

Dr hab. inż. Tomasz RYDZKOWSKI  
Dr inż. Iwona MICHALSKA-POŻOGA  
Wydział Mechaniczny, Katedra Procesów i Urządzeń Przemysłu Spożywczego  
Politechnika Koszalińska

## WPŁYW PAKOWANIA (MAP) NA TRWAŁOŚĆ I ZMIANY PRZECHOWALNICZE ŚWIEŻEJ, ROZDROBNIONEJ PAPRYKI CZERWONEJ®

Impact of packaging in protective atmosphere (MAP) for permanence and storage changes of fresh-cut red peppers®

**Słowa kluczowe:** żywność wygodna, warzywa świeże, pakowanie w MAP, gazy ochronne.

*Celem przedstawionych w artykule badań było określenie trwałości i zmian przechowalniczych świeżej, rozdrobnionej czerwonej papryki pakowanej w atmosferze gazów ochronnych MAP. Materiał badawczy stanowiła krojona czerwona papryka klasy I pochodząca z Hiszpanii, zapakowana techniką MAP (mieszanka 5% O<sub>2</sub>, 5% CO<sub>2</sub>, 90% N<sub>2</sub>) w torebki z BOPP (dwuosiowo orientowany polipropylen) i przechowywana w warunkach chłodniczych. Materiał badawczy przed zapakowaniem i w trakcie przechowywania poddawano ocenie sensorycznej (smak, zapach, barwa, konsystencja) i fizykochemicznej (pH, sucha masa, ekstrakt ogólny).*

**Key words:** convenient food, fresh vegetables, MAP packaging, protective gases.

*The aim of the study was to determine the permanence and storage changes of fresh-cut red peppers packed in protective gases – MAP. The research material was fresh-cut red bell pepper (class I, coming from Spain), packaged in MAP technique (a mixture of 5% O<sub>2</sub>, 5% CO<sub>2</sub>, 90% N<sub>2</sub>) in BOPP (biaxially oriented polypropylene) bags, and stored under refrigeration. The research material before packing and during storage were sensory evaluated (taste, smell, color, consistency) and physico-chemical tested (pH, dry matter, the concentration of the extract).*

### WPROWADZENIE

Warzywa należą do grupy surowców o dużej zawartości wody, co powoduje intensywny rozwój drobnoustrojów (np. pleśni lub drożdży) w trakcie ich przechowywania. Konsekwencją tego jest ograniczona trwałość świeżych, zwłaszcza rozdrobnionych warzyw [18, 20]. W tkankach warzyw zachodzi wiele różnorodnych procesów biologicznych, które przebiegają również po zbiorze i pakowaniu. Procesy te powodują stopniowe zmiany jakości warzyw [9, 18, 20]. W związku z tym wzrasta zapotrzebowanie na opracowanie metod pozwalających na wydłużanie ich trwałości. Podstawową metodą wydłużania trwałości tego typu produktów było ich wychładzanie i ścisłe zachowanie łańcucha chłodniczego. Niestety metoda ta nie dawała zadowalających efektów (uzyskiwana trwałość jest niewystarczająca). W związku z powyższym nastąpił dynamiczny rozwój metod kombinowanych, czyli równoczesne działanie kilku czynników utrwalających [6, 18, 19].

Odpowiednio dobrane opakowanie powinno być defensywne, czyli chronić produkt, jak i aktywne – przedłużać jego trwałość [11]. Wraz ze wzrostem zapotrzebowania na żywność wygodną, zwiększają się wymagania stawiane opakowaniom jednostkowym. Dzięki nim konsument może kupić żadaną ilość świeżych produktów w formie zapakowanej. Odpowiednio dobrany system pakowania (technika pakowania, materiał opakowaniowy) i warunki przechowywania (temperatura i wilgotność), powinny zapewnić warzywom

maksymalnie długi czas przechowywania i zachowania dobrej jakości poprzez ograniczenie do minimum procesów życiowych produktów w czasie przechowywania, transportu jak i na półkach sklepowych [3]. Dobrze dobrane warunki przechowywania mogą zwiększyć trwałość warzyw nawet ośmiokrotnie [9].

