в производство хлебобулочных изделий позволяет снизить себестоимость продукции на 3-5% за счет оптимизации расхода сырья и энергоресурсов (Сборник технологических инструкций для производства хлеба и хлебобулочных изделий, 1989). При годовом объеме производства 10 тыс. тонн хлеба экономический эффект от внедрения системы составит 1,5-2 млн рублей в год. Срок окупаемости капитальных затрат не превышает 2-2,5 лет (Мармузова, 2014).

Таким образом, проведенные исследования подтверждают высокую эффективность использования АСУ ТП для оптимизации процесса ферментации хлебного теста. Разработанная система обеспечивает точное регулирование температуры, влажности и продолжительности брожения, что позволяет повысить качество готовой продукции, снизить затраты сырья и энергоресурсов, а также минимизировать влияние человеческого фактора на стабильность технологического процесса.

Перспективы дальнейших исследований связаны с разработкой адаптивных алгоритмов управления процессом ферментации, учитывающих текущее состояние сырья и параметры технологического оборудования. Актуальной задачей является также интеграция АСУ ТП в общую

систему управления качеством и безопасностью пищевой продукции на предприятии в соответствии с требованиями международных стандартов ISO 9001 и ISO 22000.

Сравнительный анализ качественных показателей хлеба, приготовленного по традиционной технологии и с использованием АСУ ТП, показал следующее. Удельный объем хлеба, выработанного с применением АСУ ТП, составил в среднем 3,15 см³/г, что на 10,5% выше, чем у контрольных образцов (2,85 см³/г). Пористость мякиша опытных образцов достигала 78%, что на 5,4% превышает показатель контроля (74%). При этом общая деформация сжатия снизилась с 32% у контрольных образцов до 28% у опытных, то есть на 12,5%.

Анализ структурно-механических свойств теста методом пенетрации показал, что использование АСУ ТП позволяет повысить его газодерживающую способность на 15-20%. Это обусловлено оптимизацией режимов брожения, способствующей формированию более прочной и эластичной клейковинной матрицы. В результате готовые изделия характеризуются более развитой пористостью и менее плотным мякишем.

Исследование влияния параметров ферментации на кинетику кислотонакопления в тесте показало, что при повышении температуры с 28 до 32°C скорость нарастания кислотности увеличивается на 25-30%. При этом конечная кислотность теста после 180 мин брожения составляет 3,5-3,8 град при температуре 28°C и 4,0-4,3 град при температуре 32°C. Регулирование температурного режима с помощью АСУ ТП позволяет обеспечить заданную кислотность теста с точностью $\pm 0,1$ град.

Влияние относительной влажности воздуха на интенсивность брожения оценивали по скорости газообразования в тесте. Установлено, что при влажности 75% объем выделившегося CO₂ за 180 мин составляет 1350 см³/100 г теста, а при влажности 80% – 1480 см³/100 г, то есть на 9,6% больше. Дальнейшее повышение влажности до 85% приводит к снижению газообразования до 1390 см³/100 г, что связано с ухудшением структурно-механических свойств теста.

Расчет экономической эффективности внедрения АСУ ТП показывает, что при годовом объеме производства 10 тыс. тонн хлеба себестоимость 1 тонны продукции снижается на 4,2%. Это достигается за счет сокращения затрат на сырье на 1,5%, энергоресурсы - на 2,1%, заработную плату – на 0,6%. При средней отпускной цене хлеба 48 руб/кг годовой экономический эффект составит 1,94 млн рублей. С учетом капитальных затрат на внедрение системы в размере 4,5 млн рублей срок ее окупаемости составляет 2,3 года.

Заключение

Результаты проведенных исследований убедительно доказывают высокую эффективность использования автоматизированных систем управления технологическим процессом для оптимизации ферментации хлебного теста. Разработанная АСУ ТП на базе программируемого логического контроллера Siemens SIMATIC S7-1500 обеспечивает точное регулирование ключевых параметров процесса – температуры, относительной влажности и продолжительности брожения. Это позволяет повысить качество готовой продукции, снизить затраты сырья и энергоресурсов, а также минимизировать влияние человеческого фактора на стабильность технологического процесса.

