

WPLYW STADIUM DOJRZAŁOŚCI ZIARNA PSZENICY I TERMINU ZBIORU NA WŁAŚCIWOŚCI GLUTENU MOKREGO

A. Miś

Instytut Agrofizyki PAN, Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

Streszczenie: Właściwości fizyczne glutenu mokrego mogą się zmieniać w zależności od stadium dojrzałości ziarna pszenicy i terminu zbioru. Celem przeprowadzonych badań było poznanie zakresu tych zmian. Próbkę ziarna pszenicy ozimej (Roma) i jarej (Igna), reprezentujące poszczególne stadia dojrzałości i terminy zbioru, przeanalizowano przy pomocy zestawu Glutomatic 2200 pod kątem ilości i jakości glutenu mokrego.

W okresie przed dojrzałością mleczną, ilość glutenu mokrego, nie wirowanego, malała przy równoczesnym wzroście jego indeksu. Z kolei w okresie dojrzewania ziarna pszenicy, ilość wymywanego glutenu stopniowo zaczynała wzrastać, a jego jakość pogarszała się. Gdy ziarno pszenicy osiągnęło dojrzałość pełną, to w miarę opóźniania zbioru wymywano coraz mniej glutenu, a wartość jego indeksu wzrastała. Na obserwowane zmiany ilościowo-jakościowe decydujący wpływ miała wilgotność glutenu mokrego, a zwłaszcza skłonność do magazynowania wody nie związanej.

Słowa kluczowe: pszenica, fazy dojrzałości, terminy zbioru, gluten mokry, indeks glutenu.

WSTĘP

Gluten jest podstawowym białkiem zapasowym ziarna pszenicy. Jego synteza i magazynowanie w bielmie rozpoczyna się już na bardzo wczesnych etapach formowania się i wzrostu ziarniaka, tj. ok. 11 dnia po zapyleniu, a kończy się w momencie osiągnięcia dojrzałości fizjologicznej, ok. 44 dnia po zapyleniu [1].

W ciągu tego okresu następuje systematyczny przyrost masy białka w ziarniaku. Jednakże zawartość białka ogólnego w suchej masie ziarniaka wykazuje pewne minimum między 14 a 26 dniem po zapyleniu, w zależności od odmiany pszenicy [2, 5]. W tym okresie wzrostu ziarniaka szybkość syntezy i gromadzenia

substancji nieazotowych, zwłaszcza skrobi, wyraźnie dominuje nad intensywnością procesu kumulacji substancji azotowych, zwłaszcza białka.

Oprócz zmian ilościowych, podczas formowania bielma ziarniaka różnicuje się skład chemiczny białek. W miarę dojrzewania, zawartość niebiałkowych substancji azotowych oraz udział albumin systematycznie maleje. Wynikiem tych tendencji jest nieznaczne zwiększanie się pod koniec dojrzewania udziału frakcji gluteninowej oraz gliadynowej, które stanowią dwa zasadnicze składniki glutenu [2].

Stopień polimeryzacji (masa cząsteczkowa) glutenin może być determinowany czy modyfikowany zarówno procesami dojrzewania ziarniaka, jak również czynnikami pogodowymi w okresie przedzbiorowym oraz warunkami przechowywania i przetwarzania ziarna pszenicy [6, 10].

W miarę dojrzewania obserwuje się stopniowy wzrost stopnia polimeryzacji. Z kolei porastanie, wywołane nadmiernymi opadami w okresie żniw, może powodować spadek masy cząsteczkowej glutenin. W trakcie przechowywania ziarna odnotowuje się bardzo powolny wzrost stopnia polimeryzacji. Szybkość przyrostu stopnia polimeryzacji glutenin wyraźnie wzmagają procesy przetwarzania, którym towarzyszy oddziaływanie podwyższonej temperatury. Dotyczy to zwłaszcza procesów wypieku chleba, ekstruzji i przemysłowego suszenia glutenu mokrego [10].

