

APPLICATION OF AUTOMATED CONTROL SYSTEMS IN OPTIMIZATION OF BREAD BAKING PROCESSES IN INDUSTRIAL ENTERPRISES



Sevinj Abdulazizova¹
Elman Jafarov² 

UDC: 621.865.8:664.6:681.518:658.51

LBC: 32.816:32.816

HoS: 171

doi: 10.33864/2790-0037.2026.v7.i2.258-268

Keywords:

Baking industry,
Automated control
systems,
Optimization of
technological
processes,
Quality of bakery
products,
Productivity,
Resource saving

Subject area:

Physical,
Mathematical and
Technical Sciences

Research field:

Industrial
Automation

ABSTRACT

The bakery industry is one of the most important branches of the food industry, providing the population with valuable food products. In order to increase production efficiency and product quality, automated control systems (ACS) are widely used in bakery enterprises. This article examines the application of ACS to optimize baking processes in industrial enterprises. The main stages of the technological process of bakery products production are analyzed. These stages include receiving and storing raw materials, dosing and mixing of ingredients, kneading, dividing and forming dough, proofing, baking and cooling of the finished product. The main factors affecting the technological process and the quality of the final product have been identified. These include temperature, humidity, storage time at separate stages, and other indicators. It is explained how these parameters are controlled and regulated by automated control systems (ACS). During the study, technical documents related to ACS used in bakery enterprises were studied, the experience of applying these systems in production was investigated, and their impact on product quality was practically verified.

More accurate measurement of the main raw materials with automatic dispensers, correct maintenance of temperature and humidity during dough fermentation and baking, as well as precise time control at process stages have been studied. The conducted studies have shown that the application of AIS makes the production process more stable and significantly improves the quality of bakery products. Thus, reducing the error in flour dosing to $\pm 1\%$ leads to a deviation of the dough moisture content from the given indicators by an average of 0.3–0.5%. Correct regulation of the dough fermentation and bread baking processes increases the volume of products by 10–15% and improves the structural and mechanical properties of the interior. It has also been determined that the use of automated control systems reduces raw material and finished product losses by 5–7%, reduces energy consumption by 8–12%, and increases the productivity of technological lines by 10–15% compared to traditional control methods. Therefore, the results of the conducted studies show that the application of AIS is very effective in optimizing baking processes in industrial enterprises. The developed recommendations can be used to increase the quality and competitiveness of bakery products during the application and use of these systems.

¹ 2nd course master student,

Department of Economics and Technology Sciences, International Master's and Doctoral Center, Azerbaijan State University of Economics; Baku, Azerbaijan

E-mail: abdulazizova05@gmail.com

² Doctor of Philosophy in Engineering, Associate Professor,

Dean of the Faculty of Digital Economics, Azerbaijan State University of Economics; Baku, Azerbaijan

E-mail: elman.jafarov@unec.edu.az

<https://orcid.org/0000-0003-1067-8061>

To cite this article: Abdulazizova, S., & Jafarov, E. [2026]. Application of Automated Control Systems in Optimization of Bread Baking Processes in Industrial Enterprises. *History of Science journal*, 7(2), pp.258-268.

<https://doi.org/10.33864/2790-0037.2026.v7.i2.258-268>

Article history:

Received: 5 March 2026

Revised: 6 April 2026

Accepted: 1 June 2026

Published: 15 June 2026



Copyright: © 2026 by AcademyGate Publishing. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the CC BY-NC 4.0. For details on this license, please visit <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

AVTOMATLAŞDIRILMIŞ İDARƏETMƏ SİSTEMLƏRİNİN SƏNAYE MÜƏSSİSƏLƏRİNDƏ ÇÖRƏKBİŞİRMƏ PROSESLƏRİNİN OPTİMALLAŞDIRILMASINDA TƏTBİQİ



Sevinc Abduləzizova¹
Elman Cəfərov² 

UOT: 621.865.8:664.6:681.518:658.51

KBT: 32.816:32.816

HoS: 171

doi: 10.33864/2790-0037.2026.v7.i2.258-268

Açar sözlər:

Çörəkbişirmə sənayesi, Avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri, Texnoloji proseslərin optimallaşdırılması, Çörək-bulka məhsullarının keyfiyyəti, Məhsuldarlıq, Resurslara qənaət

ANNOTASIYA

Çörəkbişirmə sənayesi əhalini dəyərli qida məhsulları ilə təmin edən qida sənayesinin ən mühüm sahələrindən biridir. İstehsalın səmərəliliyinin və məhsul keyfiyyətinin artırılması məqsədilə çörəkbişirmə müəssisələrində avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri (AİS) geniş şəkildə tətbiq olunur. Bu məqalədə sənaye müəssisələrində çörəkbişirmə proseslərinin optimallaşdırılması üçün AİS-lərin tətbiqi araşdırılır. İşdə çörək-bulka məhsullarının istehsalının texnoloji prosesinin əsas mərhələləri təhlil edilmişdir. Bu mərhələlərə xammalın qəbulu və saxlanması, inqrediyentlərin dozalanması və qarışdırılması, xəmirin yoğurulması, bölünməsi və formalaşdırılması, mayalandırma, bişirmə və hazır məhsulun soyudulması daxildir. Texnoloji prosesə və son məhsulun keyfiyyətinə təsir edən əsas amillər müəyyən edilmişdir. Bunlara temperatur, rütubət, ayrı mərhələlərdə saxlanma vaxtı və digər göstəricilər daxildir. Bu parametrlərin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri (AİS) vasitəsilə necə nəzarətdə saxlanıldığı və tənzimləndiyi izah olunur. Tədqiqat zamanı çörəkbişirmə müəssisələrində istifadə olunan AİS-lərə aid texniki sənədlər öyrənilmiş, bu sistemlərin istehsalatda tətbiq təcrübəsi araşdırılmış və onların məhsul keyfiyyətinə təsiri praktiki olaraq yoxlanılmışdır.

