

# ПІСЛЯЗБИРАЛЬНА ДОРОБКА, ЗБЕРІГАННЯ ТА ПЕРЕРОБКА ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА

УДК 631.16:664.71-11:633.111

## ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ ВИХОДУ БОРОШНА ІЗ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ СПЕЛЬТИ ЗАЛЕЖНО ВІД ВОДОТЕПЛООВОГО ОБРОБЛЕННЯ

**Г. М. ГОСПОДАРЕНКО**, доктор сільськогосподарських наук,  
професор кафедри агрохімії і ґрунтознавства

**В. В. ЛЮБИЧ**, кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент кафедри технології зберігання і переробки зерна

**В. В. НОВІКОВ**, кандидат технічних наук,  
викладач кафедри технології зберігання і переробки зерна  
Уманський національний університет садівництва

*E-mail:* 1990vovanovikov1990@gmail.com

**Анотація.** Зерно спельти характеризується підвищеними показниками якості та може бути перспективною сировиною для продуктів дієтичного харчування. Незважаючи на зростаючу популярність зерна спельти на території України та за кордоном, технології її перероблення вивчені не повною мірою та вимагають оптимізації. Мета статті – обґрунтувати і встановити оптимальні режими перероблення зерна спельти на борошно. Під час дослідження був проведений повний факторний експеримент. Результати досліджень перевірені на адекватність, статистичну значимість та достовірність. Вплив факторів на вихід борошна визначено за використання регресійного аналізу.

Встановлено, що використання водотеплового оброблення покращує технічні показники борошномельного виробництва. Найбільший вплив на вихід борошна має градієнт зволоження. Оптимальним режимом для борошномельних заводів низької продуктивності із використанням скороченого технологічного процесу є зволоження зерна до вологості  $15,0 \pm 0,2$  % з подальшим його відволожуванням упродовж 2-5 год. У випадку перероблення зерна спельти на великих борошномельних заводах рекомендовано збільшувати тривалість відволожування до 20-30 год, що зумовлює збільшення виходу борошна на 1-3 %.

Доцільним є подальше вивчення впливу параметрів водотеплового оброблення на якість отриманих продуктів та економічну ефективність виробництва. Перспективним є дослідження процесу вироблення борошна із зерна спельти на заводах із розвиненим технологічним процесом.

**Ключові слова:** зерно спельти, борошно, технологічний режим, водотеплове оброблення

**Актуальність.** Нині зерно спельти набуває популярності та є цінною сировиною для борошномельних і круп'яних заводів. В умовах реорганізації економіки України та її Європейського вектору розвитку, першочерговим завданням провідних вітчизняних фахівців є адаптація сировини і продуктів її перероблення до вимог західного ринку. Це зумовить збільшення збуту готових продуктів і залучення додаткових інвестицій у економіку України. Перспективною галуззю європейського ринку є борошномельне виробництво, що підтверджується інтенсифікацією наукових досліджень у цій сфері [1, с. 347-357]. Оскільки валовий збір зерна спельти в Україні істотно поступається м'яким пшеницям, нині економічно ефективно її перероблення на заводах низької продуктивності із скороченим технологічним процесом.

Технологічні властивості зерна спельти та традиційних пшениць, що використовуються в галузі, відрізняються. Це зумовлює актуальність додаткового вивчення процесів перероблення зерна спельти на борошно та їх оптимізації.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Стародавні пшениці були найбільш ранніми одомашненими пшеницями людства та є попередниками нинішніх пшениць. Їх вирощування різко зменшилось в 1960 роках. Однак, у наслідок зростаючого попиту на продукти підвищеної харчової цінності та здорового харчування, зерно спельти повертається у виробництво [2]. Спельта традиційно використовується в якості батька-донора для підвищення стійкості та якості в селекції пшениці [3, с. 497-504].

Крім цього, спельта має особливості, що вигідно відрізняються від характеристик традиційних пшениць. Зокрема, вона може бути цінним ресурсом у розвитку безпечних сортів пшениці для пацієнтів, які хворіють на целіакію [4, с. 152].

