

*Grzegorz SZCZEPANIK, Agata BAKAN, Sławomir LISIECKI<sup>1</sup>*

## **WPŁYW SPOSOBU PAKOWANIA NA WYBRANE ZMIANY FIZYCZNE BANANÓW W CZASIE ICH ZAMRAŻALNICZEGO PRZECHOWYWANIA**

## **THE INFLUENCE OF KIND OF PACKAGING ON SOME PHYSICAL CHANGES OF THE BANANAS DURING FROZEN STORAGE**

Zakład Chłodnictwa, <sup>1</sup>Zakład Opakowalnictwa i Biopolimerów  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie  
ul. Papieża Pawła VI nr 3, 71-459 Szczecin, e-mail:grzegorz.szczepanik@zut.edu.pl

**Abstract.** Generally, fruits are characterized by a short-term stability as a result of a fast running ripening process. The main aim of the research was to define the influence of kind of packaging on some physical changes of the bananas during frozen storage. The bananas were stored in Air (P), Vacuum (V) and Atmosphere Modified (MAP) in time three months in  $-25^{\circ}\text{C}$ . Kinetics of texture changes was studied on a whole banana fruit and a vertical selection of banana. The texture properties can include several parameters: hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness, gumminess and chewiness. Texture measurements were made using TPA test. The whole banana fruit characterize with decrease such parameters as hardness, adhesiveness, gumminess and chewiness. Vertical selections of banana characterize with decrease such parameters as hardness, gumminess and chewiness. However, the growth of adhesiveness and cohesiveness succeeded. The results indicated that kind of packaging not influence on amplification banana fruits.

**Słowa kluczowe:** banany, tekstura, TPA, zamrażalnicze przechowywanie.  
**Key words:** bananas, frozen storage, texture, TPA.

### **WSTĘP**

Tekstura jest ważnym wyznacznikiem świadczącym o przydatności danych produktów żywnościowych do spożycia. W związku z tym, na podstawie rangi cech tekstury, produkty spożywcze podzielono na grupy, w których tekstura ma istotne znaczenia i na grupy, w których takiego znaczenia nie ma. Owoce i warzywa zaliczono do grupy, w której odgrywa ona ważną rolę (Marzec 2007). Tkanka owoców i warzyw jest delikatna i nietrwała, dlatego warunki przechowywania i pakowania decydują w dużym stopniu o jakości produktu oraz o jego przydatności do spożycia. Zapewnienie ciągłości łańcucha chłodniczego podczas pakowania, dystrybucji i przechowywania żywności mało przetworzonej jest niezbędne dla spowolnienia procesów tkankowych i mikrobiologicznych (Kowalska 2006). Zamrażalnicze zmiany struktury w tkankach roślinnych są większe niż w tkankach zwierzęcych. Obejmują one plazmolizę, czyli zjawisko koagulacji plazmy i utraty wody, wpływające na zanik funkcji życiowych tkanek. Dochodzi również do utraty półprzepuszczalności membran komórkowych, która powoduje wymieszanie i wypłukiwanie składników. Zachodzi rozluźnienie struktur komórkowych, co wiąże się ze spadkiem zdolności pektyn do wiązania komórek (Jastrzębski 1991).

Istotnym elementem zachowania jakości przechowywanej w niskiej temperaturze żywności jest opakowanie, które wpływa na jej podatność transportową i atrakcyjność handlową (Kondratowicz i Kościelak 2005). Tradycyjne opakowanie zabezpiecza żywność przed zewnętrznymi zanieczyszczeniami oraz działaniem czynników, takich jak tlen, para wodna i światło. Nowsze systemy pakowania, takie jak pakowanie w atmosferze modyfikowanej MAP (ang. *modified atmosphere packaging*), pakowanie aktywne AP (ang. *active packaging*), pakowanie w kontrolowanej atmosferze CAP (ang. *controlled atmosphere packaging*), pełnią więcej funkcji, poza zabezpieczeniem produktów przed wpływem czynników zewnętrznych (Zmarlicki 2000). W systemie MAP powietrze w opakowaniu zastępuje się mieszaniną gazów, w przypadku których proporcje poszczególnych składników są ściśle określone w trakcie pakowania. Istotne znaczenie ma to, że wskutek oddychania opakowanego świeżego produktu i w wyniku wymiany składników określonej mieszaniny gazów z atmosferą otoczenia jej skład może się powoli zmieniać, a wewnątrz opakowania ustala się z czasem zrównoważona atmosfera modyfikowana – inna niż w momencie pakowania (EMA) – Czerniawski i Sarzyński (1996). System CAP natomiast polega na stałym monitorowaniu ustalonego składu atmosfery oraz na korygowaniu i wyrównywaniu zmian spowodowanych przez oddychanie produktów i zawartych w nich mikroorganizmów, a także wynikających z przepuszczalności opakowań (Rooney 1992). Jednoczesne zastosowanie chłodzenia oraz dobrze dobranego opakowania i sposobu pakowania może prowadzić do zmniejszenia intensywności oddychania, zahamowania wzrostu bakterii saprofitycznych i grzybów, a także do zmniejszenia ubytku masy surowców roślinnych (Charles i in. 2006). Natomiast koncepcja aktywnych opakowań oparta jest na systemie interakcji między opakowaniem lub jego komponentami, lub wewnętrzną gazową atmosferą a żywnością w celu utrzymania wysokiej jakości, świeżości i bezpieczeństwa produktów, zgodnie z wymaganiami konsumenta. Różne systemy aktywnych opakowań dają możliwość pochłaniania takich gazów, jak: tlen, etylen, dwutlenek węgla, jak również emisji dwutlenku węgla, par etanolu i aromatów do atmosfery wewnątrz opakowania, regulowania wilgotności, absorpcji odoru, zastosowania wskaźników czasowo-temperaturowych oraz ochrony mikrobiologicznej (Czapski 2007). Powszechnie stosowane są również opakowania próżniowe. Pakowanie próżniowe polega na usunięciu powietrza z opakowania, które następnie jest szczelnie zamykane, zwykle przez zgrzewanie. Oczywiście warunkiem uzyskania próżni jest zastosowanie materiału opakowaniowego o wystarczająco wysokiej barierowości w stosunku do gazów, umożliwiającej jak najdłuższe utrzymanie próżni produktu w czasie jego długotrwałego chłodniczego przechowywania (Kondratowicz i Kościelak 2005).

