

BADANIA WSTĘPNE STABILNOŚCI WILGOTNOŚCIOWEJ PRODUKTÓW EKSTRUDOWANYCH

*Adam Ekielski, Małgorzata Powalka, Tomasz Żelaziński
Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie*

Streszczenie. Celem pracy było zbadanie wpływu zmiennych warunków wilgotnościowych na dynamikę wchłaniania wilgoci z powietrza przez produkty ekstrudowane. Materiałem wykorzystywanym w badaniach był ekstrudat pszenno-kukurydziany wyprodukowany na ekstruderze dwuślimakowym. Próbki poddawane były działaniu trzech czynników: temperatury, wilgotności względnej i czasu oddziaływania, podczas przechowywania ich w komorze klimatycznej. Stwierdzono, że ekstrudaty charakteryzowały się dużą wrażliwością na zmienne warunki przechowywania. Obserwowano szybki wzrost ich wilgotności masowej, szczególnie w pierwszych godzinach przechowywania w komorze klimatycznej.

Słowa kluczowe: ekstruzja, wilgotność względna, komora klimatyczna

Wprowadzenie

Ekstrudowane produkty zbożowe cieszą się obecnie dużą popularnością ze względu na ich funkcjonalność, wysoką wartość odżywczą oraz wysoką stabilność, która sprawia, że przy prawidłowym przechowywaniu termin przydatności do spożycia tych produktów może nierzadko przekraczać nawet okres jednego roku (Rhee i in., 1999). Ciągłe rosnąca popularność ekstruzji przyczynia się zatem do powstawania wielu nowych i innowacyjnych produktów, które przeznaczone są zarówno na rynek krajowy, jak i na eksport, nawet do krajów tropikalnych (Johnson i Brennan, 2000; Ekielski i in., 2007). Tym samym produkty narażane są na przechowywanie w bardzo zmiennych warunkach klimatycznych. Problem ten narasta, kiedy produkt po otwarciu wykorzystywany jest wielokrotnie i w pewnych odstępach czasowych (np. wyroby galanterii śniadaniowej). W tym czasie utrzymanie odpowiedniej jakości zależy od pory roku, pogody i związanych z tym skoków wilgotności powietrza i temperatury.

Podczas przechowywania produktów dochodzi do strat ilościowych, które powodują obniżenie wartości poszczególnych składników masy, jak i do strat jakościowych, obniżających ich wartość konsumpcyjną i odżywczą (Ciećko, 1993). W związku z tym rysuje się

potrzeba gruntownego przebadania odporności ekstrudowanych produktów na zmienne warunki klimatyczne. Według wielu źródeł (Pijanowski i in., 2004; Johnson i Brennan, 2000; Sowbhagya i in., 2005; Andrejko i Rydzak, 2011), główną przyczyną przyspieszonego obniżenia jakości produktów jest wysoka wilgotność i temperatura, która przyczynia się do rozwoju flory mikrobakteryjnej, a następnie przyspieszonego obniżenia trwałości i psucia się produktów. Pomimo istotnego problemu badania stabilności temperaturowo-wilgotnościowej ekstrudatów wykonywane są na niewielką skalę. Opracowania istniejące w tym zakresie obejmują głównie badania wybranych produktów ekstrudowanych i ich zmian jakościowych, zachodzących podczas długotrwałego przechowywania, np. w czasie kilkutygodniowego lub kilkumiesięcznego okresu (Sowbhagya i in., 2005). Tego typu badania ekstrudatów prowadzili m.in. Rhee i in., (1999) (ekstrudaty sojowe), Rocha-Guzman, (2006) (ekstrudaty kukurydziane z dodatkiem mięsa) oraz Korus i in., (2006) (ekstrudaty z fasoli). Niewielu badaczy zajmuje się pomiarami dynamiki wchłaniania wilgoci z powietrza w czasie krótszym niż 24 h, a badania z tego zakresu przeprowadzane są zwykle tylko na różnego rodzaju skrobiach (Johnson i Brennan, 2000; Cha i in., 2001; Meinders i Vliet, 2011).

Cel pracy

Celem pracy było zbadanie wpływu zmiennych warunków wilgotnościowych na dynamikę wchłaniania wilgoci z powietrza przez produkty ekstrudowane.