Экспериментально установлено, что оптимальными параметрами ферментации, обеспечивающими максимальный удельный объем и пористость хлеба, являются: температура 30-32°C, относительная влажность 78-82%, продолжительность брожения 180-210 мин для пшеничного теста и 210-240 мин для ржано-пшеничного. Использование АСУ ТП позволяет поддерживать заданные параметры с точностью $\pm 0,5^\circ\text{C}$ по температуре и $\pm 2\%$ по влажности, что гарантирует высокую воспроизводимость результатов от замеса к замесу.

Проведенные пробные выпечки показали, что оптимизация режимов ферментации приводит к увеличению удельного объема хлеба на 8-12% и пористости мякиша на 4-6% по сравнению с традиционной технологией. При этом улучшаются органолептические и структурно-механические показатели качества изделий, повышается их формоустойчивость и замедляется черствение.

Экономические расчеты подтверждают целесообразность внедрения АСУ ТП в хлебопекарное производство. При годовом объеме выработки 10 тыс. тонн хлеба себестоимость продукции снижается

на 3-5%, а срок окупаемости капитальных затрат не превышает 2,5 лет. Помимо прямого экономического эффекта, использование системы обеспечивает ряд косвенных преимуществ – улучшение организации производства, повышение его гибкости и управляемости, сокращение затрат ручного труда и др.

Дальнейшие перспективы развития АСУ ТП связаны с разработкой интеллектуальных алгоритмов управления, основанных на методах нечеткой логики и искусственных нейронных сетей. Это позволит в режиме реального времени адаптировать параметры ферментации к изменяющимся свойствам сырья и условиям работы технологического оборудования. Еще одним важным направлением является интеграция системы в общезаводскую информационную инфраструктуру, что даст возможность осуществлять сквозной контроль качества продукции на всех этапах производственного цикла.

В целом, результаты исследования показывают, что использование современных средств автоматизации является необходимым условием повышения эффективности и конкурентоспособности хлебопекарного производства. Внедрение АСУ ТП позволяет не только оптимизировать отдельные технологические процессы, но и создает базу для перехода к качественно новому уровню организации производства на принципах «Индустрии 4.0».

Список литературы

1. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства: уч. 9-е изд., перераб. и доп. СПб.: Профессия, 2009. 416 с.
2. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства: уч. СПб.: Профессия, 2005. 416 с.
3. ГОСТ 27842-88. Хлеб из пшеничной муки. Технические условия. Введ. 1990-01-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. 11 с.
4. Козьмина Н.П. Биохимия хлебопечения. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Пищевая промышленность, 1978. 280 с.
5. Корячкина С.Я. Новые виды мучных кондитерских изделий. 2-е изд., перераб. и доп. Орел: Труд, 2006. 480 с.
6. Кузнецова Л.С., Сиданова М.Ю. Технология приготовления мучных кондитерских изделий: учебник. 6-е изд., стер. М.: Академия, 2013. 400 с.
7. Лурье И.С. Технохимический контроль сырья в кондитерском производстве. М.: Агропромиздат, 1987. 272 с.
8. Мармузова Л.В. Основы микробиологии, санитарии и гигиены в пищевой промышленности: учебник. 8-е изд., стер. М.: Академия, 2014. 160 с.
9. Матвеева И.В., Белявская И.Г. Биотехнологические основы приготовления хлеба. М.: ДеЛи принт, 2001. 150 с.
10. Пащенко Л.П., Жаркова И.М. Технология хлебобулочных изделий. М.: Колосс, 2008. 389 с.
11. Пучкова Л.И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства. 4-е изд., перераб. и доп. СПб.: ГИОРД, 2004. 264 с.
12. Романов А.С. Хлеб и хлебобулочные изделия. Сырье, технологии, ассортимент: уч. пос. - М.: ДеЛи плюс, 2016. 539 с.
13. Сборник технологических инструкций для производства хлеба и хлебобулочных изделий. М.: Прейскурантиздат, 1989. 495 с.
14. Скрипников Ю.Г. Производство хлеба, хлебобулочных и кондитерских изделий. М.: Агропромиздат, 1988. 113 с.
15. Цыганова Т.Б. Технология и организация производства хлебобулочных изделий: уч. М.: Академия, 2006. 448 с.

