

JUSTYNA E. BOJARSKA, KATARZYNA M. MAJEWSKA,
RYSZARD ZADERNOWSKI

TEKSTURA OWOCÓW WYBRANYCH ODMIAN TRUSKAWEK

Streszczenie

Celem pracy była ocena tekstury owoców wybranych odmian truskawek, uprawianych w jednolitych warunkach glebowo-klimatycznych.

Materiał doświadczalny stanowiły owoce truskawek dziesięciu odmian deserowych: ‘Camarosa’, ‘Dukat’, ‘Elsanta’, ‘Heros’, ‘Honeoye’, ‘Kama’, ‘Kent’, ‘Onebor’ (‘Marmolada’), ‘Polka’ i ‘Thuriga’ oraz owoce odmiany przemysłowej – ‘Senga Sengana’, uznane w niniejszym eksperymencie za odmianę kontrolną. Owoce pochodziły z poletek doświadczalnych założonych na plantacji towarowej w Jarotach k. Olsztyna. Próbki pobrano w dwóch kolejnych latach z roślin losowo wybranych z każdej odmiany. Oznaczono zawartość suchej masy owoców. Pomiar tekstury świeżych owoców wykonano przy użyciu uniwersalnej maszyny testującej INSTRON 4301. Do oceny jędrności owoców zastosowano testy: penetracji oraz jednoosiowego ściskania między płytkami. Pomiarów wykonywano w temperaturze 20 ± 2 °C w 30 powtórzeniach.

Stwierdzono, że zawartość suchej masy w owocach badanych odmian była istotnie ($p < 0,05$) zróżnicowana. Najmniej suchej masy zawierały owoce odmiany ‘Camarosa’ (9,75 %), najwięcej – ‘Heros’, ‘Elsanta’ i ‘Senga Sengana’ (powyżej 10,87 %). W przeprowadzonym teście penetracji największą siłą przebijania $F_{p \max}$ charakteryzowały się owoce odmian: ‘Kent’, ‘Elsanta’, ‘Onebor’ oraz ‘Thuriga’ (powyżej 2,7 N), podczas gdy owoce odmian: ‘Heros’, ‘Dukat’, i ‘Honeoye’ cechowała najmniejsza zwięzłość struktury (poniżej 1,1 N/mm). Wyniki zbieżne z powyższymi otrzymano w teście ściskania. Największe wartości badanych parametrów tekstury, uzyskane w obu testach ($F_{p \max}$, $E_{p \max}$, $F_{\text{ś max}}$, $E_{\text{ś max}}$), charakteryzowały owoce odmiany ‘Kent’.

Słowa kluczowe: truskawki, odmiany, tekstura, przebijanie, ściskanie

Wprowadzenie

Polska znajduje się wśród dziesięciu największych światowych producentów truskawek [19]. Krajowe zbiory owoców w 2014 r. wynosiły 197,0 tys. ton [21]. Tru-

Dr inż. J. E. Bojarska, prof. dr hab. inż. K. M. Majewska, prof. dr hab. inż. R. Zadernowski, Katedra Przetwórstwa i Chemii Surowców Roślinnych, Wydz. Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Pl. Cieszyński 1, 10-957 Olsztyn. Kontakt: justyna.bojarska@uwm.edu.pl

skawki przeznaczano głównie do celów przetwórczych, a dominującą odmianą była 'Senga Sengana'. Obecnie, przy znacznym udziale owoców przemysłowych, obserwuje się wzrost popytu na owoce deserowe. Oprócz takich cech, jak: odpowiednia wielkość, wybarwienie, połysk, aromat i smak, truskawki powinny się charakteryzować pożądaną teksturą [2]. Skórka owoców odmian deserowych powinna być wytrzymała na otarcia mechaniczne, a miąższ jędrny, aby owoce można było transportować na większe odległości i sprzedawać przez kilka dni. Wymienione cechy, jak również parametry geometryczne mające związek ze strukturą wewnętrzną truskawek (np. kolistość, wypukłość, wydłużenie przestrzeni identyfikowanych jako komórki), są cechami odmianowymi [11]. Znaczenie twardości owoców w transporcie podkreślają Chen i Opara [7]. Owoce jędrne są ponadto mniej podatne na gnicie powodowane przez szarą pleśń [30].

Tekstura produktu żywnościowego jest zbiorem właściwości wynikających z natury strukturalnych elementów i ich wzajemnego uporządkowania oraz sposobu, w jaki są one odbierane i rejestrowane przez zmysły człowieka. Definicja ta ujmuje trzy podstawowe elementy tekstury: zależność od strukturalnych parametrów produktu (na poziomie molekularnym, względnie mikro- lub makroskopowym), złożenie z szeregu prostych właściwości (cech), atrybut jakości sensorycznej. Opisany w definicji wpływ struktury tkanki na teksturę surowca potwierdza Bourne [4]. Taub i Singh [27] wskazują, że za strukturę owoców, w tym jagód, odpowiada parenchyma – tkanka magazynująca składniki odżywcze. Zbliżoną definicję tekstury podano w Polskiej Normie [17], zgodnie z którą teksturę produktu spożywczego definiuje się jako ogół cech mechanicznych, geometrycznych oraz powierzchniowych, odbieranych za pomocą receptorów mechanicznych (podczas procesu mastykacji – żucia), dotykowych, wzrokowych i słuchowych. Do oceny tekstury żywności wykorzystywane są dwie grupy metod: sensoryczne oraz instrumentalne [26]. Tekstura jako cecha wieloparametrowa może być kompleksowo oceniona jedynie przez aparat zmysłowy człowieka. Jednak metody analizy sensorycznej, mimo wielu zalet, nie są odpowiednie do przeprowadzania rutynowych badań w warunkach przemysłowych, w których stosowane są metody instrumentalne [9, 22]. Wśród zalet metod instrumentalnych wymienia się: niższe koszty, większą szybkość i powtarzalność uzyskiwanych wyników oraz niezależność wartości tych wyników od psychofizycznego stanu osób oceniających czy miejsca badania [4, 25, 26]. Ponadto udowodniono, że wyniki uzyskane metodami instrumentalnymi korelują z wrażeniami uzyskanymi sensorycznie [7, 20].

