

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНОВОГО ХЛЕБА, ВЫПЕКАЕМОГО ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫМ СПОСОБОМ**

**В работе приведена оптимизация технологических параметров производства зернового хлеба с применением электроконтактного способа выпечки. По результатам двухфакторного эксперимента получены уравнения регрессии, отражающие зависимость комплексного показателя органолептических свойств, комплексного показателя физико-химических свойств, комплексного показателя биологической ценности зернового хлеба электроконтактной выпечки от модуля крупности частиц зерновой массы и продолжительности брожения зернового полуфабриката. Проведена оценка экологичности производства зернового хлеба с применением электроконтактного энергоподвода по сравнению с зерновым хлебом традиционной радиационно-конвективной выпечки.**

**Ключевые слова:** зерновой хлеб, электроконтактная выпечка, комплексный показатель, оптимизация, критерий экологичности.

В настоящее время большое внимание уделяется проблеме рационального питания и производству продуктов повышенной пищевой ценности. Важное значение имеет также оценка экологичности производства данных продуктов.

Зерновой хлеб является одним из функциональных продуктов питания, технология производства которого позволяет сохранить витамины, аминокислоты, микроэлементы и другие биологически активные вещества, заложенные природой в зерно. Значительный вклад в совершенствование технологии хлеба из целого зерна и расширение его ассортимента внесли В.М. Антонов, Р.В. Кузьминский, Р.Д. Поландова, Е.И. Шкапов, Г.Н. Панкратов, А.С. Романов, С.Я. Корячкина и другие ученые.

Рациональная технология производства зернового хлеба должна обеспечить сохранность полезных свойств продукта на каждом этапе его производства, в частности на этапе его выпечки.

Электроконтактная (ЭК) выпечка хлеба позволяет в большей степени сохранить биологически ценные вещества сырья, и предотвратить образование нежелательных веществ, неусваиваемых организмом соединений, характерных для традиционной выпечки. Данный способ выпечки позволяет снизить гликемический индекс (ГИ) готовых изделий.

Преыдущими исследователями разработаны различные технологии производства зернового хлеба, однако применение ЭК-способа выпечки в технологии производства зернового хлеба изучено не было. Определенный интерес представляет разработка технологии производ-

ства зернового хлеба с учетом его ГИ. Представляется целесообразным проведение оценки экологичности производства зернового хлеба с применением ЭК-энергоподвода по сравнению с традиционной-радиационно конвективной (РК) выпечкой.

В связи с вышеизложенным, представляется целесообразным проведение исследований по разработке технологии производства зернового хлеба с применением ЭК-энергоподвода на стадии выпечки, а также оценка экологичности его производства.

Проведя серии экспериментов по исследованию влияния продолжительности замачивания зерна, продолжительности брожения и устойчивости зернового полуфабриката, степени измельчения зерна, дозировки дрожжей, соли на показатели качества готового зернового хлеба было установлено, что наиболее значимыми факторами, оказывающими влияние на органолептические, физико-химические и биологические показатели качества зернового хлеба, выпекаемого ЭК-способом, являются степень измельчения зерновой массы и продолжительность брожения зернового полуфабриката.

Для оценки качества зернового хлеба ЭК-выпечки нами были разработаны три комплексных показателя качества:

– комплексный показатель органолептических свойств готовых изделий, включающий внешний вид, консистенцию, вкус и запах готовых изделий;

– комплексный показатель физико-химических свойств зернового ЭК-хлеба, включаю-

щий влажность, пористость и кислотность готовых изделий;

– комплексный показатель биологической ценности зернового ЭК-хлеба, или показатель, характеризующий назначение готовых изделий для лечебно-профилактического питания, включающий ГИ по глюкозе зернового хлеба ЭК-выпечки и содержание в нем витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР и незаменимой аминокислоты лизина.

Для оценки качества зернового хлеба была собрана группа экспертов из восьми человек, которые являются специалистами в области хлебопечения, нутрициологии и физиологии питания, знающими специфику данного продукта.

На основе традиционных методик нами были разработаны 100-балльная шкала органолептической оценки зернового хлеба ЭК-выпечки, учитывающая особенности данного продукта, шкала оценки комплексного показателя физико-химических свойств и шкала оценки комплексного показателя биологической ценности зернового ЭК-хлеба. Для каждого показателя введена 5-балльная шкала оценки, в зависимости от свойств готового продукта. Средние баллы по каждому показателю вычисляли как среднее арифметическое оценок всех экспертов. Вычисление единого значения комплексного показателя проводили путем суммирования баллов по каждому показателю, умноженному на коэффициент значимости. Коэффициенты значимости показателей установили путем опроса мнений экспертов.

