

Tomasz PUKSZTA

e-mail: phazi@am.gdynia.pl

Katedra Organizacji Usług Turystyczno-Hotelarskich, Wydział Przedsiębiorczości i Towaroznawstwa, Akademia Morska, Gdynia

Możliwość zastosowania testów przyspieszonych w prognozowaniu trwałości zamrożonych owoców

Wstęp

Jakość jest stopniem, w jakim zbiór inherentnych właściwości spełnia wymagania konsumenta [1]. Jednym z istotnych elementów tego zbioru jest trwałość, nazywana również trwałością przechowalniczą. Terminem tym określa się czas, w którym produkt zachowuje parametry jakościowe na wymaganym poziomie. Trwałość produktów spożywczych w głównej mierze determinowana jest czynnikami środowiskowymi, tj. temperaturą, wilgotnością, ciśnieniem atmosferycznym, promieniowaniem świetlnym oraz rodzajem opakowania [2, 3]. Wpływ czynników środowiskowych na trwałość przechowalniczą produktów spożywczych uzależniony jest od indywidualnych cech produktu.

Do przedłużania trwałości produktów spożywczych pochodzenia roślinnego wykorzystuje się szereg technik fizycznych i chemicznych. Jedną z technik fizycznych, stosowaną w praktyce gospodarczej na szeroką skalę, jest metoda wykorzystująca utralające działanie na produkty obniżonych temperatur czyli zamrażanie. Istota tego procesu polega na kontrolowanym odprowadzeniu ciepła z produktów do ośrodka chłodzącego, co powoduje stopniowe obniżenie temperatury produktów znacznie poniżej punktu krioskopowego wydłużając tym samym ich trwałość. Powszechnie uznaje się, że zamrażanie optymalnie spełnia cele utralania, to jest zapewnia maksymalne przedłużenie czasu przechowywania produktów przy minimalnych zmianach ich cech wyjściowych. Jednak metoda ta choć jest lepsza od innych, to ma ona charakter czasowo ograniczony. Niskie temperatury eliminują działanie drobnoustrojów, lecz nie powstrzymują całkowicie zachodzących w produktach zmian biochemicznych, chemicznych i fizycznych. Intensywność tych zmian zależy nie tylko od dostatecznie niskiej temperatury, ale również od stałości jej w czasie.

Dyskwalifikacja jakościowa zamrożonych produktów żywnościowych spowodowana może być obniżeniem się wartości odżywczej oraz niepożądanymi zmianami organoleptycznymi, tj. wystąpieniem niepożądanego zapachu, zmianą barwy lub smaku [4, 5].

Producenci żywności, mając obowiązek podawania terminu przydatności do spożycia produktów spożywczych na ich opakowaniach, zainteresowani są poszukiwaniem metod przyspieszonego wyznaczania trwałości nazywanych ogólnie ASLT (*Accelerated Shelf-Life Testings*). Badania nad tego typu metodami, pozwalając na skrócenie czasu i zminimalizowanie kosztów wprowadzania nowego produktu na rynek, znajdują swe ekonomiczne uzasadnienie [2, 3].

Celem przeprowadzonych badań była ocena możliwości zastosowania testów przyspieszonych w prognozowaniu trwałości zamrożonych owoców. Podjęcie tego typu badań znajduje swe uzasadnienie przede wszystkim w skróceniu czasu, a zatem również zminimalizowaniu kosztów wprowadzenia nowego produktu na rynek. Biorąc pod uwagę fakt powszechnego wykorzystywania technik informatycznych przypuszczać można, że modelowanie wyników testów przyspieszonych stanie się alternatywą dla klasycznych testów przechowalniczych.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiły truskawki, zamrożone metodą fluidyzacyjną w temperaturze od -38°C do -35°C . Zamrożony materiał przechowywano przez 24 tygodnie w jednostkowych opakowaniach detalicznych (woreczki polietylenowe), zawierających około 500 g produktu.