Najczęściej stosowanym parametrem określającym teksturę owoców jest jędrność. Może być ona określana w testach przebijania (penetracji) lub ściskania, przy zastosowaniu różnych trzpieni lub innych elementów odkształcających badaną próbkę, zróżnicowanej siły oraz wielkości odkształcenia, w zależności od celu pomiaru. Jędrność surowców roślinnych rozumiana jest przez różnych autorów zarówno jako wiel-

kość maksymalnej siły przebijania lub ściskania badanego materiału, jak też jako stosunek siły do przesunięcia [1].

Jędrność truskawek zależy od ich wielkości, stadium dojrzałości owoców, warunków wzrostu oraz liczby owoców na krzaku [18]. Owoce te są szczególnie wrażliwe na uszkodzenia, co wynika ze specyficznej budowy tkanek oraz dużej zawartości wody [3, 10]. Jędrność owoców truskawek określali Żurawicz i Masny [30]. Jak podają, odmianami wytwarzającymi bardzo jędrne owoce są: ‘Camarosa’, ‘Darselect’, ‘Elsanta’, ‘Honeoye’, ‘Kent’, ‘Onebor’ i ‘Selva’ – w zakresie $0,9 \div 2,0$ N. Cordenunsi i wsp. [8] oznaczyli jędrność na poziomie od 0,6 N – w przypadku owoców odmiany ‘Campineiro’ do ponad 1,0 N – odmiany ‘Oso Grande’. Singh i wsp. [22] mierzyli jędrność owoców truskawek odmiany ‘Chandler’ za pomocą trzpienia o średnicy 2 mm, poruszającego się z prędkością 50 mm/min (texture analyzer TA-Hdi, Stable Micro Systems, UK). Wartość jędrności truskawek próby kontrolnej wynosiła 1,30 N, a owoców natryskiwanych przed zbiorem związkami wapnia oraz związkami wapnia i boru istotnie więcej, odpowiednio: 1,55 i 1,62 N. Stwierdzono, że dostarczenie roślinom podczas vegetacji odpowiedniej ilości wapnia i krzemu wpływa na jędrność owoców oraz możliwość ich przechowywania [15, 23]. Pierwiastki te pełnią ważną funkcję w stabilizacji ściany komórkowej [29]. Podejmowano również próby pozbiorczego zwiększenia trwałości truskawek poprzez immersję w roztworach chlorku wapnia [6, 12, 28]. Chen i wsp. [6] wykazali, że stosowanie 1-procentowego CaCl_2 po zbiorze ograniczyło ubytek masy owoców, nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu stosowanych substancji na jędrność truskawek. Zmiany jędrności oraz ubytki masy owoców truskawek podczas przechowywania badali Ochmian i Grajkowski [14]. Analizowali truskawki zbierane z szypułką oraz bez szypułki. Stwierdzili szybsze ubytki masy oraz jędrności w trakcie przechowywania owoców zbieranych bez szypułki.

Doświadczenie polegające na zastosowaniu jadalnych powłok maltodekstrynowych na owoce truskawek poddanych procesowi zamrażania i rozmrażania przeprowadzili Białas i wsp. [3]. Określili oni zarówno ubytki masy, jak i jędrność rozmrożonych owoców. Stwierdzili, że powlekanie owoców filmem maltodekstrynowym prawie trzykrotnie ograniczało wyciek soku po rozmrożeniu i wpływało korzystnie na zachowanie jędrności truskawek. Wśród metod zabezpieczających pozbiorczo jakość owoców badany był także wpływ oddziaływania ultradźwiękami [5]. W owocach poddanych takiemu działaniu (40 kHz/10 min) jędrność owoców ulegała zmniejszeniu w mniejszym stopniu niż w próbce kontrolnej, zwiększała się natomiast zawartość suchej masy, witaminy C i kwasowość.

Na polski rynek wprowadzane są co roku nowe zagraniczne odmiany truskawek deserowych, których wartość produkcyjna w naszych warunkach klimatyczno-glebowych jest nieznaną [30]. Niewiele jest także doniesień dotyczących ich cech sen-

sorycznych, w tym jędrności, która determinuje logistykę surowca (wytrzymałość w czasie przechowywania i transportu).

Celem pracy była ocena owoców wybranych odmian truskawek, uprawianych w jednolitych warunkach glebowo-klimatycznych, pod względem ich tekstury.

