

УДК 664.717.001.5

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ВОДОТЕПЛООВОГО ОБРОБЛЕННЯ ЗЕРНА СПЕЛЬТИ НА ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБЛЕННЯ БОРОШНА

В. В. Любич, В. В. Новіков*e-mail: 1990vovanovikov1990@gmail.com*Уманський національний університет садівництва
вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаська обл., 20305, Україна

Нині зерно пшениці спельти характеризується зростаючим попитом, що зумовлено його високими господарськими властивостями. Популярним продуктом перероблення зерна пшениці спельти в Україні є борошно. Важливим показником конкурентоспроможності сучасного борошномельного заводу є ефективне використання сировини. Не вивчені повною мірою технологічні та борошномельні властивості зерна пшениці спельти зумовлюють актуальність проведених досліджень, результати яких наведені у статті. Мета наукового дослідження – наукове обґрунтування оптимальних параметрів водотеплового оброблення зерна пшениці спельти під час вироблення борошна на підприємствах низької продуктивності. Методи досліджень, що наведені у статті, відносяться до загальноприйнятих та були чинні на момент їх проведення. Апроксимацію отриманих даних здійснено за допомогою методів статистичного аналізу та моделювання. Найбільший вплив на коефіцієнт використання ендосперму та комплексний критерій ефективності зумовлює вологість зерна, тоді як тривалість відволожування впливає найменше. Оптимальні параметри водотеплового оброблення – вологість зерна 15,0–15,5% та тривалість відволожування до 5–10 год. Зменшення тривалості відволожування до 5 год. рекомендовано на підприємствах низької продуктивності, оскільки відповідні втрати під час виробництва борошна компенсуються зниженням трудомісткості процесу. Перспективним напрямком подальших досліджень є вивчення впливу параметрів розвинутого борошномельного процесу на зерно пшениці спельти. Результати відповідних досліджень зумовляють можливість інтеграції нової сировини на діючі борошномельні заводи високої продуктивності.

Ключові слова: спельта, борошно, водотеплове оброблення.

Постановка проблеми

Спельта – невимогливий, зимостійкий вид пшениці, який відомий ще з давніх часів. Вона була поширена в Європі і Азії, згадується в трактатах стародавнього Риму і середньовікових монахів. Людство тисячоліттями харчувалося цим злаком, і нині залишаються невідомі причини, за яких він був забутий на багато років [1].

Забезпечення потреби споживачів у екологічно чистих хлібобулочних продуктах високої біологічної цінності та якості є актуальним завданням сучасного виробництва. Одним із способів його вирішення є розширення асортименту готових продуктів за рахунок нової сировини, зокрема зерна пшениці спельти. Проте оптимальні режими перероблення зерна пшениці спельти на борошно не розроблені, що зумовлює доцільність проведених досліджень, результати яких наведені у статті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Промисловість з переробки та зберігання зерна є однією з найважливіших галузей харчової промисловості. Ефективні методи зберігання та перероблення зерна збільшують

кількість готового продукту та підвищують його якість. Прикладні дослідження необхідні для адаптації наявних технологій до конкретних потреб конкретних областей та розроблення оптимізованих технологій, які підходять для місцевих умов виробництва.

Найбільшу популярність серед зернових продуктів мають хлібобулочні вироби, основним інгредієнтом яких є борошно. Одним із способів покращення хлібобулочних виробів є використання нової, екологічно чистої сировини, що переважає за якістю традиційну, зокрема зерна пшениці спельти.

Ці пшениці були найдавнішими одомашненими пшеницями людства та є предками нинішніх пшениць. Їх вирощування різко знизилося в 1960-х рр.; Однак, зростаючий попит на здорову та збалансовану дієту сприяв повторному застосуванню цих зернових [2].

Зерно пшениці спельти має підвищений вміст білка, що за якістю переважає традиційні пшениці. Відомо, що білки клейковини хлібних злаків беруть участь у розвитку целіакії (хвороба, що зумовлена алергічною реакцією на глютен). Альфа-гліadini є найбільш імуногенним класом глютенів, оскільки

вони містять чотири основні стимулюючі Т-клітинні епітопи, які впливають на пацієнтів з целиацією. Проте сучасні наукові дослідження доводять безпечність нових сортів пшениці спельти для хворих на целиацію [3].