Əsas xammalın avtomatik dozatorlarla daha dəqiq ölçülməsi, xəmirin mayalanması və bişirilməsi zamanı temperatur və rütubətin düzgün saxlanması, həmçinin proses mərhələlərində vaxtın dəqiq idarə olunması tədqiq edilmişdir. Aparılan araşdırmalar göstərmişdir ki, AİS-in tətbiqi istehsal prosesini daha sabit edir və çörək məmulatlarının keyfiyyətini əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırır. Beləliklə, unun dozalanmasında xətanın $\pm 1\%$ -ə endirilməsi xəmirin rütubətinin verilmiş göstəricilərdən orta hesabla 0,3–0,5% az kənara çıxmasına səbəb olur. Xəmirin mayalanması və çörəyin bişirilməsi proseslərinin düzgün tənzimlənməsi isə məmulatların həcmi 10–15% artırır və iç hissəsinin quruluş və mexaniki xüsusiyyətlərini yaxşılaşdırır. Həmçinin müəyyən edilmişdir ki, avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərindən istifadə, xammal və hazır məhsul itkilərini 5–7% azaldır, enerji sərfiyyatını 8–12% aşağı salır və texnoloji xətlərin məhsuldarlığını ənənəvi idarəetmə üsulları ilə müqayisədə 10–15% artırır. Bu səbəbdən aparılan tədqiqatların nəticələri göstərir ki, sənaye müəssisələrində çörəkbişirmə proseslərinin optimallaşdırılmasında AİS-in tətbiqi çox effektivdir. Hazırlanmış tövsiyələr bu sistemlərin tətbiqi və istifadəsi zamanı çörək məhsullarının keyfiyyətinin və rəqabət qabiliyyətinin artırılması üçün istifadə oluna bilər.

Sahə:

Fizika-Riyaziyyat
və Texnika Elmləri

Tədqiqat sahəsi:

Sənaye
Avtomatlaşdırması

¹ 2-ci kurs magistr tələbəsi,

İqtisadi və texnoloji elmlər kafedrası, Beynəlxalq Magistratura və Doktorantura Mərkəzi, Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti; Bakı, Azərbaycan

E-mail: abdulazizova05@gmail.com

² Texnika elmləri üzrə fəlsəfə doktoru, dosent,

Rəqəmsal iqtisadiyyat fakültəsinin dekani, Azərbaycan Dövlət İqtisad Universiteti; Bakı, Azərbaycan

E-mail: elman.jafarov@unec.edu.az

<https://orcid.org/0000-0003-1067-8061>

Məqaləyə istinad: Abduləzizova, S., & Cəfərov, E. [2026]. Avtomatlaşdırılmış İdarəetmə Sistemlərinin Sənaye Müəssisələrində Çörəkbişirmə Proseslərinin Optimallaşdırılmasında Tətbiqi. *History of Science jurnalı*, 7(2), səh.258-268.

<https://doi.org/10.33864/2790-0037.2026.v7.i2.258-268>

Məqalənin tarixçəsi:

Daxil olub: 05.03.2026

Yenidən baxılıb: 06.04.2026

Təsdiqlənib: 01.06.2026

Dərc olunub: 15.06.2026



ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ВЫПЕЧКИ ХЛЕБА НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ



Севиндж Абдулазизова¹
Эльман Джафаров² 

УДК: 621.865.8:664.6:681.518:658.51

ББК: 32.816:32.816

НоS: 171

doi: 10.33864/2790-0037.2026.v7.i2.258-268

Ключевые слова:

Хлебопекарная
промышленность,
Автоматизированные
системы управления,
Оптимизация
технологических
процессов,
Качество
хлебобулочных
изделий,
Производительность,
Ресурсосбережение

Область исследования:

Физика,
математика и
технические науки

Научная область:

Промышленная
автоматизация

АННОТАЦИЯ

Хлебопекарная промышленность является одной из важнейших отраслей пищевой промышленности, обеспечивая население ценными продуктами питания. Для повышения эффективности производства и качества продукции в хлебопекарных предприятиях широко используются автоматизированные системы управления (АСУ). В данной статье рассматривается применение АСУ для оптимизации процессов выпечки на промышленных предприятиях. Анализируются основные этапы технологического процесса производства хлебобулочных изделий. Эти этапы включают прием и хранение сырья, дозирование и смешивание ингредиентов, замешивание, разделение и формование теста, расстойку, выпечку и охлаждение готовой продукции. Выявлены основные факторы, влияющие на технологический процесс и качество конечного продукта. К ним относятся температура, влажность, время хранения на отдельных этапах и другие показатели. Объясняется, как эти параметры контролируются и регулируются автоматизированными системами управления (АСУ). В ходе исследования были изучены технические документы, касающиеся АСУ, используемых на хлебопекарных предприятиях, исследован опыт применения этих систем в производстве и практически проверено их влияние на качество продукции.