Bananowiec jest rośliną rosnącą w strefie międzyzwrotnikowej – w Azji, Afryce, Ameryce Południowej i Australii. Banany docierają do krajów przeznaczenia drogą morską. A więc ich dostępność jest ograniczona i uzależniona od dostaw eksporterów.

W związku z powyższym postanowiono zbadać wpływ wybranych metod pakowania na parametry tekstury bananów, poddanych zamrażalnictwu przechowywaniu. Postanowiono także ustalić, która z wykorzystanych metod pakowania pozwoli na jak najmniejsze zmiany badanych cech produktu.

## MATERIAŁ I METODY

Materiałem do badań były banany odmiany 'Musa Acuminata'. Surowiec został zakupiony w Zachodniopomorskim Centrum Hurtowym "Rolhurt" w Przecławiu. Krajem pochodzenia bananów była Kolumbia. Banany odznaczały się zielonym kolorem, znajdowały się w stanie preklimakterycznym. Od zbioru do wykonywania badań minęły około dwa tygodnie. Po zbiorze owoce przechowywane były w chłodni, następnie na statku – w przechowalniach w temperaturze około 13°C.

Banany (całe owoce w skórce) rozdzielono na równe części o masie około 250–350 g i zapakowano w woreczki polietylenowe (PE), o rozmiarach 200 mm x 150 mm, wykorzystując trzy sposoby pakowania:

- 1) pakowanie w woreczki PE zamknięte, bez odpowietrzania;
- 2) pakowanie próżniowe – w woreczki PE, przy użyciu pakowaczki próżniowej Turbovac (model SB 420), przy następujących parametrach pakowania: odsysanie – 15 mbar (milibarów), dodatkowa próżnia – OFF, odgazowanie – 100 mbar, zgrzewanie – 2 sekundy, miękkie powietrze – 200 mbar;
- 3) pakowanie w modyfikowanej atmosferze – w woreczki PE, przy użyciu pakowaczki firmy Tepro Vacu Tronic 2000, z zastosowaniem modyfikowanej atmosfery o składzie: 91% N<sub>2</sub>, 5% O<sub>2</sub>, 4% CO<sub>2</sub>.

Pomiar składu atmosfery wykonano sondą igłową za pomocą aparatu MOCON. Następnie próby zamrożono metodą owiewową i przechowywano w temperaturze – 25°C (± 0,5°C) przez okres od jednego do trzech miesięcy.

Po okresie 1, 2 i 3 miesięcy zamrażalniczego przechowywania próby rozpakowywano i ważono na wadze elektronicznej Radwag WPS/C/1, z dokładnością do 0,01 g, w celu określenia różnic w masie powstałych podczas przechowywania (sublimacja). Następnie opakowane próby rozmrażano metodą owiewową, przy cyrkulacji powietrza równej 3–4 obj. na dobę oraz wilgotności 90±2%, w chłodni w temperaturze 4°C. Do momentu przeprowadzenia analizy tekstury, w czasie do godziny od momentu uzyskania temperatury 4°C w środku geometrycznym surowca, rozmrożone próby przechowywano w temperaturze 4°C.

Zmiany masy powstałe w wyniku sublimacji (B) obliczano za pomocą wzoru:

$$B = A_1 - A_2$$

gdzie:

$A_1$  – masa surowca świeżego [g],

$A_2$  – masa zamrożonego surowca po przechowywaniu [g].

Analizę profilu tekstury (z użyciem testu TPA) bananów przeprowadzono z wykorzystaniem analizatora TA.TXplus firmy Stable Micro Systems Ltd., używając sondy aluminiowej w kształcie walca o średnicy 12,7 mm.