Якість зерна на борошномельних заводах є досить нестабільною. За останні роки хімічний склад пшениці за вмістом білка знизився від 15 до 10–11 %, що спричинило зниження кількості і якості клейковини, а також, зміну якості хлібобулочних виробів [4, 5].

Суть традиційного виробництва борошна полягає у звільненні борошнистого ендосперму від захисних шарів, які мають істотні зв'язки між собою. Саме це ускладнює технологічний процес. Підвищення ефективності добування борошна відбувається унаслідок використання водотеплового оброблення, що зумовлює зміни технологічних властивостей зерна та фіксує їх на оптимальному рівні. Відомо, що за допомогою водотеплового оброблення можна зменшити енерговитрати та покращити техніко-економічні показники виробництва. Проте відповідні закономірності добре вивчені для зерна традиційних пшениць [6, 7]. Різний хімічний склад та відмінності анатомічної будови зерна пшениці спельти та пшениць, що використовують у борошномельній промисловості, зумовлює сумніви, що дія води і тепла на них буде аналогічною [8]. Тому актуальним є дослідження дії різних режимів виробництва борошна на зерно пшениці спельти. Контроль виробництва та оптимізацію доцільно проводити за комплексними показниками ефективності борошномельного виробництва.

Мета, завдання та методика досліджень

Мета дослідження – визначити вплив параметрів водотеплового оброблення зерна пшениці спельти на ефективність вироблення борошна.

Для вирішення поставленої мети були поставлені такі завдання: провести аналітичний огляд джерел літератури, провести науковий експеримент, зробити статистичний аналіз отриманих даних, зробити математичні моделі, встановити оптимальні параметри водотеплового оброблення.

Дослідження проводилися в умовах лабораторії кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського НУС. Виробництво

борошна здійснювали на борошномельному комплексі МВР-000342.90.

Зволоження проводили крапельним зрошуванням. Необхідну кількість води визначали за формулою 1

$$X = \frac{G(W_1 - W_2)}{100 - W_1}, \quad (1)$$

де G – маса зерна, кг;

W_1 і W_2 – відповідно задана та початкова вологість, %.

Тривалість відволоження визначали електронним секундоміром із точністю до 20 ± 5 с.

Кроки та рівні досліджень наведено у табл. 1.

Таблиця 1. Рівні та кроки варіювань

Фактор Рівень	Вологість (W), %	Тривалість відволоження (T_w), год.
Верхній	17,0	30
Нульовий	15,0	15
Нижній	13,0	0

Критеріями оптимізації були коефіцієнт використання ендосперму (Coef. U) та комплексний критерій ефективності виробництва (Complex U). Коефіцієнт використання ендосперму (Coef. U) визначали за формулою

$$CoefU = \frac{U}{E}, \text{ де } U - \text{вихід борошна, \%}; E - \text{вміст ендосперму в зерні, \%}.$$

Комплексний критерій ефективності виробництва борошна (Complex U)

$$- \text{ComplexU} = U \times \frac{Z_0 - Z_1}{Z_0}, \text{ де } Z_0 - \text{вміст золи в зерні, \%}; Z_1 - \text{вміст золи в борошні, \%}.$$

Дослідження були проведені у трьох повторностях, які були рандомізовані у часі. Оброблення даних здійснювали за допомогою програм Microsoft Office та Statistica 10. Повторності кожного експерименту обробляли описовою статистикою для визначення коефіцієнта варіації. У випадку слабого варіювання даних вибірок кожного експерименту визначали їх середнє значення, що було використано для математичного моделювання. Масиви даних, отримані із середніх значень, перевіряли на правильність розподілення. Правильно розподілені дані були оброблені методами базової статистики, а неправильно розподілені – непараметричної. Під час

статистичного оброблення були використані кореляційний та регресійний аналізи. Отримані функціональні залежності перевіряли на відсутність автокореляції методом статистики Дарбіна-Уотсона.