Продукти із зерна спельти можуть бути складниками дієти із обмеженням протеїном (Protein-restricted), що покращує показники метаболічного здоров'я людини [5, с. 520-530].

**Мета дослідження** – обґрунтувати та встановити оптимальні режими перероблення зерна спельти на борошно.

**Матеріали та методи досліджень.** Об'єктом досліджень було зерно спельти сорту Зоря України. Дослідження проводились в умовах лабораторії кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського НУС. Виробництво борошна здійснювали на борошномельному комплексі МВР-000342.90 (рис. 1). Принцип роботи полягає в тому, що зерно після водотеплового оброблення (ВТО) завантажують у приймальний бункер 2. Через заслінку подачі 3 зерно спрямовують на вальцьовий верстат 4. Після подрібнення отриманий продукт сепарують на ситовому сепараторі 5 барабанного типу. Схід сепаратора, за необхідності, спрямовують на повторне оброблення через пневмотранспортну систему 1.

Початкова вологість сировини складала  $13,0 \pm 0,2$  %. Зволоження до заданої вологості 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, %.

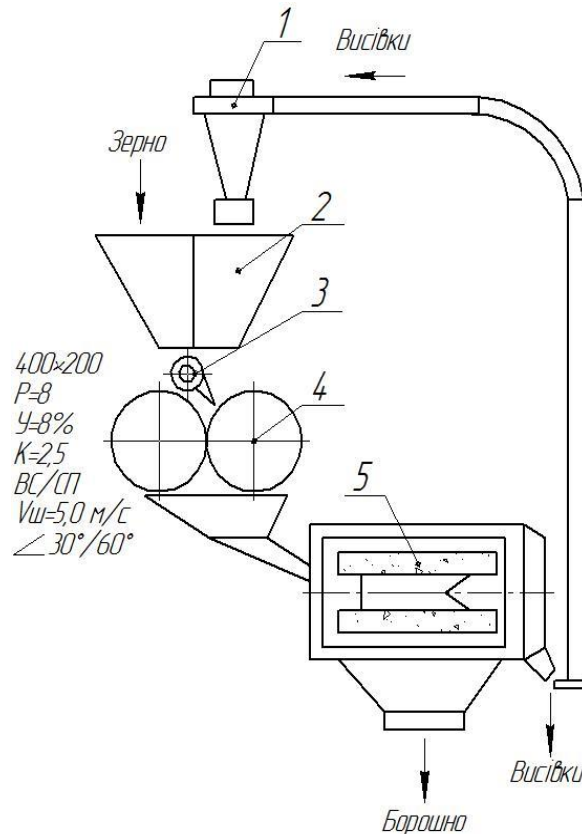


Рис. 1. Технологічна схема МВР-000342.90

Рівні та кроки варіювань наведено в табл. 1.

### 1. Рівні та кроки варіювань

Рівень \ Фактор	Вологість, %	Тривалість відволоження, год.
Верхній	17	30
Нульовий	15	15
Нижній	13	0
Розмірність	%	год

Тривалість відволоження визначали електронним секундоміром із точністю до  $20 \pm 5$  с.

Статистичне оброблення даних здійснювали за допомогою програм Microsoft Word, Excel і Statistica 10.

Дослідження проводили у трьох повторностях, що були рандомізовані в часі. Коефіцієнт варіації даних становив від 1,2 до 8,3 %, що відповідало незначному варіюванню та зумовлювало можливість використання їх середніх значень. Оптимізація процесу вироблення борошна здійснювали за допомогою кореляційно-регресійного аналізу.

Математичні моделі у загальному вигляді представляли так:

$$V, N, K = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2, \quad (2)$$

де  $V, N, K$  – відповідно вихід борошна, технологічний показник і коефіцієнт використання ендосперму;

$b_0, b_1, b_2$  – коефіцієнти регресії;

$X_1, X_2$  – відповідно вологість і тривалість відволожування.

