Acta Agrophysica, 2003, 2(3), 597-609

WYBRANE CECHY FIZYCZNE DOJRZAŁYCH OWOCÓW ORZECHA WŁOSKIEGO

Katarzyna Majewska[1], *Justyna Kopytowska*[1], *Romuald E. Łojko*[2], *Ryszard Zadernowski*[1]

[1]Katedra Przetwórstwa i Chemii Surowców Roślinnych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
Plac Cieszyński 1, 10-957 Olsztyn
e-mail: kasia@moskit.uwm.edu.pl
[2]Belarusian Research Institute for Fruit Growing, Minsk, Belarus

Streszczenie. Celem pracy było określenie wybranych cech fizycznych dojrzałych owoców orzecha włoskiego (*Juglans regia* L.). Materiałem badawczym było 30 prób orzechów zebranych z drzew rosnących na terenie Polski północno-wschodniej i południowo-wschodniej oraz Białorusi, Mołdawii, Uzbekistanu i Azerbejdżanu. Określono cechy morfologiczne badanych orzechów, wyznaczając ich średnią masę, wysokość, szerokość, grubość na szwie, indeks okrągłości, masę i grubość skorupy oraz masę przegród i jądra. Badano twardość orzechów za pomocą testów ściskania i penetracji. Testy wytrzymałościowe wykonano używając UMT Instron 4301. Badane orzechy charakteryzowały się znacznym zróżnicowaniem cech morfologicznych, szczególnie dotyczyło to ich średniej masy, jak również masy skorupy, przegród i jądra. Większość orzechów cechowała się średnią lub dużą masą endokarpu, ale jedynie w 5 badanych próbach jądro stanowiło więcej niż 45% masy całego owocu. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów twardości owoców orzecha włoskiego zaobserwowano, że odpowiednio po 36,7% badanych prób charakteryzowało się małą i średnią wytrzymałością skorupy na ściskanie, 23,3% orzechów posiadało twardą skorupę i jedynie 3,3% prób cechowała bardzo duża wytrzymałość skorupy na ściskanie. Sposób ułożenia orzecha do testu ściskania miał wpływ na maksymalną siłę ściskającą. Wyniki pomiarów twardości wewnętrznej strony skorupy orzecha za pomocą testu penetracji charakteryzowały się mniejszym zróżnicowaniem w porównaniu do rezultatów uzyskanych podczas testu ściskania.

Słowa kluczowe: owoce orzecha włoskiego, cechy morfologiczne, twardość, testy ściskania i penetracji

WSTĘP

Zasięg występowania orzecha włoskiego (*Juglans regia* L.) rozciąga się od Europy południowo-wschodniej przez Azję Mniejszą i południowe tereny byłego Związku Radzieckiego po Himalaje i umiarkowaną strefę klimatyczną Chin [15].

Rośnie on również na obszarach południowej Kanady oraz środkowych i południowych stanów USA [12,16]. W Azji, a także na Bałkanach zachowały się naturalne gaje tego gatunku [16].

Światowa produkcja orzechów włoskich wynosi około 1mln ton; liczącymi się producentami są Stany Zjednoczone, a ponadto Chiny, Włochy, Francja, Grecja, Turcja, Rumunia oraz kraje byłego Związku Radzieckiego [1,16,19].

W Polsce orzech włoski jest uprawiany od kilkuset lat, jakkolwiek znajduje się ona na północnej granicy uprawy tego gatunku [16]. Szacuje się, że w naszym kraju rośnie około 1,7 mln drzew orzecha włoskiego. Uprawa orzechów skupiona jest przede wszystkim w południowej i południowo-wschodniej części Polski i jest to uprawa raczej amatorska, przy zabudowaniach, drogach, ogrodach przydomowych. Stosunkowo najlepsze warunki glebowe i klimatyczne istnieją na Kielecczyźnie i w Sandomierskiem, gdzie gwarowo orzechy nazywa się „jackami" [9]. Zwartych sadów orzechowych powyżej 2 ha jest w Polsce niewiele [16]. Produkcję roczną orzechów włoskich w Polsce szacuje się na około 1000 ton, co nie zaspokaja potrzeb krajowych [9,16].