Owoców nie odskórzano. Całe owoce i pokrojone w plastry układano płasko na powierzchni stolika analizatora tekstury. Grubość plastrów banana w przekroju poprzecznym wynosiła 10 mm. Wykonano po dziewięć powtórzeń testu TPA dla każdego owocu w całości oraz w przekroju poprzecznym.

Przyjęto następujące parametry testu: prędkość dojścia trzpienia do próby (Pre-Test Speed) wynoszącą 1,5 mm·s<sup>-1</sup>, prędkość zanurzenia trzpienia (Test Speed) –1,0 mm·s<sup>-1</sup>,

prędkość wynurzania trzpienia z próby (Post-Test Speed) – 10,0 mm·s<sup>-1</sup>; głębokość penetracji (Distance) – 5 mm, masę nacisku (Trigger Force) – 5 g, czas (Time) – 5 s.

Badając teksturę banana, obliczono parametry: twardości, przylepności, spójności, spoistości, gumistości i żuwalności.

Celem analizy statystycznej badanych parametrów tekstury surowca było zweryfikowanie hipotezy, że zastosowanie różnych sposobów pakowania powodowało różnice w wielkości określanych wskaźników jakościowych badanych prób. W wyniku przeprowadzonych testów istotności różnic dla dwóch średnich uzyskano odpowiedź na pytanie, czy średni poziom badanego wskaźnika prób, pakowanych w atmosferze powietrza, różnił się istotnie od średniego poziomu tego wskaźnika prób pakowanych innymi metodami. W celu sprawdzenia, czy wielkość poszczególnych wskaźników badanych próbach uległa istotnej zmianie, w czasie całego okresu zamrażalniczego przechowywania uzyskane wyniki poddano weryfikacji statystycznej z zastosowaniem testu t – par skojarzonych z dwiema próbami dla średniej (Hozer i in. 1994). Ponadto obliczono współczynnik korelacji Pearsona, który określa poziom zależności liniowej między zmiennymi losowymi i który jest miarą korelacji dwu (lub większej liczby) zmiennych. Wszystkie testy statystyczne wykonane zostały na poziomie istotności  $\alpha=0,05$ , gdyż taka wielkość jest powszechnie stosowana w tego rodzaju eksperymentach (Kebaby i in. 1997; Macedo i Malcata 1997).

Jednocześnie wykonano badania folii polietylenowej użytej w doświadczeniu do pakowania prób. Zbadano szybkość przenikania pary wodnej metodą czujnika podczerwieni. Badania przeprowadzono za pomocą urządzenia Permatran 3/33 (Mocon, USA).

Badania szybkości przenikania pary wodnej metodą czujnika podczerwieni wykonano na podstawie normy PN-EN ISO 15106-2 (2007). Badanie przeprowadzono w następujących warunkach – w temperaturze 23°C i przy RH wynoszącej 100% (przeliczano na RH 85%). Gazem nośnikowym był azot 5,0 (Linde Gaz, Polska) dosuszony przed wprowadzeniem do komory w kolumnie osuszającej. Podczas badania próbka, o powierzchni 50 cm<sup>2</sup>, oddzielała dwie części komory – w jednej przepływał gaz o wilgotności RH wynoszącej 100%, przez drugą przepływał gaz osuszony. Przenikająca przez badany materiał para wodna, wraz ze strumieniem wstępnie osuszonego gazu, przepływała przez komorę czujnika podczerwieni, który generował sygnał elektryczny będący miarą ilości pary wodnej przedostającej się przez badany materiał do części komory.

Oznaczono szybkość przenikania pary wodnej (WVTR) [mg/m<sup>2</sup>·24h], czyli masę pary wodnej przenikającej przez jednostkę powierzchni badanej próbki, w jednostce czasu, w określonych warunkach badania.

Następnie wyznaczono szybkość przenikania tlenu przez folię polietylenową użytą w doświadczeniu. Badania przeprowadzono za pomocą urządzenia OX-TRAN 2/20 ML (Mocon, USA).

Badania szybkości przenikania tlenu wykonano na podstawie normy ASTM F 1927-07. Gazem testowym był tlen 3.5 (Linde Gaz, Polska). Gazem nośnikowym była mieszanina w ilości 95% azotu i 5% wodoru (Linde Gaz, Polska). Próbka była przed badaniami kondycjonowana przez 24 godz. w komorze klimatycznej KBF 115 (Binder, Niemcy) i dodatkowo przez minimum 3 godz. w komorze pomiarowej urządzenia OX-TRAN. Badania kończył

automatycznie program urządzenia; warunkiem było uzyskanie w ciągu ostatnich 10 godz. stabilnych wyników. Oznaczono szybkości przenikania tlenu ( $O_2TR$ ) [ $cm^3/m^2 \cdot 24h$ ], czyli ilości tlenu przenikającego przez jednostkę powierzchni badanej próbki, w jednostce czasu, w określonych warunkach temperatury i wilgotności względnej (RH) (ASTM F1927-07).

Badanie przeprowadzono w następujących warunkach – w temperaturze  $23^\circ C$ , przy RH  $50 \pm 3\%$ . Powierzchnia próbki wynosiła  $50 cm^2$ .