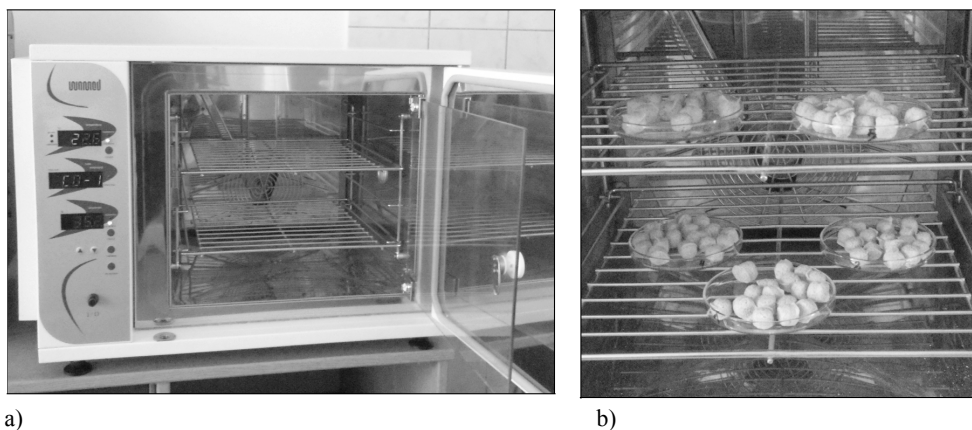
Material i metodyka badań

Materiałem wykorzystywanym w badaniach był ekstrudat pszenno-kukurydziany (20% –pszenica, 80%–kukurydza), wyprodukowany na współbieżnym ekstruderze dwuślimakowym o stosunku długości do średnicy ślimaków $L/d=27$. Prędkość obrotowa ślimaków wynosiła $300 \text{ obr} \cdot \text{min}^{-1}$, a temperatura procesu w głowicy ekstrudera 130°C .

Badania przeprowadzono przy użyciu komory klimatycznej typu KBK-30W (rys. 1). Komora klimatyczna umożliwiała zaprogramowanie odpowiedniej temperatury i wilgotności powietrza oraz czasu ekspozycji badanych próbek. Komora wyposażona była w pół-przewodnikowe elementy Peltiera oraz wentylator, których zadaniem było wymuszenie nastawionej temperatury w komorze oraz uzyskanie temperatur mniejszych od temperatury otoczenia, a także moduł głowicy ultradźwiękowej i moduł zamrażarki do wytwarzania pary wodnej. Sterowanie komorą umożliwiało zaprogramowanie zadanego czasu ekspozycji oraz czasu zwłoki w ramach tzw. cyklu zerowego, po upływie którego komora automatycznie startowała i rozpoczynała realizację programu. Woda do nawilżania oraz chłodzenia komory klimatycznej była pobierana z zewnętrznej sieci wodociągowej. Szczegółowe dane komory klimatycznej zestawiono w tabeli 1.

W komorze klimatycznej każdorazowo umieszczano pięć próbek ekstrudatu na maksymalny czas 25 godzin. W badaniach zastosowano pięć ustawień komory obejmujących wilgotności względne powietrza (RH - Relative humidity): 40, 50, 60, 70 i 80%, przy stałej temperaturze wewnątrz komory 25°C . Próbkę były ważone co godzinę przez okres pierw-

szych pięciu godzin, a następnie po 23, 24, 25 godzinach. Masę próbek określano na wadze elektronicznej Radwag WPS 600/C z dokładnością odczytu 0.001 g. Każdorazowo przed umieszczeniem próbek w komorze klimatycznej określano wilgotność eksudatów, wykorzystując wagosuszarke laboratoryjną WPS 210 firmy Radwag.