Zastosowanie atmosfery modyfikowanej w opakowaniu należy do metod nietermicznego przedłużania trwałości żywności co jest istotne w celu zachowania wysokiej jakości warzyw. Odpowiednio dobrany skład mieszaniny gazów ochronnych wpływa na zahamowanie procesów degradacyjnych zachodzących w produkcie głównie pod wpływem mikroorganizmów [2, 8]. Dzięki temu możliwe jest zachowanie naturalnych cech produktu, związanych lub utożsamianych z jego świeżością. Materiały opakowaniowe stosowane w tych metodach pakowania powinny mieć określoną przepuszczalność gazów i pary wodnej. Szybkość przenikania zależy od rodzaju tworzywa polimerowego, z którego wykonany jest materiał opakowaniowy, jego grubości, struktury a także temperatury przechowywania i różnicy ciśnień panujących po każdej stronie folii [3, 2].

**Celem artykułu jest przedstawienie wyników badań dotyczących określenia trwałości i zmian przechowalniczych świeżej, rozdrobnionej czerwonej papryki pakowanej w atmosferze gazów ochronnych MAP z zastosowaniem barierowego materiału opakowaniowego BOPP (dwuosiowo orientowany polipropylen).**

## MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Materiał badawczy stanowiła krojona czerwona papryka klasy I pochodząca z Hiszpanii, zapakowana techniką MAP w mieszaninie składającej się z 5% O<sub>2</sub>, 5% CO<sub>2</sub>, 90% N<sub>2</sub>. Materiał opakowaniowy stanowiły torebki z BOPP (dwuosioowo orientowany polipropylen).

### Przygotowanie surowca

W celu potwierdzenia klasy I użytego surowca paprykę przed pokrojeniem poddano ocenie sensorycznej zgodnie z normą PN-R-75528:1996 [14]. Następnie paprykę umyto i poddano krojeniu. Pokrojono ją w paski o długości około 7 cm i szerokości 1 cm. Po krojeniu, już nie przepłukiwano jej wodą, nie zastosowano również płukania z udziałem środków dezynfekujących (podchlorynu, roztwory chloru lub ditlenku chloru czy kwasów organicznych) [18]. Na koniec przeprowadzono proces odwirowania w celu pozbycia się soku, który wydzielił się w trakcie krojenia papryki.

### Dobór mieszanki gazowej, proces pakowania i przechowywanie surowca

Z przeanalizowanej literatury wynika, że dotychczas przeprowadzone badania (literatura polska i światowa) nie podają jednoznacznie jaki powinien być skład mieszanki gazowej stosowanej do pakowania warzyw szczególnie papryki krojonej [1, 2, 5, 7, 13]. Sugeruje się jedynie, że stężenie O<sub>2</sub> należy zwiększyć z zalecanych 3% [7] do 5%, natomiast aby ograniczyć miękniecie i ciemnienie tkanek warzyw krojonych [1] przyjęto zawartość CO<sub>2</sub> na poziomie 5%, a pozostała część to 90% N<sub>2</sub>. W ten sposób dokonano doboru składu mieszanki gazowej do pakowania papryki w technologii MAP.

Pakowanie papryki odbywało się na stanowisku składającym się z pakowarki próżniowej typu PP5.4 firmy TEPRO oraz armatury z butlami gazowymi LINDE GAS i mieszalnika gazów firmy WITT-Gasetechnik. Materiał badawczy podzielony na porcje o masie 140 g±2 g umieszczano w torebkach z folii BOPP firmy WIPAK Polska Sp. z o.o. o grubości 30 μm oraz barierowości 1200 bar w przypadku transmisji tlenu, oraz 4 g/m<sup>2</sup> na dobę w przypadku transmisji pary wodnej. Następnie za pomocą pakowarki wprowadzono do opakowania mieszaninę gazów i zamknięto opakowanie przez zgrzewanie. Tak zapakowany materiał badawczy przechowywano w warunkach chłodniczych w temperaturze 5°C przez 14 dni. Badania przeprowadzono w 4., 6., 8., 12. i 14. dniu od daty zapakowania.