## WYNIKI I DYSKUSJA

Sposób pakowania i rodzaj materiału opakowaniowego są czynnikami decydującymi w znacznym stopniu o jakości pakowanej żywności, na którą składają się jej bezpieczeństwo zdrowotne i trwałość. Do metod pakowania, które pozwoliły na wydłużenie okresu przechowywania i które weszły na stałe do praktyki produkcyjnej, należą: pakowanie w atmosferze powietrza, próżni oraz w atmosferze modyfikowanej (Polak i in. 2005). Bardzo istotny jest dobór sposobu pakowania, który pozwala na zmniejszenie intensywności oddychania, zahamowanie wzrostu drobnoustrojów oraz zmniejszenie ubytku masy surowców roślinnych (Charles i in. 2006).

W niniejszych badaniach przy zastosowaniu pakowania w modyfikowanej atmosferze, pomimo zamrożenia prób, zaobserwowano zmianę składu atmosfery (tab. 1). Może to być związane z niską barierowością opakowania. Z badań przeprowadzonych na folii, użytej do pakowania prób, wynika, że szybkość przenikania tlenu wynosiła  $46,28 \pm 0,27$  [ $cm^3/m^2 \cdot 24 h$ ], natomiast szybkość przenikania pary wodnej –  $2,27 \pm 0,28$  [ $mg/m^2 \cdot 24 h$ ]. Czerniawski i Sarzyński (1996) podają, że wskutek wymiany składników określonej mieszaniny gazów z atmosferą otoczenia jej skład może się powoli zmieniać, przy czym wewnątrz opakowania ustala się zrównoważona atmosfera modyfikowana (EMA).

Tabela 1. Zmiany stężenia gazów w modyfikowanej atmosferze w czasie zamrażalniczego przechowywania bananów

Table 1. Changes of Atmosphere Modified composition during frozen banana storage

Czas przechowywania [mies.] Storage time [months]	Skład modyfikowanej atmosfery – Atmosphere modified composition [%]		
	$O_2$	$CO_2$	$N_2$
0	5,00	4,00	91,00
1	1,41	4,34	94,25
2	1,15	4,81	94,04
3	2,56	3,93	93,51

Na akceptację żywności istotny wpływ ma również tekstura. Pierwszą z oznak pogorszenia się jakości owoców i warzyw jest utrata jędrności (Polak i in. 2005). Według Zmarlickiego (2000) tradycyjne opakowanie zabezpiecza żywność przed dostępem głównie tlenu, pary wodnej i światła, jednak nie chroni ono produktu przed sublimacją i utratą masy. Królicki (2003) podaje, że przechowywanie żywności w próżni w wielowarstwowych opakowaniach ogranicza przepuszczalność gazów, pary wodnej i zabezpiecza opakowany surowiec przed wysychaniem i utratą masy. Zaznacza również, że opakowanie próżniowe zabezpiecza produkt przed szkodliwym oddziaływaniem otoczenia, chociażby poprzez ograniczenie procesów utle-

niania. Również w niniejszych badaniach zaobserwowano zmiany masy w czasie zamrażalniczego przechowywania, jednak w żadnej z badanych prób nie przekroczyły one 0,01 %.

Del Nobile i in. (2007) podają, że do pakowania w modyfikowanej atmosferze stosuje się zmniejszoną zawartość tlenu, a zwiększoną zawartość azotu i dwutlenku węgla. Świeże owoce należą do produktów „oddychających”. Po zmniejszeniu zawartości tlenu lub zwiększeniu zawartości dwutlenku węgla obserwuje się zmniejszenie szybkości dojrzewania i oddychania owoców, wytwarzania etylenu, mięknięcia, degradacji chlorofilu czy brązowienia enzymatycznego. Krala i Witkowska (2004) udowodnili, iż modyfikowana atmosfera ogranicza przemianę barwników chlorofilowych w przechowywanych warzywach i sprzyja zachowaniu intensywnej barwy, a co za tym idzie wpływa na jakość warzyw. Dowiedziono również, że modyfikowana atmosfera sprzyja zachowaniu wartości biologicznej oraz ogranicza zmiany spowodowane dostępem tlenu. Również w niniejszych badaniach próby przechowywane w modyfikowanej atmosferze odznaczały się najmniejszym ubytkiem masy, w porównaniu z próbami pakowanymi pozostałymi metodami. Także pod względem wyglądu fizycznego owoce pakowane tą metodą po zamrażalniczym przechowywaniu uległy najmniejszym zmianom (rys. 1, 2, 3).



