

WPŁYW SPOSOBÓW I CZASU PRZECHOWYWANIA NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE JABŁEK

Bogusława Łapczyńska-Kordon

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Barbara Krzysztofik

Katedra Techniki Rolno-Spożywczej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy dokonano analizy zmian cech fizycznych jabłek przechowywanych przez okres 4 miesięcy w trzech obiektach przechowalniczych (piwnica, chłodnia zwykła i przechowalnia ULO). Mierzono po zbiorze i w cyklu miesięcznym zmiany zawartości wody, gęstość i jędrność jabłek. Wyraźne obniżenie zawartości wody w końcowym okresie przechowywania odnotowano dla jabłek przechowywanych w piwnicy. Zmiana gęstości jabłek przechowywanych w chłodni i przechowalni ULO jest podobna. Największe zmiany jędrności jabłek odnotowano dla prób przechowywanych w piwnicy i przechowalni ULO. Wszystkie modele empiryczne opisujące zmiany zawartości wody, gęstości i siły przebicia skórki są wielomianami drugiego lub trzeciego stopnia przy współczynnikach determinacji od 0,5 do 0,99.

Słowa kluczowe: jabłko, przechowywanie, zawartość wody, gęstość, jędrność

Wstęp, cel i metodyka pracy

Przechowywanie owoców w stanie świeżym jest zagadnieniem skomplikowanym, gdyż podczas niego zachodzą nadal różne procesy życiowe, wpływające na ich wygląd, jakość handlową oraz wartość odżywczą i biologiczną. Są to procesy mikrobiologiczne, chemiczne, fizyczne i biologiczne, które wywołują zmiany jakościowe nie zawsze korzystne. Podstawowymi procesami są: oddychanie, transpiracja oraz dojrzewanie i starzenie się, zmiany składu chemicznego i uszkodzenia spowodowane przez czynniki chorobotwórcze [Tomala 1999, Trybała 1999]. Utrata wody powoduje ubytek masy zmagazynowanego produktu, a także jego wędnięcie, co z kolei zmniejsza odporność na porażenie chorobami [Adamiczki 1997]. Równie istotne znaczenie mają zmiany składu chemicznego, który zależy od: gatunku, odmiany, stopnia dojrzałości, warunków agrotechnicznych i klimatycznych w okresie wzrostu, a także podczas przechowywania [Rogozińska 1997]. Niezależnie od strat ilościowych, powodujących obniżenie zawartości poszczególnych składników masy, zachodzą zmiany jakościowe, które obniżają wartość konsumpcyjną i odżywczą owoców (np. strata witamin) [Ciećko 1993]. Tempo starzenia zależy od wielu czynników takich jak: temperatura, wilgotność względna powietrza, skład gazowy w atmosferze przechowalniczej oraz światło. O możliwości utrzymania odpowiednich warunków podczas przechowywania decyduje przede wszystkim rodzaj przechowalni. Do obiektów stosowanych do

przechowywania owoców należą nowoczesne przechowalnie, komory chłodnicze oraz chłodnie z kontrolowaną atmosferą. W małych gospodarstwach są to często prymitywne przechowalnie w adaptowanych budynkach gospodarskich oraz różnego typu piwnice. Obiekty przechowalnicze, w których przechowywano jabłka poddane ocenie, znajdują się w gminie Łososina Dolna. Przechowalnia ULO (Ultra Low Oxygen) ma regulowaną temperaturę, wilgotność oraz zawartość dwutlenku węgla. Posiada 7 komór o łącznej pojemności 1000 t. Temperatura powietrza w chłodni wynosi 1-2°C i jest sterowana mikroprocesorem CIAT. Wilgotność względna powietrza wewnętrznego utrzymuje się na poziomie 95%, a zawartość CO₂ w tym powietrzu - w zakresie 2-2,5%. Jabłka przechowywane są w skrzyniopaletach. Chłodnia zwykła o pojemności 60 t jest dobrze izolowanym budynkiem wyposażonym w agregat chłodniczy COPELAND 402, utrzymującym temperaturę w zakresie 2-5°C i wilgotności względnej powietrza 95%. Natomiast piwnica zagłębiona jest w ziemi na głębokość 1,1 m, posiada pojemność 5 t.

