

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ БРОЖЕНИЯ ТЕСТОВЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ ПШЕНИЧНОЙ МУКИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

*Потеха А.В.¹, канд. техн. наук, Невская Е.В.², канд. техн. наук,
Потеха В.Л.¹, д-р техн. наук, Шведко А.А.¹, Туркевич Г.С.¹, Дубовская К.В.¹*

¹УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
Республика Беларусь, г. Гродно

²ФГАНУ «Научно-исследовательский институт хлебопекарной
промышленности», Российская Федерация, г. Москва

Аннотация. Изучено влияние обработки микроволновыми колебаниями сверхвысоких частот (МКСВЧ) тестовых полуфабрикатов из пшеничной муки на интенсификацию процесса брожения теста. С использованием полного факторного эксперимента установлено, что увеличение срока хранения дрожжей снижает их активность при обработке МКСВЧ. Наибольшее влияние на подъемную силу дрожжей оказывает совместное действие времени обработки (t) и мощности МКСВЧ (N). Микробиологические исследования позволили установить существование экстремальной зависимости активности дрожжей от времени обработки МКСВЧ.

Ключевые слова: хлебопекарная отрасль, полуфабрикат из пшеничного теста, интенсификация брожения теста, дрожжи, подъемная сила, полный факторный эксперимент, микроволновые колебания сверхвысокой частоты.

FERMENTATION INTENSIFICATION OF DOUGH SEMI-FINISHED PRODUCTS FROM WHEAT FLOUR IN THE PRODUCTION OF BAKERY GOODS

*Potekha A.V.¹, Cand. Sc. (Tech.), Nevskaya E.V.², Cand. Sc. (Tech.),
Potekha V.L.¹, Dr. Sc. (Tech.), Shvedko A.A.¹, Turkevich G.S.¹, Dubovskaya K.V.¹*

¹EE «Grodno State Agrarian University», Belarus, Grodno

²FSASI «Scientific Research Institute of the Bakery Industry»,
Russian Federation, Moscow

Abstract. The effect of microwave processing of dough semi-finished products from wheat flour on the intensification of the fermentation process is studied. Using the full factorial experiment, it has been established that an increase in the shelf life of yeast reduces their activity in the microwave processing. A combined effect of processing time (t) and power of microwave oscillations (N) has the maximal influence on the yeast baking strength. Microbiological studies have made it possible to establish the existence of an extremum dependence of yeast activity on the microwave processing time.

Keywords. Baking industry, wheat flour semi-finished product, intensification of dough fermentation, yeast, yeast baking strength, full factorial experiment, microwave processing.

Введение. Ранее нами отмечалось существование определённых перспектив использования энергии высокочастотных колебаний для повышения эффективности технологий производства хлебобулочных (ХБИ) и мучных кондитерских изделий [1]. В последующем было установлено, что обработка теста микроволновыми колебаниями сверхвысоких частот (МКСВЧ) может приводить к интенсификации или ингибированию процесса брожения тестового полуфабриката [2-3]. Это свидетельствует о необходимости тщательного исследования факторов, определяющих скорость протекания биохимических процессов в тестовом полуфабрикате с последующей оптимизацией параметров технологического воздействия на него МКСВЧ.

В работе [4] представлены результаты исследований влияния высокочастотных колебаний частотой 905 МГц (RF/MW, радиочастотный диапазон) с удельной мощностью поглощения (SAR), равной 0,12 Вт/кг, на рост колоний дрожжевых клеток *S. Cerevisiae*. Отмечается, что время обработки (15, 30 и 60 мин) оказывает заметное влияние на рост дрожжевых клеток. Импульсное излучение на низком уровне SAR может вызвать повреждение ДНК в клетках *S. Cerevisiae*. Итогом исследований является установление того, что импульсное радиочастотное излучение с низким уровнем SAR может влиять на скорость роста колоний различных штаммов *S. Cerevisiae*.

Настоящая работа посвящена исследованию влияния МКСВЧ на активность (подъёмную силу дрожжей).

Методика исследований. Проведение исследований осуществляли в соответствии с полным факторным экспериментом 2^2 и использованием в качестве факторов мощности МКСВЧ и времени обработки (таблица 1).

Таблица 1

Основные факторы, использованные при планировании эксперимента

Название фактора	Нижний предел измерения фактора	Верхний предел измерения фактора
Мощность МКСВЧ, Вт	100	180
Время обработки, с	2	4

Анализ полученных результатов проводился с использованием пакета STATGRAPHICS.