Materiał i metody badań

Materiał doświadczalny stanowiły owoce truskawek (*Fragaria x ananassa* D.) odmian deserowych: 'Camarosa', 'Dukat', 'Elsanta', 'Heros', 'Honeoye', 'Kama', 'Kent', 'Onebor' ('Marmolada'), 'Polka' i 'Thuriga' oraz owoce odmiany przemysłowej – 'Senga Sengana', uznanej w niniejszym eksperymencie za odmianę kontrolną. Owoce pochodziły z poletek doświadczalnych plantacji towarowej w Jarotach k. Olsztyna. Doświadczenie założono na glebie gliniastej III klasy bonitacyjnej, na płaskowyzu o lekkim nachyleniu w stronę południową. Pozyskanie owoców z jednej plantacji stwarzało możliwość obiektywnego porównania odmian, rosnących w tych samych warunkach glebowo-klimatycznych. Próbkę pobierano w okresie dwuletnim, z roślin losowo wybranych z każdej odmiany. Owoce zbierano w stadium dojrzałości zbiorczej i badano przed upływem 12 h.

Oznaczanie zawartości suchej masy wykonywano metodą wagową wg PN-ISO 1026: 2000 [16].

Pomiar tekstury świeżych owoców wykonywano przy użyciu uniwersalnej maszyny testującej INSTRON 4301 (USA). Zastosowano dwa testy: penetracji (ocena twardości skórki i warstwy podskórnej) oraz jednoosiowego ściskania między płytkami (ocena twardości miąższu). Podczas wszystkich testów zakres pomiarowy głowicy INSTRON wynosił $0 \div 100$ N. Pomiarów wykonywano w temp. 20 ± 2 °C w 30 powtórzeniach [4]. Krzywe penetracji i ściskania, przedstawione w układzie siła – odkształcenie (F- d), analizowano korzystając z oprogramowania INSTRON IX Series Automated Materials Tester (AMT) ver. 8.34.00. Z każdego wykresu analizowano maksymalną siłę F_{\max} [N] i odpowiadające jej odkształcenie (przesunięcie) d_{\max} [mm]. Ponadto obliczano całkowitą energię E_{\max} [J], czyli pracę, jaka została wykonana podczas odkształcania badanych próbek, jak również zwięzłość struktury owoców Z_{\max} , będącą ilorazem maksymalnej siły i przesunięcia (F_{\max}/d_{\max}) [4]. Podczas testu penetracji stosowano trzpień cylindryczny płasko ścięty o średnicy 6 mm (Instron, USA), który przemieszczając się z prędkością 50 mm/min penetrował owoc na głębokość 7 mm. Oś penetracji owocu była prostopadła do jego osi pionowej. Natomiast podczas testu ściskania stosowano kowadło ściskające typu 2830-009 (4 in²) (Instron, USA). Prędkość ściskania wynosiła 50 mm/min. Owoce, ułożony w pozycji podobnej do opisanej w teście penetracji, ściskano do momentu uzyskania odkształcenia równego 70 %.

Do statystycznej analizy wyników badań zastosowano program komputerowy Statistica PL6. Istotność różnic pomiędzy wartościami średnimi oceniano testem Tukeya na poziomie istotności $p = 0,05$ [24].

Wyniki i dyskusja

Poszczególne odmiany truskawek różniły się między sobą istotnie ($p < 0,05$) pod względem zawartości suchej masy (tab. 1). Najmniej suchej masy było w owocach odmiany ‘Camarosa’ (9,75 %), najwięcej – w owocach odmiany ‘Heros’ (10,97 %). Owoce odmiany ‘Senga Sengana’ zawierały średnio 10,87 % suchej masy i nie różniły się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) pod względem badanego parametru od owoców odmian: ‘Elsanta’, ‘Heros’, ‘Honeoye’, ‘Onebor’ i ‘Thuriga’. Istotnie mniejszą zawartością suchej masy niż owoce odmiany ‘Senga Sengana’ charakteryzowały się owoce odmiany ‘Camarosa’, ‘Dukat’, ‘Kama’, ‘Kent’ i ‘Polka’, w których kształtowała się ona na poziomie $9,75 \div 10,52$ %.

Tabela 1. Zawartość suchej masy w owocach truskawek badanych odmian

Table 1. Content of dry mass in strawberry fruits of varieties analyzed

Okres uprawy - Odmiany Cultivation period - Varieties	Sucha masa [%] / Dry mass [%]		
	\bar{x}	\pm	s / SD
I	11,10 ^b	\pm	0,15
II	10,45 ^a	\pm	0,19
‘Senga Sengana’	10,87 ^{ef}	\pm	0,59
‘Camarosa’	9,75 ^a	\pm	0,13
‘Dukat’	10,42 ^{cd}	\pm	0,22
‘Elsanta’	10,95 ^{ef}	\pm	0,16
‘Heros’	10,97 ^f	\pm	0,32
‘Honeoye’	10,63 ^{de}	\pm	0,33
‘Kama’	10,03 ^{ab}	\pm	0,31
‘Kent’	10,20 ^{bc}	\pm	0,23
‘Onebor’	10,72 ^{def}	\pm	0,33
‘Polka’	10,52 ^{cd}	\pm	0,35
‘Thuriga’	10,73 ^{def}	\pm	0,19

Objaśnienia: / Explanatory notes:

$\bar{x} \pm s / SD$ – wartość średnia \pm odchylenie standardowe / mean value \pm standard deviation; $n = 5$

Wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values denoted by different letters differ statistically significantly at $p < 0.05$.