Были изучены более точные измерения основных сырьевых материалов с помощью автоматических дозаторов, правильное поддержание температуры и влажности во время ферментации теста и выпечки, а также точный контроль времени на этапах процесса. Проведенные исследования показали, что применение автоматизированных систем управления делает производственный процесс более стабильным и значительно улучшает качество хлебобулочных изделий. Так, снижение погрешности дозирования муки до $\pm 1\%$ приводит к отклонению влажности теста от заданных показателей в среднем на 0,3–0,5%. Правильное регулирование процессов ферментации теста и выпечки хлеба увеличивает объем продукции на 10–15% и улучшает структурно-механические свойства внутренней части. Также было установлено, что использование автоматизированных систем управления снижает потери сырья и готовой продукции на 5–7%, снижает энергопотребление на 8–12% и повышает производительность технологических линий на 10–15% по сравнению с традиционными методами управления. Таким образом, результаты проведенных исследований показывают, что применение автоматизированных систем управления очень эффективно для оптимизации процессов выпечки на промышленных предприятиях. Разработанные рекомендации могут быть использованы для повышения качества и конкурентоспособности хлебобулочных изделий в процессе применения и использования этих систем.

¹ Студент 2-го курса магистратуры, Кафедра Экономики и технологических наук, Международный центр магистерских и докторских наук, Азербайджанский государственный экономический университет; Баку, Азербайджан
E-mail: abdulhezizova05@gmail.com

² Доктор философии в области инженерии, Доцент, Декан факультета Цифровой Экономики, Азербайджанский государственный экономический университет; Баку, Азербайджан
E-mail: elman.jafarov@unec.edu.az
<https://orcid.org/0000-0003-1067-8061>

Цитировать статью: Абдулазизова, С., & Джафаров, Э. [2026]. Применение автоматизированных систем управления для оптимизации процессов выпечки хлеба на промышленных предприятиях. *Журнал History of Science*, 7(2), с.258-268.
<https://doi.org/10.33864/2790-0037.2026.v7.i2.258-268>

История статьи:

Поступила: 05.03.2026

Переработана: 06.04.2026

Принята: 01.06.2026

Опубликована: 15.06.2026



1. Giriş

Çörəkbişirmə sənayesi əhalinin əsas qida tələbatını ödəyən, iqtisadiyyatın sosial baxımdan mühüm sahələrindən biridir. Müasir şəraitdə çörəkbişirmə müəssisələri rəqabətli mühitdə fəaliyyət göstərir və bu mühit məhsulun keyfiyyətinə, çeşidinə, eləcə də istehsal resurslarından səmərəli istifadəyə yüksək tələblər qoyur. Bu vəzifələrin həlli üçün texnoloji prosesin optimallaşdırılmasına və onun daha yaxşı idarə olunmasına imkan verən innovativ texnologiyaların və avadanlıqların tətbiqi zəruridir.

Çörəkbişirmə texnologiyasının təkmilləşdirilməsində perspektivli istiqamətlərdən biri avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinin (AİS) tətbiqidir. Bu sistemlər texnoloji prosesin gedişi haqqında məlumatların toplanmasını, emalını və təhlilini, həmçinin proses parametrlərinə təsir edən idarəedici tədbirlərin hazırlanmasını və həyata keçirilməsini təmin edir [Аврамчикова, 2022].

Çörəkbişirmə müəssisələrində AİS-in tətbiqi bir sıra vacib məsələlərin həllinə imkan verir. Bunlara məhsul keyfiyyətinin sabitliyinin artırılması, avadanlığın məhsuldarlığının yüksəldilməsi, istehsal itkilərinin və enerji sərfiyyatının azaldılması, eləcə də istehlakçı tələbində və xammal keyfiyyətində baş verən dəyişikliklərə operativ reaksiya verilməsi daxildir.

Ənənəvi idarəetmə üsullarından - yəni texnoloji proses parametrlərinin vizual nəzarət və əl ilə tənzimlənməsinə əsaslanan metodlardan fərqli olaraq, avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemləri avadanlığın iş rejimlərini fasiləsiz izləməyə və verilmiş parametrləri avtomatik şəkildə yüksək dəqiqlik və sürətlə saxlamağa imkan verir. Bu isə temperatur, rütubət, təzyiq, axın və digər texnoloji göstəriciləri ölçən müasir sensorların, həmçinin optimal tənzimləmə alqoritmlərini həyata keçirən mikroprosessorlu idarəetmə qurğularının istifadəsi sayəsində mümkün olur.

2. Məqsəd

AİS-in üstünlüklərinə baxmayaraq, onları çörəkbişirmə müəssisələrində tətbiq etmək bəzi çətinliklərlə bağlıdır. Bu, texnoloji prosesin mürəkkəbliyi və xammalın xüsusiyyətləri ilə əlaqədardır. Çörək istehsalı çox mərhələli olub, mərhələlər bir-birinə bağlıdır və un, maya və digər xammalın keyfiyyəti dəyişkəndir. Buna görə də, prosesdə baş verə biləcək dəyişiklikləri nəzərə alan adaptiv idarəetmə sistemlərinə ehtiyac var. Buna görə də, AİS-in texnoloji prosesin ayrı mərhələlərində necə işləməsinin optimallaşdırılması və bunun hazır məhsulun keyfiyyətinə təsirinin öyrənilməsi vacibdir. Bu tədqiqatlar nəticəsində çörəkbişirmə müəssisələrində AİS-in tətbiqi üçün tövsiyələr hazırlanacaq və istehsalın səmərəliliyi ilə məhsulun keyfiyyəti yaxşılaşacaq [Агапов, 2019].