Całość materiału badawczego podzielono na pięć części, przy czym trzy z nich składowano w warunkach testów przyspieszonych, tj. w temperaturze stałej -5°C , -10°C i -15°C , a dwie w warunkach testów

przechowalniczych stanowiących model warunków rzeczywistych, tj. w temperaturze stałej -18°C i -25°C .

Podstawą budowy modelu było wyznaczenie praktycznego czasu przechowywania PSL (*Practical Storage Life*) w oparciu o zmiany ogólnej oceny sensorycznej [6] według równania empirycznego:

$$PSL = t + \frac{x_1 - K}{x_1 - x_2} t_c \quad (1)$$

gdzie:

x_1 – najniższa wartość oceny sensorycznej przed przekroczeniem wartości krytycznej [pkt.],

x_2 – najwyższa wartość oceny sensorycznej poniżej wartości krytycznej [pkt.],

t – czas obniżenia się wartości początkowej do poziomu X_1 [dni],

t_c – czas jednego cyklu badawczego [dni],

K – wartość krytyczna oceny sensorycznej [pkt.].

Ocenę sensoryczną przeprowadzono metodą oceny 5-punktowej posługując się kartą oceny punktowej rozmrożonych owoców (Tab. 1).

Tab. 1. Wzorcowa karta oceny sensorycznej owoców rozmrożonych w skali pięciopunktowej według PN-90/A-75051 [7]

Wyróżnik jakości	Liczba punktów				
	5	4	3	2	1
Kształt	Właściwy, dobrze zachowany	Właściwy, sporadyczne zniekształcenia	Właściwy, liczne niewielkie zniekształcenia	Liczne zniekształcenia	Nietypowy, z głębokimi deformacjami
Barwa	Intensywnie czerwona, wysoce jednolita	Jednolita lekko osłabiona	Mniej intensywna z lekkim odcieniem brązowym	Nierówna, wyraźnie zmieniona, z brązowym odcieniem	Nietypowa, obca
Smakowość (smak i zapach)	Bardzo intensywna, bardzo typowa, kwaśno-słodka, pozbawiona obcych zapachów	Lekko wyczuwalna, typowa, kwaśno-słodka, pozbawiona obcych zapachów	Ledwo wyczuwalna, średnio typowa, nieco za kwaśna	Ledwo wyczuwalna, mało typowa, kwaśna, cierpka, gorzka	Nietypowa, wyraźnie zmieniona, silnie fermentacyjna i silnie pleśniowa, inne
Jędrność	Wyraźnie jędrne	Jędrne	Umiarkowanie jędrne, nieco „gumowate”	Miękkie „gumowate”	Wyraźnie miękkie z rozlewającym się miąższem
Soczystość	Bardzo soczyste	Soczyste	Słabo soczyste	Suchawe	Wyraźnie suche

Analizie poddawano kilka cech jakościowych i wyrażano ogólną wartość właściwości sensorycznych truskawek w postaci liczbowej. Wszystkie wyróżniki oceny sensorycznej scharakteryzowano cechami wyrażonymi opisowo oraz przyporządkowano im odpowiednie liczby punktów: 5 pkt. – bardzo dobry; 4 pkt. – dobry; 3 pkt. – dostateczny; 2 pkt. – niedostateczny; 1 pkt – zły.

Uwzględniając niejednakowy udział poszczególnych cech w kształtowaniu ogólnej wartości oceny sensorycznej, wynikający z określonych preferencji konsumenckich, wprowadzono współczynniki ważkości ustalone w oparciu o wzór (2), zaproponowany przez Kondratowicz

[8], i wynoszące: 0,20 – kształt; 0,20 – barwa; 0,30 – smak i zapach; 0,10 – jędrność; 0,20 – soczystość.

Ogólna ocena sensoryczna była średnią arytmetyczną ocen skorygowanych współczynnikami ważkości wyznaczonymi dla poszczególnych wyróżników jakości. Eksperyment powtórzono dziesięciokrotnie, a wynik stanowił średnią arytmetyczną z tych powtórzeń.

$$W_i = \frac{Y_i}{Y_1 \sum_{i=1}^n \frac{Y_i}{Y_1}} \quad (2)$$

gdzie:

W_i – wartość współczynnika ważkości i -tej cechy,

Y_i – różnica wartości punktowych i -tej cechy w danym okresie czasu,

Y_1 – najwyższa wartość parametru (różnicy wartości punktowych) wśród Y_i w danym okresie czasu.