Tabela 2. Parametry tekstury. Wyniki testu przebijania owoców truskawek

Table 2. Texture analysis parameters. Puncture test of strawberry fruits

Okres uprawy - Odmiany Cultivation period - Varieties	Maksymalna siła przebijania Maximum puncture force $F_{p \max}$ [N]	Odształcenie (przesunięcie) Deformation (shift) $d_{p \max}$ [mm]	Zwięzłość struktury Compactness of structure $Z_{p \max}$ [N/mm]	Energia przebijania Puncture energy $\times 10^{-2}$ $E_{p \max}$ [J]
	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$
I	2,83 ^b \pm 0,05	2,46 ^b \pm 0,04	1,21 ^a \pm 0,02	1,06 ^b \pm 0,03
II	2,25 ^a \pm 0,03	1,84 ^a \pm 0,04	1,36 ^b \pm 0,03	0,66 ^a \pm 0,03
'Senga Sengana'	2,38 ^{bc} \pm 0,07	2,14 ^{cd} \pm 0,05	1,15 ^{bc} \pm 0,04	0,78 ^{abc} \pm 0,04
'Camarosa'	2,31 ^b \pm 0,08	2,03 ^{bcd} \pm 0,11	1,42 ^{de} \pm 0,10	0,69 ^{ab} \pm 0,05
'Dukat'	2,53 ^{bcd} \pm 0,08	2,52 ^e \pm 0,10	1,05 ^{ab} \pm 0,04	1,20 ^d \pm 0,10
'Elsanta'	2,82 ^d \pm 0,14	2,02 ^{bcd} \pm 0,09	1,47 ^e \pm 0,06	0,80 ^{abc} \pm 0,07
'Heros'	1,85 ^a \pm 0,06	2,24 ^{de} \pm 0,08	0,87 ^a \pm 0,03	0,64 ^a \pm 0,04
'Honeoye'	2,37 ^b \pm 0,09	2,84 ^f \pm 0,09	0,88 ^a \pm 0,04	0,94 ^{bcd} \pm 0,04
'Kama'	2,43 ^{bc} \pm 0,07	1,76 ^b \pm 0,06	1,43 ^{de} \pm 0,04	0,68 ^{ab} \pm 0,04
'Kent'	3,34 ^e \pm 0,14	2,50 ^e \pm 0,07	1,32 ^{cde} \pm 0,03	1,14 ^d \pm 0,07
'Onebor'	2,81 ^d \pm 0,11	2,23 ^{de} \pm 0,07	1,28 ^{cd} \pm 0,04	0,97 ^{cd} \pm 0,06
'Polka'	2,37 ^b \pm 0,10	1,41 ^a \pm 0,07	1,81 ^f \pm 0,06	0,69 ^{abc} \pm 0,12
'Thuriga'	2,71 ^{cd} \pm 0,14	1,93 ^{bc} \pm 0,09	1,42 ^{de} \pm 0,05	0,93 ^{bcd} \pm 0,12

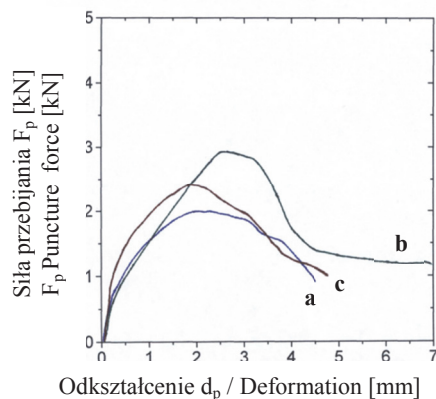
Objaśnienia: / Explanatory notes:

$\bar{x} \pm s / SD$ – wartość średnia \pm odchylenie standardowe / mean value \pm standard deviation; n = 30

a, b, c d – wartości średnie oznaczone w tej samej kolumnie różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean values designated by different letters and placed in the same column differ statistically significantly at $p < 0.05$.

Średnie parametry jędrności badanych owoców w kolejnych okresach badań różniły się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) – w pierwszym okresie badań były wyższe, z wyjątkiem zwięzłości (tab. 2). Ponadto stwierdzono istotne różnice pod względem badanych parametrów pomiędzy odmianami. Maksymalna siła przebijania kształtowała się od 1,85 N w owocach odmiany 'Heros', do 3,34 N – w owocach odmiany 'Kent', które różniły się istotnie ($p < 0,05$) od pozostałych odmian pod względem badanej cechy (tab. 2, rys. 1). Zbliżone do owoców odmiany 'Senga Sengana' wyniki maksymalnej siły przebijania stwierdzono w przypadku owoców odmian: 'Camarosa', 'Dukat', 'Honeoye', 'Kama', 'Polka' i 'Thuriga'. Istotnie większa siła została użyta do przebicia owoców odmian 'Kent', 'Elsanta' oraz 'Onebor'.

Wielkość odształcenia (przesunięcia) uzyskana przy maksymalnej sile przebijania owoców – $d_{p \max}$ – wynosiła od 1,41 mm w owocach odmiany 'Polka' do 2,84 mm – w owocach odmiany 'Honeoye' (tab. 2).