Rys. 1. Zdjęcie całego banana przechowywanego w powietrzu przed rozmrożeniem i po rozmrożeniu  
Fig. 1. The whole banana after frozen storage packaged in Air before defrosting and after defrosting



Rys. 2. Zdjęcie całego banana przechowywanego w próżni przed rozmrożeniem i po rozmrożeniu  
Fig. 2. The whole banana after frozen storage packaged in Vacuum before defrosting and after defrosting



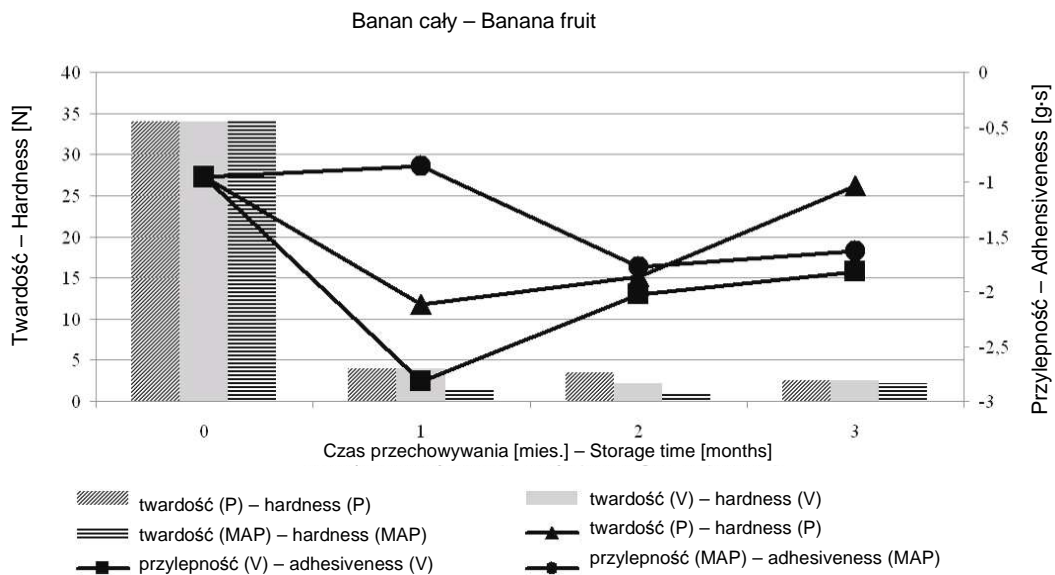
Rys. 3. Zdjęcie całego banana przechowywanego w modyfikowanej atmosferze przed rozmrożeniem i po rozmrożeniu  
Fig. 3. The whole banana after frozen storage packaged in Atmosphere Modified before defrosting and after defrosting

Niezależnie od sposobu pakowania zaobserwowano spadek twardości badanych prób po ich zamrażalniczym przechowywaniu (rys. 4, 5). Gwałtowne zmniejszenie twardości już po pierwszym miesiącu zamrażalniczego składowania mogło być spowodowane zniszczeniem naturalnej struktury tkankowej owoców w wyniku powstawania kryształków lodu i kriodyfuzji wody. Powolny proces rozmrażania zastosowany w niniejszych badaniach, jakim niewątpliwie jest metoda owiewowa, mógł spowodować, oprócz uszkodzenia struktur histologicznych, nasilenie działania oksydazy polifenolowej, która powoduje brązowienie enzymatyczne, a co za tym idzie rozluźnienie struktury próby. Potwierdza to Jastrzębski (1991), który podaje, że w zamrożonych tkankach roślinnych zachodzi rozluźnienie struktur komórkowych, co wiąże się z wyciekaniem wody z cząsteczek pektyn i ze spadkiem ich funkcji wiązania komórek. Zmiany strukturalne powodują utratę turgoru oraz spadek jędrności owoców. Największe zmiany właściwości reologicznych zaobserwowano w próbach pakowanych w modyfikowanej atmosferze. Oznacza to, że system pakowania z zastosowaniem modyfikowanej atmosfery nie jest najlepszy dla surowca przeznaczonego do mrożenia.

Toivonen i Brummell (2008) podają, że w warzywach i owocach w czasie przechowywania dochodzi do utleniania enzymatycznego, które objawia się brązową barwą skórki. Mechanizm reakcji polega na współdziałaniu substratów polifenoli z oksydazą fenolową w obecności tlenu. Enzym zlokalizowany jest w plastydach komórek roślinnych, natomiast substraty polifenolowe znajdują się w wakuolach. Ta fizyczna separacja zapobiega utlenianiu fenoplastów w nieuszkodzonych żywych komórkach. Bariera może zostać utracona w wyniku uszkodzenia komórek podczas zbioru lub przetwarzania. Wówczas rozpoczyna się oksydacja. Busch (1999) podaje, że rola samej reakcji nie jest w pełni poznana, ale uważa się, że stanowi ona mechanizm ochronny przeciwko chorobom wywoływanym przez mikroorganizmy i insekty. Badania Imsabai i in. (2006) dowiodły, że w odniesieniu do banana substratami fenolowymi są 3,4-dihydroksyfenyloalanina, leukodelfinidyna i leukocjanidyna. W niniejszych badaniach, niezależnie od zastosowanego sposobu pakowania, po rozmrożeniu doszło do zbrązowienia skórki badanych prób, co mogło być spowodowane zarówno reakcją owoców na zimno, jak i procesem utleniania. Najmniejsze zmiany wystąpiły w próbach po zastosowaniu modyfikowanej atmosfery.

