

DARIUSZ KOWALCZYK

**WPLYW JADALNEJ POWŁOKI BIAŁKOWO-WOSKOWEJ NA  
TRWAŁOŚĆ POZBIORCZĄ KAPUSTY BRUKSELSKIEJ  
PRZECHOWYWANEJ W SYMULOWANYCH WARUNKACH  
OBROTU TOWAROWEGO**

Streszczenie

Umyte główki kapusty brukselskiej poddano powlekanii poprzez zanurzenie w powłoce, którą stanowił wodny roztwór białka grochu (10 % m/m), wosku kandelila (2 % m/m) i sorbitolu (4 % m/m). Powlekane oraz niepowlekane (próba kontrolna) warzywa przechowywano przez 10 dni w symulowanych warunkach obrotu towarowego (~20 °C, wilgotność względna powietrza ~40 %). Badania jakości kapusty brukselskiej obejmowały oznaczenie: ubytków masy, zawartości kwasu askorbinowego, polifenoli i chlorofilu, aktywności oksydazy polifenolowej, barwy, tekstury i cech sensorycznych.

Wykazano, że powlekanie kapusty brukselskiej powłoką białkowo-woskową wpływa na istotne zmniejszenie ubytków masy, witaminy C i polifenoli oraz ogranicza mięknięcie warzyw w czasie przechowywania. Obecność powłoki nie wpłynęła natomiast na aktywność oksydazy polifenolowej i zawartość barwników chlorofilowych. Pomiary barwy wykazały, że w końcowym okresie przechowywania powlekane warzywa były istotnie jaśniejsze i bardziej żółte w porównaniu z próbami kontrolnymi. Analiza sensoryczna, przeprowadzona w 4. dniu przechowywania, wykazała że powlekanie kapusty korzystnie wpłynęło na jej wygląd ogólny, jędrność i połysk, natomiast nieznacznie pogorszyło jej zapach. Powyżej czwartej doby przechowywania jakość sensoryczna kapusty, zarówno prób kontrolnych, jak i powlekanich, obniżyła się poniżej akceptowanego poziomu. Uzyskane wyniki dowodzą, że powlekanie zaproponowaną emulsją może wpływać na przebieg niektórych procesów fizjologicznych i biochemicznych w kapuście brukselskiej, oddziałując na jej wartość handlową i konsumpcyjną.

**Słowa kluczowe:** kapusta brukselska, powłoki jadalne, białka grochu, wosk kandelila, jakość

### **Wprowadzenie**

Kapusta brukselska zaliczana jest do warzyw o dużej wartości odżywczej i smakowej. W Polsce co najmniej 70 % zbiorów tego warzywa kieruje się do produkcji mrożonek [6]. Pozostałą ilość przeznacza się do bezpośredniego spożycia. Kapusta

brukselska należy do warzyw średnio trwałych, główki pomimo woskowego nalotu są wrażliwe na wysychanie i więdnienie [12]. Naturalne straty wynikają także ze stosunkowo dużej intensywności oddychania (w temp. 20 °C 172 - 380 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>), dlatego bezpośrednio po zbiorze kapustę brukselską należy schłodzić [23]. Optymalne warunki jej składowania zapewnia temp. 0 °C i wilgotność względna powietrza (RH) 95 - 100 %. Długość okresu przechowania w tych warunkach wynosi 3 - 5 tygodni. W temp. 5 °C czas ten jest krótszy o połowę, a w temp. 10 °C wynosi 10 dni. W przypadku temperatury powyżej zalecanego optimum wydłużenie okresu przechowywania kapusty brukselskiej umożliwia zastosowanie kontrolowanej atmosfery. Najkorzystniejszy skład gazowy to 5 - 10 % CO<sub>2</sub> i 1 - 2 % O<sub>2</sub>. Niska koncentracja tlenu hamuje żółknięcie główek, a wysokie stężenie dwutlenku węgla ogranicza intensywność oddychania i gnicie [17, 21, 22].

Wraz ze zmianami czasu pracy oraz rosnącą rolą dużych sieci handlowych wystąpił nowy trend w sposobie robienia zakupów, w tym świeżych warzyw. Konsumenci mają tendencję do komasowania zakupów w jednym dniu tygodnia. Równocześnie wzrastają oczekiwania rynku w stosunku do sposobu przygotowania (sortowanie, mycie, kalibrowanie, usuwanie części niejadalnych, pakowanie), higieny i dyspozycyjności oferowanych warzyw. Niestety w czasie obróbki wstępnej z powierzchni warzyw usuwane są naturalne woski, które pełnią ważną funkcję ochronną – hamują ubytki wilgoci, regulują wymianę gazową i stanowią barierę przed patogenami. Pozbawione naturalnych wosków części kulinarne warzyw wykazują znacznie mniejszą trwałość przechowalniczą.

Okres przydatności warzyw do spożycia powinien umożliwiać ich sprawną i bezpieczną dystrybucję, sprzedaż, a także przechowywanie w domu konsumenta. Z tej przyczyny producenci i dystrybutorzy poszukują nowych rozwiązań w zakresie zapewniania trwałości warzyw. W sklepach z reguły nie ma możliwości składowania warzyw w warunkach optymalnych, a głównym sposobem ograniczania niekorzystnych zmian jakościowych jest stosowanie opakowań jednostkowych. Przedłużenie trwałości owoców i warzyw można również uzyskać, powlekając je warstwą wosku lub emulsji olej/woda. Sposób ten praktykowany był już we wcześniejszych okresach [7, 15]. Obecnie na rynku dostępnych jest wiele handlowych preparatów, m.in. Apl-Brite 300C, Brogdex, Citrus-Brite 300C, Primafresh Wax, Semperfresh, TAL Prolong, Shield-Brite, PacRite, Fresh-Cote, Fresh Wax, Vector 7, przeznaczonych do powlekania warzyw i owoców. Powłoki pełnią w pewnym stopniu rolę podobną do opakowań jednostkowych, a przy tym mogą być konsumowane wraz z produktem, bowiem z reguły bazują na jadalnych komponentach spożywczych. Ich składnikami, oprócz wosków, są żywice (szelak), polisacharydy, białka, emulgatory i plastyfikatory. Wieloskładnikowość pozwala uzyskać warstewki o pożądanych właściwościach użytkowych. Substancje hydrofobowe nadają odpowiednią barierowość

w stosunku do pary wodnej, zaś komponenty polisacharydowe i/lub białkowe zapewniają dobrą przyczepność powłoki do powierzchni umytych surowców, zwiększają wytrzymałość mechaniczną oraz ograniczają dyfuzję tlenu i dwutlenku węgla. Dodatek plastyfikatorów, najczęściej glicerolu lub sorbitolu, uelastycznia powłokę, co zapobiega powstawaniu rys i pęknięć. Dzięki odpowiednio dobranej kompozycji powłoki możliwe jest ograniczenie ubytków wilgoci, a także wytworzenie w sposób naturalny pożądanego składu atmosfery, sprzyjającego lepszemu zachowaniu wartości odżywczej i prozdrowotnej surowców.