Rys. 1. Krzywe penetracji owoców wybranych odmian truskawek: a – ‘Heros’, b – ‘Kent’, c – ‘Senga Sengana’

Fig. 1. Penetration curves of fruits of selected strawberry varieties: a – ‘Heros’, b – ‘Kent’, c – ‘Senga Sengana’

Zwięzłość struktury owoców, wyrażona jako iloraz wartości maksymalnej siły przebijania i przesunięcia, wynosiła $0,87 \div 1,81$ N/mm (tab. 2). Najmniejszą zwięzłością charakteryzowały się owoce odmian ‘Heros’ i ‘Honeoye’, w których nie przekraczała ona 0,90 N/mm. Statystycznie istotnie większą ($p < 0,05$), aczkolwiek średnią, zwięzłość stwierdzono w owocach ‘Senga Sengana’. Najkorzystniejszą zwięzłością charakteryzowały się owoce odmian: ‘Polka’, ‘Elsanta’, ‘Camarosa’, ‘Kama’, ‘Thuriga’, ‘Kent’ i ‘Onebor’, w których wynosiła ona powyżej 1,28 N/mm i, z wyjątkiem owoców odmiany ‘Kent’ i ‘Onebor’, była istotnie ($p < 0,05$) większa od wartości oznaczonych w owocach odmiany ‘Senga Sengana’ (tab. 2).

Energia przebijania owoców różniła się istotnie w kolejnych okresach badań (tab. 2). Poszczególne odmiany truskawek różniły się istotnie ($p < 0,05$) pod względem energii użytej do przebicia owoców i wahały się od $0,64 \times 10^{-2}$ J (‘Heros’) do $1,20 \times 10^{-2}$ J (‘Dukat’) – tab. 2. Stwierdzono, że w porównaniu z odmianą ‘Senga Sengana’, owoce odmian ‘Dukat’ i ‘Kent’ wymagały użycia istotnie większej energii, natomiast pozostałe nie różniły się istotnie od odmiany kontrolnej pod względem badanego parametru.

Maksymalna siła użyta do ściśnięcia owoców w kolejnych okresach badań różniła się statystycznie istotnie ($p < 0,05$). Otrzymane wartości liczbowe $F_{s \max}$ wynosiły średnio 15,24 N w I okresie badań i 22,08 N – w II okresie (tab. 3). W przypadku odmian wartości liczbowe siły ściskania kształtowały się od 11,44 N (‘Honeoye’) do 28,51 N (‘Kent’). W porównaniu z odmianą wzorcową, istotnie większej siły ściskania użyto do owoców odmian ‘Kent’ i ‘Camarosa’, a mniejszej o połowę przy ścisnaniu

owoców ‘Dukat’, ‘Heros’ oraz ‘Honeoye’. Pozostałe odmiany nie odbiegały od odmiany kontrolnej pod względem omawianego parametru (tab. 3, rys. 2).

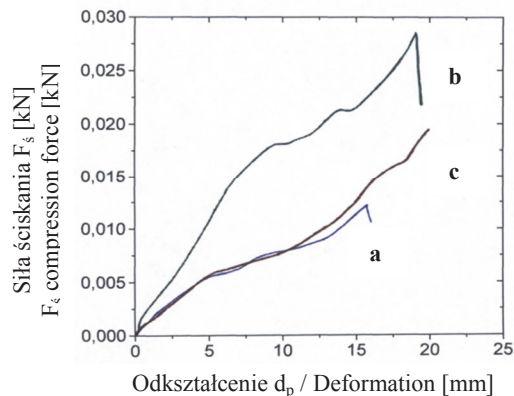
Odształcenie (przesunięcie) odpowiadające maksymalnej sile ściskania ($d_{\text{s max}}$) było wielkością stałą, równą 70 % średnicy, dlatego też nie zostało bliżej opisane.

Tabela 3. Parametry tekstury. Wyniki testu ściskania owoców
Table 3. Texture analysis parameters. Compression test of fruits

Okres uprawy - Odmiany Cultivation period / Cultivars	Maksymalna siła ściskania Maximum com- pression force $F_{\text{s max}}$ [N]	Odształcenie (przesunięcie) Deformation (shift) $d_{\text{s max}}$ [mm]	Zwięzłość struktury Compactness of structure $Z_{\text{s max}}$ [N/mm]	Energia ściskania Compression energy $\times 10^{-2}$ $E_{\text{s max}}$ [J]
	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$
I	15,24 ^a \pm 0,37	18,67 ^b \pm 0,15	0,81 ^a \pm 0,02	16,60 ^a \pm 0,42
II	22,08 ^b \pm 0,51	17,67 ^a \pm 0,12	1,25 ^b \pm 0,03	20,44 ^b \pm 0,49
‘Senga Sengana’	19,81 ^{bcd} \pm 0,79	19,74 ^f \pm 0,03	1,00 ^b \pm 0,04	17,89 ^b \pm 0,51
‘Camarosa’	24,21 ^e \pm 1,67	17,64 ^c \pm 0,25	1,42 ^d \pm 0,12	22,13 ^{cd} \pm 1,26
‘Dukat’	11,76 ^a \pm 0,46	15,79 ^b \pm 0,24	0,76 ^a \pm 0,04	10,53 ^a \pm 0,39
‘Elsanta’	20,01 ^{cd} \pm 0,73	22,25 ^h \pm 0,36	0,91 ^{ab} \pm 0,04	23,92 ^d \pm 0,87
‘Heros’	11,95 ^a \pm 0,55	15,68 ^b \pm 0,11	0,76 ^a \pm 0,03	10,03 ^a \pm 0,37
‘Honeoye’	11,44 ^a \pm 0,50	14,68 ^a \pm 0,06	0,78 ^a \pm 0,03	9,23 ^a \pm 0,40
‘Kama’	16,64 ^b \pm 0,85	18,20 ^d \pm 0,16	0,93 ^{ab} \pm 0,05	18,76 ^b \pm 0,67
‘Kent’	28,51 ^f \pm 1,09	18,30 ^d \pm 0,11	1,55 ^d \pm 0,06	30,27 ^e \pm 0,94
‘Onebor’	22,01 ^{de} \pm 1,03	20,67 ^g \pm 0,10	1,06 ^{bc} \pm 0,05	23,22 ^d \pm 0,92
‘Polka’	17,62 ^{bc} \pm 0,80	19,24 ^e \pm 0,10	0,92 ^{ab} \pm 0,05	17,85 ^b \pm 0,48
‘Thuriga’	21,28 ^{de} \pm 1,03	17,68 ^c \pm 0,05	1,20 ^c \pm 0,06	19,88 ^{bc} \pm 0,91