Bu işin məqsədi sənaye müəssisələrində çörəkbişirmə proseslərinin optimallaşdırılması üçün AİS-in tətbiqini öyrənmək və onların istifadəsi üzrə praktik tövsiyələr hazırlamaqdır. Məqsədə çatmaq üçün aşağıdakı vəzifələr qoyulmuşdur:

1. Çörək-bulka məhsullarının istehsal texnoloji prosesini təhlil etmək və onun səmərəliliyinə və məhsul keyfiyyətinə təsir edən əsas amilləri müəyyənləşdirmək.
2. Çörəkbişirmə sənayesində istifadə olunan müasir AİS-in quruluş prinsiplərini və funksional imkanlarını öyrənmək.
3. Çörəkbişirmə texnoloji prosesinin ayrı mərhələlərində (xammalın dozalanması, xəmirin yoğurulması, mayalanma) AİS-in iş rejimlərinin optimallaşdırılması üzrə eksperimental tədqiqatlar aparmaq.
4. Optimallaşdırılmış AİS iş rejimlərinin çörək-bulka məhsullarının keyfiyyət göstəricilərinə və istehlakçı xüsusiyyətlərinə təsirini qiymətləndirmək.
5. Çörəkbişirmə müəssisələrində AİS-in tətbiqi və istifadəsi üçün praktik tövsiyələr hazırlamaq, bununla da istehsal səmərəliliyini və məhsul keyfiyyətini artırmaq.

Tədqiqatın obyektı sənaye müəssisələrində müasir AİS-lə təchiz edilmiş çörək-bulka istehsal prosesləridir. Predmeti isə AİS-in iş rejimlərinin texnoloji prosesin səmərəliliyinə və məhsulun keyfiyyətinə təsiri [Бахмет и др., 2021].

İşin elmi yeniliyi AİS-in texnoloji prosesin ayrı mərhələlərində optimal iş rejimlərini göstərməkdə, istehsalın səmərəliliyini və məhsulun keyfiyyətini artırmaqda, həmçinin çörəkbişirmə müəssisələrində AİS-in tətbiqi üçün praktik tövsiyələr hazırlamaqda özünü göstərir [Степанов и др., 2022].

3. Materiallar və tədqiqat metodları

Tədqiqatın əsas istiqamətləri aşağıdakılardan ibarətdir:

- AİS-dən istifadə etməklə çörəkbişirmə texnoloji proseslərinin optimallaşdırılması probleminə aid elmi-texniki və patent ədəbiyyatının təhlili və ümumiləşdirilməsi;
- Çörək-bulka istehsal proseslərinə və məhsul keyfiyyətinə qoyulan tələbləri müəyyən edən normativ-texniki sənədlərin (QOST, TU, texnoloji təlimatlar və s.) öyrənilməsi;
- Müasir AİS-lə təchiz edilmiş çörəkbişirmə müəssisələrinin texniki-iqtisadi göstəricilərinin təhlili;
- Eksperimental tədqiqatların laboratoriya və sənaye avadanlıqlarında aparılması, eksperiment planlaşdırma və statistik məlumatların emal üsullarından istifadə olunması.

AİS-in iş rejimlərinin optimallaşdırılmasının hazır məhsulun keyfiyyətinə təsirini qiymətləndirmək üçün çörək-bulka məhsullarının keyfiyyətini müəyyən edən ümumqəbul edilmiş metodlardan istifadə olunub - orqanoleptik, fiziki-kimyəvi və struktur-mexaniki göstəricilər [Джанунц, 2017].

Xüsusilə, əsas xammalın dozalanmasının dəqiqliyinin çörək keyfiyyətinə təsirini öyrənmək üçün eksperimentlər aparılıb. Eksperimentdə birinci sort buğda unundan formalı çörək bişirilib və avtomatik dozatorlarla onunun $\pm 1,0\%$ və $\pm 2,0\%$ səhvlə ölçülməsi sınaqdan keçirilib.

Xəmir 10–12 dəqiqə periodik fəaliyyət göstərən xəmir yoğurma maşınında yoğrulub, xəmirin temperaturu $28\text{--}30^\circ\text{C}$ -ə çatana qədər hazırlanıb. 0,4 kg-lıq test yarımfabrikatları $35\text{--}40^\circ\text{C}$ temperaturda və 75–80% nisbi rütubətdə konveyer tipli mayalanma kamerasında 40–45 dəqiqə mayalandırılıb, sonra $230\text{--}240^\circ\text{C}$ temperaturda 25–30 dəqiqə konveyer sobasında bişirilib. Bişdikdən sonra çörək 3 saat ərzində $25\text{--}30^\circ\text{C}$ temperaturda soyudulub və orqanoleptik və fiziki-kimyəvi göstəricilər üzrə keyfiyyəti təhlil edilib [Костюченко и др., 2022].

Xəmir yarımfabrikatlarının mayalanmasının çörək keyfiyyətinə təsirini yoxlamaq üçün eksperiment aparılıb. Formalı çörək bişirərkən AİS sistemi istifadə olunub: bu sistem mayalanma kamerasında temperaturu $\pm 0,5^\circ\text{C}$ və rütubəti $\pm 2\%$ dəqiqliklə tənzimlənib. AİS olmadan bişirilən çörək isə nəzarət nümunəsi olub. Mayalanma müddəti 40–45 dəqiqə olub. Çörək xüsusi həcm, forma davamlılığı, iç hissənin quruluşu və dadı üzrə qiymətləndirilib.

4. Nəticələr və müzakirə

Aparılan eksperimentlər göstərdi ki, AİS-in iş rejimləri texnoloji prosesin səmərəliliyinə və çörək-bulka məhsullarının keyfiyyətinə birbaşa təsir göstərir. Cədvəl 1-in təhlili göstərir ki, avtomatik dozatorlarla onun dozalanmasındakı xətanın $\pm 2,0\%$ -dən $\pm 1,0\%$ -ə endirilməsi AİS vasitəsilə xəmirin rütubətini 43,5–44,0% diapazonunda sabit saxlayır. Bu göstərici texnoloji təlimatın müəyyən etdiyi optimal dəyərlərə uyğundur. Bundan başqa, xəmirin rütubətindəki fərg orta hesabla 0,3–0,5% azalır, bu da xəmirin xüsusiyyətlərinin stabilliyini artırır və istehsal itkilərini 3,5–4,2% azaldır.