Powyższe informacje o zmianach, jakim podlega białko glutenowe, skłaniają do przypuszczenia, że właściwości fizyczne glutenu mokrego izolowanego z ziarna pszenicy w jakimś stopniu mogą zależeć od stadium jego dojrzałości i terminu zbioru. Poznanie zakresu tych zmian jest tym bardziej nieodzowne, gdyż na podstawie ilości i jakości glutenu prognozuje się przydatność technologiczną ziarna pszenicy. Dostrzegając wagę tego zagadnienia, przeprowadzono badania, których celem było określenie zmian ilościowych i jakościowych jakim podlega gluten w ziarnie pszenicy, kiedy jej zbiór odbywa się zbyt wcześnie oraz w terminach zdecydowanie opóźnionych. Otrzymane wyniki z tych badań są przedmiotem niniejszego artykułu.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy pochodził z eksperymentu polowego opisanego szczegółowo w pracy publikowanej w tym tomie [8]. W badaniach wykorzystano dwie odmiany pszenicy: Roma (ozima) i Igna (jara). Takiego doboru odmianowego dokonano przede wszystkim z uwagi na wyraźne różnice w jakości glutenu

mokrego. Roma charakteryzuje się bowiem pośrednim indeksem glutenu, natomiast Igna – wysokim.

Próbki ziarna, reprezentujące poszczególne stadia dojrzałości pszenicy i terminy zbioru, zmielono w młynku Lab Mill 3100, Perten Instruments AB. Do wymywania glutenu pobierano 10-g próbki mlewa pełnoziarnistego przy wilgotności bazowej 14 %. Wymywanie, wirowanie oraz suszenie glutenu mokrego przeprowadzono stosując odpowiednio Glutomatic 2200, Centrifuge 2015 i Glutork 2020, urządzenia firmy Perten Instruments AB.

Oznaczanie ilości glutenu mokrego oraz indeksu glutenu (IG) wykonano zgodnie z normą ICC Standard No. 155 [4]. Przy oznaczaniu IG wprowadzono tylko jedną modyfikację polegającą na wirowaniu próbek glutenu mokrego o stałej masie, równej $2,1 \pm 0,05\text{g}$ [7].

Dla pełniejszej charakterystyki zmian ilościowych, dodatkowo określono ilość glutenu mokrego jaką uzyskiwano w procesie wymywania, jeszcze przed poddaniem go wirowaniu. Z różnicy między ilością glutenu mokrego, nie wirowanego, i ilością glutenu mokrego oznaczonego wg normy ICC (po wirowaniu) wyznaczano ubytek wilgotności glutenu wskutek wirowania. Wilgotność glutenu mokrego określano po wirowaniu na podstawie wielkości ubytku masy po jego wysuszeniu.

WYNIKI I DYSKUSJA

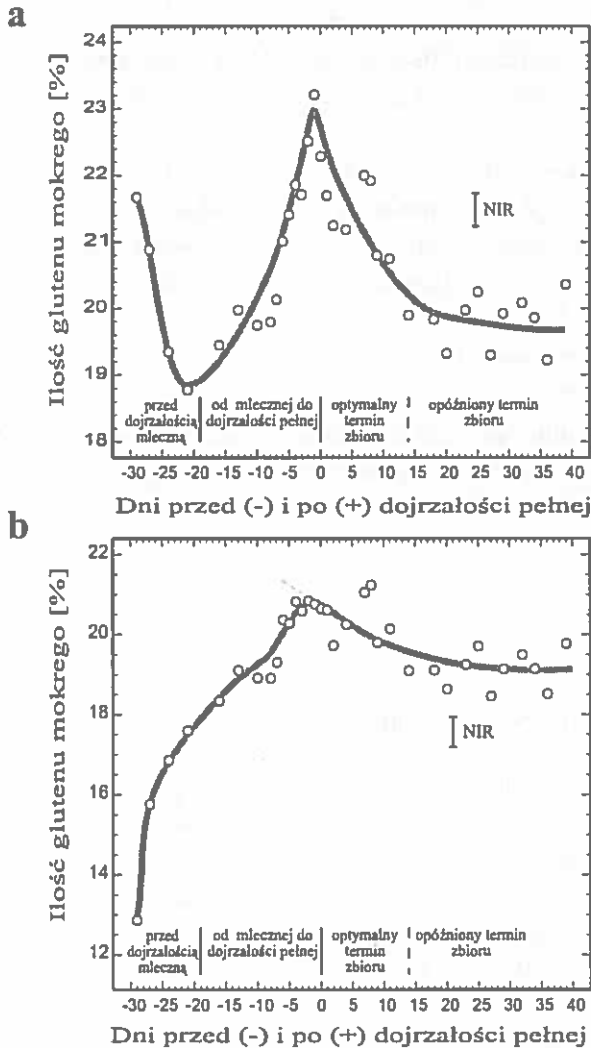
Zmiany ilości wymywanego glutenu

Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono zależność ilości glutenu mokrego, nie wirowanego i wirowanego (wg normy ICC), od stadium dojrzałości ziarna pszenicy oraz terminu zbioru, odpowiednio dla odmian Roma i Igna.