Celem pracy był pomiar zmian fizycznych, jakie zachodzą w jabłkach, w zależności od czasu i miejsca przechowywania. Zakres pracy obejmował pomiary zmian zawartości wody, wyznaczenie gęstości i pomiary jędrności jabłek przechowywanych w piwnicy, chłodni zwykłej oraz przechowalni z kontrolowaną atmosferą (ULO).

Badania prowadzone były w czasie czteromiesięcznego okresu w cyklu miesięcznym. Wykonywano pomiary, pobierając z jabłek kostki sześciennie o boku 10 mm, które suszono w temp. 70°C do chwili uzyskania wodnej równowagi. Zawartość wody (właściwą wilgotność materiału) w jabłkach podczas kolejnych miesięcy przechowywania obliczono wg wzoru (1):

$$u = \frac{w}{100 - w} \quad [\text{kgH}_2\text{O} \cdot \text{kg}_{s.s.}^{-1}] \quad (1)$$

gdzie:

- u – wilgotność materiały [$\text{kgH}_2\text{O} \cdot \text{kg}_{s.s.}^{-1}$],
- w – wilgotność próbki określona z wykorzystaniem suszarki [%].

Pomiar gęstości wyznaczono metodą piknometryczną przy pomocy wagi szalkowej. Kostki jabłek ważono w powietrzu, a następnie zanurzone w oleju. Masę próbki w powietrzu porównano z masą próbki w oleju. Gęstość badanych elementów jabłek obliczono ze wzoru (2):

$$\rho = \frac{A}{A - B} \cdot \rho_0 \quad [\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}] \quad (2)$$

gdzie:

- ρ – gęstość próbki [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$],
- A – masa próbki w powietrzu [g],
- B – masa próbki w cieczy [g],
- ρ_0 – gęstość cieczy [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$].

Jędrność jabłek wyznaczano na podstawie znajomości wartości siły przebiccia skórki w punkcie wytrzymałości biologicznej jabłka. Siłę wyznaczono za pomocą penetrometru statycznego, sprężynowego o wycechowanej sprężynie. Ugięcie wycechowanej sprężyny pozwoliło określić siłę nacisku wglębniaka na jabłka, ze wzoru (3):

$$F = 9,9384 \cdot W_{czg} + 9,2482 \quad [N] \quad (3)$$

gdzie:

W_{czg} – wskazanie czujnika górnego.

Szczegółowa metodyka pomiaru jędrności została przedstawiona w pracy Sobola [2003].

Wyniki badań i ich analiza

Na podstawie otrzymanych wyników badań obliczono średnie wartości badanych parametrów oraz ich zmienność, wyrażoną współczynnikiem zmienności. Na podstawie uzyskanych wyników zaproponowano modele empiryczne badanych cech oraz wartości współczynników korelacji i determinacji.

Parametrem wyjściowym zmian zawartości wody w jabłkach była początkowa zawartość wody w owocach tuż po zbiorze. Analizując wyniki (tab. 1) odnotowano, że zawartość wody w początkowym okresie przechowywania pozostaje bez zmian, dla jabłek przechowywanych w kontrolowanej atmosferze typu ULO. Wraz z wydłużaniem okresu przechowywania zauważa się niewielki spadek zawartości wody (po dwóch mies. przechowywania), który następnie utrzymywał się przez kolejne 2 miesiące przechowywania.

Tabela 1. Zmiany zawartości wody w jabłkach przechowywanych w różnych obiektach w okresie 4 miesięcy [$\text{kgH}_2\text{O} \cdot \text{kg}_{\text{s.s.}}^{-1}$]

Table 1. Changes in the water content of apples stored in various objects for 4 months [$\text{kgH}_2\text{O} \cdot \text{kg}_{\text{s.s.}}^{-1}$]