Celem niniejszej pracy była ocena możliwości wykorzystania jadalnej powłoki białkowo-woskowej, otrzymanej na bazie białek grochu i wosku kandelila, do zabezpieczenia trwałości pozbiorczej kapusty brukselskiej przechowywanej w warunkach obrotu towarowego. Biorąc pod uwagę wyniki badań opisane we wcześniejszych pracach [19, 20] ww. kompozycja wykazuje przydatność do ochrony jakości różnych produktów ogrodniczych, jednak efektywność jej działania uzależniona jest od warunków składowania.

### **Material i metody badań**

Do przygotowania roztworu powlekającego użyto izolatu białka grochu o zawartości 85 % białka (Roquette, Francja) oraz sorbitolu i wosku kandelila produkcji Sigma-Aldrich.

Mieszanie izolatu białkowego (50 g) i sorbitolu (20 g) zalewano wodą (420 g) i homogenizowano (14 000 obr./min) w homogenizatorze nożowym (H 500 Pol-Eko-Aparatura, Polska) przez 2 min. Następnie zawiesinę poddawano ogrzewaniu (20 min, 90 °C), podczas którego wprowadzano воск kandelila (10 g). Homogenną emulsję uzyskiwano przez 5-minutowe mieszanie roztworu (14000 obr./min) pod koniec ogrzewania. Po ochłodzeniu i rehomogenizacji (14000 obr./min, 1 min) emulsję sączono przez chustę serowarską w celu usunięcia pęcherzyków powietrza.

Główki kapusty brukselskiej (*Brassica oleracea subsp. gemmifera*, odmiana Maximus) wstępnie sortowano, myto i suszono. Do badań wykorzystano główki o  $\varnothing$  nie mniejszej niż 2,5 cm i nie większej niż 3,2 cm. Główki kapusty poddawano powlekanii poprzez trzykrotne zanurzenie w roztworze powlekającym. W celu umożliwienia zastygnięcia kolejnych warstw powłoki warzywa umieszczano w tunelu owiewowym na 0,5 - 1 h. Powlekane oraz niepowlekane (kontrolne) warzywa przechowywano bez dostępu światła w temp.  $\sim 20$  °C i RH  $\sim 40$  % przez 10 dni. Próby do analiz pobierano w 0., 2., 4., 6., 8. i 10. dniu przechowywania.

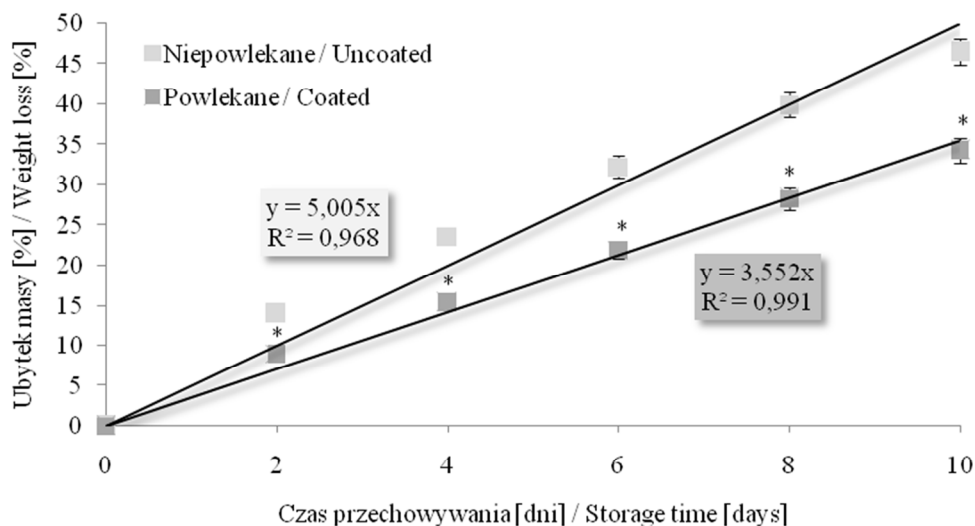
Badania jakości przechowalniczej kapusty brukselskiej obejmowały oznaczenie: ubytków przechowalniczych wyrażonych w procentach masy początkowej, zawartości kwasu askorbinowego [30], zawartości polifenoli (wyrażonej jako równoważnik kwasu galusowego - GAE) [35], aktywności oksydazy polifenolowej (PPO) [40] i zawartości

chlorofilu (a + b) [3]. Oznaczenia wykonano w 3 powtórzeniach. Zawartość kwasu askorbinowego, polifenoli i chlorofilu wyrażono w przeliczeniu na zawartość s.m. Zawartość chlorofilu wyrażono także jako mg% ś.m. Aktywność PPO badano wobec katecholu, za jednostkę aktywności (1U) przyjęto wzrost absorbancji o 0,001 pomiędzy 60. a 120. sekundą pomiaru [16]. Barwę powierzchni warzyw określano w systemie CIE L\*a\*b\* przy użyciu spektrofotometru odbiciowego X-RiteColor 8200 (X-Rite Inc., USA). Pomiary wykonywano w 3 powtórzeniach, próbę analityczną stanowiło 5 sztuk główek kapusty. Twardość kapusty brukselskiej oznaczano na podstawie pomiarów siły potrzebnej do deformacji główek na głębokość 5 mm. Pomiary wykonywano przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i (Stable Micro Systems, UK) wyposażonego w płaską płytkę o  $\varnothing = 75$  mm. Prędkość przesuwu głowicy pomiarowej ustawiono na 1 mm/s. Pomiary twardości wykonywano na próbach złożonych z 10 główek kapusty. Przeprowadzono ocenę sensoryczną badanych warzyw, w której uczestniczyło 10 osób, przeszkolonych w zakresie zasad obiektywizacji oceny sensorycznej żywności oraz metod analizy sensorycznej stosowanych w badaniach produktów roślinnych. Cechy jakościowe (wygląd ogólny, jędrność, połysk, zapach) oceniane były w skali 5-punktowej.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej w programie Statistica 6.0 PL. Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji ANOVA w celu określenia istotności wpływu powlekania na wyróżniki trwałości pozbiorczej (ubytek masy, zawartość kwasu askorbinowego, zawartość polifenoli, aktywność oksydazy polifenolowej, zawartość chlorofilu, wyróżniki barwy, twardość) kapusty brukselskiej przechowywanej w symulowanych warunkach obrotu towarowego. Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano testem Tukey'a na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Obliczono również współczynniki korelacji między zawartością chlorofilu a wartością parametru b\*, a także ubytkiem masy a twardością kapusty brukselskiej.