Ilość glutenu mokrego, nie wirowanego, w okresie przed dojrzałością mleczną, wraz ze wzrostem ziarniaka, spadała z 22 do 19% oraz 33 do 21%, odpowiednio u odmian Roma i Igna. Z początkiem fazy dojrzałości mlecznej nastąpiło odwrócenie tendencji, obserwowano przyrastanie ilości wymywanego glutenu do 23 i 26%, odpowiednio u odmian Roma i Igna.

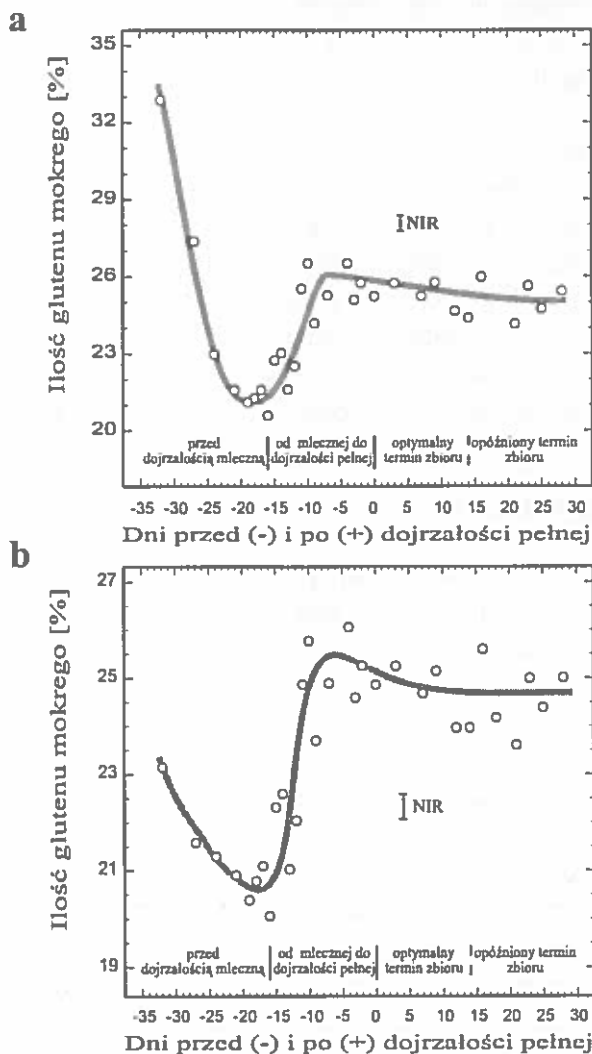
Natomiast zmiany ilości glutenu mokrego, wirowanego, w analogicznym okresie przybierały odmienny charakter dla badanych odmian. U odmiany Roma, od najwcześniejszych etapów wzrostu ziarniaka, a następnie w okresie dojrzenia obserwowano stopniowe i wyraźne zwiększanie się ilości glutenu mokrego z około 13 do prawie 21%. Zaś u odmiany Igna przebieg zmian miał

charakter zbliżony do opisanego dla glutenu mokrego, nie wirowanego. Ilość najpierw spadała z 23 do prawie 20%, poczym znowu zaczęła rosnąć do 25,5%.



Rys. 1. Zmiany ilości glutenu mokrego nie wirowanego (a) i wirowanego (b) w zależności od stadium dojrzałości oraz terminu zbioru pszenicy ozimej odmiany Roma.

Fig. 1. Changes in quantity of wet gluten non-centrifuged (a) and centrifuged (b) in relation to the ripe stage and harvest date of winter wheat cv. Roma.



Rys. 2. Zmiany ilości glutenu mokrego nie wirowanego (a) i wirowanego (b) w zależności od stadium dojrzałości oraz terminu zbioru pszenicy jarej odmiany Igna.

Fig. 2. Changes in quantity of wet gluten non-centrifuged (a) and centrifuged (b) in relation to the ripe stage and harvest date of spring wheat cv. Igna.