Miejsce przechowywania		Termin pomiaru				
		Po zbiorze	Po 1 miesiącu	Po 2 miesiącach	Po 3 miesiącach	Po 4 miesiącach
Piwnica	Średnia	4,65	1,78	2,37	1,98	1,82
	Współczynnik zmienności [%]	0,21	0,56	0,42	0,51	0,55
Chłodnia zwykła	Średnia	4,1	1,96	3,85	2,77	2,26
	Współczynnik zmienności [%]	0,22	0,56	0,42	0,51	0,16
Przechowalnia ULO	Średnia	4,13	3,33	3,1	2,82	2,55
	Współczynnik zmienności [%]	0,24	0,30	0,32	0,36	0,39

Źródło: obliczenia własne autorów

Jabłka przechowywane w chłodni zwykłej tuż po zbiorze posiadały porównywalną wilgotność z przechowywanymi w przechowalni ULO. W początkowym okresie przechowywania odnotowano gwałtowny spadek zawartości wody. Dalsze natomiast wydłużanie czasu przechowywania wpływało na wzrost zawartości wody. Takie zdarzenie mogło być spowodowane pobieraniem wody z atmosfery chłodni, w której były zamontowane urządzenia zraszające. Natomiast w przypadku przechowywania owoców w piwnicy, odnoto-

wano wyraźny spadek zawartości wody już po pierwszym miesiącu i utrzymujący się ten stan przez cały okres przechowywania. Pomimo, że po zbiorze jabłka przechowywane w piwnicy miały najwyższą zawartość wody spośród trzech prób umieszczanych w różnych obiektach. Uzyskane wyniki dotyczące zmian zawartości wody w jabłkach ze wszystkich badanych obiektów przechowalniczych cechuje bardzo mała zmienność.

Na podstawie przeanalizowanych wyników stwierdzono, że przechowywanie jabłek tradycyjnymi metodami, w pomieszczeniach typu piwnica, wpływa wyraźnie na obniżenie zawartości wody w owocach, która w końcowym okresie przechowywania jest o 2,83 $\text{kgH}_2\text{O}\cdot\text{kg}_{\text{s.s.}}^{-1}$ niższa od początkowej (spadek o ponad 60%). W przypadku przechowalni z kontrolowaną atmosferą różnica ta jest znacznie mniejsza i wynosi 1,58 $\text{kgH}_2\text{O}\cdot\text{kg}_{\text{s.s.}}^{-1}$ (spadek o niespełna 40%).

Tabela 2. Zmiany gęstości jabłek przechowywanych w różnych obiektach w okresie 4 miesięcy [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]
Table 2. Changes in the density of apples stored in various objects for 4 months

Miejsce przechowywania		Termin pomiaru				
		Po zbiorze	Po 1 miesiącu	Po 2 miesiącach	Po 3 miesiącach	Po 4 miesiącach
Piwnica	Średnia	0,684	0,647	0,635	0,633	0,633
	Współczynnik zmienności [%]	7,93	5,62	3,49	2,62	2,59
Chłodnia zwykła	Średnia	0,658	0,638	0,634	0,693	0,659
	Współczynnik zmienności [%]	3,88	3,60	4,55	13,62	11,88
Przechowalnia ULO	Średnia	0,674	0,629	0,655	0,711	0,711
	Współczynnik zmienności [%]	7,49	2,78	3,88	7,04	6,89

Źródło: obliczenia własne autorów

Wraz ze zmianą zawartości wody w materiale zmienia się jego gęstość (tab. 2). Gęstość jabłek przechowywanych w kontrolowanej atmosferze do 2 miesięcy zmniejszyła się od 3 do 7%. Natomiast po kolejnych dwóch miesiącach gęstość wzrosła i w końcowym okresie była wyższa od początkowej o około 5%. Podobny przebieg zmian gęstości odnotowano dla jabłek przechowywanych w chłodni zwykłej. Maksymalne odchyłki gęstości jabłek od stanu początkowego wynosiły po 2 miesiącach przechowywania ok. 4% (spadek gęstości), a po 3 miesiącach 3% (wzrost gęstości). Charakterystyka zmian gęstości dla jabłek przechowywanych w piwnicy ma odmienny przebieg niż w dwóch pozostałych obiektach. Przez cały okres przechowywania odnotowywany jest spadek gęstości, który po dwóch miesiącach utrzymuje się na niezmiennym poziomie. Różnica zmian gęstości w końcowym okresie przechowywania, w porównaniu do wartości początkowej wynosi 7,5%.