## Wyniki i dyskusja

Transpiracja jest główną przyczyną strat masy przechowywanych warzyw, tzw. ubytków naturalnych (w 95 - 97 %) [12]. Według subiektywnej oceny konsumenckiej objawy ubytku wody w kapuście brukselskiej stają się zauważalne, gdy przekraczają 8 % masy [31]. W przypadku składowania kapusty brukselskiej w warunkach zbliżonych do obrotu towarowego przekroczenie tej granicznej wartości, jak wskazują wyniki niniejszej pracy, następuje już po 2 dobach przechowywania (straty masy wyniosły 9,0 i 14,0 %, odpowiednio w warzywach powlekanych i niepowlekanych). W sposób statystycznie istotny dowiedziono, że powlekanie kapusty brukselskiej powłoką białkowo-woskową zmniejszyło ubytki jej masy podczas przechowywania (rys. 1). W próbach powlekanych szybkość strat masy postępowała około 1,5-krotnie wolniej niż w próbach kontrolnych. Istotne ograniczenie transpiracji kapusty brukselskiej po



Objaśnienia: / Explanatory notes:

\* – indeksami oznaczono wartości średnie różniące się statystycznie istotnie ( $\alpha = 0,05$ ) od wartości średnich prób kontrolnych (niepowlekanych) / mean values denoted by indices are statistically significantly different ( $\alpha = 0.05$ ) from average values of control samples (uncoated).

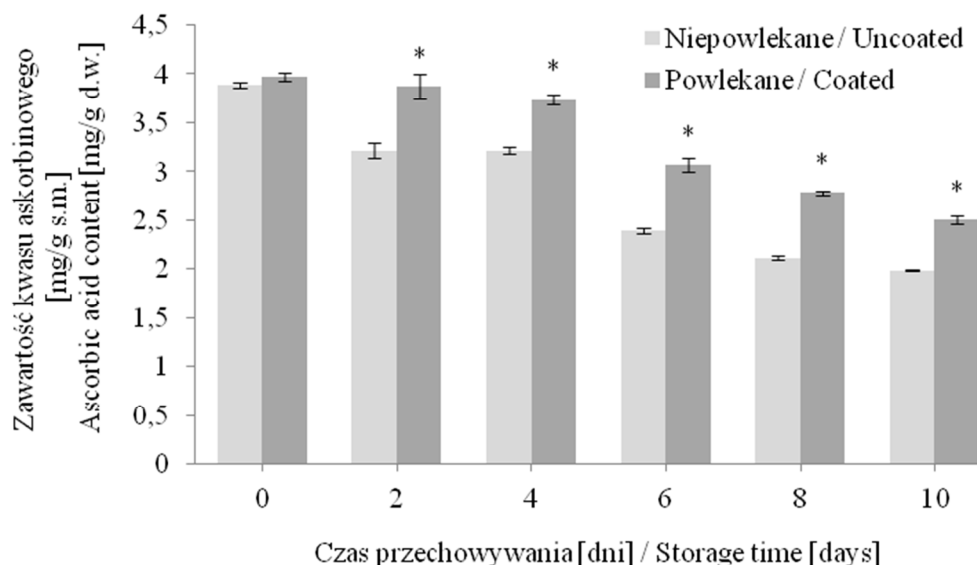
Rys. 1. Wpływ powłoki jadalnej na ubytki masy kapusty brukselskiej podczas przechowywania.

Fig. 1. Effect of edible coating on mass loss of Brussels sprouts during storage.

przeprowadzeniu powlekania zaobserwowali także Viña i wsp. [39]. Badacze otrzymali ze skrobi kukurydzianej i glicerolu powłokę, która umożliwiła zmniejszenie ubytków przechowalniczych o około 4,6 % (42 dni, 0 °C). Jej działanie okazało się jednak mniej efektywne aniżeli folii PCV, która w tych samych warunkach wpłynęła na redukcję ususzki o ponad 20 %. Filmy utworzone z polisacharydów lub białek, w odróżnieniu od folii syntetycznych, nie stanowią skutecznej bariery wobec pary wodnej, co wynika z ich polarnego charakteru. Poprawę właściwości barierowych hydrofilowych biopolimerów uzyskuje się poprzez łączenie ich z substancjami hydrofobowymi. Zaporowe warstewki na bazie emulsji polisacharyd/lipid lub białko/lipid stosunkowo dobrze ograniczają dyfuzję wody, co obserwowano na przykładzie różnych surowców. Np. Ayranci i Tunc [5] wykazali, że zastosowanie powłoki na bazie metylocelulozy i kwasu stearynowego (SA) zmniejsza ubytki masy moreli oraz zielonej papryki, odpowiednio z 19,80 do 7,82 % oraz z 5,02 do 2,87 %, po 10 dniach przechowywania. Wymienieni autorzy we wcześniejszych badaniach [4] dowiedli skuteczności powłoki o identycznym składzie w ograniczaniu ubytków masy pieczarek i porcjowanych róż kalafiora. Szparagi pokryte powłokami o różnym składzie, m.in. mieszaniną białka

serwatkowego i SA, po 11 dniach przechowywania (4 °C, RH 95 %) charakteryzowały się ubytkami masy na poziomie ~5 %, podczas gdy w próbach kontrolnych straty masy wyniosły 7,2 % [37]. W innym doświadczeniu wykorzystanie powłoki na bazie gumy mesquite oraz mieszaniny wosku kandelila z olejem mineralnym przyczyniło się do zmniejszenia ubytków masy owoców gruszy jabłkowej (*Psidium guajava* L.), o blisko 30 % w stosunku do próby kontrolnej, podczas 15-dniowego przechowywania [36]. Pokrycie powierzchni winogron kompozycją o składzie niemal identycznym, jak w niniejszej pracy pozwoliło zredukować ubytki masy z 17,7 do 10,7 % po 11 dobach przechowywania w warunkach otoczenia [19]. Spowolnione tempo transpiracji wykazywały także mandarynki zabezpieczone powłoką na bazie hydroksypropylometylocelulozy i wosku pszczelego z domieszką kwasów tłuszczowych [27].