Wykonano następujące rodzaje oznaczeń:

- zmiana składu mieszanki gazowej. Oznaczenie polegało na pomiarze zawartości tlenu (O<sub>2</sub>) oraz ditlenku węgla (CO<sub>2</sub>) w opakowaniu za pomocą analizatora gazu OXY-BABY firmy WITT-Gasetechnik. Oznaczenie wykonano w trzech powtórzeniach.
- ocena sensoryczna (smak, zapach, barwa, konsystencja) papryki przed rozdrobnieniem, po rozdrobnieniu i w trakcie przechowywania. Oceny przeprowadzono zgodnie z polską normą PN-R-75528:1996 [14]. Przy ocenie cech sensorycznych wykorzystano metodę punktową. Oceny przyznawano w skali od 1 do 5 (5 punktów – najwyższa

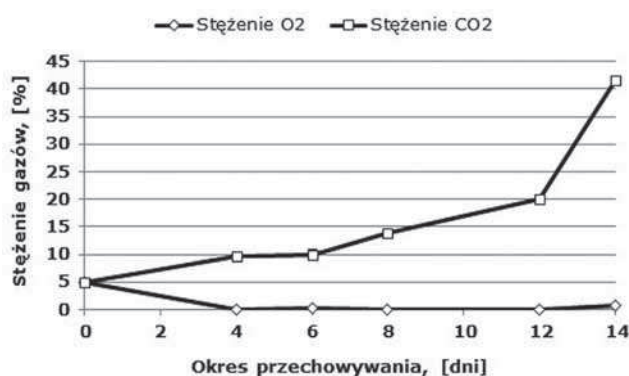
jakość, 1 punkt – zepsucie produktu). Oceny przeprowadzono w jasnym, wolnym od obcych zapachów pomieszczeniu laboratoryjnym, w temperaturze pokojowej (t = 19°C). Wyniki oceny sensorycznej przedstawiono w arkuszu opracowanym według normy PN-ISO 6658:1998 [15].

- badania fizykochemiczne w ramach, których oznaczano:
  - pH metodą potencjometryczną wg normy PN-EN 1132:1999 [16]. Badanie przeprowadzono przy użyciu pehametru typu CP-551 firmy „ELMETRON”,
  - zawartość suchej masy określano metodą szybką techniczną, przy użyciu wagosuszarki typu MAC 50 firmy RADWAG. Parametry badania: t=104°C, naważka o masie 3 g. Odczyt wyników z dokładnością do 0,01,
  - zawartość ekstraktu ogólnego oznaczano metodą refraktometryczną wg normy PN-90/A-75101/02 [17]. Badanie przeprowadzono na refraktometrze laboratoryjnym RL3. Odczyt wyników z dokładnością do 0,1.

Przedstawione w dyskusji wyniki pomiarów są średnimi wartościami z trzech powtórzeń. Obliczono wartości średnie, odchylenia standardowe.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Na rysunku 1. przedstawiono zmianę stężeń mieszanki gazowej w trakcie przechowywania. W dniu pakowania skład mieszanki gazowej przedstawiał się następująco: 5% O<sub>2</sub>, 5% CO<sub>2</sub> i 90% N<sub>2</sub>. Stężenie O<sub>2</sub> po 4. dniach przechowywania, w stosunku do poziomu wyjściowego, zmniejszyło się o 99% i wynosiło 0,05%, natomiast stężenie CO<sub>2</sub>, w stosunku do poziomu wyjściowego, wzrosło o 93% i wynosiło 9,67%.



Rys. 1. Zmiana stężenia gazów modyfikowanej atmosfery w trakcie przechowywania papryki.

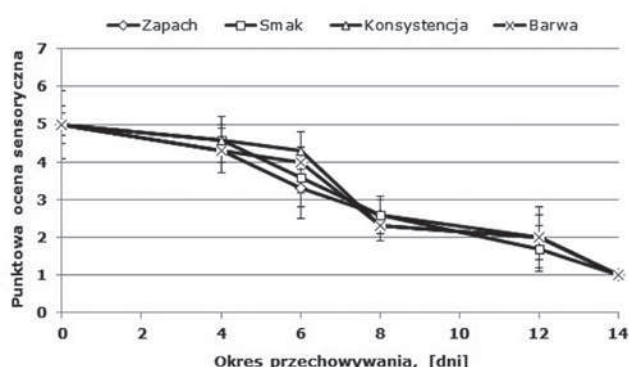
Fig. 1. Changes in the modified atmosphere gases concentration during red bell peppers storage.