Ponadto, w przypadku odmiany Igna, stwierdzono występowanie, bezpośrednio przed rozpoczęciem się fazy dojrzałości mleczej, charakterystycznego minimum dla ilości suchej masy glutenu na podobieństwo tego, opisanego dla zawartości białka ogólnego przez Jennings'a i Morton'a [5] oraz Bushuk'a i Wrigley'a [2].

Maksymalne ilości glutenu mokrego, zarówno nie wirowanego, jak i wirowanego, rejestrowano w momencie gdy pszenica wchodziła w fazę dojrzałości pełnej (Roma) lub kilka dni przed tą fazą (Igna).

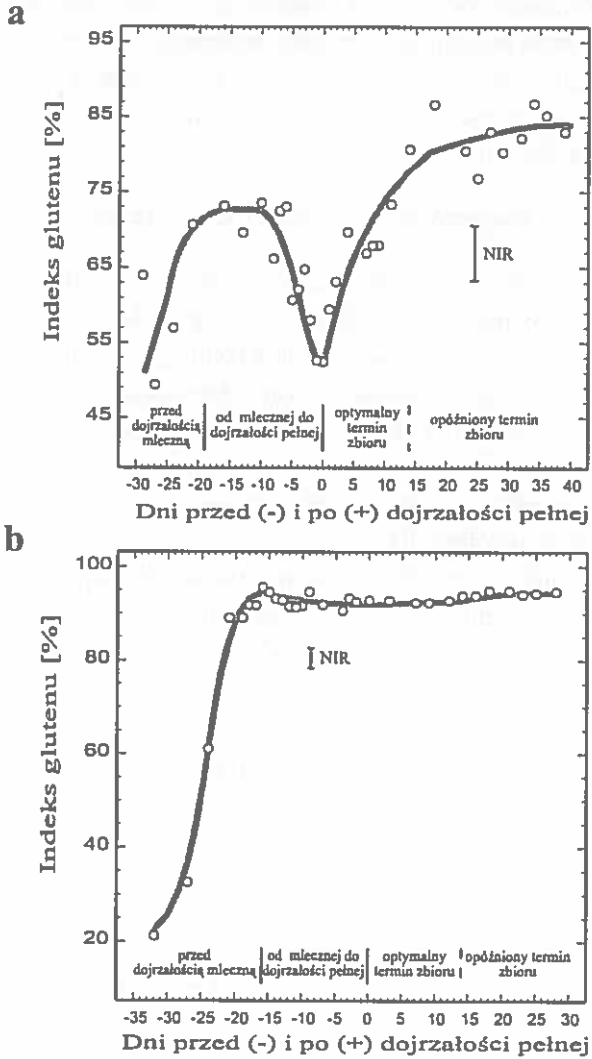
Po osiągnięciu przez ziarno dojrzałości pełnej, w przypadku odmiany Roma, zaobserwowano stopniowy spadek ilości glutenu mokrego, nie wirowanego o 3%, a wirowanego o 2%. Zaś u odmiany Igna spadki te wyniosły odpowiednio 1 i 0,7%. Wyhamowanie tego spadku nastąpiło po 2 tygodniach od dojrzałości pełnej. Dalsze opóźnianie zbioru nie powodowało już zmian w ilości glutenu mokrego.

Zmiany indeksu glutenu

W okresie wzrostu i dojrzewania ziarna pszenicy, jak wynika z Rys. 3, zmieniła się również wytrzymałość glutenu mokrego na działanie sił zewnętrznych, wyrażona przy pomocy indeksu glutenu (IG).

W przypadku odmiany Roma (Rys. 3a), w okresie przed dojrzałością mleczną, odnotowano wzrost IG z 49 do 70%. Następnie, pomiędzy 21 a 6 dniem przed dojrzałością pełną, wartości IG kształtowały się na jednakowym poziomie wynoszącym ok. 70%. Zaś w kolejnych dniach aż do osiągnięcia przez ziarno dojrzałości pełnej obserwowano stopniowy spadek IG do wartości 52%. Począwszy z 1 dniem po dojrzałości pełnej rozpoczął się stopniowy wzrost IG i trwał w całym okresie dla optymalnego i opóźnionego zbioru. Wartość IG przy końcu okresu zbioru opóźnionego wynosiła 85%.