Objaśnienia jak pod tab. 2. / Explanatory notes as in Tab. 2.

Zwięzłość owoców, analizowana testem ściskania, była zróżnicowana zarówno w poszczególnych okresach uprawy, jak i w zależności od odmian badanych owoców. Wartości $Z_{\text{s max}}$ wahały się od 0,76 N/mm (‘Dukat’ i ‘Heros’), do 1,55 N/mm (‘Kent’) (tab. 3). Stwierdzono, że owoce odmian ‘Kent’, ‘Camarosa’ i ‘Thuriga’ odznaczały się istotnie ($p < 0,05$) większą, a ‘Onebor’, ‘Kama’, ‘Polka’ i ‘Elsanta’ zbliżoną zwięzłością miąższu w porównaniu z owocami odmiany ‘Senga Sengana’. Zaobserwowano istotnie ($p < 0,05$) mniejszą zwięzłość miąższu owoców ‘Dukat’, ‘Heros’ i ‘Honeoye’ – o 20 ÷ 24 % niż truskawek odmiany kontrolnej (tab. 3).



Rys. 2. Krzywe ściskania owoców wybranych odmian truskawek: a – ‘Heros’, b – ‘Kent’, c – ‘Senga Sengana’

Fig. 2. Compression curves of fruits of selected strawberry varieties: a – ‘Heros’, b – ‘Kent’, c – ‘Senga Sengana’

Energia ściskania owoców różniła się istotnie w kolejnych okresach badań, przyjmując średnie wielkości od $16,60 \times 10^{-2}$ J (w I okresie) do $20,44 \times 10^{-2}$ J (w II okresie). Wielkość energii potrzebnej do ściśnięcia owoców badanych odmian wahała się od $9,23 \times 10^{-2}$ J (‘Honeoye’) do $30,27 \times 10^{-2}$ J (‘Kent’) – tab. 3. Porównując energię użytą do ściśnięcia owoców odmiany ‘Senga Sengana’ i pozostałych badanych odmian stwierdzono, że podobną energię użyto w stosunku do owoców odmian: ‘Thuriga’, ‘Kama’ i ‘Polka’. Istotnie większa ($p < 0,05$) energia, o ok. $23 \div 69$ %, była potrzebna do ściśnięcia owoców: ‘Kent’, ‘Elsanta’, ‘Onebor’ oraz ‘Camarosa’. Istotnie mniej ($p < 0,05$) energii (na poziomie $51 \div 59$ % użytej w stosunku do owoców odmiany kontrolnej) wymagało ściśnięcia owoców odmian: ‘Dukat’, ‘Heros’ i ‘Honeoye’ (tab. 3).

Teksturę owoców oceniano za pomocą testu penetracji (ocena twardości skórki i warstwy podskórnej) oraz testu jednoosiowego ściskania między płytkami (ocena miąższu). Wyniki maksymalnej siły przebijania, jaka została użyta do penetracji owoców, były większe w porównaniu z tymi, które przedstawili Cordenunsi i wsp. [8] oraz Żurawicz i Masny [30], co mogło wynikać z różnej średnicy trzpienia zastosowanego w teście. Stwierdzono, że najbardziej jędrnymi owocami charakteryzowały się odmiany: ‘Kent’, ‘Elsanta’, ‘Onebor’, ‘Thuriga’, natomiast jędrność owoców: ‘Camarosa’, ‘Dukata’, ‘Kamy’ i ‘Polki’ była zbliżona do ‘Sengi Sengany’. Zwięzłość owoców odmian ‘Heros’ i ‘Honeoye’ oceniono w teście penetracji istotnie niżej od odmiany kontrolnej.

Tekstura miąższu owoców określona za pomocą testu ściskania była zbieżna z wynikami przedstawionymi wyżej. Parametrem w największym stopniu odzwiercie-

dlaającym twardość miąższu jest energia, która była potrzebna do odkształcenia owocu (równego 70 % jego średnicy). Wyjątek stanowiły truskawki 'Dukat', których miąższ – podobnie jak owoców odmiany 'Heros' i 'Honeoye' – charakteryzował się mniej zwartą strukturą, przez co maksymalna energia ściskania owoców wymienionych trzech odmian była istotnie mniejsza od pozostałych.

