

LECH BOROS**ANNA WAWER**

Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Radzików

Zróżnicowanie odmianowe parametrów fizykochemicznych i czasu gotowania nasion grochu siewnego (*Pisum sativum* L.)

Cultivar variation for field pea (*Pisum sativum* L.) seeds physico-chemical parameters and cooking time

Ocenę zróżnicowania genotypowego parametrów technologicznych nasion w tym czasie gotowania przeprowadzono dla odmian grochu siewnego z Krajowego Rejestru. Nasiona pochodziły ze zbioru z dwóch kolejnych sezonów wegetacyjnych w Radzikowie (centralna Polska). W ocenie uwzględniano następujące parametry: masę 1000 nasion (MTN), procentowy udział łuski, zawartość białka, zawartość popiołu, pojemność hydratacyjną nasion, elektroprzewodnictwo roztworów po moczeniu nasion oraz czas gotowania. Stwierdzono istotność różnic genotypowych, lat zbioru oraz współdziałania genotypy × lata dla każdej z badanych cech nasion. Najwyższy współczynnik zmienności międzyodmianowej (CV%) stwierdzono dla czasu gotowania (24,1 i 22,3 odpowiednio dla CG 50% i CG 80%), następnie dla elektroprzewodnictwa roztworów po moczeniu (15,8) i masy 1000 nasion (10,0). Zidentyfikowano odmiany o skrajnie odbiegających wartościach dla poszczególnych cech. Istotność współdziałania wskazuje na różną reakcję odmian na warunki sezonu wegetacyjnego. Analiza skupień metodą Warda, z zastosowaniem kwadratu odległości euklidesowej jako miary odległości, pozwoliła wydzielić 4 grupy jednorodnych pod względem 8 cech nasion. Uzyskane wyniki mogą być wykorzystane przez hodowców roślin w procesie tworzenia nowych odmian.

Słowa kluczowe: groch siewny, zróżnicowanie genotypowe, parametry technologiczne nasion, czas gotowania

Genotypic variation in technological parameters, among them cooking time, of seeds of field pea cultivars from Polish National List was assessed. Seed samples, collected for analysis over two following growing seasons at Radzików, were analysed for 1000 seed weight (TSW), percentage share of seed coat, protein and ash contents, seed hydration capacity, electroconductivity of seed exudates and cooking time. Significant difference among tested genotypes, years of harvests as well as significant interaction genotypes-by-year for all the tested seed parameters were found. The highest variation, expressed by coefficient of variation (CV%), among tested cultivars was found for cooking time (24.1 and 22.3 for CG 50% and CG 80% respectively) followed by electroconductivity measurements (15.8) and 1000 seed weight (10.0). The cultivars with the highest and lowest values of evaluated parameters were identified. Significant interaction cultivars-by-year indicated different reaction among the tested cultivars to environmental conditions during growing season. The use

hierarchical cluster analysis according to the Ward's method allowed to distinguish 4 homogenous groups of pea cultivars considering all physicochemical parameters and cooking time. The findings of this study may be applicable by plant breeders in developing new pea cultivars.

Key words: field pea, genotypic variation, seeds technological parameters, cooking time

WSTĘP

Groch siewny (*Pisum sativum* L.) jest ważną pod względem skali produkcji i wartości żywieniowej rośliną strączkową. Według danych FAO (FAOSTAT, 2009) roczna światowa produkcja grochu to 9,5 mln ton z uprawy na powierzchni 6,5 mln hektarów. W Europie groch uprawiany jest na obszarze 1,5 mln ha z rocznymi zbiorami 2,5 mln ton. Polska z arealem 14 tys. ha i zbiorem 36 tys. ton zajmuje odległe miejsce w Europie pod względem uprawy grochu. Nasiona grochu siewnego wykorzystywane są głównie na paszę, pewną część w przetwórstwie i na bezpośrednie spożycie w gospodarstwach domowych niezależnie od grochu ogrodowego zbieranego w innej fazie dojrzałości. Nasiona grochu są dobrym źródłem białka, skrobi, włókna, składników mineralnych oraz witamin. Węglowodany charakteryzują się niskim indeksem glikemicznym, a wysoka zawartość włókna w tym frakcji rozpuszczalnej wpływa na obniżenie frakcji LDL cholesterolu w krwi. Regularne spożywanie grochu wpływa na zmniejszenie ryzyka zachorowań na nowotwory, cukrzycę typ 2 czy choroby wieńcowej serca (Leterme, 2002; Mathers, 2002). Obszerne omówienie wartości żywieniowej i właściwości prozdrowotnych nasion roślin strączkowych zawarto w przeglądowych pracach Dilis, Trichopoulou (2009), Campos-Vega i in. (2010) i McCrory i in. (2011).

Cechy takie jak wielkość nasion, kształt, udział łuski, zawartość białka, popiołu czy parametry związane z obróbką kulinarną jak hydratacja, czas gotowania są ważnymi parametrami z punktu widzenia konsumenta. Czas gotowania jest głównym kryterium w ocenie wartości kulinarnej. Długi czas gotowania jest jednym z powodów ograniczającym szerszą akceptację i wykorzystanie nasion strączkowych w żywieniu oraz wpływa na pogorszenie wartości odżywczej.