Drzewa orzecha włoskiego zazwyczaj osiągają wysokość 10-20m, choć mogą wyrosnąć nawet do 30m [2,6,11,19]. Orzech włoski jest drzewem długowiecznym. W sprzyjających warunkach klimatyczno-glebowych może rosnąć nawet kilkaset lat [15]. W Turcji znajdują się pozostałości starych gajów orzechowych; wiek znalezionych tam drzew oszacowano na 300-500 lat [16].

Okres młodzieńczy, czyli do wydania pierwszych owoców, trwa u drzew rozmnażanych generatywnie (z nasion) bardzo długo – około 10 lat. Drzewa rozmnażane wegetatywnie (przez szczepienie i okulizację) zaczynają owocować znacznie wcześniej – już w 4 lub 5 roku po posadzeniu [15,16].

W naszym kraju, ze względu na chłodny klimat, drzewa orzecha włoskiego zwykle rozmnażane są generatywnie [12,13,15]. Otrzymane z nasion drzewa orzecha włoskiego bardzo różnią się cechami biologicznymi, budową morfologiczną, wczesnością wchodzenia w okres owocowania, plennością, wielkością i kształtem orzechów, grubością i twardością skorupy, a także udziałem jądra w ogólnej masie orzechów [5,15].

Owoc orzecha włoskiego jest pestkowcem, jego część jadalną stanowi pofałdowane nasienie zwane jądrem orzechowym [2,4,12]. Egzokarp i mezokarp stanowią zieloną miękką okrywę, która opada z owocu jesienią po osiągnięciu przez niego pełnej dojrzałości. Twardą skorupę orzecha, odpowiadającą pestce owoców pestkowych, stanowi endokarp [12]. Średnia masa jednego orzecha z drzew uprawianych w Polsce waha się od 4 do 10 g, jądro zaś stanowi od 20 do 50% masy orzecha [15].

Jądra orzechów włoskich są pokarmem wysokokalorycznym – wartość energetyczna 100 g wynosi 678 kcal [3,16,19]. Zawierają one 55-70% tłuszczu, w skład którego wchodzą głównie nienasycone kwasy tłuszczowe [7,8,19,21], 15-20% białka, błonnik, sole mineralne (głównie fosfor i wapń), witaminę E i witaminy z grupy B [4,19,20]. Spożywane są na surowo oraz wykorzystywane do wyrobu słodyczy, ciastek i lodów. Od dawna otrzymywany z nich olej używa się do różnych celów spożywczych, a także do wyrobu farb i kosmetyków [16]. Wytłoki można wykorzystywać na paszę, a mączkę ze skorupy do wyrobu plastiku. Młode niedojrzałe orzechy włoskie są jednym z najbogatszych naturalnych źródeł witaminy C (mogą jej zawierać nawet do 3000 mg %), można je wykorzystywać do produkcji gatunkowych wódek i nalewek lub marynat [3,16,19].

W dostępnej polskiej literaturze jest stosunkowo mało informacji na temat właściwości fizycznych owoców orzecha włoskiego. Mając powyższe na uwadze celem pracy było określenie zakresu zmienności wybranych cech fizycznych dojrzałych owoców orzecha włoskiego pochodzącego z upraw amatorskich.

MATERIAŁ I METODY

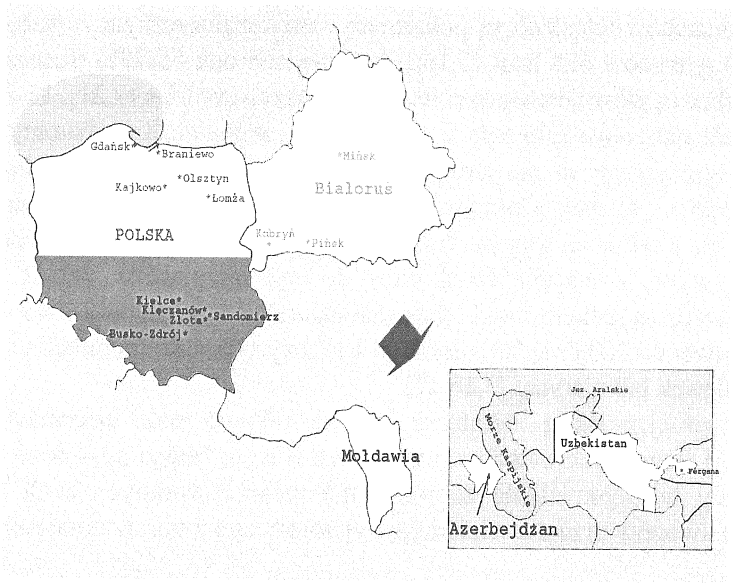
Materiałem badawczym było 30 prób owoców zebranych w 2002 roku z drzew rosnących na terenie Polski północno-wschodniej i południowo-wschodniej oraz Białorusi, Mołdawii, Uzbekistanu i Azerbejdżanu (rys. 1).