Использованная в исследованиях пшеничная мука соответствовала СТБ 1666-2006 Мука пшеничная. Технические условия и ГОСТ 26574-2017

В экспериментах использовали также дрожжи хлебопекарные «Экспресс» производства ОАО «Дрожжевой комбинат» (Ошмянский дрожжевой завод) по ТУ ВУ 100104781.023-2012. В экспериментах использовали. Также использовали дрожжи по ГОСТ Р 54731-2011

Определение подъёмной силы дрожжей осуществляли ускоренным методом в соответствии с ГОСТ Р 54731-2011. Обработку шариков производили непосредственно сразу после их замеса.

Для исследования микробиологических свойств при культивировании дрожжей использовалась среда № 2 ГРМ (Сабура). Культивирование дрожжей

проводили поверхностным методом по ГОСТ 26670. Результаты оценивались методом подсчёта колоний через 120 часов после посева.

Основная часть. План проведения экспериментов и полученные значения подъёмной силы для дрожжей, срок хранения которых после производства составил 7 и 13 дней, соответственно, приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2

План и результаты эксперимента для дрожжей с 7-дневным сроком хранения

План эксперимента			Подъёмная сила, мин			
№ опыта	x_1	x_2	y_1	y_2	y_3	y_4
1	+	+	71,58	64,58	68,36	68,25
2	-	-	68,43	67,03	73,68	77,35
3	+	-	78,16	77,18	75,50	77,74
4	-	+	78,58	78,05	71,23	70,00

Таблица 3

План и результаты эксперимента для дрожжей с 13-дневным сроком хранения

План эксперимента			Подъёмная сила, мин			
№ опыта	x_1	x_2	y_1	y_2	y_3	y_4
1	+	+	82,08	82,25	87,85	84,18
2	-	-	74,20	77,00	85,40	84,11
3	+	-	66,85	64,30	77,81	70,00
4	-	+	81,45	77,70	75,18	73,85

Воспроизводимость экспериментов определяли через однородность средней дисперсии опытов с помощью G-критерия Кохрена. Табличный критерий Кохрена вычисляли для $\alpha = 0,05$ (фиксированная вероятность) и двум степеням свободы: v, k . Число степеней свободы определяли для выбранных условий проведения опытов на основе соотношений: $v = m - 1 = 3$ ($m = 4$); $k = N = 4$.

Расчёты показали, что $G_{\text{эсп}} < G_{\text{табл}}$ ($0,43 < 0,6841$ и $0,36 < 0,6841$) – дисперсии однородны и эксперимент воспроизводим, т. е. эксперимент можно повторить в идентичных условиях с получением тех же результатов.

Математические модели ПФЭ 2^2 , описывающие зависимость подъёмной силы дрожжей от мощности МКСВЧ и времени обработки и имеют вид:

$$y_7 = 72,85 - 0,19x_1 - 1,53x_2 - 2,95x_1x_2;$$

$$y_{13} = 77,76 - 0,85x_1 + 2,80x_2 + 4,37x_1x_2.$$

После определения значимости коэффициентов математических моделей получаем:

$$y_7 = 72,85 - 2,76x_1x_2;$$

$$y_{13} = 77,76 + 4,37x_1x_2.$$

Использование для анализа полученных данных пакета STATGRAPHICS позволило получить математические модели в физических переменных:

$$P_7 = 72,8525 - 0,1875 \cdot N - 1,5275 \cdot t - 2,9475 \cdot N \cdot t.$$

$$P_{13} = 77,7625 - 0,8475 \cdot N + 2,8025 \cdot t + 4,3725 \cdot N \cdot t.$$

Анализ полученных моделей показывает, что увеличение срока хранения дрожжей снижает их активность при обработке МКСВЧ. При этом наибольшее влияние на подъёмную силу дрожжей оказывает совместное действие времени обработки (t) и мощности МКСВЧ (N).

Отдельно следует отметить, что увеличение срока хранения дрожжей с 7 до 13 суток привело к изменению знака у произведения «Nt» математических моделей. То есть, для дрожжей с 7-дневным сроком хранения совместное действие времени обработки и мощности МКСВЧ уменьшает значения подъёмной силы – повышает активность дрожжей. Для дрожжей с 13-дневным сроком хранения имеет место обратный эффект – активность дрожжей уменьшается (увеличивается значение подъёмной силы), о чём свидетельствует знак «+» перед произведением «Nt».

На рисунках 1 и 2 показаны поверхности отклика для опытов с дрожжами с 7- и 13-дневными сроками их хранения после производства.