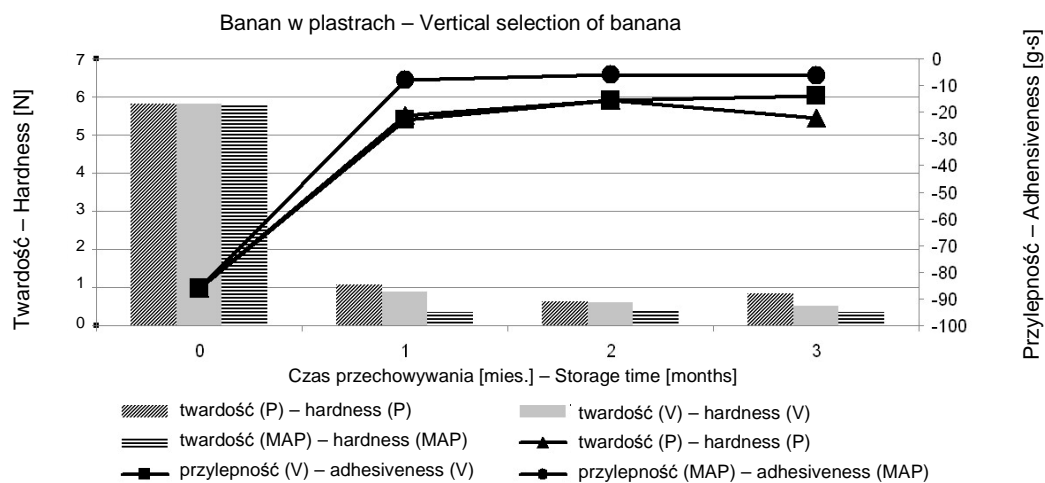
Ramaswamy i Chen (2002) podają, że w czasie badań nad teksturą produktów podczas przechowywania zachodzi wysoka korelacja pomiędzy ich różnymi właściwościami fizycznymi, niezależnie od temperatury i warunków przechowywania. W trakcie badań nad zmianami tekstury, zachodzącymi w przechowywanych owocach banana, Chauhana i in. (2002) również stwierdzili wysoką korelację pomiędzy parametrami tekstury. Podobnie w niniejszych badaniach wystąpiła korelacja pomiędzy poszczególnymi parametrami tekstury, co obrazują tab. 4, 5. Oznacza to, iż każdy z tych parametrów byłby dobrym wskaźnikiem zmian w budowie.

Ze statystycznego punktu widzenia najmniejsze różnice w twardości, przylepności, gumistości i żuwalności tego samego produktu świeżego i po jego zamrażalniczym przechowywaniu wystąpiły w próbach pakowanych w woreczki PE zamknięte bez odpowietrzania (tab. 2, 3).



Rys. 4. Zmiany twardości i przylepności całych bananów po zamrażalniczym składowaniu całych owoców pakowanych w woreczki PE zamknięte bez odpowietrzania (P), w próżni (V) i w modyfikowanej atmosferze (MAP)  
0 – badanie świeżego surowca.

Fig. 4. Changes of hardness and adhesiveness the whole bananas after frozen storage whole fruits packaged in Air (P), Vacuum (V) and Atmosphere Modified (MAP)  
0 – the time of storage means research on fresh fruit.



Rys. 5. Zmiany twardości i przylepności plastrów bananów po zamrażalniczym składowaniu całych owoców pakowanych w woreczki PE zamknięte bez odpowietrzania (P), w próżni (V) i w modyfikowanej atmosferze (MAP)  
0 – badanie świeżego surowca.

Fig. 5. Changes of hardness and adhesiveness vertical selection of banana after frozen storage whole fruits packaged in Air (P), Vacuum (V) and Atmosphere Modified (MAP)  
0 – the time of storage means research on fresh fruit.



Tabela 2. Wyniki analizy statystycznej dla prób zależnych całego banana  
 Tabele 2. Results of statistical analysis for dependent samples the whole banana

Rodzaj próby Sample type	Parametr	Średnia Mean $\bar{x}$  wniosek conclusion	Próby pakowane w atmosferze powietrza Air packaging		Próby pakowane próżniowo Vacuum packaging		Próby pakowane w modyfikowanej atmosferze Atmospheric modification packaging	
			czas przechowywania [mies.] – storage time [months]					
			0	3	0	3	0	3
Banana cały – Banana fruit	twardość hardness (N)	$\bar{x}$	34,01	2,50	34,01	2,51	34,01	2,15
		wniosek conclusion	(+)		(+)		(+)	
	przylepność adhesiveness [g·s]	$\bar{x}$	-0,95	-1,04	-0,95	-1,82	-0,95	-1,63
		wniosek conclusion	(-)		(+)		(+)	
	sprężystość springiness	$\bar{x}$	0,66	0,71	0,66	0,70	0,66	0,73
		wniosek conclusion	(+)		(+)		(+)	
	spójność cohesiveness	$\bar{x}$	0,53	0,65	0,53	0,72	0,53	0,73
		wniosek conclusion	(+)		(+)		(+)	
	gumistość gumminess	$\bar{x}$	17,35	1,84	17,35	1,62	17,35	1,60
		wniosek conclusion	(+)		(+)		(+)	
	żuwalność chewiness	$\bar{x}$	13,81	1,28	13,81	1,08	13,81	1,12
		wniosek conclusion	(+)		(+)		(+)	

Istotność różnic przy  $p = 0,05$  – Significant differences at a level of  $p = 0.05$ .