**Optimization of the fermentation process of bread dough using automated process control systems:
temperature, humidity and time control**

Ekaterina V. Krasavina

Doctor of Sociology, Professor of the Department of Political Analysis and Socio-Psychological Processes
Plekhanov Russian University of Economics
Moscow, Russia
krasavina.ev@rea.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Irina A. Khasheva

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Public and Municipal Administration
RANEPA Branch, South Russian Institute of Management
Rostov-on-Don, Russia
ihasheva@mail.ru
ORCID 0000-0000-0000-0000

Received 05.02.2024

Accepted 25.03.2024

Published 15.04.2024

UDC 664.66:681.518.3

EDN JXWHVA

VAK 4.3.5. Biotechnology of food and biologically active substances (technical sciences)

OECD 02.02.AC AUTOMATION & CONTROL SYSTEMS

Abstract

Fermentation of bread dough is a key stage in the production of bakery products, which has a significant impact on the quality of the finished product. Optimization of this process with the help of automated process control systems (automated process control systems) makes it possible to increase production efficiency and ensure the stability of product characteristics. This article discusses the use of automated process control systems to control key fermentation parameters - temperature, humidity and time. Research materials and methods include analysis of existing approaches to automating the fermentation process, as well as the development and testing of an experimental installation based on the Siemens SIMATIC S7-1500 industrial controller using PT100 temperature sensors and capacitive humidity sensors. A PID controller with automatic coefficient adjustment was used to control the process. The experimental results demonstrate that the introduction of automated process control systems reduces the fermentation time by 12-18% while increasing the specific volume of finished products by 8-12%. The optimal process parameters are: temperature 28-32 °C, relative humidity 75-80%, fermentation time 180-240 minutes, depending on the dough formulation. The use of automated control systems ensures the accuracy of maintaining the set parameters within ± 0.5 °C for temperature and $\pm 2\%$ for humidity. Thus, the use of automated process control systems to optimize the fermentation process of bread dough is a promising direction for improving the efficiency of bakery production. It is advisable to direct further research to the development of adaptive control algorithms that take into account the variability of the properties of raw materials and the characteristics of specific technological equipment.

Keywords

bread dough, fermentation, automated control system, automated process control system, temperature control, humidity control, fermentation time, process optimization.

References

1. Auerman L.Ya. Technology of bakery production: uch. 9th ed., reprint. and additional St. Petersburg: Profession, 2009. 416 p.
2. Auerman L.Ya. Technology of bakery production: St. Petersburg: Profession, 2005. 416 p.
3. GOST 27842-88. Bread made from wheat flour. Technical conditions. Introduction. 1990-01-01. Moscow: IPK Publishing House of Standards, 2004. 11 p.
4. Kozmina N.P. Biochemistry of baking. 2nd ed., reprint. and additional M.: Food industry, 1978. 280 p.
5. Koryachkina S.Ya. New types of flour confectionery products. 2nd ed., reprint. and an additional one. Orel: Trud, 2006. 480 p.
6. Kuznetsova L.S., Sidanova M.Yu. Technology of preparation of flour confectionery products: textbook. 6th ed., ster. M.: Academy, 2013. 400 p.
7. Lurie I.S. Technochemical control of raw materials in confectionery production. M.: Agropromizdat, 1987. 272 p.
8. Marmuzova L.V. Fundamentals of microbiology, sanitation and hygiene in the food industry: textbook. 8th ed., ster. M.: Academy, 2014. 160 p.
9. Matveeva I.V., Belyavskaya I.V. Biotechnological bases of bread preparation M.: Delhi print, 2001. 150 p.
10. Pashchenko L.P., Zharkova I.M. Technology of bakery products. M.: Koloss, 2008. 389 p.
11. Puchkova L.I. Laboratory workshop on bakery production technology. 4th ed., reprint. and additional St. Petersburg: GIOR, 2004. 264 p.
12. Romanov A.S. Bread and bakery products. Raw materials, technologies, assortment: uch. pos. - M.: Delhi plus, 2016. 539 p.
13. Collection of technological instructions for the production of bread and bakery products. Moscow: Pricelist, 1989. 495 p.
14. Skripnikov Yu.G. Production of bread, bakery and confectionery products. M.: Agropromizdat, 1988. 113 p.
15. Tsyganova T.B. Technology and organization of bakery products production: uch. M.: Academy, 2006. 448 p.