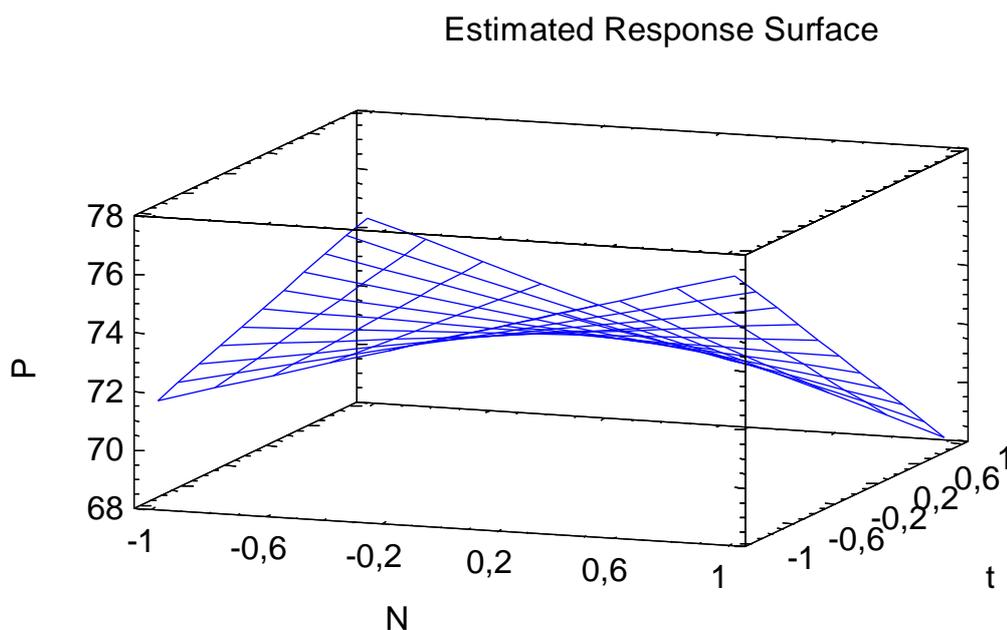


Рисунок 1. Поверхность отклика для дрожжей с 7-дневным сроком хранения

Анализ поверхностей отклика, представленных на рис. 1 и 2, позволяет сделать вывод о том, что для дрожжей с 7-дневным сроком хранения в исследованном диапазоне значений мощности и времени воздействия оптимальной является обработка образцов МКСВЧ мощностью 180 Вт в течение 4 с.

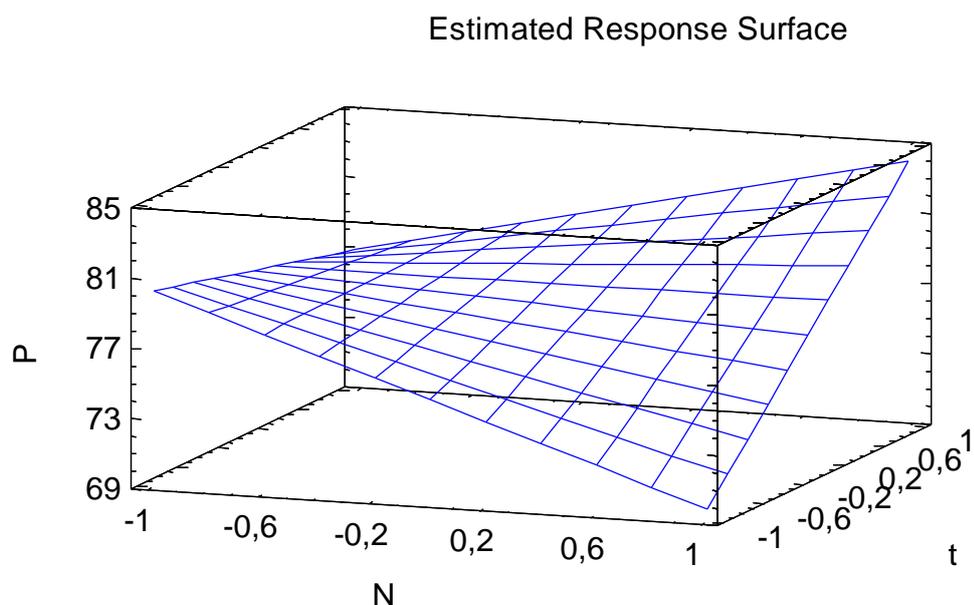


Рисунок 2. Поверхность отклика для дрожжей с 13-дневным сроком хранения

Для выявления сущности эффекта изменения знака в модели у произведения «Nt» при увеличении срока хранения дрожжей с 7 до 13 суток нужны дополнительные исследования. Объяснить это потерей дрожжами своих свойств при хранении не представляется возможным, так как нормативный срок их хранения составляет 24 дня.

