

## **Acknowledgements**

This dissertation could not have been finished without the help and support from many professors, research staff, graduate students, colleagues and my family. It is my great pleasure to acknowledge people who have given me guidance, help and encouragement.

First of all, I would like to thank my thesis advisor, dr hab. inż. Rafał Nadulski for his continued encouragement, optimism and confidence in me to make it possible to write this dissertation. His office door was always open to me whenever I needed his advice for the research or other problems.

Many thanks to the dean office of Faculty of Production Engineering for the help and support, and also to the teachers of the study courses from University of Life Sciences in Lublin and the staff of the international exchange office in University of Life Sciences in Lublin for the sustained help. I would also like to extend my thanks to all the members of staff at Faculty of Production Engineering who helped me in my supervisor's absence.

I would like to acknowledge my thanks to the dissertation reviewers for their endless, important suggestions and remarks in this research and for their time and effort in service on my doctoral committee despite their already heavy loads of responsibility.

I would like to thank my defense committee members for all of their guidance through this process; your discussion, ideas, and feedback has been absolutely invaluable.

Finally, I would like to thank the Ministry of Higher Education and Scientific Research in Iraq, the Ministry of Trade in Iraq, the Iraqi embassy in Warsaw for providing the funding which allowed me to undertake this research. I would like to extend my thanks to those who helped me during this work and were not mentioned in those few sentences.

*Zeyad 2018*

## Summary

The wheat flour processing depends essentially on the grain conditioning operation prior to the milling section. This fact has drawn a great attention to develop the flour industry and enhance the grain tempering procedure over different temperatures and grain moisture contents in diverse environments for the unlike countries in the world.

The general objective of this research was to test the mechanical properties of three tempered Polish wheat cultivars (Kandela, Mandaryna and Struna), as well as to investigate the milling performance and the end-product specifications under three levels of grain moisture content (12%, 14% and 16%), with three levels of tempering temperature (1°C, 25°C and 50°C).

The experiments were accomplished in the laboratories of the University of Life Sciences in Lublin. The kernel compression test was done by Instron 4302, used to determine the compression force and the compression work that was required to grist the wheat kernels in order to achieve the desired deformation. The roller mill and the hammer mill were used to grind the samples. The specific energy, milling time efficiency (for the roller mill only), milling index, flour yield, particle size distribution, flour ash content, flour protein content and flour whiteness were investigated in order to verify the milling effectiveness and how the flour was impacted by the study factors.

The study results clearly indicate that the different wheat biochemical composition caused different wheat hardness and vitreousness, that may affect the grain compression force and work, which was mainly affected by the tempering moisture. Furthermore, the specific energy was significantly affected by wheat hardness. For the milling time efficiency, it seems that it was generally influenced by the grain physical properties in addition to the wheat moisture content. The flour yield, flour ash content and the flour whiteness were generally affected by the wheat cultivar, moreover the grain moisture content had a great impact on setting the flour quality, therefore, milling index was impacted mostly by the flour ash content and the wheat tempering moisture. Over and above, the particle size distribution of the fractions obtained from the roller mill was affected by the wheat tempering moisture and temperature, more than the fractions from the hammer mill. The protein content of flour obtained with the roller mill, as well, was influenced to a greater extent by the wheat moisture content than by the wheat tempering temperature.

Finally, this work has identified a clear relationship between the variables in this study, and showed a significant effect of wheat cultivars and grain conditioning on milling performance and product quality, whereas, the effect of grain moisture content was generally higher than the effect of wheat tempering temperature.

**Key words:** wheat, hardness, milling, energy, efficiency, flour yield, milling index, particles size distribution, ash, protein, whiteness

## Streszczenie

Przebieg procesu produkcji mąki pszennej zależy w dużym stopniu od warunków kondycjonowania ziarna przed jego przemiałem. Jest to istotne w odniesieniu do rozwoju młynarstwa i poprawy jakości mąki z uwzględnieniem przy kondycjonowaniu ziarna warunków środowiskowych panujących w poszczególnych krajach świata.

Zasadniczym celem pracy było wyznaczenie właściwości mechanicznych ziarna trzech polskich odmian pszenicy (Kandela, Mandaryna i Struna) poddanych kondycjonowaniu oraz zbadanie przebiegu procesu przemiału i cech uzyskanej mąki przy założonych trzech poziomach wilgotności (12%, 14% i 16%) i trzech poziomach temperatur (1°C, 25°C i 50°C).

Badania przeprowadzono w laboratoriach Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie. Test ściskania pojedynczych ziarniaków wykonano przy pomocy maszyny wytrzymałościowej Instron 4302. Wyznaczono wartości siły i pracy ściskania odpowiadające założonej deformacji próbki. Do rozdrabniania pszenicy wykorzystano laboratoryjny młynnik walcowy i rozdrabniacz bijakowy. Pod kątem oceny przebiegu procesu rozdrabniania (przemiału) i jego wpływu na cechy mąki wyznaczono jednostkowe zapotrzebowanie energii, wydajność procesu (tylko dla młynnika walcowego), indeks przemiału, wyciąg mąki, skład granulometryczny mąki, zawartość popiołu i białka w mące oraz wskaźnik bieli mąki.

Badania wskazały, że skład chemiczny pszenicy znacząco wpływa na jej twardość i szklistość a te czynniki mają wpływ na wartość siły i pracy w cieście ściskania, które to wielkości w dużym stopniu zależą od wilgotności ziarniaków. Energia jednostkowa rozdrabniania w dużym stopniu uwarunkowana jest twardością ziarna. Natomiast wydajność procesu rozdrabniania zależy od właściwości fizycznych i wilgotności ziarniaków.

Wydajność mąki, zawartość popiołu w mące i biel mąki generalnie uzależnione są od odmiany pszenicy, przy czym wilgotność pszenicy odgrywa znaczącą rolę w jakości mąki, stąd wartość indeksu mielenia w dużym stopniu zależy od zawartości popiołu w mące i wilgotności pszenicy przed przemiałem. Ponadto zaobserwowano, że na rozkład wielkości cząstek w mące otrzymanej po kondycjonowaniu przy różnej wilgotności i temperaturze większy wpływ miało rozdrabnianie na młynniku walcowym niż rozdrabnianie na rozdrabniaczu bijakowym. Zawartość białka w mące uzyskanej na młynniku walcowym w dużo większym stopniu zależy od wilgotności pszenicy niż temperatury kondycjonowania.

Finalnie badania dowiodły istnienie ewidentnych związków pomiędzy analizowanymi zmiennymi i wykazały wyraźny wpływ cech odmianowych ziarna pszenicy i warunków kondycjonowania na przebieg przemiału i jakość uzyskanej mąki, przy czym wpływ wilgotności ziarna jest zdecydowanie wyższy niż temperatury kondycjonowania.

**Słowa kluczowe:** pszenica, twardość, przemiał, energia, wydajność, wskaźnik przemiału, wyciąg mąki, skład granulometryczny mąki, popiół, białko, biel mąki