

CHARAKTERYSTYKA PODSTAWOWYCH WŁAŚCIWOŚCI NOWEGO MATERIAŁU TERMOIZOLACYJNEGO PRZEZNACZONEGO NA OPAKOWANIA ŻYWNOSCI MROŻONEJ

Dariusz Góral, Franciszek Kluza, Katarzyna Kozłowicz,
Małgorzata Góral

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. Zaproponowano nowy materiał termoizolacyjny, łatwo biodegradowalny i tani w produkcji, przewidziany na opakowania żywności mrożonej, ułatwiający zachowanie ciągłości łańcucha chłodniczego. Przebadano pięć różnych odmian materiału uzyskanego z pulpy papierowej. Doświadczalnie scharakteryzowano gęstość i przewodność cieplną oraz obrazy termowizyjne opakowań wykonanych z tych materiałów z umieszczonym wewnątrz produktem zamrożonym wraz z histogramami rozkładu temperatury ich powierzchni. Stwierdzono, że najniższą gęstością charakteryzował się materiał na bazie pulpy papierowej z dodatkiem albumin białka kurzego, natomiast najniższą przewodnością cieplną materiały na bazie pulpy z dodatkiem NaHCO_3 + oksyetylenowany alkohol laurylowy + $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ i pulpy z dodatkiem NaHCO_3 i $\text{KC}_4\text{H}_5\text{O}_6$. Obrazy termowizyjne powierzchni opakowań z badanych materiałów oraz histogramy rozkładu temperatury ich powierzchni świadczą o dobrych izolacyjnych właściwościach badanych prób.

Słowa kluczowe: przewodność cieplna, materiał termoizolacyjny, opakowania zimnochronne, obraz termowizyjny

WSTĘP

Zamrożony produkt od momentu produkcji, poprzez transport i dystrybucję, aż do konsumpcji przez klienta, powinien być przechowywany w optymalnej temperaturze, najlepiej poniżej -18°C . Narażenie produktu na przebywanie poza zalecanym zakresem

Adres do korespondencji – Corresponding author: Dariusz Góral, Katedra Chłodnictwa i Energetyki Przemysłu Spożywczego, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Doświadczalna 44, 20-280 Lublin, e-mail: dariusz.goral@up.lublin.pl

temperatury w poszczególnych etapach łańcucha chłodniczego może prowadzić do obniżenia jakości lub wręcz do zepsucia. Żywność mrożona, w zdecydowanej większości przypadków, wymaga odpowiednio dostosowanych opakowań. Właściwości materiałów opakowaniowych ułatwiają zapewnienie ciągłości łańcucha chłodniczego. Wzrost wymagań proekologicznych wymusza odchodzenie od opakowań zimnochronnych, wytwarzanych z wykorzystaniem polistyrenu i podobnych materiałów termoizolacyjnych oraz poszukiwanie innych materiałów opakowaniowych dostosowanych do kontaktu z żywnością, jednocześnie biodegradowalnych i tanich w produkcji [Krala i Kijowski 2013, Kozłowicz i in. 2015].

Materiały przeznaczone do bezpośredniego lub pośredniego kontaktu z żywnością muszą być wystarczająco obojętne chemicznie, aby nie stanowić zagrożenia dla zdrowia i nie powodować niedopuszczalnych zmian żywności. Wymagania te zdefiniowano w art. 3 Rozporządzenia nr 1935/2004 Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie materiałów i wyrobów przeznaczonych do kontaktu z żywnością następująco: „materiały i wyroby powinny być produkowane zgodnie z dobrą praktyką produkcyjną, tak aby w normalnych lub możliwych do przewidzenia warunkach użytkowania nie dochodziło do migracji ich składników do żywności w ilościach, które mogłyby stanowić zagrożenie dla zdrowia człowieka, powodować niemożliwe do przyjęcia zmiany w składzie żywności lub pogorszenie jej cech organoleptycznych” [Panfil-Kuncewicz i in. 2011]

Materiały z naturalnych polimerów są już wykorzystywane do produkcji opakowań żywności. Jednak najczęściej używane materiały są nadal zdominowane przez polimery wytwarzane z oleju mineralnego. Wyjątkiem jest celuloza, z której powszechnie wykonuje się zewnętrzną, papierową warstwę opakowań. Niemodyfikowana celuloza ulega łatwo biodegradacji. Papier lub tektura cechują się niezbyt dobrymi właściwościami termoizolacyjnymi ($\lambda = 0,14 \text{ W/(mk)}$) i barierowymi. Materiały te są również nieodporne na wilgoć [Petersen i in. 1999]. Biodegradowalne opakowania produkowane są także z niemodyfikowanej skrobi kukurydzianej w połączeniu z polietylenem o małej gęstości (LDPE). Przykładowo taka folia (LDPE-S) wykorzystywana jest do pakowania mięsa, brokułów i chleba [Stepaniak 1999].