Dojrzałe orzechy włoskie po zbiorze poddano dosuszeniu w temperaturze pokojowej [15]. Następnie określono cechy morfologiczne badanych owoców wyznaczając ich średnią masę, wysokość, szerokość, grubość na szwie, indeks okrągłości, masę i grubość skorupy oraz masę przegród i jądra. Indeks okrągłości obliczano ze wzoru:

$$R = (E + L) / 2H \tag{1}$$

gdzie: E – szerokość [cm], L – grubość na szwie [cm], H – wysokość [cm].

Badano twardość owoców orzecha wyrażoną jako wytrzymałość skorupy na ściskanie do momentu jej pęknięcia w taki sposób, aby jądro pozostało nieuszkodzone. Orzechy do testu ściskania układano w pozycji „po szwie", a w wybranych próbach dodatkowo wzdłuż wysokości („na stojąco") i prostopadle do płaszczyzny szwu („na płask"). Ponadto badano również twardość wewnętrznej strony skorupy orzechów stosując test penetracji. Testy wytrzymałościowe wykonano używając Uniwersalnej Maszyny Testującej Instron 4301 z oprogramowaniem INSTRON SERIES IX Automated Material Testing System ver. 8.04. Zakres obciążeń głowicy Instrona wynosił 0-1kN.



Rys. 1. Lokalizacja miejscowości (rejonów), z których pochodziły badane próby dojrzałych owoców orzecha włoskiego (var. *Juglans regia* L.)
Fig. 1. Location of places (regions) of origin of the matured walnut samples studied (var. *Juglans regia* L.)

Podczas testu ściskania kowadło ściskające (typ 2830-011) poruszało się z prędkością 100 mm·min^{-1}, a podczas testu penetracji trzpień z zakończeniem w kształcie stożka (kąt 60°) poruszał się z prędkością 20 mm·min^{-1} do maksymalnej głębokości penetracji 1,25 mm. Rejestrowano maksymalne siły ściskania i penetracji F_{max}, odpowiadające tym siłom przesunięcia d_{max} oraz całkowitą energię (pracę) E_{max} zużytą podczas testów ściskania i penetracji. Wszystkie pomiary wybranych cech fizycznych badanych orzechów wykonywano w 15 powtórzeniach. Wyniki badań poddano analizie korzy-stając z programu STATISTICA™ 6.0. W tabelach zamieszczono wartości średnie.

WYNIKI I DYSKUSJA

Owoce orzecha włoskiego są kuliste lub owalne z różnymi odchyleniami [1,16]. Endokarpy mogą być różnej wielkości: od małych – o masie 3-4 g, średnich – o masie 5-10 g do dużych – o masie ponad 10 g [1,6,10,16,17]. Ważnym wskaźnikiem użytkowym orzecha jest procentowy udział masy jądra w masie całego owocu; w dobrych endokarpach jądro powinno stanowić więcej niż 45-50% [1,6,10,16]. Również grubość

skorupy orzechów ma duże znaczenie [1,10,17]. Przyjmuje się następujący podział orzechów: o skorupie bardzo cienkiej (<1,2 mm), średniej grubości (1,2-1,8 mm) i grubej (>1,8 mm) [16]. Bardziej poszukiwane są orzechy o skorupie gładkiej wewnątrz. Jądro wówczas lepiej wypełnia skorupę i łatwo daje się od niej oddzielić [1,6,18]. Owoce orzechów włoskich o jasnych, cienkich, a jednocześnie twardych skorupach mają największą wartość użytkową [1,16,18].