Залежність та силу впливу факторів визначали бета та парціальними коефіцієнтами кореляції.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Описовою статистикою було встановлено, що водотеплове оброблення статистично достовірно зумовлювало вплив як на загальний вихід борошна, так і на показники його виходу після першої та другої системи (табл. 2). Середнє арифметичні (5,75 %, 31,62 і 83,38 %) та медіанні (51,35 %, 31,80 і 82,9 %) значення були подібними у всіх випадках, що пояснювалось можливістю правильного розподілення даних. Водотеплове оброблення зумовлювало найбільший вплив на вихід після першої розмелювальної системи, оскільки різниця між мінімальним і максимальним значенням була найвищою – 8,5 %. Проте найменше водотеплове оброблення впливало на вихід борошна після другої розмелювальної системи.

Більш наглядно залежність між параметрами ВТО та виходом борошна можна описати за допомогою коміркових діаграм (рис. 2 і 3).

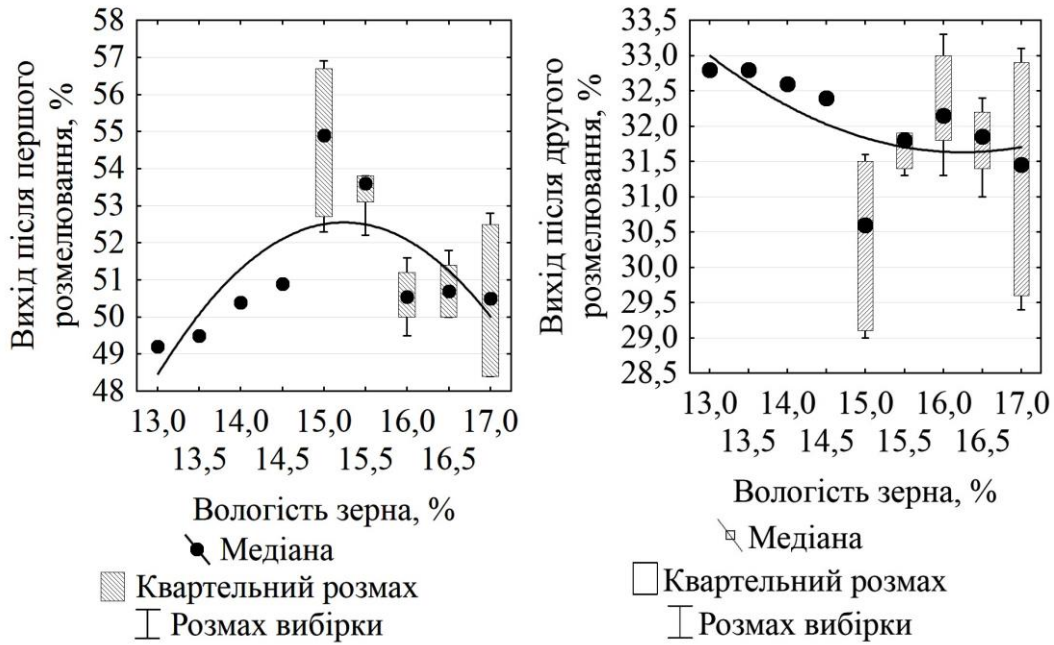
## 2. Вплив водотеплового оброблення на вихід борошна

Технологічний показник	Середнє арифметичне	Медіана	Мін.	Макс.	Розмах	Стандартна похибка
Вихід після першого розмелювання, %	51,75	51,35	48,4	56,9	8,5	2,1
Вихід після другого розмелювання, %	31,62	31,80	29,0	33,3	4,3	1,1
Загальний вихід борошна, %	83,38	82,90	81,3	85,9	4,6	1,3