W czasie przechowywania w warzywach dochodzi do znacznych zmian składu chemicznego, co powiązane jest z przebiegiem procesów fizjologicznych (oddychanie, starzenie się). Zmiany te są często przyczyną zmniejszenia wartości biologicznej warzyw, jak i ich właściwości sensorycznych. Pod względem cech prozdrowotnych, do najistotniejszych zmian jakości warzyw należą ubytki witamin i innych związków aktywnych biologicznie. Warzywa z rodziny kapustnych, takie jak: jarmuż, brokuły, kalafior i kapusta brukselska charakteryzują się znacznymi właściwościami przeciwutleniającymi, co jest częściowo wynikiem dużej zawartości witaminy C oraz polifenoli [33]. W świeżej brukselce zawartość kwasu askorbinowego wynosi od 98 do 115 mg/100 g ś.m. [32]. W czasie przechowywania warzyw zawartość tego składnika sukcesywnie maleje w wyniku utleniania kwasu L-askorbinowego do dehydroaskorbinowego, który łatwo ulega przekształceniu do 2,3-diketogulonowego, a następnie do kwasu szczawowego i L-treonowego lub furfurali i CO<sub>2</sub> [12]. W niniejszej pracy wykazano, że zaproponowana powłoka stanowi czynnik ograniczający straty witaminy C w warzywach (rys. 2). Podobny rezultat uzyskano już we wcześniejszych pracach [19, 20]. Zwiększona retencja kwasu askorbinowego jest najprawdopodobniej wynikiem ograniczonego dostępu tlenu do tkanek surowca na skutek właściwości barierowych powłoki. Liczne badania wskazują, że ograniczenie ilości tlenu w środowisku (zmniejszone ciśnienie, kontrolowana atmosfera) wpływa na zmniejszenie tempa rozkładu witaminy C. Można przypuszczać, że ograniczenie ubytku witaminy C w powlekaną kapuście brukselskiej ma związek z obniżeniem intensywności oddychania. Efekt taki obserwowano na przykładzie niektórych surowców powlekanych emulsjami, m.in. owoców kiwi pokrytych mieszaniną białka soi, pullulanu i SA [41], owoców awokado zabezpieczonych powłoką pektyna-wosk pszczeli [24], czereśni pokrytych mieszaniną pochodnych kwasów tłuszczowych i polisacharydów [2], czy truskawek powlekanych mieszaniną chitozanu (1 %) i kwasu oleinowego (2 %) [38].



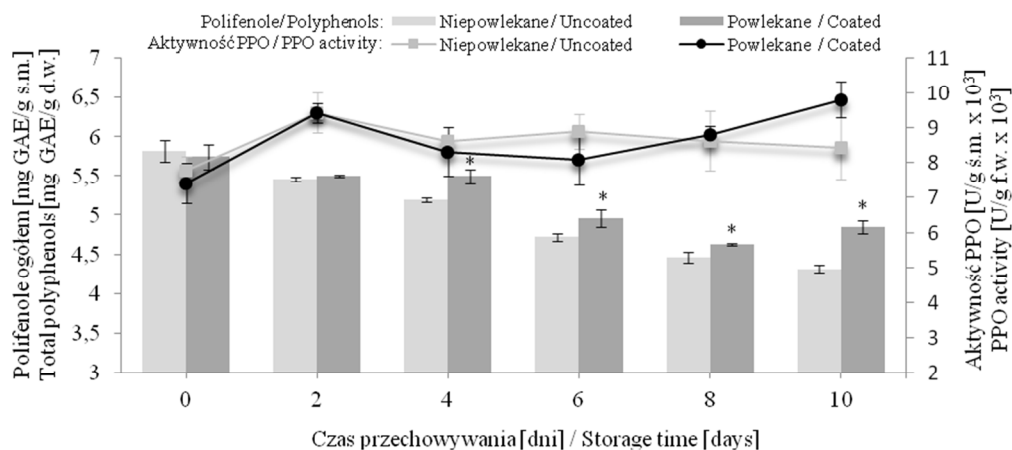
Objaśnienia jak na rys. 1. / Explanatory notes as in Fig.1.

Rys. 2. Wpływ powłoki jadalnej na zmiany zawartości kwasu askorbinowego w czasie przechowywania kapusty brukselskiej.

Fig. 2. Effect of edible coating on changes in ascorbic acid content of Brussels sprouts during storage.

Na rys. 3. przedstawiono zmiany zawartości związków polifenolowych i aktywności oksydazy polifenolowej (PPO) w badanych próbach. W miarę wydłużania okresu przechowywania zawartość polifenoli stopniowo malała. Powlekanie przyczyniło się do nieznacznego ograniczenia ( $p < 0,05$ ) strat tego składnika. Po 10 dniach przechowywania warzywa bez powłoki zawierały 4,31, a powlekane 4,85 mg GAE/g s.m. Polifenole są substratem do działania PPO, dlatego wysunięto hipotezę, że lepsza retencja tych związków w tkance powlekanym warzyw może być spowodowana mniejszym stopniem utleniania enzymatycznego. Pomiar aktywności PPO wykazały jednak brak zależności pomiędzy ilością polifenoli a aktywnością enzymu. Wpływ powłok jadalnych na zawartość polifenoli w wybranych produktach ogrodniczych był już analizowany w literaturze. W zależności od rodzaju polimeru, z którego otrzymano powłokę i/lub warunków przechowywania udowodniono, że powlekanie może powodować nieznaczną poprawę retencji polifenoli [10], bądź też nie mieć wpływu na zmiany zawartości tego składnika [10, 29]. Wzrost retencji polifenoli w minimalnie przetworzonych surowcach można osiągnąć, wprowadzając do powłoki antyoksydanty, np. zawierające grupę -SH [29]. Z kolei wykazano, że chitozanowe powłoki mają zdolność indukcji biosyntezy *de novo* związków polifenolowych, a ponadto inhibitują aktywność PPO,

dlatego w niektórych pracach obserwowano wzrost ilości polifenoli w tak zabezpieczonych surowcach [9, 13, 18, 34].