Göstərici	Unun dozalanma xətası, %
	±2,0
Xəmirin rütubəti, %	42,8-44,7
Rütubətin təyin olunmuş dəyərdən (44,0%) fərqi, %	0,6-1,2
İstehsal itkiləri, %	5,8-7,3

Cədvəl 1. Unun dozalanma dəqiqliyinin xəmir xüsusiyyətlərinə və istehsal itkilərinə təsiri

AİS ilə xəmirin mayalanma parametrlərini optimallaşdırmaq (temperatur $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, rütubət $\pm 2\%$) çörək keyfiyyətini yaxşılaşdırır [Cədvəl 2]. Xüsusi həcm 10–15% artır, iç hissənin deformasiyası 8–12% azalır, forma davamlılığı və səth vəziyyəti yaxşılaşır [Якушев & Матвиенко, 2017].

Çörək keyfiyyət göstəricisi	Mayalanma parametrləri
	AİS olmadan (nəzarət)
Xüsusi həcm, $\text{sm}^3/100\text{ g}$	270-310
İç hissənin ümumi deformasiyası, vahid	48-56
Pod çörəyin forma davamlılığı, H/D	0,38-0,43
Səth vəziyyəti	Hamar, iri çatlar və qopmalar yoxdur

Cədvəl 2. Mayalanma parametrlərinin çörək-bulka məhsullarının keyfiyyətinə təsiri

Tədqiqatlar göstərdi ki [Cədvəl 3], 0,4 kg-lıq formalı çörəyin 230–240°C temperaturda konveyer sobasında optimal bişirmə müddəti 27–29 dəqiqədir. AİS ilə ± 1 dəqiqə dəqiqliklə bişirmə vaxtını idarə etmək məhsulun fiziki-kimyəvi və orqanoleptik keyfiyyətinin stabilliyini təmin edir. Bişirmə müddəti 25–26 dəqiqəyə qədər azaldıqda iç hissənin rütubəti 47–49%-ə yüksəlir, xüsusi həcm azalır və iç hissənin elastikliyi pisləşir. 30 dəqiqədən uzun bişirmə isə iç hissənin rütubətini 39–40%-ə salır, turşuluğu artırır və qabığın rəngi pisləşir [Степанов и др., 2022].

Keyfiyyət göstəricisi	Bişirmə müddəti, dəq
	25 - 26
İç hissənin rütubəti, %	47,0 - 49,0
Turşuluq, °	2,0 - 2,2
Məsaməlilik, %	68 - 70
Xüsusi həcm, $\text{sm}^3/100\text{ g}$	280 - 300
Qabığın rəngi	Açıq - sarı

Cədvəl 3. Bişirmə müddətinin formalı çörəyin keyfiyyətinə təsiri

Çörək-bulka istehsalında AİS-in iş rejimlərinin texnoloji prosesin səmərəliliyinə təsirini qiymətləndirmək üçün kompleks səmərəlilik göstəricisi (K_s) istifadə olunub. Bu göstərici avadanlığın məhsuldarlığındakı, xammal və enerji sərfiyyatındakı dəyişiklikləri, həmçinin məhsulun qüsurlu səviyyəsini nəzərə alır [Махмутова, 2018]:

$$K_s = \left(\frac{M_2}{M_1} \right) \times \left(\frac{S_{x1}}{S_{x2}} \right) \times \left(\frac{S_{e1}}{S_{e2}} \right) \times \left(\frac{Q_1}{Q_2} \right)$$

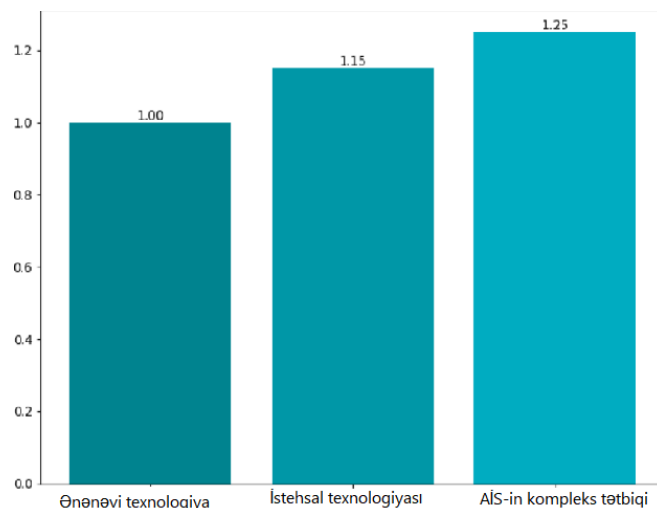
Burada M_1 , M_2 – AİS tətbiqindən əvvəl və sonra texnoloji avadanlığın məhsuldarlığı, kq/saat;

S_{x1} , S_{x2} – AİS tətbiqindən əvvəl və sonra xammalın xüsusi sərfiyyatı, kq/t;

S_{e1} , S_{e2} – AİS tətbiqindən əvvəl və sonra enerjinin xüsusi sərfiyyatı, kVt·saat/t;

Q1, Q2 – AİS tətbiqindən əvvəl və sonra məhsulun qüsurlu səviyyəsi, %.

Hesablamalar göstərir ki, çörək-bulka istehsalının ayrı mərhələlərində AİS-in tətbiqi kompleks səmərəlilik göstəricisini ənənəvi texnologiyaya nisbətən 1,15–1,25 dəfə artırır [Şəkil 1]. Ən böyük təsir xammalın dozalanmasının və mayalanma parametrlərinin optimallaşdırılması ilə bağlıdır ki, bu da istehsal itkilərinin azalmasına və məhsulun keyfiyyətinin yüksəlməsinə səbəb olur [Есаулко и др., 2013].