U odmiany Igna przebieg zmian indeksu glutenu miał bardziej regularny charakter (Rys. 3b). W okresie przed dojrzałością mleczną, odnotowano gwałtowne przyrastanie indeksu glutenu, z 21 do 96%, co wskazuje na bardzo szybkie wzmacnianie się wytrzymałości glutenu mokrego w tym okresie wzrostu ziarniaka. Podczas dojrzewania ziarna wystąpił nieznaczny spadek IG, o ok. 4%. W okresie po dojrzałości pełnej, wartości IG kształtowały się na jednakowym poziomie, ok. 92%, a idąc w kierunku terminów zbioru opóźnionego zarysowało się jedynie nieznaczne podwyższenie IG, o około 2%.



Rys. 3. Zmiany indeksu glutenu w zależności od stadium dojrzałości i terminu zbioru pszenicy ozimej odmiany Roma (a) i jarej odmiany Igna (b).

Fig. 3. Changes in gluten index in relation to the ripe stage and harvest date of winter wheat cv. Roma (a) and spring wheat cv. Igna (b).

U obu badanych odmian, a zwłaszcza u odmiany Roma można łatwo zauważyć odwrotną zależność pomiędzy wartością IG a ilością glutenu mokrego, nie wirowanego. Tak więc w okresach, w których wzrastała ilość glutenu mokrego, równocześnie malały wartości indeksu glutenu, wskazując na pogarszanie się jego jakości.

Zmiany ilości magazynowanej wody nie związanej

Opisane powyżej zmiany w ilości i jakości glutenu (IG) można wyjaśnić na podstawie różnic w ubytku wilgotności glutenu podczas wirowania w zależności od stadium wzrostu i dojrzałości ziarna pszenicy, jak i terminu zbioru (Rys. 4a i 5a). Ubytek ten pokazuje jaka ilość wody zmagazynowanej w glutenie mokrym nie stanowi jego integralnej części, tzn. nie jest związana przez białka glutenowe. Woda nie związana przyjmuje postać oczek wodnych, które są umiejscowione w przestrzeniach struktury siateczkowej glutenu mokrego [3]. Woda ta jest łatwo tracona podczas wirowania [9].

Ilość wody nie związanej, wyrażona ubytkiem wilgotności (Rys. 4a i 5a), wraz ze wzrostem ziarniaka okresie przed dojrzałością mleczną szybko spadała z 13,3 do 2,0% i z 9,6 do 0,8%, odpowiednio u odmian Roma i Igna. W tym samym czasie wartości IG szybko rosły (Rys. 3a i b).

W okresie dojrzewania pszenicy i zbioru optymalnego i opóźnionego, w przypadku odmiany Igna, wartości ubytku wilgotności już nie podlegały dalszym zmianom. W analogicznym okresie, wartości indeksu glutenu również kształtowały się na prawie jednakowym poziomie.

Natomiast u odmiany Roma odnotowano 10-dniowy okres, którego środek przypadał na dzień osiągnięcia przez ziarno pełnej dojrzałości, charakteryzujący się zwiększonymi ubytkami wilgotności, dochodzącymi do 3,6% (Rys. 4a). Odzwierciedleniem tych zwiększonych ubytków były wyraźne spadki indeksu glutenu w analogicznym okresie (Rys. 3a). Ponadto, w okresie zbioru opóźnionego, stabilizacja ubytku u odmiany Roma wystąpiła na poziomie 1,2%, a więc o 0,4% wyższym niż u odmiany Igna.

Przytoczone powyżej fakty wskazują na istnienie mocnego ujemnego sprzężenia pomiędzy wielkością ubytku wilgotności a wartością indeksu glutenu. Innymi słowy, im więcej wody nie związanej magazynuje gluten mokry tym mniejsza jest jego wytrzymałość mechaniczna. Istnienie tego typu zależności znajduje potwierdzenie w wynikach badań Misia i Grundasa [9], które ponadto