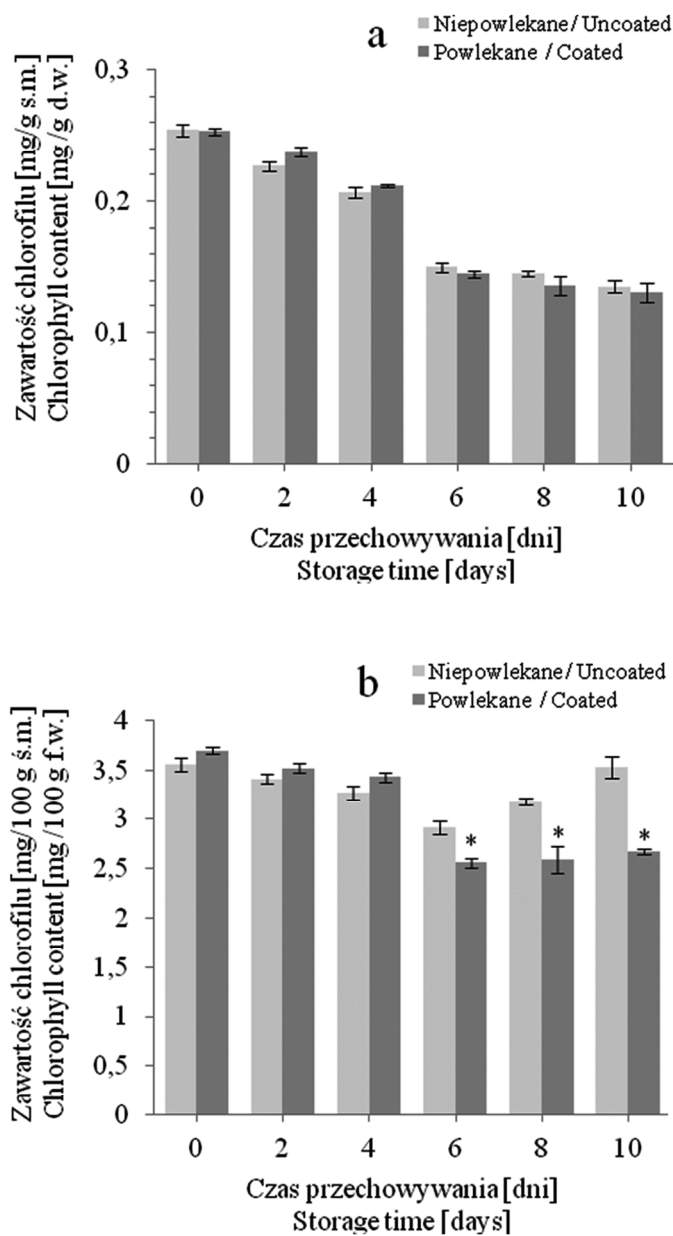
Objaśnienia jak na rys. 1. / Explanatory notes as in Fig. 1.

Rys. 3. Wpływ powłoki jadalnej na zmiany zawartości polifenoli ogółem (wyrażonej jako równoważnik kwasu galusowego – GAE) i aktywności oksydazy polifenolowej (PPO) w czasie przechowywania kapusty brukselskiej.

Fig. 3. Effect of edible coating on changes in total polyphenols content (expressed as gallic acid equivalent - GAE) and polyphenol oxidase activity (PPO) of Brussels sprouts during storage.

Wykazano, że zastosowana powłoka nie miała wpływu ( $p > 0,05$ ) na zmiany zawartości barwników chlorofilowych, gdy ilość barwnika wyrażono w przeliczeniu na zawartość s.m. (rys. 4a). Rezultat ten jest zgodny z wynikami wcześniejszych badań [20]. Brak zróżnicowania poziomu chlorofilu w powlekanych i niepowlekanych próbkach znalazł odzwierciedlenie w braku zróżnicowania ( $p > 0,05$ ) udziału barwy zielonej (parametr  $a^*$ ) w widmie odbiciowym powierzchni główek kapusty (rys. 5). Ze względu na to, że zawartość chlorofilu podano w przeliczeniu na s.m. warzyw, porównanie takie nie jest adekwatne. Aby ułatwić interpretację wyników pomiarów barwy, zawartość chlorofilu wyrażono także jako  $\text{mg}\%$  s.m. (rys. 4b). Wykazano, że stopień degradacji chlorofilu w powlekanych i niepowlekanych warzywach korespondował ze wzrostem ilości barwy żółtej (parametr  $b^*$ ) na powierzchni główek kapusty (rys. 5). Współczynniki korelacji pomiędzy zawartością chlorofilu a wartością parametru  $b^*$  w próbkach kontrolnych i powlekanych wyniosły odpowiednio  $r = 0,86$  i  $r = 0,91$ . Wzrost zawartości chlorofilu w niepowlekanych warzywach, obserwowany pod koniec okresu przechowywania, można tłumaczyć wzrostem koncentracji s.m. (większym aniżeli tempo degradacji chlorofilu). Od szóstego dnia przechowywania powlekana