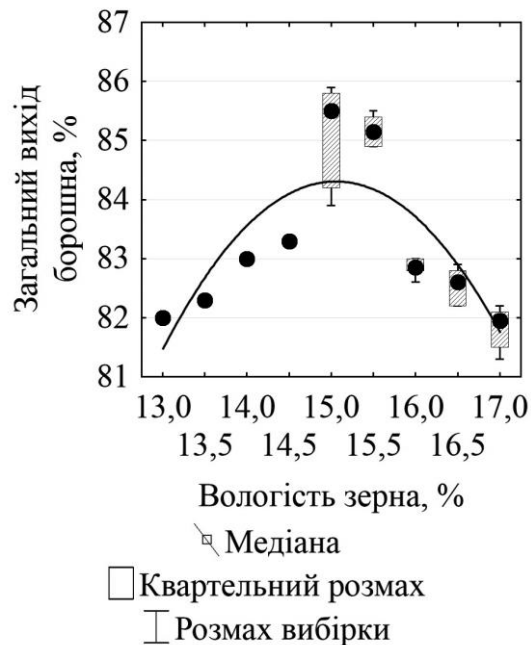
Встановлено, що збільшення вологості та тривалості відволожування знижувало середньостатистичний вихід борошна після другої розмелювальної системи. Тенденції зміни загального виходу борошна та його виходу після першої розмелювальної системи були аналогічними. Збільшення вологості до 15,0 % зумовлювало підвищення виходу борошна, проте, за вологості 16,0 % і вище вихід борошна знижувався. Такі закономірності пояснюються тим, що проведення водотеплового оброблення сприяло зменшенню сил взаємодії крохмальних гранул борошнистого ендосперму.

Очевидно, що за підвищення вологості до 15,0 % утворювалась найменша кількість проміжних продуктів (крупок і дунстів), а вилучення борошна на першій системі було найбільшим. Підвищення вологості до

16,0-17,0 % зумовлювало збільшення кількості проміжних продуктів, що дали приріст виходу борошна на другій системі. Дослідження показують, що процес крупоутворення на підприємствах малої продуктивності із використання двох розмельних систем і традиційних борошномельних заводів відрізняється істотно. У результаті проведення регресійного аналізу підтверджено достовірно високий зв'язок ( $r = 0,68-0,72$ ) між виходом борошна та водотепловим обробленням (табл. 3).



**Рис. 2. Залежність між параметрами водотеплового оброблення та виходом борошна після першої і другої розмельювальної системи**



**Рис. 3. Вплив параметрів водотеплового оброблення на вихід борошна**

Сила взаємодії була істотною, оскільки коефіцієнти множинної детермінації становили 0,45-0,53, що зумовлювало доцільність наступного їх моделювання.

### 3. Результати регресійного аналізу впливу водотеплового оброблення на вихід борошна

Статистичний показник	Вихід борошна після першої системи	Вихід борошна після другої системи	Загальний вихід борошна
Коефіцієнт множинної кореляції	0,72	0,67	0,68
Коефіцієнт множинної детермінації	0,53	0,45	0,46
Довірчий рівень	0,000007	0,00007	0,00006
Стандартна похибка обчислення	1,51	0,83	1,05

Отримані математичні моделі можна зобразити так:

$$V_{1система} = 67,04787 - 1,13378X_1 + 0,16484X_2, \quad (3)$$

$$V_{2система} = 29,39616 + 0,22172X_1 - 0,08131X_2, \quad (4)$$

$$V_{1система} = 96,44403 - 0,91206X_1 + 0,08353X_2. \quad (5)$$

З імовірністю 95 % можна стверджувати, що тривалість відволожування впливала на вихід борошна, тоді як довіра впливу вологості на вихід борошна після другої системи становила 85 %.

Майже у всіх випадках залежності між параметрами оброблення та виходом борошна були високими, оскільки бета коефіцієнти за модулем були більшими 0,5 (рис. 4-6).