Şəkil 1. AİS-in çörək-bulka istehsalının səmərəliliyinə təsiri

Saxlama prosesi zamanı çörək-bulka məhsullarının istehlak xüsusiyyətlərinin dəyişmə dinamikasının təhlili göstərmişdir ki, AİS-in tətbiqi onların keyfiyyətinin qorunmasına və saxlanma müddətinin uzadılmasına kömək edir. Belə ki, 48 saat saxlamadan sonra, ənənəvi texnologiya ilə istehsal olunan çörəyin içliyinin ümumi deformasiyası 30–35 % artır, halbuki AİS istifadə edilməklə alınan məhsullarda bu göstərici cəmi 20–25 % təşkil edir. Bu hal, istehsal prosesində xəmirin mayalanması və bişirilməsinin optimal parametrləri hesabına formalaşan bərabər məsələlilik ilə izah olunur [Косован & Шапошникова 2015].

Buğda çörəyinin qida dəyərini və keyfiyyətini artırmaq məqsədilə resept tərkibinin optimallaşdırılması üçün riyazi modelləşdirmə üsullarından istifadə olunmuşdur. Xüsusilə, qida əlavələrinin dozaları (buğda kəpəyi, soya unu, quru süd zərdabı) ilə məmulatların ümumi keyfiyyət göstəricisi (Y) arasında kəmiyyət əlaqəsini müəyyən edən reqressiya modeli işlənib hazırlanmışdır:

$$Y = 80,4 + 2,7 X_1 + 1,8 X_2 + 1,2 X_3 - 1,4 X_1 X_2 - 0,9 X_1 X_3 - 0,6 X_2 X_3$$

Burada X_1 , X_2 , X_3 – müvafiq olaraq buğda kəpəyinin (6–12 %), soyaununun (3–7 %) və quru süd zərdabının (2–6 %) dozalarıdır və unun kütləsinə görə faizlə ifadə olunur [Пономарева, 2022].

Aparılan tədqiqatlar nəticəsində müəyyən olunmuşdur ki, qida əlavələrinin düzgün və optimal miqdarda istifadəsi çörəyin həm qida dəyərini, həm də istehlak keyfiyyətini əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırır. Belə ki, buğda kəpəyinin 8 %, soyaununun 5 % və quru süd zərdabının 4 % miqdarında əlavə edilməsi çörəyin tərkibində zülalın miqdarını 15–20 %, qida liflərinin miqdarını isə 30–40 % artırır. Bununla yanaşı, çörəyin dadı, qoxusu, rəngi və quruluşu kimi orqanoleptik göstəricilər də yaxşılaşır. Nəticədə, bu cür əlavələrdən istifadə olunan çörək nümunələrinin ümumi keyfiyyət göstəricisi, heç bir əlavə qatılmayan

nəzarət nümunələri ilə müqayisədə 10–12 % daha yüksək olur [Печерский & Забенкова, 2021].

Tədqiqatlara əsaslanaraq çörəkbişirmə müəssisələrində AİS-in tətbiqi üçün tövsiyələr bunlardır:

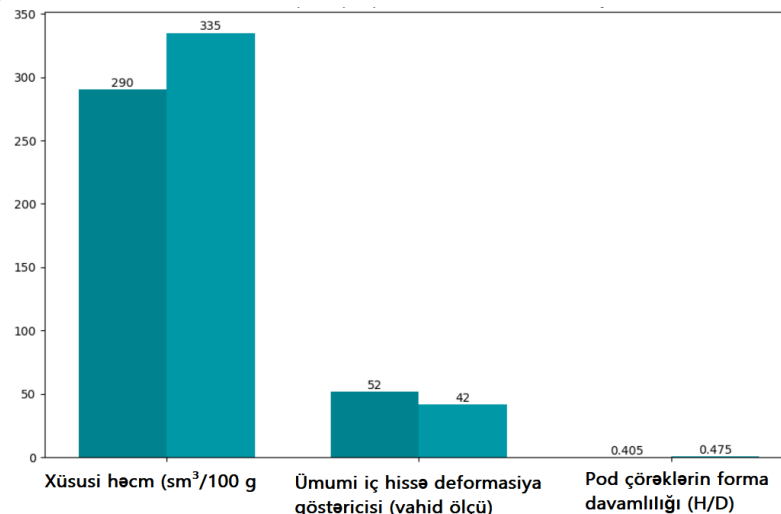
- Müəssisənin gücü, məhsul çeşidi və iqtisadi göstəricilərinə uyğun tətbiqin əsaslandırılması;
- Müasir texniki vasitə və proqram təminatının seçilməsi;
- Xammal və məhsul parametrlərinə əsaslanan idarəetmə alqoritmlərinin hazırlanması;
- İşçilərin AİS üzrə təlim və ixtisas artırımı.

Çörəyin tərkibini riyazi modelləşdirmə ilə optimallaşdırmaq [Şəkil 2] protein miqdarını 15–20%, qida liflərini 30–40%, B qrupu vitaminlərini 20–25% artırmağa imkan verir, eyni zamanda yüksək dad və görünüş göstəriciləri qorunur. Hesablamalar göstərir ki, tam taxıl buğdası, yulaf və çovdar unu əsasında hazırlanan 10–15% miqdarda kompleks zənginləşdiricilər istifadə edildikdə, çörəkdə əvəzolunmaz amin turşuları 18–22%, minerallar 25–30% artır, enerji dəyəri isə 5–7% azalır.