Результати досліджень

Результати досліджень були розподілені нерівномірно, а тому пріоритетним було використання непараметричної статистики (рис. 1).

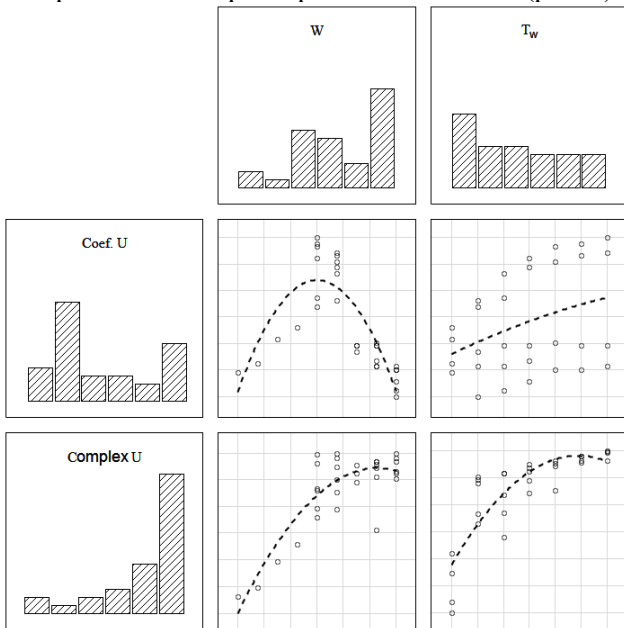


Рис. 1. Залежність між параметрами водотеплового оброблення та основними показниками ефективності борошномельного виробництва

Було зроблено припущення, що між коефіцієнтом використання ендосперму (Coef. U) та тривалістю відволожування існував пряmolінійний зв'язок, тоді як тенденція його

зміни залежно від вологості була криволінійною. Також криволінійні залежності спостерігалися між параметрами водотеплового оброблення та комплексним критерієм ефективності (Complex U). Тому, апроксимацію здійснювали із використанням поліномів другого і третього порядків.

Зволожування та тривалість відволожування зерна пшениці спелти впливало на вихід борошна. Так, за 13,0–14,5-відсоткової вологості зерна вихід борошна становив 82,0–83,3 %. Зволожування зерна до вологості 15,0 % підвищувало його до 83,9 % за 5-годинного відволожування, проте найвищим він був за 10–15-годинного відволожування – 84,2–85,3 %. Подібну тенденцію встановлено за зволожування зерна до 15,5 %. Зволожування зерна пшениці спелти до 16,0–17,0-відсоткової вологості знижувало вихід борошна до 81,3–83,0 %. Очевидно, що оптимальним є зволожування зерна до 15,0–15,5-відсоткової вологості з відволожуванням упродовж 5–10 год.

У результаті регресійного аналізу були визначені статистично достовірні коефіцієнти регресії та сформовано математичні моделі:

$$\text{Coef. U} = 41,22451 + 0,75545X_1^2 + 0,00874X_2^2 - 0,03397X_1^3 - 0,00022X_2^3 \quad (2)$$

$$\text{Complex U} = -67,3908 + 1,3336X_1^2 + 0,0059X_2^2 - 0,0539X_1^3 \quad (3)$$

де X_1 – вологість, %;

X_2 – тривалість відволожування, год.

Графічне зображення функцій 2 і 3 наведено на рис. 2.