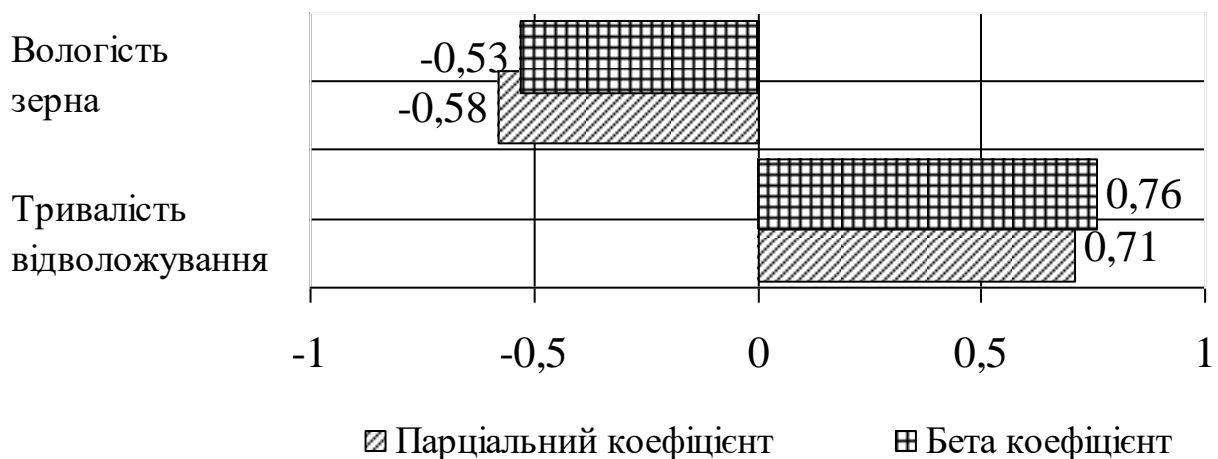
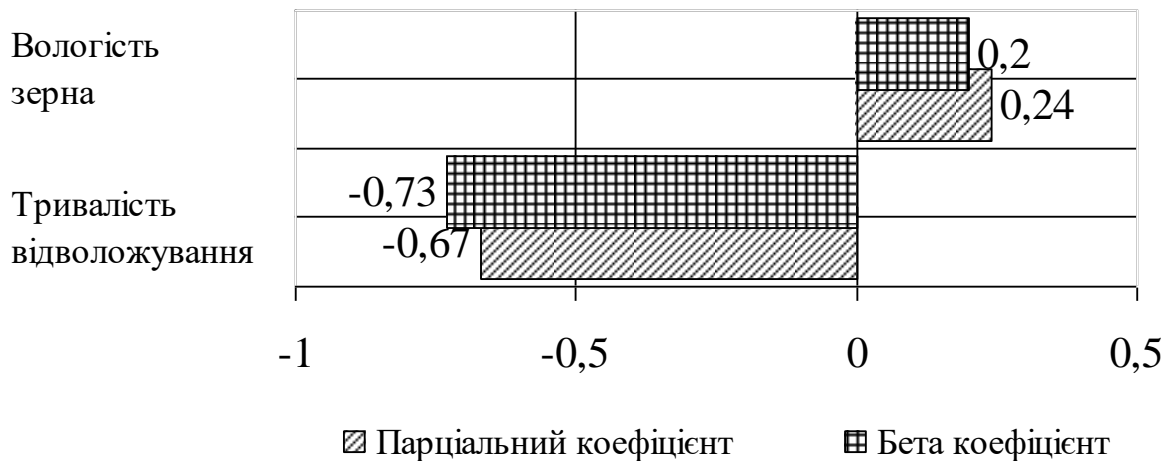
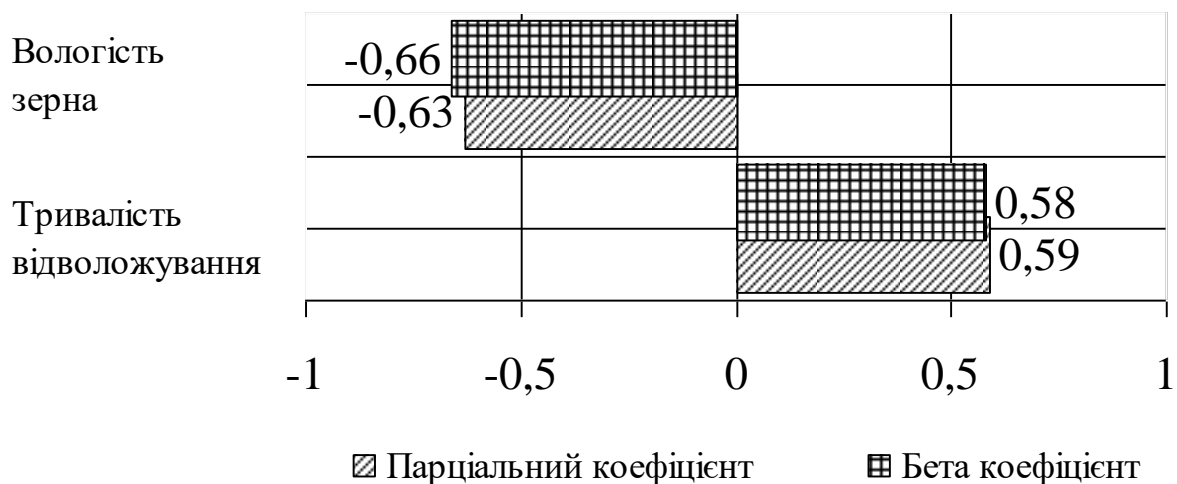