Xəmir yoğurma mərhələsində AİS-in tətbiqi yoğurma müddətini 10–15% azaldır və yoğrulmuş xəmirə qaz tutma qabiliyyətini 8–10% artırır. Bu, yoğurma mexanizminin fırlanma sürətinin optimallaşdırılması və komponentlərin dəqiq dozalanması sayəsində mümkün olur. Eyni zamanda, enerji sərfiyyatı 6–8% azalır, xəmir çıxışı isə 1,5–2,0% yüksəlir [Николенко и др., 2018].

Xəmir yarımfabrikatlarının mayalanma mərhələsində parametrlərin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemi AİS vasitəsilə dəqiq tənzimlənməsi istehsal prosesinin daha səmərəli aparılmasına imkan yaradır. Bu sistemdən istifadə edildikdə mayalanma müddəti təbii şəraitdə aparılan proseslə müqayisədə 15–20 % qısaldır, eyni zamanda çörəyin xüsusi həcmi 10–12 % artır, yəni çörək daha yüngül və məsaməli olur [Пономарева, 2022].

Bu müsbət təsir, mayalanma kamerasında havanın temperaturu və nisbi rütubətinin sabit və nəzarətdə saxlanılması ilə izah olunur. Belə ki, temperatur $\pm 0,5$ °C, rütubət isə ± 2 % dəqiqliklə tənzimlənir. Bundan əlavə, xəmirin son turşuluğunun optimal səviyyədə — 3,0–3,2 dərəcə həddində saxlanılması xəmirin düzgün yetişməsinə təmin edir. Nəticədə çörəyin strukturu, həcmi və ümumi keyfiyyəti nəzərəcarpacaq dərəcədə yaxşılaşır [Якушев & Якушев, 2017].



Şəkil 2. Xəmirin mayalanma parametrlərinin optimallaşdırılmasının çörək məmulatlarının keyfiyyətinə təsiri

5. Nəticə

Tədqiqatlar göstərir ki, AİS çörək-bulka istehsalını optimallaşdırmaqda çox effektivdir. Onun tətbiqi avadanlığın məhsuldarlığını 8–12% artırır, xammal və enerji sərfiyyatını 5–7% azaldır, məhsulun keyfiyyətini və təravətini yaxşılaşdırır.

Riyazi modellərlə reseptlərin optimallaşdırılması çörəyin qida dəyərini 15–40% artırır, dad və görünüşünü qoruyur. AİS-in tətbiqi xəmirin mayalanma müddətini 10–15%, test yarımfabriklərinin mayalanmasını 15–20% azaldır və xüsusi həcmi 10–12% yüksəldir.

Proqnozlar göstərir ki, 2030-cu ilə qədər AİS ilə istehsal olunan çörək-bulka məhsullarının payı sənayedə ümumi istehsalın 60–70%-ə çata bilər. Bu çörəkbişirmə müəssisələrinin rentabelliyini 15–20% artıracaq və əhalini yüksək keyfiyyətli məhsulla təmin etmə səviyyəsini 95–100%-ə qaldıracaq.

Gələcək tədqiqatlar üçün məqsəduyğun istiqamət çörəkbişirmə texnoloji proseslərini idarə edən ağıllı sistemlərin hazırlanmasıdır. Bu sistemlər bulanıq məntiq və neyron şəbəkə alqoritmlərinə əsaslanaraq xammalın xüsusiyyətləri və istehsal şərtlərinə real vaxt rejimində uyğunlaşma imkanı verəcək, beləliklə istehsal səmərəliliyi və məhsul keyfiyyəti daha da yüksələcək.

Nəticədə, aparılan iş elmi və praktik baxımdan çörəkbişirmə sənayesinin inkişafı üçün əhəmiyyətlidir və mövcud müəssisələrin modernləşdirilməsi, yeni müəssisələrin layihələndirilməsi, eləcə də innovativ texnologiya və avadanlıqlara əsaslanan sənaye proqramlarının hazırlanmasında istifadə oluna bilər.

6. REFERENCES

1. Avramchikova, N. T., & Rukosuev, A. O. (2022). Digital transformation of the economy at the regional level: strategy and specifics. *E-Management*, (5), 64–71. (in Russian)
2. Agapov, A. R. (2019). Features of production and sales management in bakery enterprises. *In Contribution of young scientists to agricultural science* (pp.709–712). Kinel: Samara State Agricultural Academy. (in Russian)
3. Bakhmet, M. P., Polyakova, V. V., & Milevskiy, V. V. (2021). Economic analysis of the bread and bakery products market in Russia. In *Bread, confectionery, and pasta products of the 21st century* (pp.259–264). Krasnodar: Kuban State Technological University. (in Russian)
4. Borodin, I. F., & Andreev, S. A. (2018). *Automation of technological processes and automatic control systems: textbook for applied bachelor's degree* (2nd ed., revised and enlarged). Moscow: Yurayt, 286 p. (in Russian)
5. Botalova, A. I., & Shilova, E. V. (2022). Analysis of trends in the bread and bakery products market. *Bulletin of the Council of Young Scientists and Specialists of the Chelyabinsk Region*, 1(2), 26–37. (in Russian)
6. Bulgakova, V. P., Krivopalova, S. E., & Polshakova, N. V. (2016). Application of automated information management systems in food industry enterprises. *Young Scientist*, 27(131), 18–20. (in Russian)
7. Voronova, V. A. (2022). Internet of Things in Russia: application features and economic development opportunities. *Eurasian Science Bulletin*, 14(4), 15. (in Russian)
8. Dzhannunts, K. K. (2017). Analysis of the bread and bakery products market in the Russian Federation. *In Scientific support of the agro-industrial complex* (pp.1475–1476). Krasnodar: Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin. (in Russian)
9. Esaulko, A. N., Ageev, V. V., & Gorbatko, L. S. (2013). *Agrochemical survey and monitoring of soil fertility* (textbook). Stavropol: AGRUS, 253 p. (in Russian)