Для определения оптимальных режимов приготовления зернового хлеба, выпекаемого ЭК-способом по известным в литературе методикам [1] был составлен и реализован композиционный ортогональный план двухфакторного эксперимента по установлению влияния степени измельчения зерновой массы и продолжительности брожения зернового полуфабриката на качество готовых изделий.

Модуль крупности частиц диспергированной зерновой массы изменяли от 1,5 до 2,6 мм; продолжительность брожения зернового полуфабриката в пределах от 1 до 4 часов. Качество готовых изделий оценивали по комплексным показателям органолептических, физико-химических свойств и биологической ценности, которые и являлись критериями оптимизации.

По результатам эксперимента, при помощи программного средства, разработанного на факультете пищевых производств ГОУ ОГУ,

получены уравнения регрессии второго порядка и проведена оптимизация технологических режимов производства зернового ЭК-хлеба.

Уравнения регрессии:

для комплексного показателя органолептических свойств готовых изделий:

$$КП_{ОРГ} = 83,82 + 22,90 \cdot M + 3,97 \cdot \tau - 13,65 \cdot M^2 - 26,63 \cdot \tau^2 \quad (1)$$

для комплексного показателя физико-химических свойств готовых изделий:

$$КП_{Ф-Х} = 88,90 - 8,31 \cdot M - 12,15 \cdot \tau + 4,92 \cdot M \cdot \tau - 27,79 \cdot M^2 - 27,22 \cdot \tau^2 \quad (2)$$

для комплексного показателя биологической ценности готовых изделий:

$$КП_{БИОЛ} = 86,84 - 11,16 \cdot M - 16,61 \cdot \tau - 12,58 \cdot M \cdot \tau - 2,54 \cdot M^2 - 20,17 \cdot \tau^2 \quad (3)$$

где  $\tau$  – продолжительность брожения зернового полуфабриката;

$M$  – модуль крупности частиц диспергированной зерновой массы.

Величины  $\tau$ ,  $M$ , даны в условных единицах.

Для перевода натуральных единиц в условные можно воспользоваться следующими уравнениями:

$$M = 1,8182 \cdot M' - 3,7273 \quad (4)$$

$$\tau = 0,6667 \cdot \tau' - 1,6667 \quad (5)$$

Величины со штрихом натуральные,

где  $M'$  – модуль крупности частиц диспергированной зерновой массы, мм;

$\tau'$  – продолжительность брожения зернового полуфабриката, ч.

Плоскости отклика, отражающие зависимости комплексных показателей органолептических, физико-химических свойств и биологической ценности готовых изделий от степени измельчения зерна и продолжительности брожения зернового полуфабриката представлены соответственно на рисунках 1 – 3.

Из рисунка 1 видно, что максимальный комплексный показатель органолептических свойств (выше 90 баллов), достигается при степени измельчения зерна от 2,2 до 2,6 мм (от 0,4 до 1 у. е.) и продолжительности брожения зернового полуфабриката от 2,2 до 3,1 ч (от - 0,2 до + 0,3 у. е.).

Из рисунка 2 видно, что максимальный комплексный показатель физико-химических свойств (выше 90 баллов), достигается при степени измельчения зерна от 1,9 до 2,05 мм (от - 0,3 до 0 у. е.) и продолжительности брожения

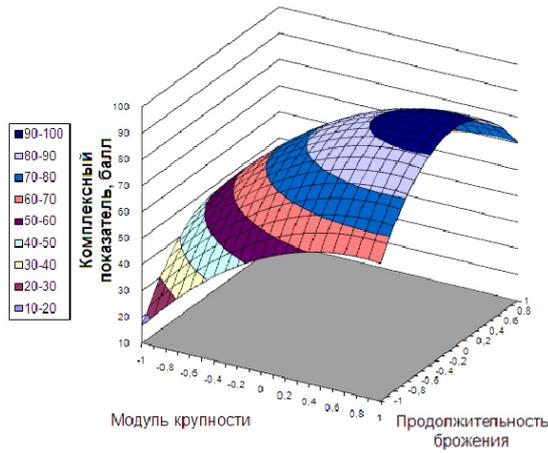


Рисунок 1. Зависимость комплексного показателя органолептических свойств зернового ЭК-хлеба от степени измельчения зерна и продолжительности брожения зернового полуфабриката