Badane owoce orzecha włoskiego charakteryzowały się znacznym zróżnicowaniem cech morfologicznych, szczególnie dotyczyło to ich średniej masy (6,3-24,1 g), jak również masy skorupy (3,1-15,4 g), przegród (0,13-1,37 g) i jądra (2,5-11,8 g) (tab. 1). Podobne wyniki uzyskali w swoich badaniach Sharma i Sharma [17], natomiast owoce orzecha włoskiego badane przez Balci i in. [1] charakteryzowały się znacznie mniejszym zróżnicowaniem cech morfologicznych.

Średnia wysokość badanych orzechów zawierała się w przedziale 2,8-5,6 cm, szerokość – w przedziale 2,3-4,5 cm, natomiast grubość na szwie – w przedziale 2,5-4,2 cm. Indeks okrągłości R wynosił od 0,71 dla prób z Mińska do 1,00 (próba 39 z Olsztyna), przy średniej wielkości dla 30 badanych prób na poziomie 0,78.

Większość orzechów cechowała się średnią lub dużą masą endokarpu, ale jedynie w 5 badanych próbach jądro stanowiło więcej niż 45% masy całego owocu (tab. 1). Udział masy jądra w masie całego orzecha zawierał się dla badanych prób w zakresie 19-63% (średnio 38%), natomiast grubość skorupy wynosiła od 1,4 mm do 3,1 mm (średnio 2,1 mm).

Porównując uzyskane wyniki pomiarów twardości owoców orzecha włoskiego z dostępnymi danymi literaturowymi [14] stwierdzono, że odpowiednio po 36,7% badanych prób charakteryzowało się małą (<250 N) i średnią (250-350 N) wytrzymałością skorupy na ściskanie, 23,3% orzechów posiadało twardą skorupę (350-450 N) i jedynie 3,3% prób cechowała bardzo duża wytrzymałość skorupy na ściskanie (>450 N) (tab. 2).

Sile powodującej pęknięcie skorupy badanych orzechów odpowiadało przesunięcie d_{max} w zakresie 0,88-3,65 mm. Średnia energia E_{max}, zużyta podczas testu ściskania badanych prób orzechów do momentu pęknięcia skorupy, mieściła się w zakresie 0,27-1,34 J. Sposób ułożenia orzecha do testu ściskania miał największy wpływ na zmiany maksymalnej siły ściskającej. Największą wytrzymałością na ściskanie (rejestrowano siły nawet około 900 N) charakteryzowały się próby orzechów ułożone do testu wytrzymałościowego w pozycji „na płask", czyli prostopadle do płaszczyzny szwu (tab. 2).

Tabela 1. Cechy morfologiczne endokarpów orzecha włoskiego (*Juglans regia* L.)
Table 1. Morphological features of walnut (*Juglans regia* L.) endocarps

Miejsce pobrania prób do analiz Place of sampling		Nr próby lab. Sample No.	Wysokość (cm) Height (cm)	Szerokość (cm) Width (cm)	Grubość na szwie (cm) Thickness in seam (cm)	Indeks okrągłości *R* Roundness index *R*	Masa orzecha (g) Nut weight (g)	Masa skorupy Nutshell weight		Masa przegród Bulkheads weight		Masa jądra Seed weight		Grubość skorupy (mm) Nutshell thickness (mm)
Kraj - rejon Country-region	Miejscowość Locality							(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	
Polska północno-wschodnia North-east Poland	Braniewo	62	2,82	2,55	2,49	0,89	6,74	4,07	60	0,13	2	2,71	38	1,87
		65	2,91	2,59	2,61	0,89	7,60	4,72	62	0,14	2	2,74	36	2,39
	Gdańsk	76	3,53	2,99	2,85	0,83	10,98	6,44	58	0,32	3	4,23	39	2,33
	Olsztyn - „*Jacki*"	28	4,80	4,26	3,69	0,83	24,05	15,35	64	0,87	4	7,83	32	2,75
		29	5,14	4,26	3,74	0,78	22,71	14,89	66	0,24	1	4,28	19	3,11
		32	4,23	4,02	3,52	0,89	18,72	6,43	34	0,43	2	11,82	63	2,12
	Olsztyn	39	3,02	3,02	3,01	1,00	9,86	4,89	49	0,27	3	4,70	48	2,05
		40	3,67	2,76	2,85	0,76	9,07	4,55	50	0,24	3	4,28	47	1,53
	Olsztyn - Brzeziny	85 *	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,36
	pow. - district Ostróda (Kajkowo)	81	3,38	3,22	3,08	0,93	13,24	7,16	54	0,45	3	5,64	43	2,54
	Łomża	38	2,87	2,76	2,52	0,92	6,79	3,95	58	0,15	2	2,69	40	1,87
Polska południowo-wschodnia South-east Poland	Kielce - „*Jacki*"	3	4,89	4,49	3,99	0,87	19,11	11,94	62	0,64	3	6,53	34	3,09
		25	4,46	4,21	3,56	0,87	19,18	12,17	63	0,94	5	6,06	32	2,39
	pow.- district Busko-Zdrój	23	4,84	4,38	3,60	0,82	20,57	14,14	69	0,94	4	5,95	27	2,5
	Kielce	24	2,78	2,3	2,55	0,87	6,92	4,29	62	0,14	2	2,49	36	2,23