Źródło: Badania własne

W kolejnych dniach przechowywania zaobserwowano utrzymującą się, choć już nieznaczną, tendencję spadkową stężenia O<sub>2</sub>. Po 4 dniu przechowywania zawartość tlenu w opakowaniu ustabilizowała się na poziomie zbliżonym do 0. Podobną tendencję zauważyli Gonzalez-Aguilar, Ayala-Zavala i in. (2004) w przypadku przechowywania rozdrobnionej zielonej papryki [6]. Po szóstym dniu zauważono natomiast bardzo intensywną tendencję wzrostową stężenia

CO<sub>2</sub> przy bardzo niskim poziomie tlenu. Mogło być to spowodowane zachodzącymi w trakcie przechowywania procesami oddychania badanych warzyw. Deficyt tlenu prowadzi do zatrzymania procesów oddychania tlenowego i uruchomienia procesów oddychania anaerobowego, w konsekwencji doprowadza do procesu fermentacji, co potwierdzał lekki zapach fermentacji oraz lekko gorzki i cierpki smak papryki (rys. 2). W całym okresie przechowywania (14 dni) stężenie tlenu w sumie spadło o około 85%, natomiast stężenie ditlenku węgla wzrosło siedmiokrotnie w stosunku do ilości tych gazów w dniu zapakowania. Stwierdzone tendencje są zgodne z modelowymi zmianami składu atmosfery ochronnej w trakcie przechowywania warzyw [4].

Zmianę oceny zapachu, smaku, konsystencji i barwy papryki krojonej pakowanej w MAP w okresie przechowywania przedstawiono na rys. 2.



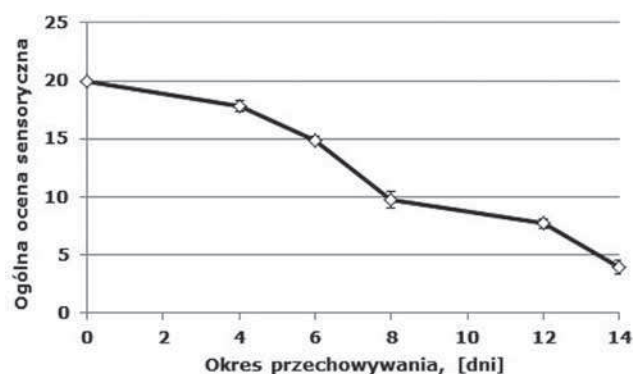
Rys. 2. Zmiana smaku, zapachu, konsystencji i barwy papryki w trakcie przechowywania.

Fig. 2. Change in taste, smell, texture and color of red bell peppers during storage.

Źródło: Badania własne

Analizując wykres (rys. 2) stwierdzono, że zapach badanego produktu systematycznie pogarszał się w całym okresie przechowywania. W okresie od dnia zapakowania do 6. dnia przechowywania zapach pogarszał się nieznacznie, natomiast po tym okresie nastąpiło jego gwałtowne pogorszenie (zapach fermentacji). Podobną tendencję jak w przypadku zapachu, zaobserwowano analizując krzywą przedstawiającą ocenę smaku, konsystencji i barwy. Wszystkie zmiany po 6. dniu przechowywania postępowały gwałtownie, co mogło być spowodowane uszkodzeniem tkanek podczas krojenia. Papryka została pocięta na długie, wąskie paski, zatem uszkodzona powierzchnia była relatywnie duża w stosunku do całkowitej powierzchni próbek papryki. Nasze powyższe stwierdzenia potwierdzają badania przeprowadzone przez Gonzalez-Aguilar, Ayala-Zavala, Ruiz-Cruz i in. (2004), którzy zauważyli, że zmiany cech sensorycznych związane są z oddychaniem beztlenowym oraz postępującymi zmianami w uszkodzonych, w trakcie rozdrabniania, tkankach. Do tych zmian zaliczyli: mięknięcie komórek poprzez utratę turgoru, zmiany barwy i ciemnienie wywołane utlenianiem powierzchni cięcia oraz efekty skażenia mikrobiologicznego [6].