Рис. 4. Залежність виходу борошна після першої розмелювальної системи від параметрів водотеплового оброблення



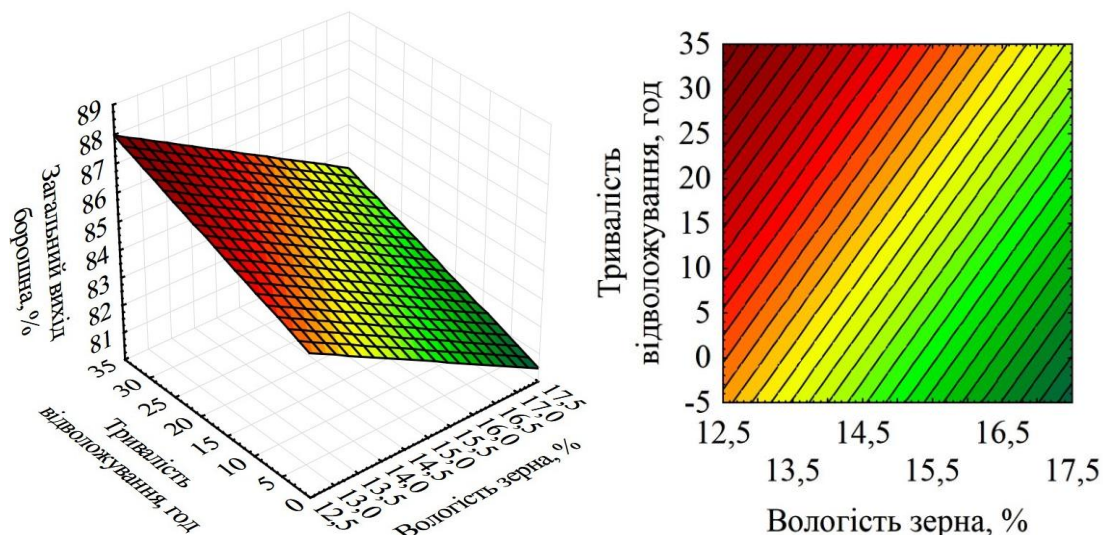
**Рис. 5. Залежність виходу борошна після другої розмелювальної системи від параметрів водотеплового оброблення**



**Рис. 6. Залежність загального виходу борошна від параметрів водотеплового оброблення**

Вологість зерна мала вищий ступінь впливу на загальний вихід борошна порівняно із тривалістю відволожування, проте, в поєднанні ці два параметри істотно впливали на процес вироблення борошна. Тому для встановлення оптимального режиму після перевірки розподілення залишків функції 5 були побудовані поверхні відклику (рис. 7). Максимальний вихід борошна можна отримали у результаті зволоження зерна спелти до вологості  $15,0 \pm 0,2$  % з наступним його відволожуванням упродовж 30-35 год.