Nowym rozwiązaniem zaproponowanym przez Górala i in. [2012] jest materiał opakowaniowy termoizolacyjny otrzymany z makulatury poprzez zastosowanie środków spieniających. Struktura materiału zawiera dużą ilość powietrza, przez co wykazuje on właściwości typowe dla izolacji cieplnej. Ponadto, taki materiał umożliwia absorbowanie wilgoci wydzielonej przez produkt spożywczy i jej wewnętrzny transport.

Celem pracy było zbadanie podstawowych właściwości pięciu odmian nowego materiału termoizolacyjnego wykonanego ze spienionej pulpy papierowej pod kątem możliwości jego zastosowania do pakowania żywności zamrożonej.

MATERIAŁY I METODY

Surowcem użytym do badań była pulpa papierowa uzyskana w wyniku roztwarzania szarego papieru. Porcje pociętego papieru o masie 50 g moczono w 300 g wody. Pulpę papierową uzyskano poprzez mechaniczne mielenie nasiąkniętego papieru. Do tak

przygotowanego surowca dodawano substancje spieniające: 15 g wodorowęglanu sodu (NaHCO_3) oraz oksyetylenowany alkohol laurylowy (3,6,9,12,15,18,21,24,27,30,33,36-dodekaoksaotetradekanol-1-ol). W celu uzyskania środowiska o odczynie kwaśnym, niezbędnego do spulchniania, dodano 8% wodny roztwór kwasu cytrynowego ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$), w ilości 1 g (próbka I). Drugą próbkę (II) przygotowano poprzez dodanie do pulpy papierowej ubitej na pianę czystej albuminy jaja kurzego w ilości 150 g. Trzecia próbka (III) powstała poprzez zmieszanie pulpy papierowej z drożdżami piekarskimi (Lallemand). Drożdże w ilości 50 g, uprzednio uwodnione w niewielkiej ilości wody z dodatkiem sacharozy (przez ok. 30 min.), dodano do pulpy i mieszano do uzyskania jednolitej masy. Kolejną próbkę (IV) przygotowano poprzez dodanie 15 g mieszaniny wodorowęglanu sodu (NaHCO_3) i wodorowinianu potasu ($\text{KC}_4\text{H}_5\text{O}_6$) do pulpy papierowej. Próbka V składała się z pulpy papierowej wymieszanej z roztworem składającym się z 35 g wodorowęglanu sodu NaHCO_3 , 50 g 10% kwasu octowego i 50 g wody. Wszystkie próbki poddano obróbce termicznej w temperaturze 180°C przez 30 min. Badanie otrzymanych w ten sposób materiałów opakowaniowych obejmowało wyznaczenie gęstości i przewodności cieplnej. Pomiary przewodności cieplnej przeprowadzono w temperaturze 22°C w trzech powtórzeniach, używając analizatora właściwości cieplnych KD2 pro (Decagon). Następnie wykonano opakowania z płyt styropianowych z wklejonymi w górną ścianę płytami o grubości 0,5 cm wykonanymi z testowanych materiałów. Za pomocą kamery termowizyjnej (Testo 882) zbadano rozkład temperatury na powierzchni opakowań, w których przechowywano po 0,5 kg zamrożonej marchwi.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Istotną właściwością materiałów przeznaczonych na opakowania termoizolujące jest ich gęstość. Niskie wartości tej cechy oznaczają niską masę wykonywanego z nich opakowania, co wiąże się m.in. z obniżeniem kosztów transportu. Średnie wartości gęstości badanych nowych materiałów opakowaniowych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Gęstość testowanych materiałów
Table 1. Density of tested materials

Materiał – Material	Gęstość – Density ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
I	131,67
II	96,67
III	282,5
IV	140,0
V	145,0

Gęstość badanych materiałów mieściła się w zakresie od $96,67 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ do $282,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Najniższą gęstością charakteryzowała się próbka II, a najwyższą próbka III. Wyznaczone wartości były wyższe niż gęstość styropianu, która wynosi średnio $55 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ [Popko i Wapińska 2009].