Tabela 1. cd.
Table 1. Cont.

Polska południowo-wschodnia South-east Poland	pow. - district Sandomierz (Klęczanów)	1	4,99	4,30	3,87	0,82	18,63	11,06	59	1,00	5	6,57	35	1,92
		2	4,73	4,21	3,88	0,85	17,97	10,05	56	0,83	5	7,08	39	1,88
	pow.- district Sandomierz (Złota)	13	2,97	2,61	2,54	0,87	6,26	3,10	50	0,16	2	3,00	48	1,57
		14	3,17	2,69	2,71	0,85	7,41	4,20	57	0,23	3	2,98	40	1,94
	Sandomierz i okolice Sandomierz and surroundings	8	4,15	3,48	3,24	0,81	13,97	8,80	63	0,45	3	4,72	34	2,41
		11	4,58	4,12	3,64	0,85	19,70	11,95	61	0,69	4	6,99	35	2,44
		15	5,14	3,89	3,57	0,72	16,02	9,67	60	0,67	4	5,68	35	1,57
		16	5,61	4,18	4,20	0,75	19,93	11,97	60	0,95	5	7,00	35	2,17
		17	4,67	4,48	3,63	0,87	22,37	14,32	64	1,37	6	6,68	30	2,68
Białoruś Belarus	Mińsk	34	4,06	2,99	2,70	0,71	8,95	3,98	44	0,19	2	4,78	53	1,39
	Pińsk	31	4,32	3,91	3,59	0,87	14,95	8,78	59	0,49	3	5,68	38	1,97
	Kobryń	33	4,90	4,51	3,90	0,86	17,17	12,03	70	0,78	5	4,36	25	1,86
Mołdawia Moldavia		37	3,63	3,35	3,06	0,88	13,39	7,72	58	0,35	2	5,32	40	2,44
Uzbekistan Uzbekistan	Fergana	36	3,70	2,88	2,82	0,77	9,93	5,30	53	0,21	2	4,41	44	2,03
Azerbejdżan Azerbaijan		35	4,03	3,39	3,25	0,82	12,56	–	–	–	–	–	–	–

*zbiory 2001 harvest 2001.

Tabela 2. Wyniki pomiarów twardości orzecha włoskiego (Juglans regia *L.*) – test ściskania orzechów
Table 2. Results of walnut (*Juglans regia* L.) hardness tests – nut compression test