Wybrane wyróżniki jakości świeżych owoców truskawek odmian 'Senga Sengana' oraz 'Kama' badali Masny i wsp. [13]. Według nich owoce 'Kamy' charakteryzują się większą jędrnością od owoców odmiany wzorcowej. W rozumieniu jędrności, jako maksymalnej siły potrzebnej do przebicia owocu $F_{p \max}$ [N], badania własne nie potwierdziły powyższych obserwacji. Jeżeli natomiast przez jędrność, jak przytacza Abbott [1], rozumie się zwięzłość $Z_{p \max}$ ($F_{p \max}/d_{p \max}$), można stwierdzić, że owoce odmiany 'Kama' charakteryzowały się istotnie ($p < 0,05$) większą jędrnością niż owoce odmiany 'Senga Sengana'.

Wnioski

1. Zawartość suchej masy w owocach badanych odmian truskawek była istotnie ($p < 0,05$) zróżnicowana. Najmniej suchej masy zawierały owoce odmiany 'Camarosa', najwięcej: 'Heros', 'Elsanta' i 'Senga Sengana'.
2. Podczas testu przebijania stwierdzono istotnie ($p < 0,05$) mniejszą jędrność truskawek odmiany 'Heros' od odmiany 'Senga Sengana'. Natomiast owoce odmian: 'Kent', 'Elsanta' i 'Onebor' charakteryzowały się istotnie większymi wartościami maksymalnej siły przebijania $F_{p \max}$ oraz zwięzłości $Z_{p \max}$. Owoce odmian: 'Polka', 'Kama', 'Thuriga' i 'Camarosa' wyróżniały się dużą jędrnością.
3. Na podstawie wyników uzyskanych w teście jednoosiowego ściskania miąższ owoców odmian: 'Heros', 'Honeoye' i 'Dukat' można jednoznacznie określić jako istotnie ($p < 0,05$) mniej jędrny od miąższu odmiany kontrolnej – 'Senga Sengana'. Najbardziej jędrnym miąższem charakteryzowały się owoce odmian: 'Kent', 'Camarosa', 'Onebor' i 'Elsanta', w przypadku których maksymalna siła ściskania $F_{s \max}$ wynosiła powyżej 20,0 N, a energia ściskania $E_{s \max}$ przekraczała 0,22 J.
4. Wśród badanych truskawek owoce odmian: 'Kent', 'Elsanta', 'Onebor' i 'Thuriga' charakteryzowały się największą jędrnością, podczas gdy 'Heros', 'Dukat' i 'Honeoye' odznaczały się najmniejszą zwięzłością struktury owoców.

Literatura

- [1] Abbott J.A.: Quality measurement of fruits and vegetables. Posthar. Biol. Technol., 1999, **15**, 207-225.

- [2] Basson C.E., Groenewald J.-H., Kossmann J., Cronjé C., Bauer R.: Sugar and acid-related quality attributes and enzyme activities in strawberry fruits: Invertase is the main sucrose hydrolysing enzyme. *Food Chem.*, 2010, **121**, 1156-1162.
- [3] Białas W., Modzelewska A., Grajek W., Jankowski T.: Wpływ powłoki maltodekstrynowej na ubytki masy i jędrność rozmrożonych truskawek (*Fragaria ananassa*). *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2004, **4** (41), 41-51.
- [4] Bourne M.C.: *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. 2nd ed. Food Sci. Technol., Inter. Series, Academic Press, Geneva, NY, 2002, pp. 19-20.
- [5] Cao S., Hu Z., Pang B., Wang H., Xie H., Wu F.: Effect of ultrasound treatment on fruit decay and quality maintenance in strawberry after harvest. *Food Control*, 2010, **21**, 529-532.
- [6] Chen F., Liu H., Yang H., Lai S., Cheng X., Xin Y., Yang B., Hou H., Yao Y., Zhang S., Bu G., Deng Y.: Quality attributes and cell wall properties of strawberries (*Fragaria annanassa* Duch.) under calcium chloride treatment. *Food Chem.*, 2011, **126**, 450-459.
- [7] Chen L., Opara U.L.: Texture measurement approaches in fresh and processed foods – A review. *Food Res. Int.*, 2013, **51**, 823-835.
- [8] Cordenunsi B.R., Nascimento J.R.O., Lajolo F.M.: Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during coolstorage. *Food Chem.*, 2003, **83**, 167-173.
- [9] Fraeye I., Knockaert G., van Buggenhout S., Duvetter T., Hendrickx M., van Loey A.: Enzyme infusion prior to thermal / high pressure processing of strawberries: Mechanistic insight into firmness evolution. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2010, **11**, 23-31.
- [10] Garcia M.A., Martino M.N., Zaritzky N.E.: Composite starch-based coatings applied to strawberries (*Fragaria ananassa*). *Nahrung / Food*, 2001, **4**, 267-272.
- [11] Janowicz M., Krasowicz E.: Zróżnicowanie odmianowe mikrostruktury wewnętrznej truskawek. Materiały z VI Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej Technologów Przetwórstwa Owoców i Warzyw „Trendy w technologii owoców, warzyw i grzybów”, Rogów 16-17 maja 2013, s. 19.
- [12] Lara I., Garcia P., Vendrell M.: Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruit. *Posthar. Biol. Technol.*, 2004, **34**, 331-339.
- [13] Masny A., Markowski J., Żurawicz E.: Wstępna ocena wartości gospodarczej najnowszych klonów truskawki hodowli ISK w Skierniewicach. *Zesz. Nauk. Inst. Sad. Kwiac. w Skierniewicach*, 2000, **8**, 255-261.
- [14] Ochmian I., Grajkowski J.: Influence of storage on mass loss and firmness changes of two strawberry cultivars. *Acta Agrophysica*, 2008, **1** (11), 141-145.
- [15] Ochmian I., Grajkowski J., Popiel J.: Wpływ nawożenia dolistnego na jakość owoców śliw odmian ‘Opal’ i ‘Renkloda Ulena’ w czasie ich przechowywania. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis. Agricultura*, 2006, **101**, 291-297.
- [16] PN-ISO 1026: 2000. Produkty owocowe i warzywne. Oznaczanie zawartości suchej substancji w wyniku suszenia przy obniżonym ciśnieniu i zawartości wody w wyniku destylacji azeotropowej.
- [17] PN-EN ISO 5492: 2009. Analiza sensoryczna. Terminologia.
- [18] Rasing F., Hulstein J., Maas R.: Firmness of strawberries; improvement of fruit quality through manipulation of texture. 3rd Int. Symp. on Food Rheology and Structure, 2003, February 9-13, Zürich, Switzerland.
- [19] Rocznik statystyki międzynarodowej. GUS, Warszawa 2012.
- [20] Ross C.F.: Sensory science at the human-machine interface. *Trends Food Sci. Technol.*, 2009, **20**, 63-72.
- [21] Seremak-Bulge J. (Red.): Rynek owoców i warzyw – stan i perspektywy, 2014, 45, 10. Cyt. za: Wyniki produkcji roślinnej GUS z kolejnych lat. 2014 r. Przedwysokowy szacunek GUS z 23 września 2014 r.