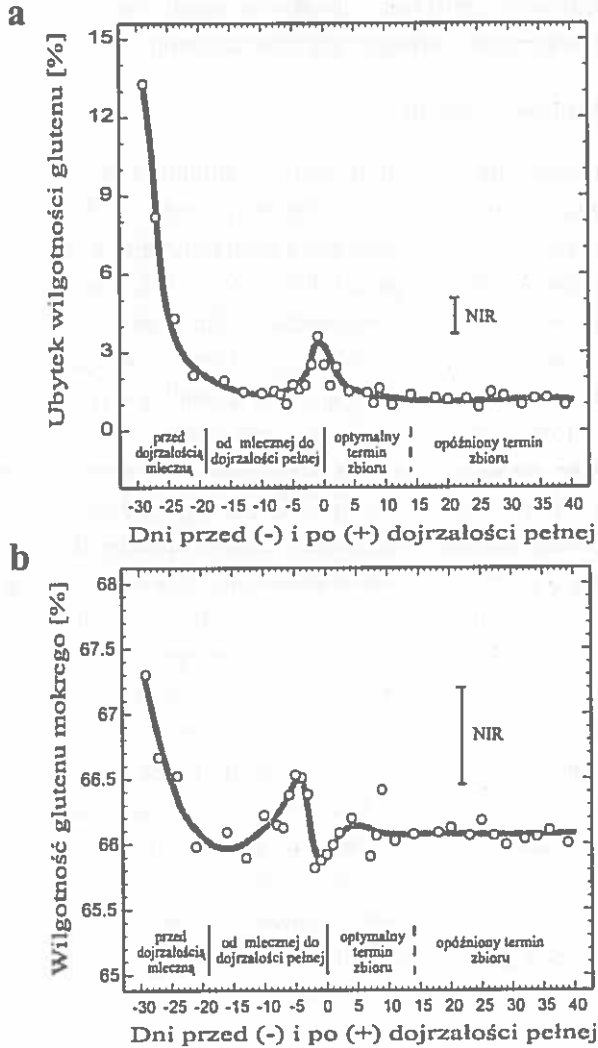
wskazują na możliwość obniżania zawartości wody nie związanej w glutenie mokrym poprzez stosowanie zabiegu nawilżania ziarna.

Zmiany wilgotności glutenu

Wilgotność oznaczona po odwirowaniu glutenu mokrego (Rys. 4b i 5b), a więc po usunięciu wody nie związanej, jest obiektywną miarą jego wodochłonności. Jest to zarazem użyteczna cecha glutenu, która wpływa dodatnio na wydajność chleba. W okresie przed dojrzałością mleczną, wilgotność glutenu mokrego wynosiła 67,3 i 67,7%, odpowiednio dla odmian Roma i Igna. Jednak w miarę wzrostu ziarniaka, gluten wiązał coraz mniej wody, czego symptomem był wyraźny spadek wilgotności, poniżej 66%, u obu badanych odmian.

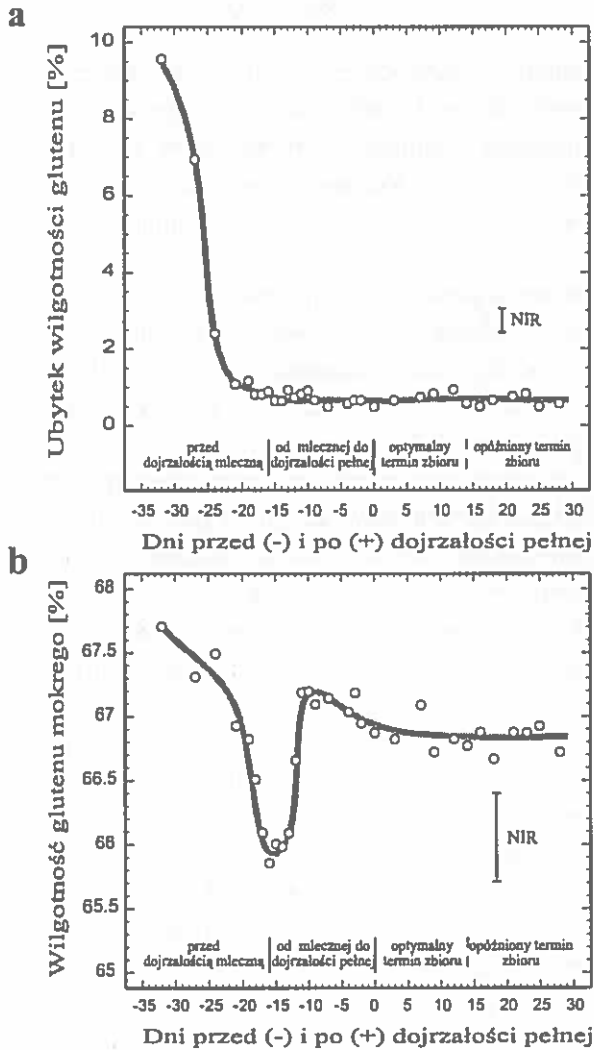
W okresie dojrzewania nastąpiło odwrócenie tendencji spadkowej. Wilgotność glutenu mokrego zaczęła stopniowo wzrastać do 66,5 i 67,2%, odpowiednio dla odmian Roma i Igna. Kilka dni przed dojrzałością pełną rozpoczął się ponowny spadek wilgotności, który w przypadku odmiany Igna był łagodny. Natomiast u odmiany Roma odnotowano gwałtowny spadek wilgotności i równie szybki wzrost do poziomu 66,1 % . Na tym poziomie wilgotność glutenu kształtowała się przez cały okres zbioru opóźnionego, nie podlegając większym wahaniom. U odmiany Igna wilgotność, w analogicznym okresie, ustabilizowała się na poziomie 66,8%, a więc wyraźnie wyższym niż u odmiany Roma. Wskazuje to, że odmiana o mocniejszym glutenie może równocześnie wyróżniać się wyższą wilgotnością. Tak więc rola wody związanej, stanowiącej integralną część glutenu mokrego, w kształtowaniu jego wytrzymałości jawi się jako przeciwstawna do tej jaką pełni woda nie związana.