Miejsce pobrania prób do analiz Sampling site		Nr próby lab. Sample No.	Ułożenie orzecha do zgniotu** Nut position for compression**	F_{max} (N)	d_{max} (mm)	E_{max} (J)
Kraj/rejon Country/region	Miejscowość Location					
Polska północno-wschodnia North-East Poland	Braniewo	62	po szwie	407	0,94	0,65
		65	po szwie	283	1,70	0,44
			na płask	739	1,03	0,50
			na stojąco	370	1,85	0,78
	Gdańsk	76	po szwie	389	1,30	0,78
			na płask	890	1,06	0,66
			na stojąco	802	0,92	0,74
	Olsztyn-„Jacki"	28	po szwie	357	2,51	0,81
		29	po szwie	380	2,73	0,94
			na płask	706	1,25	0,90
			na stojąco	463	2,87	1,05
	Olsztyn	32	po szwie	419	1,78	1,04
		39	po szwie	278	1,47	0,62
			na płask	493	1,04	0,59
			na stojąco	409	2,20	0,88
		40	po szwie	222	2,75	0,45
			na płask	617	1,05	0,53
			na stojąco	349	2,86	0,81
	Olsztyn-Brzeziny	85*	po szwie	239	1,78	0,52
	pow.– district Ostróda (Kajkowo)	81	po szwie	426	1,71	0,73
			na płask	849	1,09	0,72
			na stojąco	664	1,80	1,34
	Łomża	38	po szwie	302	1,25	0,56
			na płask	579	1,06	0,52
			na stojąco	473	1,16	0,70
Polska południowo-wschodnia South-east Poland	Kielce-„Jacki"	3	po szwie	251	2,88	0,67
		25	po szwie	253	1,60	0,63
	pow. – district Busko-Zdrój	23	po szwie	304	2,63	0,79
	Kielce	24	po szwie	330	0,88	0,27
			na płask	784	0,94	0,82
			na stojąco	730	1,16	0,72
	pow. – district Sandomierz (Klęczanów)	1	po szwie	143	2,37	0,37
		2	po szwie	179	3,45	0,52

Tabela 2. cd. **Table 2.** Cont.	pow. – district Sandomierz (Złota)	13	po szwie	189	2,43	0,45
			na płask	476	0,98	0,45
			na stojąco	292	2,04	0,67
Polska południowo-wschodnia South-east Poland		14	po szwie	222	2,30	0,42
	Sandomierz i okolice Sandomierz and surroundings	8	po szwie	310	2,36	0,81
		11	po szwie	320	2,08	0,75
		15	po szwie	167	2,49	0,51
		16	po szwie	158	3,12	0,48
		17	po szwie	413	2,56	1,17
Białoruś Belarus	Mińsk	34	po szwie	92	3,65	0,27
	Pińsk	31	po szwie	164	1,76	0,32
	Kobryń	33	po szwie	185	2,41	0,49
Mołdawia Moldavia		37	po szwie	562	2,33	1,26
Uzbekistan Uzbekistan	Fergana	36	po szwie	255	2,22	0,61
Azerbejdżan Azerbaijan		35	po szwie	286	2,46	0,64

* zbiory 2001 harvest 2001.
** po szwie – on seam, na płask – flat, na stojąco – upright position.

Tabela 3. Wyniki pomiarów twardości orzecha włoskiego (*Juglans regia* L.) – test penetracji skorupy
Table 3. Results of walnut (*Juglans regia* L.) hardness test – nutshell penetration test

Miejsce pobrania prób do analiz Sampling site		Nr próby lab. Sample No.	F_{max} (N)	d_{max} (mm)	E_{max} (J)
Kraj / rejon Country/ region	Miejscowość Location				
Polska północno-wschodnia North-East Poland	Braniewo	62	423	0,99	0,18
		65	379	1,18	0,16
	Gdańsk	76	265	1,23	0,11
	Olsztyn – „Jacki"	28	364	1,16	0,17
		29	262	1,20	0,11
		32	321	1,14	0,15
	Olsztyn	39	428	1,08	0,20
		40	411	0,92	0,19
	Olsztyn-Brzeziny	85*	307	1,06	0,14
	pow.– district Ostróda (Kajkowo)	81	285	1,25	0,11
	Łomża	38	371	1,01	0,17

Tabeta 3. cd.
Table 3. Cont.

Polska południowo-wschodnia South-East Poland	Kielce-„Jacki"	3	169	1,23	0,07
		25	352	1,21	0,16
	pow. – district Busko-Zdrój	23	377	1,12	0,20
	Kielce	24	452	0,88	0,21
	pow. – district Sandomierz (Klęczanów)	1	235	1,18	0,12
		2	245	1,19	0,12
	pow.– district Sandomierz (Złota)	13	313	0,91	0,13
		14	385	1,05	0,17
	Sandomierz i okolice Sandomierz and surroundings	8	340	1,10	0,17
		11	349	1,24	0,15
		15	312	0,91	0,16
		16	224	0,98	0,12
		17	437	1,21	0,21
Białoruś Belarus	Mińsk	34	277	1,08	0,11
	Pińsk	31	261	1,02	0,15
	Kobryń	33	202	1,25	0,08
Mołdawia Moldavia		37	434	1,19	0,19
Uzbekistan Uzbekistan	Fergana	36	208	1,17	0,08
Azerbejdżan Azerbaijan		35	–	–	–

* zbiory 2001 harvest 2001.