Rysunek 1. Widok ogólny komory klimatycznej (a) oraz próbki ekstrudatu w komorze roboczej (b)

Figure 1. General view of a climatic chamber (a) and extrudate samples inside the working chamber (b)

Tabela 1

Dane techniczne komory klimatycznej KBK-30W

Table 1

Technical data of climatic chambers KBK-30W

Parametr	Jednostka miary	KBK-30W
Wymiary gabarytowe aparatu (szer. x wys. x głęb.)	(mm)	630x420 (+25)x675 (+60)
Wymiary komory roboczej (szer. x wys. x głęb.)	(mm)	200x230x365
Pojemność robocza	(dm ³)	30
Maksymalna ilość cykli		9
Zakres temperatur	(°C)	od +5 °C do +70 °C
Dokładność stabilizacji temperatury w punkcie	(°C)	(+0,1; -0,5)
Dokładność ustawienia temperatury	(°C)	= 0,1
Czas dochodzenia do temp. 70 °C	(min)	< 30
Wartość ustawianej wilgotności jest zależna od nastawionej temperatury	(%)	Maks. wilgotność możliwa do ustawienia: 5%–95%
Moc grzałki	(W)	400±10%
Zakresy odmierzanego czasu dla jednego cyklu	(hh.mm)	999.59
Napięcie znamionowe / częstotliwość	(V/Hz)	230±110% /50

Źródło: Instrukcja użytkowania. Komora klimatyczna typu KBK-30W. Wytwórnia Aparatury Medycznej „WAMED”

Do opracowywania wyników badań wykorzystywano program Microsoft EXCEL 2003 oraz STATISTCA 10. W badaniach zastosowano metodę statystyczną szeregów czasowych, na podstawie których obliczono bezwzględne zmiany poziomu zjawiska w dwóch porównywanych okresach czasu (wzory 1-4) jako przyrost jednopodstawowy:

$$\Delta = y_t - y_0 \quad (1)$$

i przyrost łańcuchowy:

$$\Delta = y_t - y_{t-1} \quad (2)$$

Obliczono również tempo zmian jako względny przyrost łańcuchowy:

$$T = \frac{y_t - y_{t-1}}{y_{t-1}} \cdot 100\% \quad (3)$$

oraz średnie tempo zmian:

$$\bar{T} = \left(\sqrt[n-1]{\frac{y_n}{y_1}} - 1 \cdot 100\% \right) \quad (4)$$

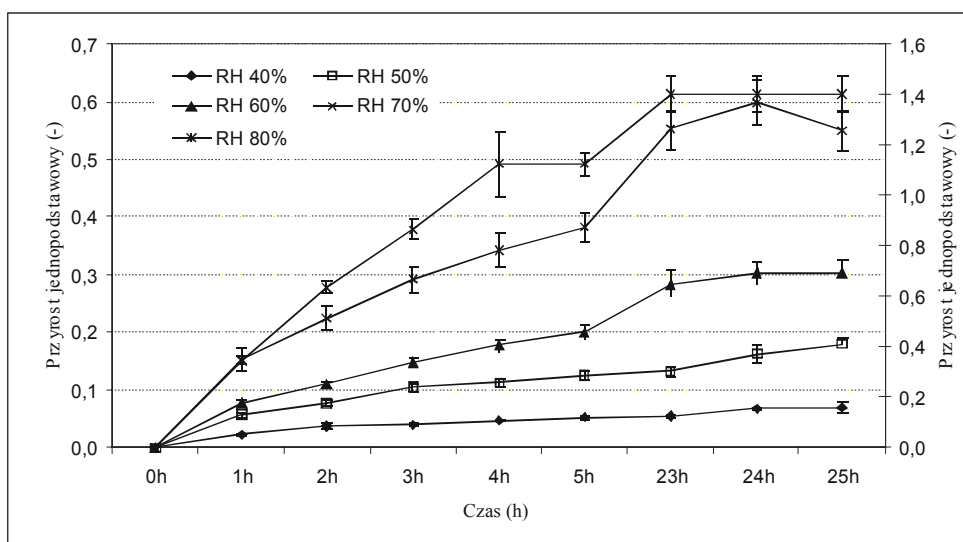
gdzie:

- y – masa próbki,
- t – okres czasu,
- n – zmienna ilości.