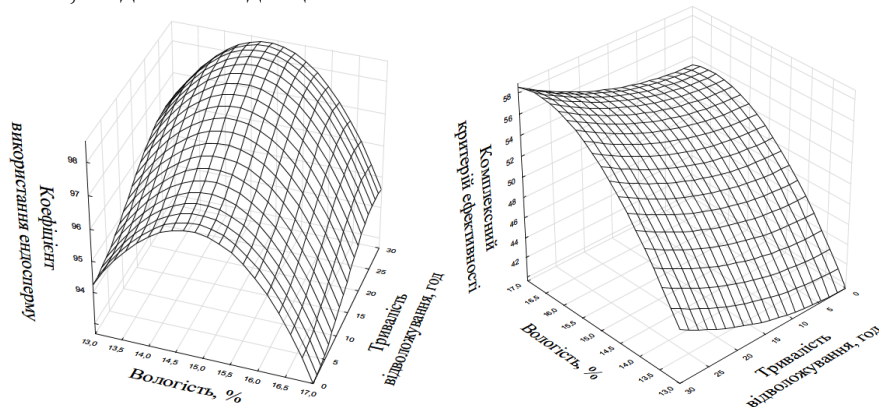


Рис. 2. Залежність між параметрами водотеплового оброблення та показниками ефективності борошномельного виробництва

Доведено, що найбільший вплив на показники ефективності вироблення борошна зумовлювала вологість зерна. Так, підвищення вологості з 13,0 % до 15,0 % збільшувало коефіцієнт використання ендосперму з 94,5 % до 99,0, або більше на 4,5 пункти. Високий коефіцієнт використання ендосперму був за 15,5 відсоткової вологості зерна пшениці спельти. Подальше підвищення вологості до 16,0–17,0 % негативно впливало на цей критерій, оскільки знижувався до 93,7–95,6 % порівняно з 15,0 відсотковою вологістю. У всіх досліджуваних зразків збільшення тривалості відволожування за вологості зерна 15,0–15,5 % підвищувало показник коефіцієнта використання ендосперму.

Використання водотеплового оброблення істотно впливало на комплексний критерій ефективності борошномельного виробництва. Зволожування зерна та його відволожування сприяло підвищенню комплексного критерію на 22–40 % порівняно з 13-відсотковою вологістю (40,8 %). Найбільше його значення було зафіксовано за найдовшої тривалості відволожування – 57,0–57,2 %. Найменшим він був за вологості зерна перед помелом 13,0–14,5 % – 40,8–46,8 %.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Використання водотеплового оброблення зумовлює покращення процесу вироблення борошна із зерна пшениці спельти. Це зумовлює можливість перероблення пшениці спельти за класичною технологією. За показниками ефективності борошномельного виробництва на підприємствах низької продуктивності оптимальним є зволожування зерна пшениці спельти до 15,0–15,5 % з наступним його відволожуванням упродовж 10–15 год. Доцільним є додаткове вивчення впливу параметрів здрибнювання та водотеплового оброблення розвинутого борошномельного процесу на зерно пшениці спельти.

Література

1. Горн Е. Лучше чем пшеница, но ... / Е. Горн // Фермерське господарство. – 2008. – № 4. – С. 21–22.
2. Господаренко Г. М. Якість крупи із зерна пшениці спельти та її зв'язок з умістом білка / Г. М. Господаренко, В. В. Любич,

І. О. Полянецька // Вісник ДДАЕУ. – 2015. – № 2. – С. 11–15.

3. Подпратов Г. І. придатність зерна пшениці спельти озимої для хлібопекарських та кормових цілей / Г. І. Подпратов, Н. О. Ящук // Новітні агротехнології. – 2013. – № 1. – С. 71–78.

4. Angioloni A. 1. Nutritional and functional added value of oat, Kamut, spelt, rye and buckwheat versus common wheat in breadmaking / A. 1. Angioloni, C. J. Collar // Sci Food Agric. – 2011. – V. 91. – P. 1283–1292.

5. Dubois B. Molecular diversity of alpha-gliadin expressed genes in genetically contrasted spelt (*Triticum aestivum ssp. spelta*) accessions and comparison with bread wheat (*T. aestivum ssp. aestivum*) and related diploid *Triticum* and *Aegilops* species. / B. Dubois, P. Bertin, D. Mingeot // Mol Breed. – 2016. – № 36. – P. 152–157.

6. Occupational allergy to *Triticum spelta* flour [Електронний ресурс] / G. Mencia, D. El-Qutob, F. Pineda, M. Castillo // Allergol Int. – 2017. – Режим доступу:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28764943>.