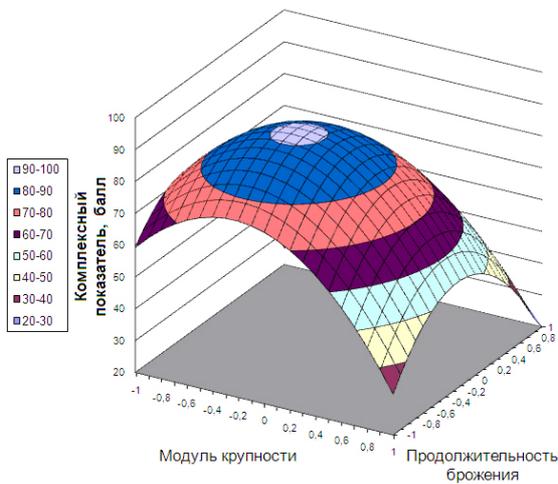


Рисунок 2. Зависимость комплексного показателя физико-химических свойств зернового ЭК-хлеба от степени измельчения зерна и продолжительности брожения зернового полуфабриката

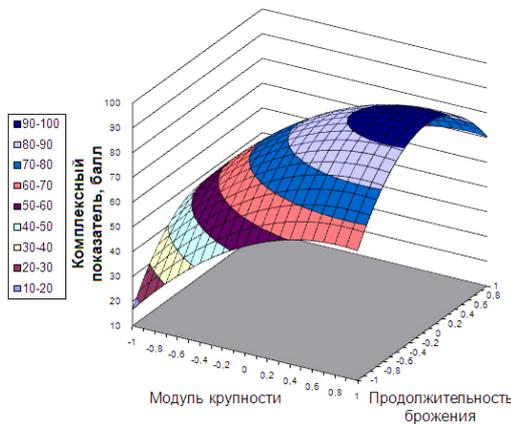


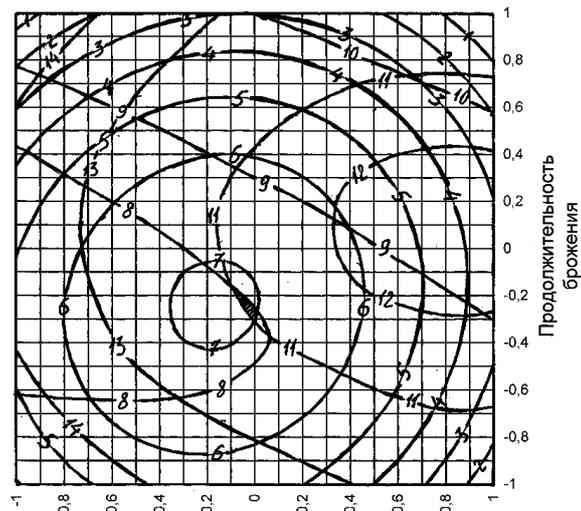
Рисунок 3. Зависимость комплексного показателя биологической ценности зернового ЭК-хлеба от степени измельчения зерна и продолжительности брожения зернового полуфабриката

зернового полуфабриката от 1,9 до 2,4 ч (от - 0,4 до - 0,1 у.е.).

Из рисунка 3 видно, что максимальный комплексный показатель биологической ценности (выше 90 баллов), достигается при степени измельчения зерна от 1,5 до 1,95 мм (от - 1 до - 0,2 у.е.) и продолжительности брожения зернового полуфабриката от 1,75 до 2,5 ч (от - 0,5 до 0 у.е.).

Путем наложения горизонтальных проекций этих диаграмм зависимостей, была выделена область оптимальных режимов приготовления зернового хлеба, выпекаемого с применением ЭК-выпечки, обозначенная на рисунке 4 штриховкой.