Ocenę sensoryczną przeprowadzał wyszkolony, pięciosobowy zespół o sprawdzonej wrażliwości sensorycznej, charakteryzujący się zbliżonymi wartościami progów wrażliwości na smak słony, kwaśny i słodki. Szkolenie zespołu przeprowadzono zgodnie z normą PN-65/A-04021 [9].

Wyniki badań i ich omówienie

Warunkiem budowy modelu pozwalającego w prosty sposób przewidywać przebieg zmian zachodzących w żywności, jest uogólnienie wyników uzyskanych w poszczególnych wariantach badań. Pierwszym etapem budowy modelu było wyznaczenie praktycznego czasu przechowywania PSL (*Practical Storage Life*) w oparciu o wyniki empiryczne ogólnej oceny sensorycznej owoców przechowywanych w warunkach przyspieszonych.

W tym celu materiał badawczy podzielono na trzy części i skladowano w temperaturach stałych -5°C , -10°C oraz -15°C . Materiał doświadczalny przechowywano przez 24 tygodnie i poddawano ocenie sensorycznej przed przechowywaniem i w cyklach czterotygodniowych w czasie przechowywania. Podstawę do wyliczenia tej wielkości stanowiły wyniki empiryczne ogólnej oceny sensorycznej truskawek, przedstawione w tab. 2.

Tab. 2. Zmiany oceny sensorycznej zamrożonych truskawek przechowywanych w warunkach testów przyspieszonych

Temperatura przechowywania	Czas przechowywania (tygodnie)						
	0	4	8	12	16	20	24
	Ocena sensoryczna (pkt.)						
-5°C	5,00	4,59	3,78	3,62	2,84	2,80	2,49
-10°C	5,00	4,60	3,96	3,70	3,22	3,16	2,94
-15°C	5,00	4,66	4,10	3,96	3,55	3,46	3,20

Określenie wartości krytycznej dla zmian oceny sensorycznej produktów w czasie przechowywania jest skomplikowanym procesem. Przyczyną tego jest rozpatrywanie oceny sensorycznej, jako średniej liczby punktów w skali od 1 do 5 przyznawanej produktowi w kolejnych okresach badawczych. Może to być przyczyną nieobiektywnej oceny. Produkt uznany jako dobry może w zakresie jednego wyróżnika okazać się zaledwie dostateczny. Ponieważ ocena sensoryczna stanowiła kryterium wyboru niektórych cech krytycznych (zawartość barwników), granicę obniżenia się oceny sensorycznej ustalono w oparciu o wartości krytyczne tych cech. Z przeprowadzonych analiz wynikało, że aby w zakresie cech najmniej punktowanych produkt był akceptowany przez konsumenta, za wartość krytyczną należało przyjąć 70% wartości początkowej oceny sensorycznej. Oznaczało to, że przy wyjściowej ocenie sensorycznej produktu o wartości 5 punktów, oceną dyskwalifikującą była wartość 3,50 punktu. Czas, po którym ocena sensoryczna osiągnęła wartość krytyczną, przyjęto jako praktyczny czas przechowywania (Tab. 3). W obliczeniach założono liniowy przebieg utraty jakości w zakresie wartości od X_1 do X_2 .

Wyznaczone wartości PSL nie układały się na wykresie wzdłuż linii prostej. Zaistniała więc konieczność wyznaczenia krzywej wykazującej lepsze dopasowanie do wartości empirycznych. Dokonano tego stosując metodę najmniejszych kwadratów [10].