Krzywa sum średnich ocen papryki (rys. 3) wskazywała na to, że zmiana wszystkich wyróżników jakości w czasie ma tendencję spadkową.



Rys. 3. Ogólna punktowa ocena sensoryczna w czasie przechowywania papryki pakowanej w MAP.

Fig. 3. General sensory points assessment during red bell peppers storage in MAP.

Źródło: Badania własne

W dniu pakowania papryka była oceniana jako twarda, chrupka i soczysta, a jej stosunkowo wysoka jakość utrzymywała się do 4. dnia przechowywania. Oceny cech sensorycznych systematycznie obniżały się, od 4. dnia przechowywania oceny obniżały się bardziej dynamicznie, co powiązać można z niską zawartością tlenu w opakowaniu, a właściwie z jego brakiem, co prowadziło do uruchomienia procesu oddychania beztlenowego [6].

Wyniki przeprowadzonych badań fizykochemicznych przedstawiono w tabeli 1 i na wykresach (rys. 4 – rys.6).

Tabela 1. Zestawienie wyników badań fizykochemicznych

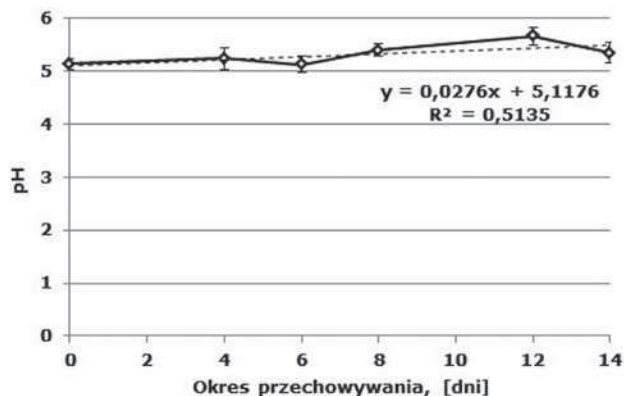
Table 1. Summary of the results of physico-chemical

Okres przechowywania [dni]	Oznaczenie					
	pH	S	Ekstrakt ogólny [%]	S	Sucha masa [%]	S
0	5,14	0,10	8,60	0,10	88,59	3,0
4	5,24	0,20	8,93	0,15	88,67	2,5
6	5,13	0,15	8,25	0,15	90,52	1,5
8	5,40	0,12	8,12	0,20	91,94	1,0
12	5,66	0,16	8,23	0,16	92,44	1,0
14	5,53	0,20	7,60	0,20	92,49	1,5

Źródło: Badania własne

Zmiana średniej wartości pH badanej papryki ma tendencję wzrostową, co potwierdza wyznaczona linia trendu (rys. 4).

Średnia wartość pH papryki czerwonej do 6. dnia przechowywania utrzymywała się na poziomie do pH=5,2, czyli wartości odpowiadającej pH papryki świeżej (rys. 4, tab. 1). W tym okresie papryka posiadała cechy papryki świeżej, a mianowicie: soczystość, swoisty zapach i chrupkość. Po przekroczeniu 6. dni przechowywania wartość pH zaczęła systematycznie wzrastać, by w końcowym etapie osiągnąć poziom wyższy od początkowego o 4,08%. W tym właśnie okresie zaobserwowano nagły wzrost stężenia CO<sub>2</sub> i obniżenie poziomu O<sub>2</sub> do wartości zbliżonych do 0. Uzyskane wyniki są zgodne z rezultatami badań prowadzonych przez Ke, Matheos i in (1993) [10] i danymi publikowanymi przez Rico, Martin-Diana (2007) [18].

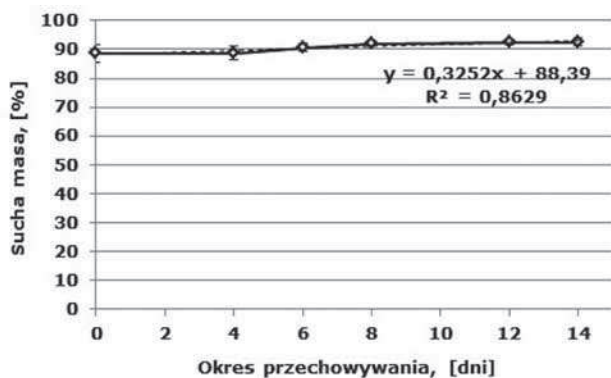


Rys. 4. Zmiana wartości pH papryki w trakcie przechowywania.