В результате эксперимента установлено, что оптимальными являются модуль крупности частиц, равный 2,0 – 2,05 мм (от - 0,1 до 0 у.е.), а продолжительность брожения 2,1 – 2,2 ч (от - 0,3 до - 0,2 у.е.), при этом комплексный показатель органолептических свойств более 80



Модуль крупности  
 1 –  $K_{Ф-Х}$  = 30 баллов; 2 –  $K_{Ф-Х}$  = 40 баллов;  
 3 –  $K_{Ф-Х}$  = 50 баллов; 4 –  $K_{Ф-Х}$  = 60 баллов;  
 5 –  $K_{Ф-Х}$  = 70 баллов; 6 –  $K_{Ф-Х}$  = 80 баллов;  
 7 –  $K_{Ф-Х}$  = 90 баллов; 8 –  $K_{БИОЛ}$  = 90 баллов;  
 9 –  $K_{Ф-Х}$  = 80 баллов; 10 –  $K_{БИОЛ}$  = 50 баллов;  
 11 –  $K_{ОРГ}$  = 80 баллов; 12 –  $K_{ОРГ}$  = 90 баллов;  
 13 –  $K_{ОРГ}$  = 60 баллов; 14 –  $K_{ОРГ}$  = 40 баллов.  
 $K_{Ф-Х}$  – комплексный показатель физико-химических свойств зернового ЭК-хлеба;  $K_{БИОЛ}$  – комплексный показатель биологической ценности зернового ЭК-хлеба;  $K_{ОРГ}$  – комплексный показатель органолептических свойств зернового ЭК-хлеба.

Рисунок 4. Зависимость комплексных показателей органолептических, физико-химических и биологических свойств зернового хлеба от модуля крупности частиц зернового полуфабриката и продолжительности его брожения

баллов, комплексный показатель физико-химических свойств более 90 баллов, комплексный показатель биологической ценности более 90 баллов.

На базе ООО «Сладкая жизнь» (г. Оренбург) были проведены полупромышленные сравнительные испытания технология производства зернового хлеба с применением ЭК- и РК-способов выпечки.

Данные эксперимента были обработаны при помощи программного средства, позволяющего оценить экологичность технологическо-

го процесса с использованием интегральных критериев [2].

Применение электроконтактного энергоподвода по сравнению с радиационно-конвективной выпечкой позволяет повысить экологичность технологии производства зернового хлеба, о чем свидетельствует повышение интегрального критерия с 0,6943 до 0,7116. При этом повышаются критерий безотходности производства – с 0,7482 до 0,7534, критерий глубины переработки сырья с 0,9417 до 0,9552, критерий экологичности – с 0,9850 до 0,9887.

**Список литературы:**

1. Грачев Ю.П., Плаксин Ю.Н. Математические методы планирования эксперимента. – М.: ДеЛи принт, 2005.
2. Полищук В.Ю., Попов В.П., Сидоренко Г.А. Методика комплексной интегральной оценки эффективности технологии (на примере производства пива): метод. указ. к практ. работам / В. Ю. Полищук [и др.]. – Оренбург: ГОУ ОГУ. – 2005.

Сведения об авторах:

**Ялалетдинова Дина Ильдаровна**, аспирант кафедры пищевой биотехнологии Оренбургского государственного университета  
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, ауд. 3215, тел. (3532)372465, e-mail: dinaild@mail.ru

**Сидоренко Галина Анатольевна**, доцент кафедры технологии пищевых производств Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук  
460018, г. Оренбург, проспект Победы 13, ауд. 3106, тел. 8(3532) 372467,

**Попов Валерий Павлович**, заведующий кафедрой пищевой биотехнологии Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук  
460018, г. Оренбург, проспект Победы 13, ауд. 3104<sup>А</sup>, тел. 8(3532)372465, e-mail: ppbt@mail.osu.ru

Yalaletdinova D.I., Sidorenko G.A., Popov V.P.

Optimization of technological parameters and evaluation of environmental friendliness of corn bread production baked by electrocontact method

The study presents optimization of technological parameters of corn bread production baked by electrocontact method. Based on the results of two-factor experiment, regression relationships were obtained showing dependency of complex factor of organoleptical properties, complex factor of physicochemical properties, complex factor of biological value of corn bread baked by electrocontact method from grain mass size modulus and duration of grain semiproduct fermentation. The study covers evaluation of environmental friendliness of corn bread production baked by electrocontact method in comparison with corn bread of traditionally radiative-convective baked goods.

Key words: corn bread, electrocontact baked goods, complex factor, optimization, environmental friendliness criterion.

**References:**

1. Grachev Yu.P., Plaksin Yu.N. Mathematic experiment planning methods. – M.: De Li Print, 2005.
2. Polischuk V.Yu., Popov V.P., Sidorenko G.A. Methods of complex integral estimation of technology efficiency (by the example of brewing): guidelines to practical work / V.Yu. Polischuk [and others.]. – Orenburg: SOU OSU. – 2005.