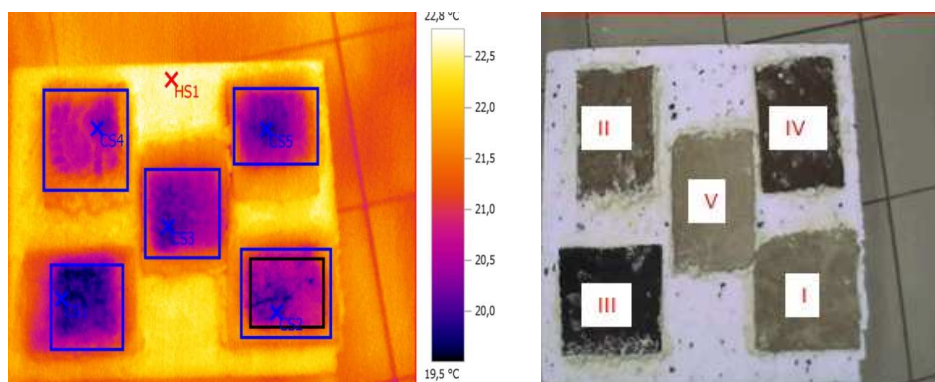
Materiały przeznaczone na opakowania termoizolacyjne żywności zamrożonej powinny charakteryzować się jak najniższą przewodnością cieplną. Wyznaczoną przewodność cieplną nowych, badanych materiałów przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Przewodność cieplna nowych materiałów termoizolacyjnych
Table 2. Heat conductivity of new thermal insulation materials

Próbka Sample	Przewodność cieplna Heat conductivity ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)			Wartość średnia Mean value ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)	SD ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)
I	0,051	0,055	0,062	0,056	0,0056
II	0,171	0,121	0,108	0,133	0,0332
III	0,112	0,075	0,135	0,107	0,0303
IV	0,062	0,052	0,054	0,056	0,0053
V	0,077	0,081	0,083	0,080	0,0030

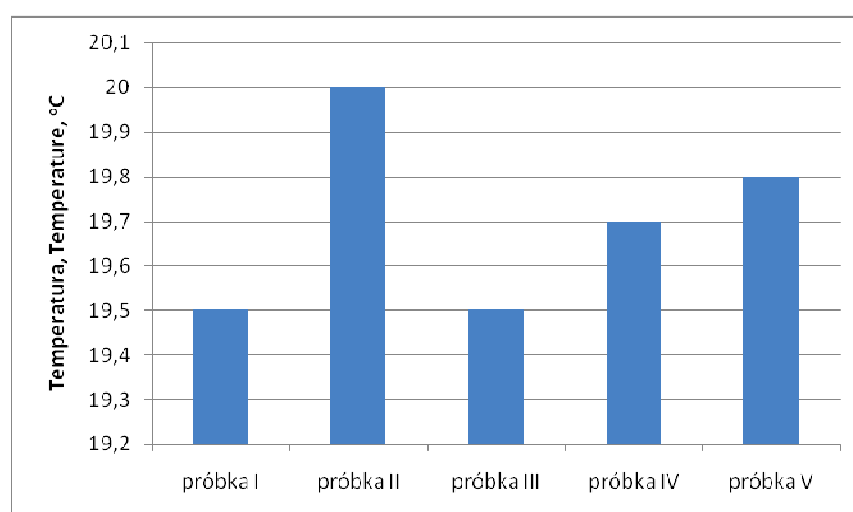
Najniższe wartości przewodności cieplnej cechują próbkę I (na bazie pulpy papierowej z dodatkiem sody + oksyetylenowany alkohol laurylowy + kwas cytrynowy) i IV (na bazie pulpy z dodatkiem sody i wodorowinianu potasu), najwyższe zaś próbkę II (na bazie pulpy z albuminami jaj kurzych). Przewodność cieplna materiałów opakowaniowych I i IV odbiegała najmniej od przewodności cieplnej styropianu (od 0,033 do 0,055 $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$).

Termowizyjna analiza rozkładu temperatury powierzchni ścian opakowań wykonanych z badanych próbek materiałów wskazuje miejsca o gorszej termoizolacyjności, wynikającej także z nierównomierności struktury tych materiałów. Obraz termowizyjny opakowań, wykonany po 5-minutowym przechowywaniu zamrożonej marchwi, przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Obraz termowizyjny opakowań wykonanych z badanych materiałów opakowaniowych
Fig. 1. IR image of packages made of tested materials

Im ciemniejsza jest barwa danego miejsca, tym niższa jest jego temperatura, co oznacza słabszą termoizolacyjność tego miejsca materiału. Najciemniejszą powierzchnią na obrazie, co odpowiada najniższej temperaturze, charakteryzował się materiał wykonany z pulpy papierowej z dodatkiem drożdży (próbka III). Najniższa wartość temperatury jest oznaczona na rysunku symbolem CS. Wartości tej temperatury wahały się od 19,5 do 20°C. Najchłodniejsze punkty wystąpiły na powierzchni próbek I i III (rys. 2). Natomiast, najwyższą temperaturę wykazywała powierzchnia próbki II (z pulpy papierowej z dodatkiem albumin), co wskazuje na najlepsze właściwości termoizolacyjne tego materiału.