Wpływ sposobów i czasu...

Podczas 4-miesięcznego okresu przechowywania wartość siły przebicia skórki, wykorzystana jako miernik jędrności jabłka, kształtowała się w zależności od miejsca i czasu przechowywania.

Dla jabłek przechowywanych w przechowalni ULO odnotowano w początkowym okresie wzrost o około 5%, a następnie spadek siły przebicia, która w końcowym okresie była niższa od wartości początkowej o 21%. Jabłka przechowywane w chłodni zwykłej w stosunku do wartości początkowej po 1 i 3 miesiącach przechowywania charakteryzowały się wyższą siłą przebicia skórki (wzrost odpowiednio o 2 i 5%). Natomiast po 2 miesiącach odnotowano spadek siły przebicia o 2%. W końcowym okresie przechowywania siła przebicia była porównywalna ze stanem po zbiorze.

Tabela 3. Zmiany jędrności jabłek przechowywanych w różnych obiektach w okresie 4 miesięcy [N]
Table 3. Changes in the firmness of apples stored in various objects for 4 months [N]

Miejsce przechowywania		Termin pomiaru				
		Po zbiorze	Po 1 miesiącu	Po 2 miesiącach	Po 3 miesiącach	Po 4 miesiącach
Piwnica	Średnia	16,686	17,613	14,665	13,605	13,093
	Współczynnik zmienności	4,116	5,152	12,902	12,757	8,532
Chłodnia zwykła	Średnia	13,555	13,870	13,257	14,257	13,511
	Współczynnik zmienności	3,099	5,471	4,202	18,973	18,267
Przechowalnia ULO	Średnia	17,290	18,226	17,627	14,625	13,706
	Współczynnik zmienności	5,110	8,952	7,881	16,609	17,020

Źródło: obliczenia własne autorów

Jabłka przechowywane w piwnicy zachowywały się podobnie jak w przechowalni ULO. W początkowym okresie przechowywania odnotowano wzrost siły przebicia o 6%, natomiast w kolejnych trzech miesiącach stopniowy spadek, który w końcowym okresie wynosił 22%.

W tabeli 4 zamieszczono modele empiryczne, opisujące przebieg zmian właściwości fizycznych jabłek w okresie czteromiesięcznego przechowywania w trzech obiektach i wartości parametrów tychże funkcji oraz udziały w wariancjach wyjaśniających.

Wszystkie modele empiryczne opisujące zmiany zawartości wody są wielomianami drugiego stopnia przy współczynnikach determinacji powyżej 0,8. Zmiany gęstości przedstawiają modele w postaci wielomianów drugiego i trzeciego stopnia przy współczynnikach determinacji od 0,5 do 0,97. Natomiast wszystkie modele opisujące zmiany siły przebicia skórki są wielomianami trzeciego stopnia przy współczynnikach determinacji od 0,63 do 0,97.

Tabela 4. Modele empiryczne, wartości parametrów oraz współczynniki determinacji opisujące przebieg zmian właściwości fizycznych jabłek przechowywanych w różnych obiektach w okresie 4 miesięcy

Table 4. Empirical models, values of parameters and coefficients of determination describing the course of changes in the physical properties of apples stored in various objects for 4 months