Opisywane powyżej zmiany ilości glutenu mokrego, zawartości wody nie związanej, wilgotności glutenu oraz indeksu glutenu, w zależności od stopnia dojrzałości ziarna pszenicy oraz terminu zbioru, są odzwierciedleniem procesów biochemicznych zachodzących w bielmie ziarniaka [1, 2, 5, 6, 10]. Procesy te, w okresie wzrostu ziarniaka, są sterowane przez zestaw genów (genotyp odmiany), od których zależy ilość syntetyzowanego białka (glutenu), jego skład (stosunek gliadyny do gluteniny), a także stopień polimeryzacji. Równocześnie ma miejsce oddziaływanie czynników środowiska, zwłaszcza temperatury [6], na właściwości syntetyzowanego glutenu. Po zakończeniu dojrzewania, w bielmie ziarniaka zachodzą nadal procesy, które mogą prowadzić, w zależności od warunków pogodowych (opady deszczu), do podwyższenia lub obniżenia stopnia polimeryzacji glutenin [10].



Rys. 4. Ubytek wilgotności podczas wirowania (a) oraz wilgotność glutenu mokrego (b) w zależności od stadium dojrzałości i terminu zbioru pszenicy ozimej odmiany Roma.

Fig. 4. Loss in moisture by centrifugation (a) and moisture content of wet gluten (b) in relation to the ripe stage and harvest date of winter wheat cv. Roma.



Rys. 5. Ubytek wilgotności podczas wirowania (a) oraz wilgotność glutenu mokrego (b) w zależności od stadium dojrzałości i terminu zbioru pszenicy jarej odmiany Igna.

Fig. 5. Loss in moisture by centrifugation (a) and moisture content of wet gluten (b) in relation to the ripe stage and harvest date of spring wheat cv. Igna.