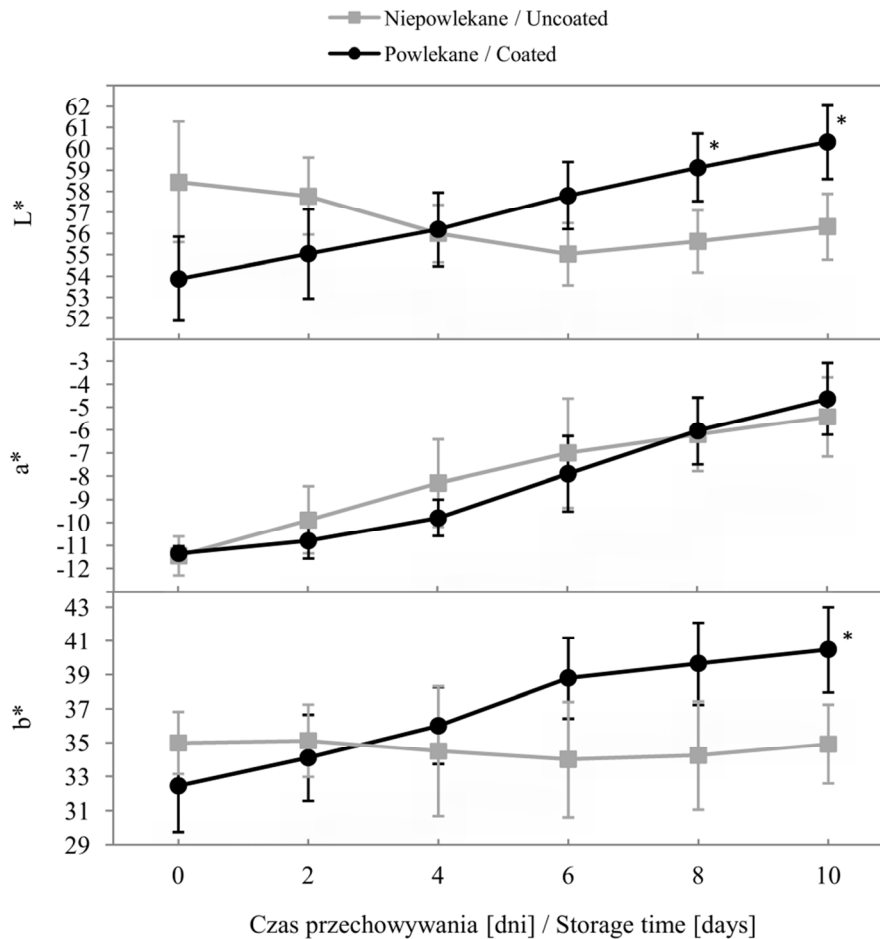




Objaśnienia jak na rys. 1. / Explanatory notes as in Fig.1.

Rys. 4. Wpływ powłoki jadalnej na zmiany zawartości chlorofilu (a + b) w suchej (a) i świeżej (b) masie, w czasie przechowywania kapusty brukselskiej.

Fig. 4. Effect of edible coating on changes in chlorophyll content (a + b) in dry (a) and fresh (b) weight while storing Brussels sprouts.



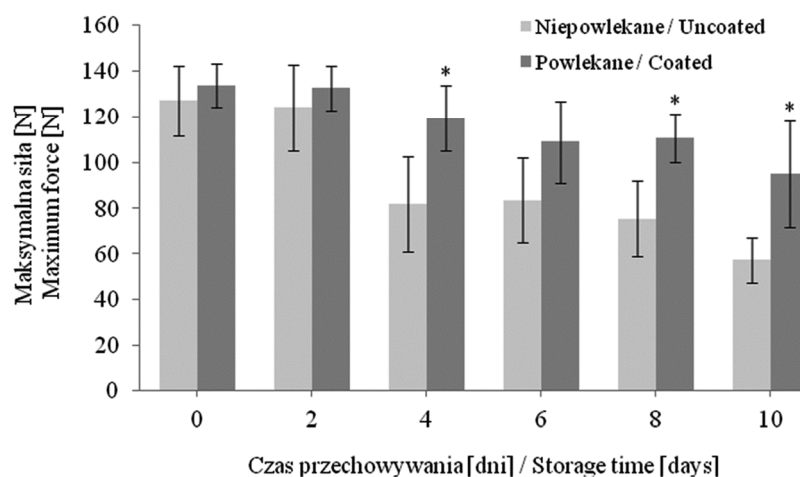
Objaśnienia jak na rys. 1. / Explanatory notes as in Fig.1.

Rys. 5. Wpływ powłoki jadalnej na zmiany parametrów barwy w czasie przechowywania kapusty brukselskiej.

Fig. 5. Effect of edible coating on changes in colour parameters of Brussels sprouts during storage.

brukselka odznaczała się istotnie mniejszą zawartością chlorofilu, w porównaniu z próbami niepowlekanymi (rys. 4b), co znalazło potwierdzenie w większej jasności warzyw (wyższe wartości parametru  $L^*$ ) i zwiększonej ilości barwy żółtej (wyższe wartości parametru  $b^*$ ) (rys. 5). Przyczyn szybszego żółknięcia główek powlekanej kapusty można upatrywać we właściwościach barierowych powłoki w stosunku do gazów. Możliwe, że białkowo-woskowa warstewka przyczyniła się do nagromadzenia endogennego etylenu wewnątrz tkanek surowca. Eum i wsp. [11] stwierdzili, że pokry-

cie śliwek preparatem na bazie polisacharydu (Versasheen), w wariancie z dodatkiem sorbitolu, spowodowało w ostatnim, szóstym dniu przechowywania (20 °C, RH 85 %) ograniczenie emisji etylenu do otoczenia, prawdopodobnie na skutek utrudnionej wymiany gazowej. Brukselka, pomimo niskiej produkcji etylenu (poniżej  $0,25 \mu\text{l kg}^{-1} \text{h}^{-1}$  w temp. 7,5 °C) [21], jest bardzo wrażliwa na jego działanie. Już bardzo małe stężenie gazu, wynoszące  $0,5 \mu\text{l/l}$ , przyspiesza żółknięcie, odpadanie zewnętrznych liści, starzenie i gnicie [14]. Etylen przyczynia się także do nagromadzenia substancji fenolowych w warzywach kapustnych [12]. Tłumaczyć to może obserwowane w niniejszej pracy zróżnicowanie poziomu polifenoli w powlekanym i kontrolnym surowcach (rys. 3).



Objaśnienia jak na rys. 1. / Explanatory notes as in Fig.1.

Rys. 6. Wpływ powłoki jadalnej na zmiany tekstury w czasie przechowywania kapusty brukselskiej.

Fig. 6. Effect of edible coating on changes in texture of Brussels sprouts during storage.

Utrata turgoru wskutek transpiracji jest powodem tworzenia się luźnych i miękkich główek kapusty brukselskiej. Powłoka zastosowana w niniejszej pracy, dzięki zdolności do ograniczania parowania wody z tkanek produktu wody (rys. 1), wpłynęła na ograniczenie zmian tekstury przechowywanych warzyw (rys. 6). Stwierdzono występowanie wysokiej ujemnej korelacji ( $r = -0,89$  i  $r = -0,91$ ) pomiędzy ubytkami masy a teksturą warzyw, odpowiednio niepowlekanym i powlekanym. Po 10 dniach przechowywania twardość niepowlekanego kapusty zmniejszyła się o 54,7 % wartości początkowej, podczas gdy powlekanego tylko o 28,8 %. Korzystny wpływ powlekania na utrzymanie twardości główek kapusty brukselskiej, choć tylko w 28. dniu przechowywania i tylko w przypadku powłoki skrobiowej uplastycznianej glicerolem, odno-

towali również Viña i wsp. [39]. Lepsze utrzymanie twardości, jako efekt zmniejszonego ubytku wody, wykazano także w przypadku truskawek [8], jabłek [26] i czereśni [25, 42] zabezpieczanych różnymi powłokami. W wielu publikacjach przyczyn opóźnionego mięknięcia tkanek powlekanych surowców upatruje się także w mniejszym stopniu degradacji składników ścian komórkowych, głównie protopektyny, w wyniku spowolnienia tempa respiracji i przemian metabolicznych [1, 24, 28, 38].