**Висновки і перспективи.** У результаті дослідження процесу вироблення борошна із зерна спелти встановлений високий зв'язок між параметрами водотеплового оброблення та виходом продукції. Найбільший вплив на вихід борошна має градієнт зволоження зерна. Тривалість відволожування – менше, але істотно впливає на вихід борошна. Рекомендований режим виробництва борошна на млинах низької продуктивності із використанням двох розмельних систем полягає у зволоженні зерна до вологості  $15 \pm 0,2$  %. Після цього зерно потрібно відволожувати упродовж



**Рис. 7. Залежність між вологістю зерна, тривалістю його відволожування та виходом борошна**

2-5 год. Для підвищення виходу борошна на 1-3 % рекомендується збільшувати тривалість відволожування до 20-30 год. Проте економічну ефективність використання тривалого відволожування необхідно встановлювати індивідуально для кожного підприємства.

#### **Список використаних джерел**

1. Su W. H. Facilitated wavelength selection and model development for rapid determination of the purity of organic spelt (*Triticum spelta* L.) flour using spectral imaging / W. H. Su, D. W. Sun // *Talanta*. – 2016. – Vol. 155. – P. 347-357. doi: 10.1016/j.talanta.2016.04.041.
2. Righetti L. Characterization and Discrimination of Ancient Grains: A Metabolomics Approach / L. Righetti, J. Rubert, G. Galaverna, S. Folloni, R. Ranieri, M. Stranska-Zachariasova, C. Dall'Asta // *Int J Mol Sci*. – 2016. – Vol. 17. doi: 10.3390/ijms17081217.
3. Feng Y. Rich haplotypes of Viviparous-1 in *Triticum aestivum* subsp. *spelta* with different abscisic acid sensitivities / Y. Feng, R. Qu, Y. Yang // *J Sci Food Agric*. – 2017. – Vol. 97. – P. 497-504. doi: 10.1002/jsfa.7751.
4. 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. – Vol. 36. – P. 152. doi: 10.1007/s11032-016-0569-5.
5. Fontana L. Decreased Consumption of Branched-Chain Amino Acids Improves Metabolic Health / L. Fontana, N. E. Cummings, S. I. Arriola Apelo, J. C. Neuman, I. Kasza, B. A. Schmidt, D. W. Lamming // *Cell Rep*. – 2016. – Vol. 16. – P. 520-530. doi: 10.1016/j.celrep.2016.05.092

#### **References**

1. Su, W. H., & Sun D. W. (2016). Facilitated wavelength selection and model development for rapid determination of the purity of organic spelt (*Triticum spelta* L.) flour using spectral imaging. *Talanta*, 155, 347-357. doi: 10.1016/j.talanta.2016.04.041.
2. Righetti L., Rubert J., Galaverna G., Folloni S., Ranieri R., Stranska-Zachariasova M., Dall'Asta C. (2016). Characterization and Discrimination of Ancient Grains: A Metabolomics Approach. *Int J Mol Sci*, 17(8). doi: 10.3390/ijms17081217.



3. Feng Y., Qu R., Liu S., & Yang Y. (2017). Rich haplotypes of Viviparous-1 in *Triticum aestivum* subsp. *spelta* with different abscisic acid sensitivities. *J Sci Food Agric*, 97(2), 497-504. doi: 10.1002/jsfa.7751.

4. Dubois B., Bertin P., & Mingeot D. (2016). 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. *Mol Breed*, 36(11), 152. doi: 10.1007/s11032-016-0569-5.

5. Fontana L., Cummings N. E., Arriola Apelo S. I., Neuman J. C., Kasza I., Schmidt, B. A., Lamming, D. W. (2016). Decreased Consumption of Branched-Chain Amino Acids Improves Metabolic Health. *Cell Rep*, 16(2), 520-530. doi: 10.1016/j.celrep.2016.05.092.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЫХОДА МУКИ ИЗ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ СПЕЛЬТЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОДОТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ

Г. М. Господаренко, В. В. ЛЮБИЧ, В. В. Новиков

**Аннотация.** Зерно спельты характеризуется повышенными показателями качества и может быть перспективным сырьем для продуктов диетического питания. Несмотря на растущую популярность зерна спельты на территории Украины и за рубежом, технологии ее переработки требуют оптимизации. Цель статьи – обосновать и установить оптимальные режимы переработки зерна спельты в муку.