Fig. 4. Change in pH during red bell peppers storage.

Źródło: Badania własne

Zawartość suchej masy utrzymuje się na stałym poziomie (88,67%) do 4. dnia przechowywania, w dalszych dniach występuje stała tendencja wzrostowa, co potwierdza wyznaczona linia trendu (rys. 5).



Rys. 5. Zmiana procentowej zawartości suchej masy w papryce w trakcie przechowywania.

Fig. 5. Change in the percentage of dry matter in red bell pepper during storage.

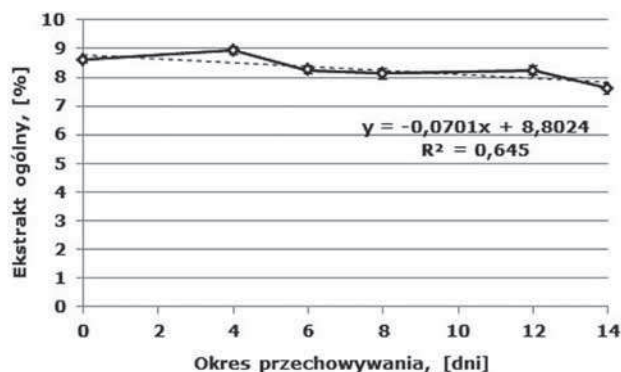
Źródło: Badania własne

Różnica zawartości suchej masy między próbą zerową (88,59 %) a 14. dniem przechowywania (92,49%) wyniosła około 5%. Wzrost ten może być spowodowany wysychaniem i mięknięciem papryki oraz efektami postępujących procesów degradacji uszkodzonych podczas rozdrabniania (krojenia) tkanek. Uzyskane wyniki są zgodne z doniesieniami literatury światowej, gdzie według badaczy Manolopoulos, Xanthopoulos i in. (2010) ubytek masy rozdrobnionej papryki właściwie przechowywanej w atmosferze ochronnej nie przekracza 5% [12]. Stwierdzony ubytek suchej masy potwierdza właściwy dobór składu mieszaniny i warunków przechowywania zastosowanych w badaniach własnych.

Zmiana średniej zawartości ekstraktu wykazuje tendencję spadkową, co potwierdza wyznaczona linia trendu (rys. 6). W pierwszym etapie czyli od badania próby zerowej do 4. dnia przechowywania zawartość ekstraktu wzrosła o 3,83%.

Natomiast spadek pomiędzy 4. a 6. dniem przechowywania wyniósł 7,61%. W tym okresie zmniejszenie średniej za-

wartości ekstraktu nie wpłynęło w znacznym stopniu na cechy sensoryczne papryki, która nadal charakteryzowała się cechami papryki świeżej (rys. 2).



Rys. 6. Zmiana wartości ekstraktu ogólnego w trakcie przechowywania.

Fig. 6. Change in the value of total extract during storage.

Źródło: Badania własne

## WNIOSKI

Na podstawie wyników badań sensorycznych i fizykochemicznych pokrojonej papryki sformułowano następujące wnioski:

1. W ciągu całego okresu przechowywania stężenie  $O_2$  w zastosowanej mieszaninie spadło o około 85%, natomiast stężenie  $CO_2$  wzrosło siedmiokrotnie w stosunku do ilości tego gazu w dniu zapakowania. Ten stan rzeczy mógł być spowodowany zachodzącymi w trakcie przechowywania procesami oddychania badanych warzyw. Zmiany mieszaniny gazowej przełożyły się na zmiany cech sensorycznych i właściwości fizykochemicznych papryki.
2. Uszkodzenie tkanek w wyniku rozdrabniania, może powodować wzrost dynamiki zmian sensorycznych i fizykochemicznych zachodzących w warzywach.
3. Rozdrobniona papryka pakowana w atmosferze modyfikowanej wykazuje stabilny poziom średniej oceny smaku, konsystencji oraz barwy utrzymujący się przez 6. dni przechowywania.
4. Właściwości fizykochemiczne (pH, sucha masa, ekstrakt ogólny) utrzymują się na stabilnym poziomie do 4. dnia. Po 6. dniu występują wyraźne efekty procesu psucia się produktu.
5. Na podstawie uzyskanych wyników można zaproponować skład mieszaniny gazów ochronnych przeznaczonej do pakowania świeżej, rozdrobnionej papryki.