- [22] Singh R., Sharma R.R., Tyagi S.K.: Pre-harvest foliar application of calcium and boron influences physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*, 2007, **2** (112), 215-220.
- [23] Skupień K., Ochmian I., Grajkowski J.: Influence of mineral fertilization on selected physical features and chemical composition of aronia fruit. *Acta Agrophysica*, 2008, **1** (11), 213-226.
- [24] Stanisław A.: Przystępny kurs statystyki w oparciu o program Statistica PL na przykładach z medycyny. StatSoft Polska, Kraków 2006.
- [25] Surmacka-Szcześniak A.: Texture is a sensory property. *Food Qual. Pref.*, 2002, **13**, 215-225.
- [26] Szczepańska K., Dolik K.: Ocena tekstury żywności. Wybrane metody mechaniczne. *Przem. Spoż.*, 2012, **5** (66), 38-42.
- [27] Taub I.A., Singh R.P.: *Food storage stability*. CRC Press, Boca Raton 1998, pp. 202-207.
- [28] Verdini R.A., Zoggilla S.E., Rubiolo A.C.: Calcium uptake during immersion of strawberries in CaCl₂ solutions. *J. Food Sci.*, 2008, **73**, C533-539.
- [29] Vicente A.R., Saladié M., Rose J.K.C., Labavitch J.M.: The linkage between cell wall metabolism and fruit softening: Looking to the future. *J. Sci. Food Agric.*, 2007, **87**, 1435-1448.
- [30] Żurawicz E., Masny A.: *Uprawa truskawek w polu i pod osłonami*. Wyd. Plantpress Sp. z o.o., Kraków 2005, ss. 5-6, 10-11, 16-38.

TEXTURE OF FRUITS OF SELECTED STRAWBERRY VARIETIES

Summary

The objective of the research study was to assess the texture of selected varieties of strawberries grown under uniform soil and climatic conditions.

The research material comprised ten varieties of dessert strawberry fruits: 'Camarosa', 'Dukat', 'Elsanta', 'Heros', 'Honeoye', 'Kama', 'Kent', 'Onebor' ('Marmalade'), 'Polka', 'Thuriga', and, also, fruits of 'Senga Sengana' industrial variety, which was deemed a control variety in the research experiment. The fruits originated from the experimental plots set on a commercial plantation in Jaroty near Olsztyn. During two consecutive years, the samples were collected from plants, which were randomly selected from each variety. The content of dry matter was determined. The texture of fresh fruits was measured using a universal testing machine: INSTRON 4301 (USA). To assess the fruit firmness, two tests were applied: a penetration test and a test of uniaxial compression between plates. The measurements were performed at a room temperature of 20±2°C in 30 repetitions.

It was found that the content of dry matter in the fruits of the varieties analyzed varied significantly. The fruits of 'Camarosa' variety (9.75 %) contained the lowest content of dry matter and the highest content was in the 'Heros', 'Elsanta', and 'Senga Sengana' fruits (above 10.87 %). The penetration test performed showed that the fruits of the 'Kent', 'Elsanta', 'Onebor', and 'Thuriga' varieties were characterized by the highest $F_{p\ max}$ puncture force (above 2.7 N), whereas the fruits of the 'Heros', 'Dukat', and 'Honeoye' varieties had the lowest compactness of structure (below 1.1 N/mm). The results of the compression test were consistent with the above cited results. The fruits of the 'Kent' variety were characterized by the highest values of the analyzed texture parameters that were obtained in the two tests ($F_{p\ max}$, $E_{p\ max}$, $F_{s\ max}$, $E_{s\ max}$).

Key words: strawberry, varieties, texture, puncturing, compression ☒