Установлено, что использование водотепловой обработки улучшает технические показатели мукомольного производства. Наибольшее влияние на выход муки имеет градиент увлажнения. Оптимальным режимом для мукомольных заводов низкой производительности с использованием сокращенного технологического процесса является увлажнение зерна до влажности  $15,0 \pm 0,2\%$  с последующим его отволаживанием в течение 2-5 ч. В случае переработки зерна спельты на больших мукомольных заводах рекомендуется увеличивать продолжительность отволаживания до 20-30 ч.

Целесообразно дальнейшее изучение влияния параметров водотепловой обработки на качество полученных продуктов и экономическую эффективность производства. Перспективным является исследование процесса выработки муки из зерна спельты на заводах с развитым технологическим процессом.

**Ключевые слова:** зерно спельты, мука, технологический режим, водотепловая обработка

## TECHNOLOGICAL EVALUATION OF EXPORTS OF POWDER FROM GRAIN WHEAT SPLETS DEPENDING FROM WATERPROOF TREATMENT

G. M. Gospodarenko, V. V. Lyubych, V. V. Novikov

**Abstract.** Currently, spelt grain is gaining popularity and is a valuable raw material for flour and cereal mills. The technological properties of spelt and traditional wheat grain used in the industry are different. This determines the relevance of the additional study of spelt grain processing for flour and its optimization. Spelt grain products can be part of a protein-restricted diet which improves the metabolic human health. The goal of the investigation is to substantiate and establish the optimal modes of spelt grain processing for flour. The descriptive statistics showed that the water and heat treatment statistically significantly influenced both the overall flour yield and parameters of its output after the first and second systems. The average arithmetic (5.75%, 31.62 and 83.38%) and median (51.35%, 31.80 and 82.9%) values were similar in all cases which were explained by the possibility of correct

data sharing. Water and heat treatment caused the greatest impact on the output after the first grinding system, since the difference between the minimum and maximum values was the highest (8.5%). However, the smallest water and heat treatment affected the flour output after the second grinding system.

As a result of the study of the process on making flour from spelt grain, there is a high correlation between parameters of water and heat treatment and the output of products. The gradient of grain humidification has the greatest influence on the flour output. The softening duration is less but significantly influences the flour output. The recommended mode of flour production on low-productivity mills using two grinding systems is to humidify grain to the moisture content of  $15 \pm 0.2\%$ . After that, grain should be softened for 2-5 hours. It is recommended to increase the softening duration up to 20-30 hours to increase the flour yield by 1-3%. However, the economic efficiency of using a long-term softening should be set individually for each enterprise.

**Keywords:** spelt grain, flour, technological regime, water-heat treatment

УДК 663.423:633.791

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ГІРКИХ РЕЧОВИН ЛУПУЛІНУ РІЗНИХ СОРТІВ ХМЕЛЮ**

**М. І. ЛЯШЕНКО, доктор технічних наук,  
старший науковий співробітник**

**Л. В. ПРОЦЕНКО, кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник**

**Р. І. РУДИК, кандидат сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник**

**Інститут сільського господарства Полісся НААН**

**А. В. БОБЕР, кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
кафедри технології зберігання, переробки та стандартизації  
продукції рослинництва ім. проф. Б.В. Лесика  
Національний університет**

**біоресурсів і природокористування України**

**Т. П. ГРИНЮК, науковий співробітник**

**А.С. ВЛАСЕНКО, науковий співробітник**

**Інститут сільського господарства Полісся НААН**

**E-mail: Bober\_1980@i.ua**

**Анотація.** Досліджено кількість та склад гірких речовин, ксанто-гумолу в лупулінових зернах, суміші пилку і лупуліну чоловічих суцвіть та в листках сортів хмелю, які суттєво різняться за цими біохімічними показниками.

---

© М. І. Ляшенко, Л. В. Проценко, Р. І. Рудик, А. В. Бобер,  
Т. П. Гринюк, А.С. Власенко, 2017