Ważnym elementem jakości warzyw są cechy sensoryczne, gdyż przesądzają one o decyzji zakupu i satysfakcji konsumentów. Jak wykazano, przechowywanie kapusty brukselskiej w symulowanych warunkach obrotu towarowego pozwoliło na zachowanie jakości na poziomie akceptowanym tylko przez 4 dni. Powyżej tego okresu wartość handlowa prób znacząco obniżyła się, stąd też nie przeprowadzano dalszej oceny sensorycznej. Porównanie wyników oceny przeprowadzonej w 4. dniu przechowywania wskazuje, że powlekanie korzystnie wpłynęło na cechy sensoryczne kapusty brukselskiej. Spośród czterech analizowanych wyróżników jakości, trzy najwyższe noty przypisano warzywom powlekany (tab. 1).

Tabela 1

Wyniki oceny sensorycznej kapusty brukselskiej w 4. dniu przechowywania, determinowane obecnością lub nieobecnością powłoki (1 – ocena najniższa, 5 – ocena najwyższa).

Effect of edible coating on sensory attributes of Brussels sprouts during storage for 4 days (1 – minimum, 5 – maximum).

Próby kapusty brukselskiej Samples of Brussels sprouts	Wygląd ogólny Overall appearance	Jędrność Firmness	Połysk Gloss	Zapach Odour
Niepowlekane / Uncoated	2,33	2,22	2,00	2,22
Powlekane / Coated	3,88	2,44	3,36	2,11

Zaobserwowany wzrost połysku surowców po nałożeniu powłoki białkowo-woskowej potwierdza wyniki wcześniejszych badań [19]. Zapach powlekanej brukselski został oceniony nieznacznie niżej niż prób kontrolnych. Możliwe, że spowodowane to było właściwościami barierowymi powłoki w stosunku do lotnych związków aromatycznych. Wiadomo także, że ograniczenie dostępu tlenu intensyfikuje proces oddychania aerobowego, a powstające produkty charakteryzują się nieprzyjemnym zapachem.

## Wnioski

1. W symulowanych warunkach obrotu towarowego wartość handlowa kapusty brukselskiej utrzymywała się na akceptowanym poziomie do czwartego dnia przechowywania.

2. Pozbiorcze traktowanie kapusty brukselskiej powłoką na bazie białek grochu i wosku ograniczyło transpirację, zwiększyło retencję witaminy C i polifenoli oraz spowolniło utratę twardości.
3. Powlekanie nie wpłynęło na aktywność oksydazy polifenolowej, poziom barwników chlorofilowych (w suchej masie warzyw) oraz zmianę udziału barwy zielonej.
4. Zastosowana powłoka wpłynęła na utrzymanie atrakcyjności warzyw w pierwszych czterech dnia przechowywania. Powyżej czwartego dnia składowania obecność powłoki wpływała na żółknięcie główek kapusty i wzrost jasności ich barwy.

### Literatura

- [1] Ali A., Maqboola M., Ramachandran S., Alderson P.G.: Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biol. Technol.*, 2010, **58**, 42-47.
- [2] Alonso J., Alique R.: Influence of edible coating on shelf life and quality of 'Picota' sweet cherries. *Eur. Food Res. Technol.*, 2004, **218**, 535-539.
- [3] Arnon D.I.: Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.*, 1949, **24**, 1-15.
- [4] Ayranci E., Tunc S.: A method for the measurement of the oxygen permeability and the development of edible films to reduce the rate of oxidative reactions in fresh foods. *Food Chem.*, 2003, **80**, 423-431.
- [5] Ayranci E., Tunc S.: The effect of edible coatings on water and vitamin C loss of apricots (*Armeniaca vulgaris* Lam.) and green peppers (*Capsicum annuum* L.). *Food Chem.*, 2004, **87**, 339-342.
- [6] Babik I.: Kapusta brukselka do mrożenia. *Hasło Ogródnicze*, 2002, **3**, 76-77.
- [7] Cagri A., Ustunol Z., Ryser E.: Antimicrobial edible films and coatings: A review. *J. Food Prot.* 2004, **67**, 833-848.
- [8] Del-Valle V., Hernández-Muñoz P., Guarda A., Galotto M.J.: Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficusindica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf life. *Food Chem.*, 2005, **91**, 751-756.
- [9] Dong H., Cheng L., Tan J., Zheng K., Jiang Y.: Effect of chitosan coating on quality and shelf life of peeled litchi fruit. *J. Food Eng.*, 2004, **64**, 355-358.
- [10] Duan J., Wu R., Strik B.C., Zhao Y.: Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions. *Postharvest Biol. Technol.*, 2011, **59**, 71-79.
- [11] Eum H.L., Hwang D.K., Linke M., Lee S.K., Zude M.: Influence of edible coating on quality of plum (*Prunus salicina* Lindl. cv. 'Sapphire'). *Eur. Food Res. Technol.*, 2009, **229**, 427-434.
- [12] Gajewski M.: *Przechowalnictwo warzyw*. Wyd. SGGW, Warszawa 2005.
- [13] Ghasemnezhad M., Shiri M.A., Sanavi M.: Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot (*Prunus armeniaca* L.) during cold storage. *Caspian J. Env. Sci.*, 2010, **8(1)**, 25-33.
- [14] Hansen H., Bohling H.: Prevention of ethylene induced damage in Brussels sprouts. *Acta Hort.*, 1984, **157**, 192.
- [15] Hardenburg R.E.: Wax and related coatings of horticultural products. *A Bibliography. Agr. Res. Bull.*, No **965**, Cornell Univ., Ithaca, NY, 1967, p. 1.
- [16] Ihl M., Aravena L., Scheuermann E., Uquiche E., Bifani V.: Effect of immersion solutions on shelf life of minimally processed lettuce. *LWT*, 2003, **36**, 591-599.