Tab. 3. Wartości praktycznego czasu przechowywania (PSL) zamrożonych truskawek w zależności od temperatury przechowywania w warunkach testów przyspieszonych

Produkt	Temperatura przechowywania	PSL (dni)
Truskawki	-5°C	88
	-10°C	96
	-15°C	128

Dla każdego wariantu temperaturowego najlepsze dopasowanie do wyznaczonych wartości PSL wykazała funkcja kwadratowa o postaci $y = a + bx + cx^2$. Jednak wykorzystanie funkcji kwadratowej do prognozowania trwałości zamrożonych owoców w temperaturach wykraczających poza zakres stosowanych temperatur wiąże się z ryzykiem popełnienia dużego błędu w przypadku przekroczenia współrzędnych ekstremum tej funkcji. W związku z tym wyznaczono również współczynniki modelu liniowego $y = a + bx$. Zaletą wykorzystania funkcji liniowej do prognozowania trwałości owoców było również uproszczenie obliczeń. Wyznaczone współczynniki obu funkcji podano w tab. 4.

Tab. 4. Współczynniki zaproponowanych modeli (Produkt – truskawki)

Postać funkcji	Parametry funkcji			Miary dopasowania				
	a	b	c	R	S	ϕ^2	Se	Ve
$y = a + bx + cx^2$	104,00	56,00	0,4800	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00
$y = a + bx$	64,00	-4,00	–	0,9449	96,0000	0,1071	6,9282	6,66

x – temp. przechowywania [$^{\circ}\text{C}$],

R – współcz. korelacji,

y – praktyczny okres przechowywania (PSL),

S – suma kwadratów odchyłeń,

ϕ^2 – współcz. indeterminacji (zbieżności),

Se – średni błąd szacunku,

Ve – współcz. zmienności przypadkowej [%].

Wartości praktycznego czasu przechowywania produktów pochodzenia roślinnego obliczone dla różnych wariantów przechowywania w oparciu o weryfikowany model matematyczny porównano z wartościami empirycznymi i zestawiono w tab. 5.

Tab. 5. Porównanie czasu przechowywania zamrożonych truskawek obliczonego wg modelu z wartościami doświadczalnymi

Produkt	Temperatura przechowywania	PSL (dni)		
		Model oparty na funkcji		Wartości praktyczne
		kwadratowej	liniowej	
Truskawki	-18°C	159	136	132
	-25°C	264	164	>168*

*w czasie eksperymentu żadna z cech krytycznych nie osiągnęła wartości progowych

Wnioski

1. W prognozowaniu jakości zamrożonych owoców istnieje możliwość wykorzystania metod modelowania matematycznego opartego na testach przyspieszonych.
2. Model oparty na funkcji liniowej może być stosowany do prognozowania trwałości zamrożonych owoców przechowywanych w temperaturach wykraczających poza zakres temperatur eksperymentu, w przeciwieństwie do modelu opartego na funkcji kwadratowej.

LITERATURA

- [3] PN-EN ISO 9000:2001. Systemy zarządzania jakością. Podstawy i terminologia.
- [4] Z. Cichoń: Nowoczesne opakowalnictwo żywności. Ossolineum, Wrocław 1996.
- [5] B. Czerniawski, J. Michniewicz: Opakowania żywności. Agro Food Technology, Czeladź 1998.
- [6] Z. Gruda, J. Postolski: Zamrażanie żywności. WNT, Warszawa. 1999.
- [7] F. Świdorski: Towaroznawstwo żywności przetworzonej. Wyd. SGGW, Warszawa 1999.
- [8] N. Barylko-Pikielna: Zarys analizy sensorycznej. WNT, Warszawa 1975.
- [9] PN-90/A-75051. Mrożone owoce i warzywa, pobieranie próbek i metody badań.
- [10] E. Kondratowicz: Kinetyczna ważkość cechy. Zmiany jakości produktów rynkowych w sferze poprodukcyjnej, Materiały konferencji naukowej PTT, Trzemeszno 11-12 listopada 1988.
- [11] PN-65/A-04021. Artykuły żywnościowe. Metody sprawdzania wrażliwości sensorycznej w zakresie smaku i wężchu.
- [12] W. Makać, D. Urbanek-Krzysztofiak: Metody opisu statystycznego. Wyd. UG, Gdańsk 2000.