Wyniki badań

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że wszystkie analizowane próbki w ciągu zadanego okresu obserwacyjnego wyróżniała zdolność do wchłaniania wilgoci z powietrza, co potwierdzał wzrost masy próbek wraz ze zmianami wilgotności względnej powietrza i czasem przebywania w komorze klimatycznej. Zaobserwowano, że masa próbek w zależności od wilgotności powietrza istotnie się zmieniała, a przy wilgotnościach 70% i 80% można było nawet sensorycznie wyczuć wyraźne rozmiękczenie próbek. W celu zbadania dynamiki zjawiska na wykresach poniżej przedstawiono wyniki obliczeń jednopodstawowego wskaźnika, obrazującego zmiany masy poszczególnych próbek w funkcji czasu oraz wykres tempa zmian masy próbek. Na rysunku 2 można zauważyć, że masa próbek ekstrudatu wraz ze wzrostem wilgotności powietrza wyraźnie zwiększała się, a największy przyrost masy obserwowany był przy wilgotności powietrza 80%. Ponieważ wyniki pomiarów dla tej wilgotności charakteryzowały się znacznie wyższymi wartościami w porównaniu do pozostałych, dane na wykresach zamieszczono z wykorzystaniem osi pomocniczej. Na wykresie można również zauważyć, że najbardziej dynamiczny przyrost masy produktów występował podczas pierwszych godzin przebywania próbek w komorze klimatycznej. Po ok. 23-25 godzinach próbki stabilizowały się, a wzrost masy pozostawał na niezmiennym poziomie. Takie zachowanie szczególnie wyraźnie obserwowano przy

wilgotności powietrza 60, 70 i 80%, co może świadczyć, że przy tych wilgotnościach następowało szybsze nasywanie się próbki. Te spostrzeżenia zostaną potwierdzone w kolejnych artykułach.

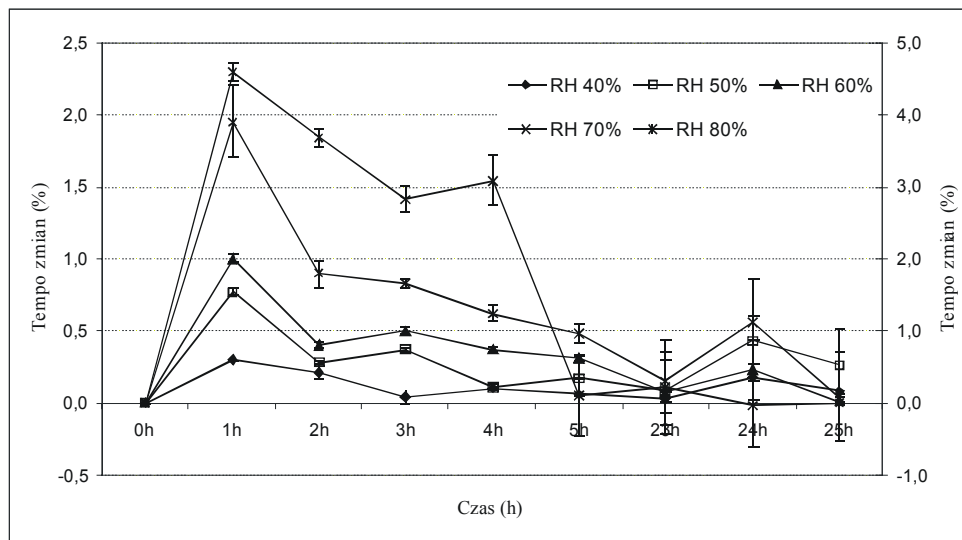


Rysunek 2. Wpływ czasu ekspozycji i wilgotności w komorze klimatycznej na jednopodstawowy przyrost masy ekstrudatów

Figure 2. Impact of the time exposure and relative humidity in the climatic chamber on the single-base increase of the mass extrudates