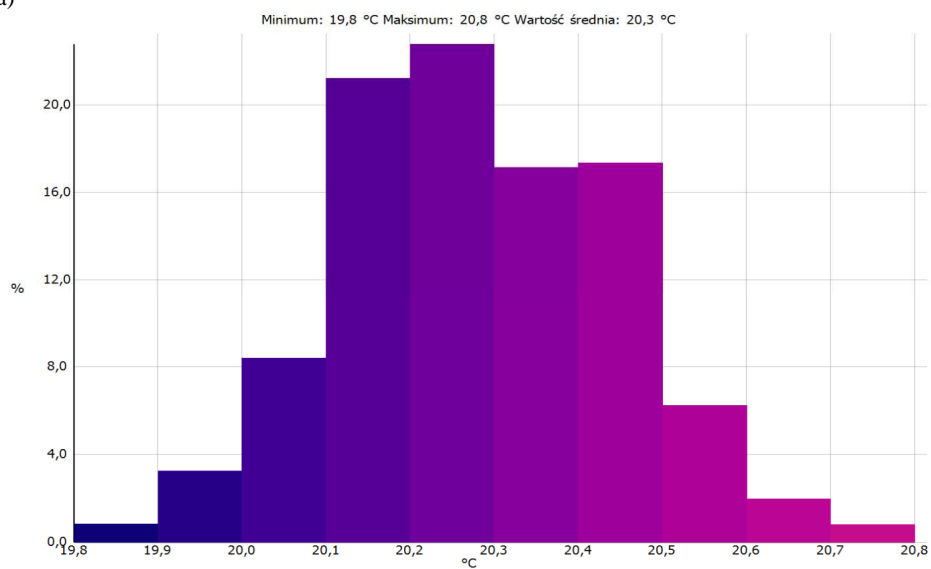
Rys. 2. Najniższa temperatura powierzchni opakowań

Fig. 2. The lowest surface temperature of packages

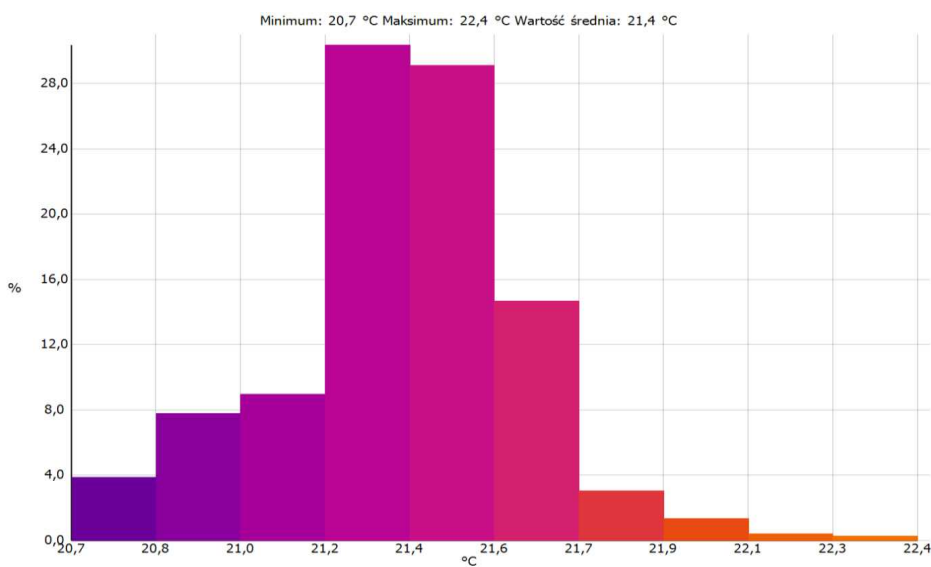
Ponadto, analizie poddano histogramy rozkładu temperatury wzdłuż linii przechodzącej przez punkt o najniższej temperaturze powierzchni (CS) (rys. 3).