Wyniki pomiarów twardości wewnętrznej strony skorupy orzechów za pomocą testu penetracji charakteryzowały się mniejszym zróżnicowaniem w porównaniu do rezultatów uzyskanych podczas testu ściskania (tab. 3). Jak wynika z analizy krzywych penetracji, spośród badanych prób orzechów najbardziej pożądaną gładką skorupą od wewnątrz charakteryzowały się próby nr 65, 39 i 17. Analiza związków korelacyjnych między badanymi cechami fizycznymi orzechów włoskich wykazała występowanie istotnych ($p < 0,05$) korelacji między maksymalną siłą ściskania F_{max} orzecha do momentu pęknięcia skorupy a jej grubością ($r = 0,56$) oraz całkowitą energią zużytą podczas testu ściskania E_{max} a grubością skorupy ($r = 0,60$). Ponadto wystąpiły istotne ($p < 0,05$) i wysokie ($r > 0,95$) związki korelacyjne między wymiarami orzechów, indeksem okrągłości i ich masą oraz masą skorupy, przegród i jądra.

WNIOSKI

1. Dojrzałe owoce orzecha włoskiego badane w niniejszej pracy charakteryzują się znacznym zróżnicowaniem cech morfologicznych. Szczególnie dotyczy to ich całkowitej masy (6,3-24,1 g), masy skorupy (3,1-15,4 g), przegród (0,13-1,37 g) i jądra (2,5-11,8 g).
2. Większość badanych orzechów cechuje się grubą skorupą (średnio 2,1 mm) oraz niezbyt dużym udziałem jądra (średnio 38%) w stosunku do całej masy endokarpu.
3. Najbardziej pożądaną grubością skorupy charakteryzują się orzechy prób: 40 (Olsztyn), 13 i 15 (Sandomierz) oraz 34 (Mińsk).
4. Jedynie w 5 badanych próbach orzechów (32, 39, 40 – Olsztyn), (13 –Sandomierz/Złota), (34 – Mińsk) jądro stanowi więcej niż 45% masy całego owocu, co świadczy o dobrej wartości użytkowej owocu.
5. Badane owoce orzecha włoskiego charakteryzują się w większości (73%) małą (<250 N) lub średnią (250-350 N) wytrzymałością skorupy na ściskanie do momentu jej pęknięcia. Bardziej twarde orzechy pochodzą z drzew rosnących na terenie Polski północno-wschodniej oraz Mołdawii.
6. Jak wynika z rezultatów testu penetracji najbardziej gładką skorupę od wewnątrz posiadają orzechy z prób: 65 (Braniewo), 39 (Olsztyn) oraz 17 (Sandomierz).
7. Występują istotne ($p < 0,05$) korelacje między grubością skorupy badanych orzechów a parametrami F_{max} i E_{max} rejestrowanymi podczas testu ściskania oraz między wymiarami orzechów, indeksem okrągłości, masą orzechów, skorupy, przegród i jądra.

PIŚMIENNICTWO

1. **Balci I., Balta F., Kazankaya A., Sen S.M.:** Promising native walnut genotypes (*Juglans regia* L.) of the east Black Sea region of Turkey. Journal of the American Pomological Society, 55 (4), 204-208, 2001.
2. **Coombes A.J.:** Drzewa. Wiedza i Życie S.A, Warszawa, 1996.
3. **Grochowski W.:** Jadalne owoce leśne. Wyd. 4. PWRiL, Warszawa, 1986.
4. **Grzesiuk S., Górecki R.:** Fizjologia plonów. Wprowadzenie do przechowalnictwa. Wydawnictwo ART, Olsztyn, 1994.
5. **Kawecki Z.:** Wzrost i plonowanie 12 drzew otrzymanych z nasion orzecha włoskiego. Zesz. Nauk. ART Olsztyn, Rolnictwo, 15, 67-73, 1976.
6. **Kawecki Z., Kryńska W.:** Sadownictwo i warzywnictwo. Wyd. 2. PWN, Warszawa, 1994.
7. **Kawecki Z., Smoczyński S.:** Lipidy stratyfikowanych nasion orzecha włoskiego. I Kwasy tłuszczowe tłuszczu surowego i jego frakcji obojętnej. Zeszyty Naukowe ART Olsztyn, Rolnictwo, 18, 81-90, 1976.