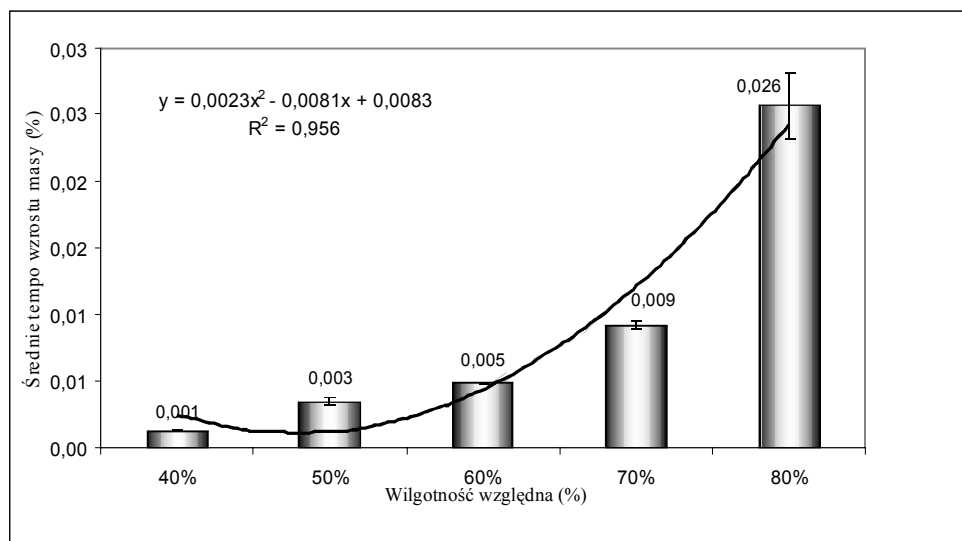
Na rysunku 3 przedstawiono wyniki obliczeń tempa zmian masy próbek w funkcji czasu. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem czasu przebywania próbek w komorze szybkość tych zmian wyraźnie zmniejszała się. Dotyczyło to wszystkich analizowanych próbek. Analogicznie do przebiegów z rysunku 2 najwyższy wzrost masy ekstrudatu można było zaobserwować w czasie pierwszych pięciu godzin przebywania próbek w komorze. Po tym czasie tempo zmian masy stabilizowało się, a pewne zaburzenia w czasie końcowych godzin badań mogły wynikać głównie z pełnego stanu nasycenia próbek i zmian wilgotności podczas ważenia próbek. Istotnym wydaje się również, że dynamika tego zjawiska związana jest z wilgotnością powietrza, co może mieć szczególne znaczenie w czasie przechowywania tego typu produktów.

W celu zbadania pełnej dynamiki zjawiska na rysunku 4 przedstawiono wartości średniego tempa zmian masy ekstrudatów przy poszczególnych wilgotnościach powietrza. Na histogramie można zaobserwować zwiększanie się od 40 do 80% wartości średniego tempa wzrostu masy wraz z wilgotnością powietrza. Zaobserwowane tempo wzrostu masy w stosunku do poprzedniej wilgotności różniło się o 0,002, 0,002, 0,004 i 0,017% dla wilgotności powietrza 80%. Na uwagę zasługuje bardzo dobre dopasowanie linii trendu w postaci wielomianu drugiego stopnia do danych empirycznych. Współczynnik determinacji R^2 osiągnął wartość 0,956.



Rysunek 3. Wpływ czasu ekspozycji i wilgotności w komorze klimatycznej na tempo zmian masy ekstrudatu

Figure 3. Impact of the time exposure and relative environment humidity in the climatic chamber on the speed of changes of the extrudate mass



Rysunek 4. Wpływ wilgotności względnej powietrza na średnie tempo wzrostu masy ekstrudatu

Figure 4. Impact of the time exposure and relative environment humidity in the climatic chamber on average extrudate mass changes speed

Podsumowując, należy zaznaczyć, że nawet niewielkie zmiany wilgotności powietrza mogą przyczyniać się do zmian zawartości wilgoci w produktach ekstrudowanych. Stwierdzono, że pomimo wysokiej stabilności (opisywanej w literaturze) produkty ekstrudowane mogą być bardzo wrażliwe na zmiany klimatu, szczególnie przy wilgotności powietrza powyżej 70%, a dłuższe ich przechowywanie bez opakowania może przyczynić się do obniżenia trwałości tych produktów. Biorąc pod uwagę niewątpliwą wrażliwość ekstrudatów na zmiany klimatyczne oraz ubogą literaturę obejmującą badania klimatyczne tych wyrobów, rysuje się potrzeba gruntownego zbadania różnych produktów ekstrudowanych w zmiennych warunkach wilgotnościowych i temperaturowych.