Tabela 3. Wyniki analizy statystycznej dla prób zależnych plasterów banana  
 Tabele 3. Results of statistical analysis for dependent samples vertical selection of banana

Rodzaj próby Sample type	Parametr	Średnia Mean $\bar{x}$  wniosek conclusion	Próby pakowane w atmosferze powietrza Air packaging		Próby pakowane próżniowo Vacuum packaging		Próby pakowane w modyfikowanej atmosferze Atmospheric modification packaging	
			czas przechowywania [mies.] – storage time [months]					
			0	3	0	3	0	3
Banana przekrój Vertical selection of banana	twardość hardness (N)	$\bar{x}$	5,81	0,85	5,81	0,51	5,81	0,35
		wniosek conclusion	(+)		(+)		(+)	
	przylepność adhesiveness [g·s]	$\bar{x}$	-86,07	-22,40	-86,07	-14,06	-86,07	-6,32
		wniosek conclusion	(+)		(+)		(+)	
	sprężystość springiness	$\bar{x}$	0,92	0,74	0,92	0,71	0,92	0,56
		wniosek conclusion	(+)		(+)		(+)	
	spójność cohesiveness	$\bar{x}$	0,18	0,47	0,18	0,51	0,18	0,45
		wniosek conclusion	(+)		(+)		(+)	
	gumistość gumminess	$\bar{x}$	1,21	0,33	1,21	0,24	1,21	0,15
		wniosek conclusion	(+)		(+)		(+)	
	żuwalność chewiness	$\bar{x}$	0,92	0,25	0,92	0,17	0,92	0,08
		wniosek conclusion	(+)		(+)		(+)	

Istotność różnic przy  $p = 0,05$  – Significant differences at a level of  $p = 0.05$ .

Tabela 4. Współczynnik korelacji całych bananów między parametrami tekstury  
Table 4. Coefficients of correlation the whole bananas between texture parameters

Parametry jakości Quality parameters	Przylepność Adhesiveness	Sprężystość Springiness	Spójność Cohesiveness	Gumistość Gumminess	Żuwalność Chewiness
Twardość – Hardness (N)	0,37	-0,43	-0,81*	1,00*	0,99*
Przylepność Adhesiveness	–	-0,31	-0,14	0,34	0,30
Sprężystość Springiness	–	–	0,50	-0,38	-0,35
Spójność Cohesiveness	–	–	–	-0,82*	-0,83*
Gumistość Gumminess	–	–	–	–	1,00*

\*Współczynnik korelacji istotny statystycznie ( $\alpha=0,05$ ) – Correlation coefficient statistically significant ( $\alpha=0.05$ ).

Tabela 5. Współczynnik korelacji plasterów bananów między parametrami tekstury  
Table 5. Coefficients of correlation vertical selection of banana between texture parameters

Parametry jakości Quality parameters	Przylepność Adhesiveness	Sprężystość Springiness	Spójność Cohesiveness	Gumistość Gumminess	Żuwalność Chewiness
Twardość – Hardness (N)	-0,99*	0,56	-0,91*	0,98*	0,90*
Przylepność Adhesiveness	–	-0,64*	0,85*	-0,99*	-0,92*
Sprężystość Springiness	–	–	-0,31	0,69*	0,76*
Spójność Cohesiveness	–	–	–	-0,85*	-0,76*
Gumistość Gumminess	–	–	–	–	0,95*

\*Współczynnik korelacji istotny statystycznie ( $\alpha=0,05$ ) – Correlation coefficient statistically significant ( $\alpha=0.05$ ).

Porównując wpływ trzech zastosowanych metod pakowania w czasie całego okresu składowania na zmiany twardości, gumistości i żuwalności, istotne statystycznie różnice stwierdzono w próbach pakowanych z zastosowaniem modyfikowanej atmosfery.

Przechowywanie zamrażalnicze jest powszechnie stosowaną metodą wydłużania trwałości produktów roślinnych, jednak w przypadku bananów i zastosowanych sposobów pakowania odnotowano znaczny spadek parametrów tekstury. Badania tekstury wykazały, że twardość, gumistość i żuwalność surowca uległy najmniejszym zmianom po zastosowaniu systemu pakowania w powietrzu. Jednak we wszystkich przypadkach mrożenia owoców nastąpiły nieodwracalne zmiany właściwości fizycznych bananów i żaden z zastosowanych systemów pakowania nie zabezpieczył dostatecznie surowca przed pogorszeniem stanu tekstury.