Miejsce przechowywania		Postać modelu	R ²	Wartości parametrów				
				A	B	C	D	E
Zawartość wody [kgH ₂ O·kg _{s.s.} ⁻¹]	Piwnica	$*U=A+B \cdot t+C \cdot t^2+D \cdot \exp(E \cdot t)$	0,97	1,11	0,91	0,19	3,54	-28,93
	Chłodnia zwykła	$U=A+B \cdot t+C \cdot t^2+D \cdot \exp(E \cdot t)$	0,83	-0,26	3	-0,6	4,36	-32,39
	Przechowalnia ULO	$U=A+B \cdot t^2+C \cdot \exp(D \cdot t)$	0,99	3,22	-0,04	0,9	-1,78	-
Gęstość [g·cm ⁻³]	Piwnica	$\rho=A+B \cdot t+C \cdot t^2$	0,97	681,5	-35,2	5,9	-	-
	Chłodnia zwykła	$\rho=A+B \cdot t+C \cdot t^2+D \cdot t^3$	0,72	660,9	-82,3	56,6	-9	-
	Przechowalnia ULO	$\rho=A+B \cdot t+C \cdot t^2+D \cdot t^3$	0,5	666	-54,1	58,4	-10,7	-
Jędrność [N]	Piwnica	$F=A+B \cdot t+C \cdot t^2+D \cdot t^3$	0,9	16,79	2,34	-2,28	0,37	-
	Chłodnia zwykła	$F=A+B \cdot t+C \cdot t^2+D \cdot t^3$	0,63	13,58	0,34	-0,15	0,02	-
	Przechowalnia ULO	$F=A+B \cdot t+C \cdot t^2+D \cdot t^3$	0,97	17,21	3,26	-2,25	0,3	-

Źródło: obliczenia własne autorów

* A, B, C, D, E – parametry zależne od temperatury przechowywania

Wnioski

1. Wyraźne obniżenie zawartości wody w owocach (spadek o ponad 60%) w końcowym okresie przechowywania odnotowano dla jabłek przechowywanych w piwnicy, natomiast w przypadku przechowalni ULO różnica ta jest znacznie mniejsza i wynosi około 40%.
2. Zmiana gęstości jabłek przechowywanych w chłodni i przechowalni ULO jest podobna. Przy początkowym spadku gęstości następuje jej wzrost. W końcowym okresie następuje wzrost nawet o 5%. Natomiast w przypadku piwnicy następuje spadek gęstości jabłek przez cały okres przechowywania, a występująca różnica dochodzi do 7,5%.
3. Największe zmiany jędrności jabłek odnotowano dla prób przechowywanych w piwnicy i przechowalni ULO. Występujące różnice wynosiły ponad 20%. Jabłka przechowywane w chłodni miały dość wyrównaną jędrność, maksymalne różnice wynosiły do 5%.
4. Wszystkie modele empiryczne opisujące zmiany zawartości wody, gęstości i siły przebicia skórki są wielomianami drugiego lub trzeciego stopnia przy współczynnikach determinacji od 0,5 do 0,99.

Bibliografia

- Adamicki F.** 1997. Przechowywanie warzyw. Wyd. IV. Skierniewice. ISSN 0208-6255.
- Ciećko Z.** 1993. Ocena jakości i przechowalności produktów rolnych. P. Skrypt. Wyd. II UWM Olsztyn. ISBN 83-7299-281-9.
- Rogozińska I.** 1997. Przechowalność i towaroznawstwo surowców roślinnych. Wyd. II AT-R Bydgoszcz. ISSN 0208-6352.
- Sobol Z.** 2003. Wpływ wybranych czynników na niektóre właściwości mechaniczne bulw ziemniaka. Acta Agrophysica, 83, s. 163-176.
- Tomala K.** 1999. Co wpływa na jakość przechowalniczą jabłek?, Sad Nowoczesny. Nr 9. s. 15-17.
- Trybała M.** 1999. Produkcja i przechowywanie owoców rolniczych. Wydawnictwo AR Wrocław. ISSN 0867-7964.

EFFECTS OF THE STORING METHODS AND STORING TIME ON SELECTED PHYSICAL PROPERTIES OF APPLES

Abstract. In the paper the analysis of changes in physical properties of apples stored for 4 months in three storing objects (cellar, normal cold store and ULO chamber) is done. Changes in water content, apple density and firmness were determined after the harvest and in a monthly cycle. A distinct reduction in the water content at the end of the storing time was found for apples stored in a cellar. Changes in density for apples stored in a cold store and ULO chamber were similar. The greatest changes in apple firmness were noted for the samples stored in a cellar and ULO chamber. All the empirical models describing changes in the water content, density and peel puncture force are second-degree or third-degree polynomials, with the coefficients of determination ranging from 0.5 to 0.99.

Key word: apple, storing, water content, density, firmness

Adres do korespondencji:

Bogusława Łapczyńska-Kordon; email: kordon@ar.krakow.pl
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 116B
30-149 Kraków