Materiał o najniższej temperaturze powierzchni (próbka II) charakteryzował się równomiernym rozkładem temperatury powierzchni zewnętrznej badanego opakowania w zakresie od 19,8 do 20,8°C. Zakres ten może świadczyć o niejednorodności tego materiału i występowaniu miejsc o gorszej termoizolacyjności. Udział najwyższych temperatur nie przekraczał 25%. Różnica pomiędzy najniższą a najwyższą temperaturą zewnętrznego opakowania wyniosła 1°C. W przeciwieństwie do próbki II, materiał użyty do wykonania próbki V charakteryzował się występowaniem temperatury z przedziału 21,2–21,4°C, którego udział wynosił ok. 30%. Wskazuje to na lepszą jednorodność materiału i brak miejsc o mniejszej izolacyjności.

a)



b)



Rys. 3. Histogramy rozkładu temperatury powierzchni opakowań: a) próbka II, b) próbka V
Fig. 3. Temperature distribution histograms of packages surfaces: a) sample II, b) sample V

WNIOSKI

Wyniki badań były podstawą do sformułowania następujących wniosków:

1. Najniższą gęstość cechowała materiał na bazie pulpy papierowej z dodatkiem albumin białka kurzego.

2. Materiały na bazie pulpy papierowej z dodatkiem sody + oksyetylenowany alkohol laurylowy + kwas cytrynowy oraz pulpy z dodatkiem sody i wodorowinianu potasu charakteryzowały się najniższą przewodnością cieplną wynoszącą $0,056 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Świadczy to o dobrej termoizolacyjności cieplnej tych materiałów.

3. Wyniki analizy termowizyjnych obrazów powierzchni badanych opakowań oraz histogramów rozkładu temperatury ich powierzchni potwierdzają, że właściwości izolacyjne badanych materiałów są zadowalająco dobre.

4. Właściwości termoizolacyjne badanych materiałów zależą od równomierności ich struktury. Użycie wodorowęglanu sodu i kwasu cytrynowego skutkuje możliwością uzyskania równomiernej struktury materiałów na bazie pulpy papierowej.

PIŚMIENNICTWO

- Góral, D., Kluza, F., Nakonieczny, P. (2012). Sposób wytwarzania materiału termoizolacyjnego. Patent RP nr PL 212059.
- Kozłowicz, K., Góral, D., Kluza, F., Domin, M., Kobus, Z., Sagan, A., Prazner, L. (2015). The porous gelatin structures as the material for packaging for frozen food. *Przem. Chem.*, 94(10), 1742–1747.
- Krala, L., Kijowski, J. (2013). Chłodnicze przechowywanie mięsa i przetworów pakowanych w modyfikowanej atmosferze (MAP). W: *Przechowalnictwo żywności*, Gaziński, B. (red.). Wyd. Systherm Technik, Poznań, 225–232.
- Panfil-Kuncewicz, H., Kuncewicz, A., Mieczkowska, M. (2011). Postęp w pakowaniu produktów spożywczych. *Przem. Spoż.*, 65, 84–90.
- Petersen, K., Nielsen, P.V., Bertelsen, G., Lawther, M., Olsen, M.B., Nilsson, N.H., Mortensen, G. (1999). Potential of biobased materials for food packaging. *Trends Food Sci. Technol.*, 10(2), 52–68.
- Popko, M., Wapińska, B. (2009). *Podstawy budownictwa*. WSiP Warszawa.
- Stepaniak, L. (1999). Opakowania biodegradowalne na bazie skrobi. *Przem. Spoż.*, 10(53), 18–19.

CHARACTERISTICS OF BASIC PROPERTIES OF NEW THERMAL INSULATION MATERIAL DESIGNED FOR FROZEN FOOD PACKAGING

Abstract. The new thermal insulation material readily biodegradable and cheap in production, provided for packaging of frozen food, make easier retaining of cold chain, has been proposed. Five different types of material which main component was the paper pulp has been studied. Density of materials, theirs thermal conductivity and thermal images of

the packaging made of these materials with the frozen product inside as well as temperature distribution histograms of their surfaces were experimentally characterized. The lowest density was measured for pulp containing albumin of eggs. It was found that the lowest thermal conductivity characterized the pulp with the addition of NaHCO_3 + lauryl alcohol ethoxylate + $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ and pulp with the addition of NaHCO_3 and $\text{KC}_4\text{H}_5\text{O}_6$. Thermal images of the packaging surfaces and histograms of surfaces temperature distribution goes to show a good thermal insulation properties of all samples.

Key words: thermal conductivity, thermal insulation, material, packaging for frozen food, IR image