7. Spelt (*Triticum aestivum ssp. spelta*) as a source of breadmaking flours and bran naturally enriched in oleic acid and minerals but not phytic acid / N. L. Ruibal-Mendieta, D. L. Delacroix, E. Mignolet [et al.] // J Agric Food Chem. – 2005. – № 6. – P. 2751–2759.

8. Effect of spelt wheat flour and kernel on bread composition and nutritional characteristics / V. Skrabanja, B. Kovac, T. Golob [et al.] // J Agric Food Chem. – 2001. – № 49. – P. 497–500.

INFLUENCE OF WATER-TREATMENT PARAMETERS ON INDICATORS OF FLOUR PRODUCTION WITH THE USE OF GRAIN SPELT

V. Lyubich, V. Novikov

e-mail: 1990vovanovikov1990@gmail.com

Uman National University of Horticulture

1 Institutaska st., Uman, Cherkassy region, 20305, Ukraine

Currently, the spelt grain can be characterized by growing demand due to its high economic properties. Flour is a popular product of grain processing in Ukraine. An important indicator of the competitiveness of a modern flour mill is the efficient use of raw materials. It is not fully studied the technological and flour-mill properties of grain of the spelt determine the relevance of the research, the results of which are given in the article.

The purpose of the scientific research is the scientific substantiation of the optimal parameters of water-heat treatment of wheat grain during the flour production in the low-productivity factories. The research methods presented in this article refer to generally accepted and valid at the time of their conduct. Approximation of the obtained data was carried out using methods of statistical analysis and mathematic modeling.

The greatest influence on the endosperm usage coefficient and the complex efficiency criterion determines the moisture content of the grain, but the duration of the irrigation has the least effect. The optimal parameters of the water-heat treatment are grain moisture 15,0–15,5 % and the duration of evaporation up to 5–10 hours. Reducing the duration of wetting up to 5 hours is recommended in the low productivity enterprises, as the corresponding losses during the production of flour are offset by a reduction in the complexity of the process. A promising direction of further research is the study of the influence of parameters of the developed flour-milling process on wheat grain spelted. The results of the relevant studies will make it possible to integrate new raw materials into existing high-productivity flour mills.

Keywords: spelt, flour, water treatment.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВОДОТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА СПЕЛЬТЫ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МУКОМОЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В. В. Любич, В. В. Новиков

e-mail: 1990vovanovikov1990@gmail.com

Уманский национальный
университет садоводства

ул. Институтская, 1, г. Умань, Черкасская обл.,
20305, Украина

Сейчас зерно спельты характеризуется растущим спросом, что обусловлено его высокими показателями качества. Мука – один из популярных продуктов что можно получить при переработке спельты. Важным

показателем конкурентоспособности современного мукомольного завода является эффективное использование сырья. Сейчас не изучены в полной мере технологические и мукомольные свойства зерна пшеницы спельты, что обуславливает актуальность проведенных исследований, результаты которых приведены в статье.

Цель научного исследования – обоснование оптимальных параметров водотепловой обработки зерна спельты при выработке муки на предприятиях низкой производительности. Методы исследований, приведенные в статье относятся к общепринятым и действовали на момент их проведения. Аппроксимацию полученных данных осуществлено с помощью методов статистического анализа и моделирования.

Наибольшее влияние на коэффициент использования эндосперма и комплексный критерий эффективности предопределяет влажность зерна, тогда как продолжительность его отлежки влияет существенно меньше. Оптимальные параметры водотепловой обработки – влажность зерна 15,0–15,5 % и продолжительность его отлежки до 5–10 ч. Уменьшение продолжительности отлежки зерна до 5 ч рекомендуется на предприятиях низкой производительности, поскольку соответствующие потери при производстве муки компенсируются снижением трудоемкости процесса. Перспективным направлением дальнейших исследований является изучение параметров развитого процесса производства муки при использовании зерна спельты. Результаты соответствующих исследований обуславливают возможность интеграции нового сырья на действующие мукомольные заводы высокой производительности.

Ключевые слова: спельта, мука, водотепловая обработка.