10. Bazdyrev, G. I. (Ed.). (2022). *Agriculture: textbook*. Moscow: Infra-M, 608 p. (in Russian)
11. Kataeva, N. N. (2015). Analysis of the bread and bakery products market in Russia. *Problems of Modern Science and Education*, 6(36), 104–107. (in Russian)
12. Kosovan, A. P., & Shaposhnikova, I. I. (2015). Analysis and prospects for the development of the bread and bakery products market in Russia and abroad. *Bread Products*, (7), 8–10. (in Russian)
13. Kostyuchenko, M. N., Shaposhnikov, I. I., Martirosyan, V. V., & Kosovan, A. P. (2022). New economic reality: adaptation of the bakery industry to changing market trends. *Russian Baking*, (3), 16–21. (in Russian)
14. Makhmutova, E. M. (2018). Assessment and prospects for the development of the bakery industry. *Bulletin of Contemporary Research*, 12(27), 292–295. (in Russian)
15. Nikolenko, S., Kadurin, A., & Arkhangelskaya, E. (2018). *Deep learning*. Saint Petersburg: Piter. (in Russian)
16. Pecherskiy, D. K., & Zabenkova, N. A. (2021). Robotic systems in the food industry. *Young Scientist*, 6(348), 29–31. (in Russian)
17. Ponomareva, O. I. (2022). On the operation of bakeries under sanctions restrictions. *H&K Forum*, (53), 12–13. (in Russian)
18. Stepanov, A. A., Savina, M. V., & Stepanov, I. A. (2022). Efficiency of digital transformation: essence, content, evaluation criteria. *Economic Systems*, 15(1), 12–24. (in Russian)
19. Yakushev, V. P., & Matvienko, D. A. (2017). Role and tasks of precision farming in implementing the national technological initiative. *Agrophysics*, (1), 51–65. (in Russian)

ӘДӘБИЙАТ

1. Аврамчикова, Н. Т., & Рукосуев, А. О. (2022). Цифровая трансформация экономики на региональном уровне: стратегия и специфика. *E-Management*, (5), 64–71.
2. Агапов, А. Р. (2019). Особенности управления производством и сбытом на предприятиях хлебопекарной промышленности. In *Вклад молодых ученых в аграрную науку* (с.709–712). Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия.
3. Бахмет, М. П., Полякова, В. В., & Милевский, В. В. (2021). Экономический анализ рынка хлеба и хлебобулочных изделий в России. In *Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века* (с.259–264). Краснодар: Кубанский государственный технологический университет.
4. Бородин, И. Ф., & Андреев, С. А. (2018). *Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления: учебник для прикл. бак-та* (2-е изд., испр. и доп.). Москва: Юрайт, 386 с.
5. Боталова, А. И., & Шилова, Е. В. (2022). Анализ тенденций развития рынка хлеба и хлебобулочных изделий. *Вестник совета молодых ученых и специалистов Челябинской области*, 1(2), 26–37.
6. Булгакова, В. П., Кривопалова, С. Е., & Польшакова, Н. В. (2016). Применение автоматизированных информационных систем управления на предприятиях пищевой промышленности. *Молодой ученый*, 27(131), 18–20.
7. Воронова, В. А. (2022). Интернет вещей в России: особенности применения и возможности для развития экономики. *Вестник евразийской науки*, 14(4), 15.
8. Джанунц, К. К. (2017). Анализ рынка хлебобулочных изделий в РФ. In *Научное обеспечение агропромышленного комплекса* (с.1475–1476). Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина.

9. Есаулко, А. Н., Агеев, В. В., & Горбатко, Л. С. (2013). *Агрохимическое обследование и мониторинг почвенного плодородия* (учебное пособие). Ставрополь: АГРУС, 253 с.
10. Баздырев, Г. И. (ред.). (2022). *Земледелие: учебник*. Москва: Инфра-М, 608с.
11. Катаева, Н. Н. (2015). Анализ рынка хлебобулочных изделий в России. *Проблемы современной науки и образования*, 6(36), 104–107.
12. Косован, А. П., & Шапошникова, И. И. (2015). Анализ и перспективы развития рынка хлебобулочных изделий в России и за рубежом. *Хлебопродукты*, (7), 8–10.
13. Костюченко, М. Н., Шапошников, И. И., Мартиросян, В. В., & Косован, А. П. (2022). Новая экономическая реальность: адаптация хлебопекарной отрасли к меняющимся трендам развития рынка. *Хлебопечение России*, (3), 16–21.
14. Махмутова, Э. М. (2018). Оценка и перспективы развития хлебопекарной отрасли. *Вестник современных исследований*, 12(27), 292–295.
15. Николенко, С., Кадурич, А., & Архангельская, Е. (2018). *Глубокое обучение*. Санкт-Петербург: Питер, 480 с.
16. Печерский, Д. К., & Забенкова, Н. А. (2021). Робототехнические системы в пищевой промышленности. *Молодой ученый*, 6(348), 29–31.
17. Пономарева, О. И. (2022). О работе хлебозаводов в условиях санкционных ограничений. *X&K ФОРУМ*, (53), 12–13.
18. Степанов, А. А., Савина, М. В., & Степанов, И. А. (2022). Эффективность цифровой трансформации: сущность, содержание, критерии оценки. *Экономические системы*, 15(1), 12–24.
19. Якушев, В. П., & Матвиенко, Д. А. (2017). Роль и задачи точного земледелия в реализации национальной технологической инициативы. *Агрофизика*, (1), 51–65.