- [17] Isenburg F.M.: The use of controlled atmosphere on cold crops. In: Controlled Atmospheres for the Storage and Transport of Horticultural Crops. Dewey D.H., Hener R.C. and Dilley D.R. Eds, Mich. State Univ. Hort. Rept., 1969, **9**, 95-96.
- [18] Jiang Y., Li Y.: Effect of chitosan coating on postharvest life and quality of long fruit. Food Chem., 2001, **73**, 139-143.
- [19] Kowalczyk D., Pikula E.: Wpływ jadalnej powłoki białkowo-woskowej na jakość przechowalniczą winogron (*Vitis vinifera* L.). Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **5 (72)**, 67-76.
- [20] Kowalczyk D., Pikula E.: Wpływ jadalnej powłoki białkowo-woskowej na jakość przechowywanych chłodniczo brokułów. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2010, **6 (73)**, 120-133.
- [21] Lipton W.J., Mackey B.E.: Physiological and quality response of Brussels sprouts to storage in controlled atmospheres. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 1987, **112**, 491-496.
- [22] Lyons J.M., Rappaport L.: Effect of Controlled atmospheres on storage quality of Brussels sprouts. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 1962, **81**, 324-331.
- [23] Lyons J.M., Rappaport L.: Effect of temperature on respiration and quality of Brussels sprouts during storage. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 1959, **73**, 361-366.
- [24] Maftoonazad N., Ramaswamy H.S., Moalemiyan M., Kushalappa A.C.: Effect of pectin-based edible emulsion coating on changes in quality of avocado exposed to *Lasiodyplodia theobromae* infection. Carbohydr. Polym., 2007, **68**, 341-349.
- [25] Martínez-Romero D., Alburquerque N., Valverde J.M., Guillén F., Castillo S., Valero D., Serrano M.: Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by *Aloe vera* treatment: A new edible coating. Postharvest Biol. Technol., 2006, **39**, 93-100.
- [26] Moldão-Martins M., Beirão-da-Costa S.M., Beirão-da-Costa M.L.: The effects of edible coatings on postharvest quality of the 'Bravo de Esmolfe' apple. Eur. Food Res. Technol., 2003, **217**, 325-328.
- [27] Navarro-Tarazaga M.L., Del Río M.A., Krochta J.M., Pérez-Gago M.B.: Fatty acid effect on hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible film properties and postharvest quality of coated 'Ortanique' mandarins. J. Agric. Food Chem., 2008, **56**, 10689-10696.
- [28] Navarro-Tarazaga M.L., Sothornvit R., Pérez-Gago M.B.: Effect of plasticizer type and amount on hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible film properties and postharvest quality of coated plums (cv. Angeleno). J. Agric. Food Chem., 2008, **56**, 9502-9509.
- [29] Oms-Oliu G., Soliva-Fortuny R., Martín-Belloso O.: Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears. Postharvest Biol. Technol., 2008, **50**, 87-94.
- [30] PN-A-04019:1998. Produkty spożywcze. Oznaczanie zawartości witaminy C.
- [31] Ribson J.E., Browne K.M., Burton W.G.: Storage characteristics of some vegetables and soft fruits. Ann. Appl. Biol., 1975, **81**, 399-408.
- [32] Rosa E.A.S.: Chemical composition. In: Biology of Brassica Coenospecies. C. Gómez-Campo Ed., Elsevier Science B.V., Amsterdam, The Netherlands, 1999, 315-357.
- [33] Sikora E., Cieślak E., Leszczyńska T., Filipiak-Florkiewicz A., Pisulewski P.M.: The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing. Food Chem., 2008, **107**, 55-59.
- [34] Simões A.D.N., Tudela J.A., Allende A., Puschmann R., Gil M. I.: Edible coatings containing chitosan and moderate modified atmospheres maintain quality and enhance phytochemicals of carrot sticks. Postharvest Biol. Technol., 2009, **51**, 364-370.
- [35] Singleton V.L., Rossi J.A.: Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Etnol. Vitic. , 1965, **16**, 144-158.
- [36] Tomás S.A., Bosquez-Molina E., Stolik S., F. Sánchez F.: Effects of mesquite gum-candelilla wax based edible coatings on the quality of guava fruit (*Psidium guajava* L.). J. Phys. IV France, 2005, **125**, 889-892.

- [37] Tzoumaki M.V., Biliaderis C.G., Vasilakakis M.: Impact of edible coatings and packaging on quality of white asparagus (*Asparagus officinalis*, L.) during cold storage. *Food Chem.*, 2009, **117**, 55-63.
- [38] Vargas M., Albors A., Chiralt A., González-Martínez C.: Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings. *Postharv. Biol. Technol.*, 2006, **41**, 164-171.
- [39] Viña S.Z., Mugridge A., García M.A., Ferreyra R. M., Martino M.N., Chaves A.R., Zaritzky N.E.: Effects of polyvinylchloride films and edible starch coatings on quality aspects of refrigerated Brussels sprouts. *Food Chem.*, 2007, **103**, 701-709.
- [40] Wisserman K.W., Lee C.Y.: Purification of grape polyphenoloxidase with hydrophobic chromatography. *J. Chromatogr.*, 1980, **192**, 232-235.
- [41] Xu S., Chen X., Sun D.: Preservation of kiwifruit coated with an edible film at ambient temperature. *J. Food Eng.*, 2001, **50**, 211-216.
- [42] Yaman Ö., Bayindir L.: Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. *LWT*, 2002, **35**, 146-150.

#### EFFECT OF EDIBLE PROTEIN-WAX COATING ON POST-HARVEST STABILITY OF BRUSSELS SPROUTS STORED UNDER SIMULATED COMMERCIAL STORAGE CONDITIONS

##### Summary

The washed Brussels sprouts heads were coated through dipping in a coat, i.e. in an aqueous solution of pea protein (10 % w/w), candelilla wax (2 % w/w), and sorbitol (4 % w/w). The coated and uncoated (control) vegetables were stored in the simulated storage conditions (~20 °C in a relative humidity of 50 %) for 10 days. The quality assessment of Brussels sprouts comprised the determination of: mass loss, contents of ascorbic acid, polyphenols and chlorophyll, polyphenol oxidase activity (PPO), colour, texture, and sensory properties.

It was evidenced that the coating of Brussels sprouts by protein-wax coating resulted in a significant reduction in mass loss, vitamin C, polyphenols, and firmness during storage, as well as limited the softening of the vegetables. However, the presence of the coating had no effect on the PPO activity and on the content of chlorophyll pigments. The colour measurements proved that during the final stage of storing, the coated vegetables were significantly lighter and more yellow compared with the control samples. A sensory analysis performed on the 4<sup>th</sup> day of storage showed that the coating of Brussels sprouts favourably impacted their overall appearance, firmness, and gloss, but slightly deteriorated their odour. After 4 days of storage, the sensory quality of Brussels sprouts, both in coated and uncoated samples, decreased below the acceptable level. The results obtained prove that the coating using the emulsion suggested can impact the course of some physiologic and biochemical processes in the Brussels sprouts, which affect their commercial and consumption quality.

**Key words:** Brussels sprouts, edible coatings, pea proteins, candelilla wax, quality 