WNIOSKI

1. Objęte badaniami fazy wzrostu i dojrzewania ziarna pszenicy oraz terminy zbioru wpływały w sposób istotny na zmiany ilościowe i jakościowe glutenu mokrego. Zmiany ilościowe, takie jak: ilość glutenu mokrego, zawartość wody nie związanej i wilgotność glutenu, były skorelowane ujemnie ze zmianami jakościowymi, ocenianymi przy pomocy indeksu glutenu.
2. W okresie przed dojrzałością mleczną - wraz ze wzrostem ziarna - spadała ilość glutenu mokrego, nie wirowanego, w zależności od odmiany o 3-2%, zawartość wody nie związanej (ubytek wilgotności), o 9-11%, oraz wilgotność glutenu, o 1,4-1,8%, a równocześnie wzrastały wartości indeksu glutenu, o 21-75%.
3. Na początku fazy dojrzałości mlecznej, nastąpiło odwrócenie tendencji zmian właściwości glutenu mokrego. W okresie od dojrzałości mlecznej do pełnej odnotowano przyrost ilości glutenu mokrego, nie wirowanego i wirowanego, odpowiednio o 4-5,5 i 3-5%, wzrost wilgotności glutenu o 0,6-1,3% oraz spadek indeksu glutenu o 4-18%.
4. Po osiągnięciu przez ziarno pszenicy dojrzałości pełnej - w miarę opóźniania zbioru - obniżała się nieznacznie ilość glutenu mokrego, nie wirowanego i wirowanego, odpowiednio o 1-3 i 0.7-2%, oraz jego wilgotność, o 0.4%, a wzrastał indeks glutenu, o 2-33%. Po upływie 2 tygodni opisywane właściwości glutenu mokrego ustabilizowały się i nie podlegały dalszym zmianom.
5. Odmiana Roma, o wyraźnie słabszym glutenie niż Igna, charakteryzowała się jednocześnie większą zmiennością indeksu glutenu w okresie dojrzewania i zbioru pszenicy.
6. W kształtowaniu wartości indeksu glutenu, zwłaszcza w okresie przed dojrzałością mleczną ziarna pszenicy, dużą rolę odgrywała skłonność glutenu do magazynowania zwiększonej ilości wody nie związanej, przyczyniającej się do wyraźnego spadku indeksu. Odmiana Roma posiadała gluten mokry o wyraźnie wyższej zawartości wody nie związanej, w porównaniu z odmianą Igna, o wyższym indeksie glutenu.

PIŚMIENNICTWO

1. Briarty L.G., Hughes C.E., Evers A.D.: The developing endosperm of wheat – A stereological analysis. *Ann. Bot.*, 44, 641-658, 1979.
2. Bushuk W., Wrigley C.W.: Glutenin in developing wheat grain. *Cereal Chemistry*, 48, 448-455, 1971.
3. Freeman, T.P., Shelton, D.R., Bjerke, J.M., Skierkowski, K.: The ultrastructure of wheat gluten: Variation related to sample preparation. *Cereal Chemistry*, vol. 68, 5: 492-498, 1991.
4. International Association for Cereal Science and Technology. ICC Standard No. 155. Determination of wet gluten quantity and quality (Gluten Index ac. to Perten) of whole wheat meal and wheat flour (*Triticum aestivum*), 1994.
5. Jennings A.C., Morton R.K.: Changes in carbohydrate, protein and non-protein nitrogenous compounds of developing wheat grain. *Aust. J. Biol. Sci.*, 16, 318-331, 1963.
6. Lafandria D., Masci S., Blumental C., Wrigley C.W.: The formation of glutenin polymer in practice. *Cereal Food World*, 44(8), 572-578, 1999.
7. Miś A.: Some methodological aspects of determining wet gluten quality by the glutomatic method. *Int. Agrophysics*, 14, 263-267, 2000.
8. Miś A., Geodecki M.: Zmiany twardości technologicznej ziarna pszenicy w okresie dojrzewania i zbioru. *Acta Agrophysica*, 37, 119-129, 2000.
9. Miś A., Grundas S.: Zmiany właściwości fizycznych glutenu w wyniku nawilżania ziarna pszenicy. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*, 4, 29-32, 1999.
10. Wrigley C.W., Bekes F.: Glutenin-protein formation during the continuum from anthesis to processing. *Cereal Foods World*, 44 (8), 562-565, 1999.

INFLUENCE OF THE RIPE STAGE OF WHEAT GRAIN
AND THE HARVEST TERM ON WET GLUTEN PROPERTIES*A. Miś*

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

Summary: Physical properties of wet gluten washed out from wheat grain may change in relation to its ripe stage and harvest date. The aim of present studies was to determine range of these changes. Grain sample of winter (cv. Roma) and spring (cv. Igna) wheat, representing different ripe stages and harvest dates, have been analysed in regard of quantity and quality of wet gluten by means of the Glutomatic2200 set.

During grain filling, still before the milk ripe stage, an amount of gluten washed out was decreasing at simultaneously increasing gluten index. Then, in the course of grain ripening, the amount of wet gluten started gradually to increase and its quality to decrease. When wheat reached ripeness in fully, together with delay in doing harvest, there were being washed out less amounts of gluten and index values were increasing. The observed changes in gluten quantity and quality were strongly influenced by moisture content in wet gluten and its tendency to storing water in non-bound form.

Keywords: wheat, ripe stages, harvest dates, wet gluten, gluten index.