Wnioski

1. Wzrost wilgotności powietrza powodował wchłanianie wilgoci z powietrza przez ekstrudat, powodując jednocześnie zmiany jego masy. Największy przyrost masy oraz tempo wzrostu masy zaobserwowano przy wilgotności względnej powietrza 80%.
2. Ekstrudaty wykorzystane w badaniach charakteryzowały się dużą wrażliwością na zmiany klimatu, co potwierdził szybki wzrost ich wilgotności masowej, szczególnie w pierwszych godzinach przebywania w komorze klimatycznej.
3. Wraz ze wzrostem czasu przebywania ekstrudatu w ustalonych warunkach wilgotnościowych dynamika zmian masy próbek wyraźnie się zmniejszała.

Literatura

- Andrejko, D.; Rydzak, L. (2011). Wpływ wilgotności na właściwości mechaniczne ziarniaków pszenicy ozimej. *Inżynieria Rolnicza*, 2(111), 5-10.
- Cha, J.Y.; Chung, D.S.; Seib, P.A.; Flores, R.A.; Hanna, M.A.; (2001). Physical properties of starch-based foams as affected by extrusion temperature and moisture content. *Industrial Crops and Products* 14 (2001) 23-30 spent fowl meat, or beef, *Meat Science*, 52, 135-141.
- Cienko, Z. (1993). *Ocena jakości i przechwalnictwa produktów rolnych*. Skrypt. Wyd. II, UWM Olsztyn, ISBN 83-7299-281-9.
- Ekielski, A.; Majewski, Z.; Żelaziński, T. (2007). Effect of extrusion conditions on physical properties of buckwheat-maize blend extrudate. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57, 2(A), 57-61.
- Johnson, P.N.T.; Brennan, J.G. (2000). Kinetics of moisture absorption by plantain flour. *Journal of Food Engineering*, 45, 33-36.
- Korus, J.; Gumul, D.; Gibiński, M. (2006). Wpływ ekstruzji na zawartość polifenoli i aktywność przeciwutleniającą nasion fasoli zwyczajnej (*Phaseolus vulgaris*). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(47), 102-111.
- Meinders, M. B.J.; van Vliet, T. (2011). Oscillatory water sorption dynamics of bread crust. *Food Research International Volume: 44, Issue: 9, November*, 2814-2821.
- Pijanowski, E.; Dłużewski, M.; Dłużewska, A.; Jarczuk, A. (2004). *Ogólna technologia żywności*. Warszawa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 81-131.
- Rhee, K.S.; Cho, S.H.; Pradahn, A.M. (1999). Composition, storage stability and sensory properties of expanded extrudates from blends of corn starch and goat meat, lamb, mutton, spent fowl meat, or blef. *Meat Science*, 52, 135-141.

- Rocha-Guzma'na, N.E.; Gallegos-Infantea, J.A.; Gonza'lez-Laredoa, R.F.; Castillo-Antonio, P.A.; Delgado-Licona, E.; Ibarra-Pe'rezb, F. (2006). *Functional properties of three common bean (Phaseolus vulgaris) cultivars stored under accelerated conditions followed by extrusion*. LWT, 39, 6-10.
- Sowbhagya, H.B.; Smitha, S.; Sampathu, S.R.; Krishnamurthy, N.; Suvendu Bhattacharya. (2005). *Stability of water-soluble turmeric colourant in an extruded food product during storage*. *Journal of Food Engineering*, 67, 367-371.

PRELIMINARY INVESTIGATION OF MOISTURE STABILITY OF EXTRUDATED PRODUCTS

Abstract. The objective of the paper was to evaluate the influence of variable humidity conditions, especially dynamic water absorption from air, on the extrudated products. The material used for the research was the wheat - corn extrudate processed in a double-screw extruder. During the storage in the climatic chamber three factors influenced the investigated samples: temperature, relative humidity and the storage time. It was found that extrudates were characterized with considerable sensibility on variable conditions of the storage. Rapid growth of the absorbed humidity mass, particularly in the initial hours of the storage in the climatic chamber was reported.

Key words: extrusion, relative humidity, climatic chamber

Adres do korespondencji:

Adam Ekielski; e-mail: adam_ekielski@sggw.pl
Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
ul. Nowoursynowska 164
02-787 Warszawa