## LITERATURA

- [1] BARTH M.M., ZUANG H., SALTVEIT M.E. 2004. Fresh-cut Vegetables. Agriculture Handbook, US Department of Agriculture, USA.
- [2] DONG S. L., KANG J. S., RENAULT P. 2000. Dynamics of internal atmosphere and humidity in perforated packages of peeled garlic cloves. International Journal of Food Science & Technology, 35, 5, 455-464.

- [3] **DONGHWAN CH., PAPADAKIS S. E., YAM K. L. 2003.** *Simple models for evaluating effects of small leaks on the gas barrier properties of food packages.* Packaging Technology and Science, 16, 2, 77-86.
- [4] **FISHMAN S., RODOV V., BEN-YHOSHUA J. 1996.** *Mathematical Model for Perforation Effect on Oxygen and Water Vapor Dynamics in Modified-Atmosphere Packages.* Journal of Food Science, 61, 5, 956-961.
- [5] **GAJEWSKI M. 2001.** Przechowalnictwo warzyw. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- [6] **GONZALEZ-AGUILAR G.A., AYALA-ZAVALA J.F., RUIZ-CRUZ S., ACEDO-FELIX E. DIAZ-CINCO M.E. 2004.** *Effect of temperature and modified atmosphere packaging on overall quality of fresh-cut bell peppers.* Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 37, 8, 817-826.
- [7] **GORNY J.R. 2001.** A summary of CA and MA Recommendations for selected Fresh-cut Fruits and Vegetables, Postharvest Horticulture Series No. 22A, University of California, Davis.
- [8] **KACENAK I., DANDRARA., SEKRETAR S. 2005.** *Nowoczesne sposoby pakowania i ich wpływ na jakość i trwałość produktów.* Przemysł Spożywczy, 9, 20-25.
- [9] **KADER A.A. 2002.** Postharvest Technology of Horticultural Crops.
- [10] **KE D., MATHEOS M., SIRIPANICH J., LI C., KADERR A.A. 1993.** *Carbon dioxide action on metabolism of organic and amino acids in crisphead lettuce.* Postharvest Biology and Technology, 3, 3, 235-247.
- [11] **LISIŃSKA-KUŚNIERZ M., UCHEREK M. 2003.** Postęp techniczny w opakowalnictwie. Wydawnictwo Akademia Ekonomiczna w Krakowie.
- [12] **MANOLOPOULOS H., XANTHOPOULOS G., DOUROS N., LAMBRINOS GR. 2010.** *Modified atmosphere packaging storage of green bell peppers: Quality criteria.* Biosystems Engineering, 106, 4, 535-543.
- [13] **MATTOS L.M., MORETTI C.L., FERREIRA M.D. 2012.** Modified Atmosphere Packaging for perishable Plant Products, in Dofan F., Technology. Polipropylene. Intech, Rijeka.
- [14] **PN-R-75528:1996.** *Papryka słodka.*
- [15] **PN-ISO 6658:1998.** *Analiza sensoryczna. Metodologia. Wytyczne ogólne.*
- [16] **PN-EN 1132:1999.** *Soki owocowe i warzywne. Oznaczenie pH.*
- [17] **PN-90/A-75101/02.** *Przetwory owocowe i warzywne. Przygotowanie próbek i metody badań fizykochemicznych. Oznaczenie zawartości ekstraktu ogólnego.*
- [18] **RICO D., MARTIN-DIANA A.B., BARAT J.M., BARRY-RYAN C. 2007.** *Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: review.* Trends in Food Science & Technology, 18, 373-386.
- [19] **ŚWIDERSKI F., SADOWSKA A. 2011.** *Pakowanie mięsa w warunkach zmodyfikowanej atmosfery i próżni.* Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego, nr 1, 98-102.
- [20] **WATADA A.E., QI L. 1999.** *Quality of fresh-cut produce.* Postharvest Biology and Technology, 15, 201-205.