8. **Kawecki Z., Smoczyński S.:** Lipidy stratyfikowanych nasion orzecha włoskiego. II Kwasy tłuszczowe fosfolipidów. Zeszyty Naukowe ART Olsztyn, Rolnictwo, 18, 91-97, 1976.
9. **Klimek G.:** Sadownictwo. Część II, WSiP, Warszawa, 2000.
10. **Łojko R.E:** Jakość orzecha włoskiego na Białorusi. Materiały niepublikowane.
11. **Mowszowicz J.:** Przewodnik do oznaczania drzew i krzewów krajowych i aklimatyzowanych. Wyd. 2, WSiP, Warszawa, 1979.
12. **Pieniążek S.A.:** Sadownictwo. Wyd. 11, PWRiL, Warszawa, 2000.
13. **Porębski S., Rzeźnicka B.:** Szczepienie i okulizacja orzecha włoskiego. Szkółkarstwo, 1, 19-21, 2003.
14. **Praca zbiorowa:** Programma i metodika sortoizuczenia płodowych, jagodnych i oriechopłodnych kultur. Miczurińsk, 1973.
15. **Praca zbiorowa:** Sadownictwo i szkółkarstwo. Wyd.2, PWRiL, Warszawa, 1995.
16. **Rejman A.:** Pomologia. Odmianoznawstwo roślin sadowniczych. PWRiL, Warszawa, 1994.
17. **Sharma O.C., Sharma S. D.:** Genetic divergence in seedling trees of Persian walnut (*Juglans regia* L.) for various metric nut and kernel characters in Himachal Pradesh. Scientia Horticulturae, 88, 163-171, 2001.
18. **Sinesio F., Moneta E.:** Sensory evaluation of walnut fruit. Food Quality and Preference, 8(1), 35-43, 1997.
19. **Vaughan J.G., Geissler C.A.:** Rośliny jadalne. Wyd. Prószyński i S-ka S.A., Warszawa, 2001.
20. **Zaliwski S.:** Intensywna produkcja owoców ziarnkowych i pestkowych. PWN, Warszawa, 1984.
21. **Zwarts L., Savage G.P., McNeil D.L.:** Fatty acid content of New Zealand-grown walnuts (*Juglans regia* L.). International Journal of Food Sciences and Nutrition, 50, 189-194, 1999.

CHOSEN PHYSICAL FEATURES OF MATURED FRUITS OF WALNUT

Katarzyna Majewska[1], Justyna Kopytowska[1], Romuald E. Łojko[2], Ryszard Zadernowski[1]

[1]Department of Food Plant Chemistry and Processing, University of Warmia and Mazury
Plac Cieszyński 1, 10-957 Olsztyn
e-mail: kasia@moskit.uwm.edu.pl
[2]Belarusian Research Institute for Fruit Growing, Minsk, Belarus

Abstract. The aim of the present study was to determine some chosen physical properties of mature walnut (*Juglans regia* L.) fruit. Thirty walnut samples harvested in the North-East and South-East of Poland, Byelorussia, Moldavia, Uzbekistan and Azerbaijan were used as study material. Morphological features of the walnuts studied were evaluated by the determination of their average weight, height, width, thickness in seam, roundness index nutshell weight, bulkheads and seed. Walnut hardness was determined by compression and penetration tests using an Instron 4301 Universal Testing Machine. The walnuts studied were characterized by significant differences in their morphological features, especially an average nut weight and also nutshell, bulkhead and seed weight. Most of the walnuts were distinguished by a medium or high endocarp mass. Only in the case of 5 samples, seed content was higher than 45% of

the whole fruit mass. On the basis of walnut hardness test results it was concluded that over 36.7% of the samples studied was characterized by a small and middle nutshell resistance to compression, 23.3% of the samples had a hard nutshell and only 3.3% of the samples were characterized by a very high nutshell resistance to compression. Positioning of the walnut for the compression test influenced the maximum compression load. Results of the hardness measurement of the nutshell inner part by the penetration test were characterized by less differentiation as compared to the results obtained during the compression test.

Keywords: walnuts, morphological features, hardness, compression and penetration tests