## WNIOSKI

1. Największym ubytkiem masy charakteryzowały się próby pakowane z pozostawieniem wewnątrz opakowania powietrza, natomiast najmniejszym – próby przechowywane w modyfikowanej atmosferze.
2. Porównując wpływ trzech zastosowanych metod pakowania w czasie całego okresu składowania na zmiany parametrów tekstury, najistotniejsze różnice stwierdzono w próbach przechowywanych w opakowaniach z zastosowaniem modyfikowanej atmosfery,

a najmniejsze – w próbach przechowywanych w opakowaniach z pozostawieniem wewnątrz powietrza

3. W próbach przechowywanych w modyfikowanej atmosferze, pomimo ich zamrożenia, zaobserwowano zmiany składu atmosfery.

## PIŚMIENNICTWO

- ASTM F1927-07.** Standard test method for determination of oxygen gas transmission rate, permeability and permeance at controlled relative humidity through barrier materials using a coulometric detector.
- Busch J.M.** 1999. Enzymic browning in potatoes: a simple assay for a polyphenol oxidase catalysed reaction. *Bioch. Educ.* 27, 171–173.
- Charles F., Sanchez J., Gontard N.** 2006. Absorption kinetics of oxygen and carbon dioxide scavengers as part of active modified atmosphere packaging. *Journal of Food Engineering* 72, 1–7.
- Chauhan O.P., Raju P.S., Dasgupta D.K., Bawa A.S.** 2005. Instrumental textural changes in banana (var. Pachbale) during ripening under active and passive modified atmosphere. Siddarthnagar, Mysore, India, Defence Food Research Laboratory.
- Czapski J.** 2007. Trendy w technologii aktywnych opakowań żywności ze szczególnym uwzględnieniem produktów owocowo-warzywnych. *Przem. Ferment. Owoc.-Warz.* 10, 36–38.
- Czerniawski B., Sarzyński W.** 1996. System pakowania produktów żywnościowych w atmosferze modyfikowanej (MAP). *Opakowanie* 2, 17–20.
- Del Nobile M.A., Licciardello F., Scrocco C., Muratore G., Zappa M.** 2007. Design of plastic packages for minimally processed fruits. *J. Food Eng.* 79, 217–224.
- Feldman M.** 2006. Najlepsze dwie innowacje: firma Mondi Packaging Flexibles prezentuje opakowanie typu Neo Steam MAP. *Opakowanie* 6, 37.
- Hozer J., Kolanko E., Korol M., Lasota B., Witek M.** 1994. *Statystyka. Cz. II. Wnioskowanie statystyczne.* Szczecin, Wydaw. Nauk. US.
- ImSabai W., Ketsa S. Doorn W.G.** 2006. Physiological and biochemical changes during banana ripening and finger drop. *Postharv. Biol. Technol.* 39 (2), 211–216.
- Jastrzębski W.** 1991. *Technologia chłodnicza żywności.* Warszawa, Wydaw. Szkolne i Pedagogiczne, 322–338.
- Kebary K.M.K., Salem O.M., Hamed A.I., El-sis A.S.** 1997. Flavour enhancement of direct acidified Kareish cheese using attenuated lactic acid bacteria. *Food Res. Internat.* 30 (3–4), 265–272.
- Kondratowicz J., Kościelak E.** 2005. Nowe tendencje w systemach pakowania żywności przechowywanej w niskich temperaturach. *Cz. 2. Chłodnictwo* 8, 54–59.
- Kondratowicz J., Kościelak E.** 2005. Nowe tendencje w systemach pakowania żywności przechowywanej w niskich temperaturach. *Cz. 1. Chłodnictwo* 7, 36–40.
- Kowalska H.** 2006. Żywność minimalnie przetworzona – owoce i warzywa. *Przem. Spoż.* 6, 24–27.
- Krala L., Witkowska M.** 2004. Intensywność oddychania, zawartość witaminy C i barwników chlorofilowych w warzywach kapustnych przechowywanych w kontrolowanej atmosferze. *Chłodnictwo* 7, 44–47.

- Królicki Z.** 2003. Wykorzystanie anizotropii materiałowej wielowarstwowych opakowań produktów spożywczych w modelowaniu przepływu ciepła w procesie zamrażania i rozmrażania. *Chłodnictwo* 12, 18–21.
- Macedo A.C., Malcata F.X.** 1997. Hydrolysis of  $\alpha_s$ - and  $\beta$ -caseins during ripening of Serra chesse. *Food Chem.* 58 (1–2), 43–48.
- Marzec A.** 2007. Tekstura żywności. *Przem. Spoż.* 5, 6–10.
- Polak E., Ćwiertniewski K., Egierski K.** 2005. Przedłużenie trwałości produktów spożywczych z zastosowaniem atmosfery modyfikowanej. *Chłodnictwo* 7, 24–28.
- Ramaswamy H.S., Chen C.R.** 2002. Color and texture change kinetics in ripening Bananas. *Canad. Inst. Food Sci. Technol. Elsevier Sci.* 35, 415–419.
- Rooney M.L.** 1992. Reactive packaging materials for food preservation [in: *Proceedings of the First Japan–Australia Workshop on Food Processing*], Tsukuba, Japan, 1992. [b.w.], 78–82.
- Toivonen P.M.A., Brummell D.A.** 2008. Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharv. Biol. Technol.* 48 (1), 1–14.
- Zmarlicki S.** 2000. Proces w zakresie pakowania żywności w modyfikowanej atmosferze oraz pakowania aktywnego. *Przem. Spoż.* 11, 31–35.