В таблице 4 представлены результаты микробиологических исследований тестовых полуфабрикатов из пшеничной муки: контрольных и обработанных МКСВЧ.

Таблица 4

Результаты микробиологических исследований тестовых полуфабрикатов

Наименование образца	Количество разведений						КОЕ/г
	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴	10 ⁵	10 ⁶	
Тесто контроль	более 300 газон	более 300 газон	более 300 газон	200	34	6	38*10 ⁶
Тесто (обработанное МКСВЧ, 10 с)	более 300 газон	более 300 газон	более 300 газон	274	53	31	130*10 ⁶
Тесто (обработанное МКСВЧ, 30 с)	более 300 газон	более 300 газон	более 300 газон	250	15	2	20*10 ⁶

Установлено, что частота микроволн 2450 МГц влияет на рост *Saccharomyces cerevisiae*. При воздействии МКСВЧ с мощностью магнетрона микроволновой установки 170 Вт в течение 10 секунд, наблюдается существенное увеличение дрожжевых клеток, что составляет 342 % относительно кон-

трольных значений. Однако, при более длительном воздействии (30 с), можно заметить спад активности дрожжевых клеток до 52 % по сравнению с контролем, что свидетельствует об очевидном ингибирующем эффекте. Полученные результаты микробиологических исследований подтвердили высказанное нами ранее предположение [2, 3] о существовании некоторых оптимальных значений мощности МКСВЧ и времени технологической обработки тестовых полуфабрикатов из пшеничной муки для повышения интенсивности броидильного процесса.

Совершенно очевидно, что для нахождения области оптимума целесообразно использовать планирование эксперимента как минимум второго порядка. Также необходимы дополнительные исследования для установления механизма изменения знака у произведения Nt в уравнениях полученных математических моделей, представляющих значения подъёмной силы от мощности магнетрона микроволновой установки и времени технологической обработки.

Выводы.

1. Использование полного факторного эксперимента 2^2 позволило получить математические модели, представляющие зависимость подъёмной силы дрожжей от мощности микроволновых колебаний сверхвысоких частот (МКСВЧ) и времени обработки образцов для дрожжей с 7- и 13-дневным сроком хранения со дня их производства.

2. Показано, что в исследованном диапазоне изменения параметров оптимальной обработкой тестовых полуфабрикатов МКСВЧ для дрожжей с 7-дневным сроком хранения является мощность 180 Вт и время 4 с.

3. Увеличение срока хранения дрожжей с 7 до 13 суток привело к изменению знака у произведения « Nt » математических моделей. То есть установлено, что для дрожжей с 7-дневным сроком хранения совместное действие времени обработки и мощности МКСВЧ повышает активность дрожжей. Для дрожжей с 13-дневным сроком хранения имеет место обратный эффект – активность дрожжей уменьшается.

4. Микробиологические исследования показали, что в зависимости от значений использованных значений мощности магнетрона и времени технологической обработки тестовых полуфабрикатов может иметь место, как катализ, так и ингибирование броидильного процесса.

Литература

1. Потеха В.Л., Невская Е.В., Шепшелев А.А. Перспективы использования СВЧ-технологий при производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий // Инновационные технологии в пищевой промышленности : материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 5-6 октября 2017 г. Науч.-практ. центр Нац. академии наук Беларуси по продовольствию ; редкол.: З. В. Ловкис [и др.]. Минск, 2017. С. 194-197.
2. Потеха В.Л., Велямов М.Т., Невская Е.В., Шведко А.А., Потеха А.В., Веренич М.И. Применение микроволновых колебаний сверхвысоких частот для повышения эффективности технологического процесса производства

- хлебобулочных изделий // Веснік Гродзенскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя Янкі Купалы. Серія 6. Техніка. 2018. № 1. С. 83-93.
3. Потеха В.Л., Велямов М.Т., Невская Е.В., Шведко А.А., Потеха А.В. Повышение эффективности технологического процесса производства хлебо-булочных изделий применением микроволновых колебаний сверхвысоких частот // Инновации в пищевой биотехнологии: сборник трудов Международного симпозиума, Кемерово, 14-16 мая 2018 г. ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». Кемерово, 2018. С. 340-348.
 4. Vrhovac I., Hrascan R., Franekic J. Effect of 905 MHz microwave radiation on colony growth of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* strains FF18733, FF1481 and D7 // Radiol. Oncol. 2010. V. 44. № 2. P. 131-134.