Celem pracy była ocena zróżnicowania genotypowego parametrów technologicznych nasion, w tym czasu gotowania, krajowych odmian grochu siewnego i ustalenie ewentualnych zależności pomiędzy tymi parametrami.

MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto 24 odmiany grochu uprawianego na suche nasiona z Krajowego Rejestru. Nasiona pochodziły ze zbioru z doświadczeń przeprowadzonych w Radzikowie przez dwa kolejne sezony wegetacyjne. Zawartość białka w nasionach oznaczano na aparacie Food & Feed Analyzer 1250. Udział łuski w nasionach określano na próbie 10 nasion, zawartość popiołu natomiast wg metodyki przyjętej przez Stowarzyszenie Urzędowych Analityków Chemicznych (AOAC, 1990). Absorpcję wody oraz elektroprzewodnictwo roztworów określano dla próby 50 nasion o znanej masie, moczonych w wodzie destylowanej przez 18 godzin w temperaturze 25°C. Absorpcję wody przez nasiona badanych genotypów grochu wyrażono w procentach masy nasion poddanych moczeniu.

Pomiar elektroprzewodnictwa roztworów po moczeniu nasion wykonano konduktometrem CC-315 firmy Elmetron. Czas gotowania oznaczano na aparacie Mattsona, wykonanym według modelu Jackson & Varriano-Morston (1981) wykorzystywanym do oceny czasu gotowania nasion fasoli (Boros, 2003; Boros, Wawer 2006), czy w wersji zautomatyzowanej w pracach Wanga i in. (2005; 2008). Czas gotowania mierzono od momentu zagotowania wody, do momentu gdy 13 oraz 20 z 25 szpilek o określonym ciężarze przebiło nasiona określając czas gotowania pierwszy (CG 50%) i czas gotowania drugi (CG 80%) wskazujący na równomierność gotowania. Wszystkie oceny parametrów fizycznych, chemicznych i obróbki kulinarnej wykonywano w 3 powtórzeniach. Wyniki opracowano za pomocą programu statystycznego Statgraphics Plus.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza wariancji wykazała istotność różnic genotypowych, lat zbioru oraz współdziałania genotypy × lata dla każdej z badanych cech nasion. Istotność współdziałania wskazuje na różną reakcję odmian na warunki sezonu wegetacyjnego (tab. 1 i tab. 2).

Tabela 1

Analiza wariancji wpływu odmian, lat i współdziałania na parametry fizyczne i chemiczne nasion grochu siewnego
Analysis of variance of the effect of cultivars, year and interaction on chemical and physical parameters of field pea seeds

Cechy Parameters	Odmiany Cultivars	Lata Years	Odmiany × lata Cultivars × years
MTN — 1000 seed weight	**	**	**
Białko — Protein	**	**	**
Popiół — Ash	**	**	**
Łuska — Seed coat	**	**	**
Hydratacja — Hydration capacity	**	**	**
Elektroprzewodnictwo — Electroconductivity	**	**	**
Czas gotowania 50% — Cooking time 50%	**	**	**
Czas gotowania 80% — Cooking time 80%	**	**	**

** Istotność przy $p < 0,01$; ** Significant at $p < 0.01$

Tabela 2

Wpływ sezonów uprawy na parametry technologiczne nasion grochu siewnego
The effect of growing seasons on technological parameters of field pea seeds

Cechy Parameters	Jednostki Units	I rok 1 st year	II rok 2 nd year	NIR LSD $p = 0,05$
MTN — 1000 seed weight	(g)	251,8	264,9	3,86
Białko — Protein	(%)	23,5	21,6	0,43
Popiół — Ash	(% s.m.) (% dry w.)	2,98	3,26	0,02
Łuska — Seed coat	(% s.m.) (% dry w.)	7,96	8,15	0,05
Hydratacja — Hydration capacity	(%)	98,7	103,9	1,39
Elektroprzewodnictwo — Electroconductivity	($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	20,77	32,26	1,68
Czas gotowania 50% — Cooking time 50%	(min.)	17,65	13,79	0,84
Czas gotowania 80% — Cooking time 80%	(min.)	26,59	19,58	1,14

Stwierdzono istotne różnicowanie masy 1000 nasion u badanych odmian. Średnia grupy wyniosła 258 g przy zakresie od 213 g dla odmiany Brutus do 312 g dla odmiany Brylant (tab. 3). Zakres różnicowania genotypowego dla tej cechy był zbliżony do prezentowanego w badaniach Prusińskiego i Strychalskiej (2007), Wanga i in. (2010), jednakże był niższy od zakresu stwierdzonego przez Blacka i in. (1998) oraz Singha i in. (2010) uwzględniających w zestawach badanych genotypów kolekcyjne formy lokalne grochu charakteryzujące się niską masą 1000 nasion.

Tabela 3

Charakterystyka zmienności kolekcji odmian grochu siewnego pod względem parametrów technologicznych nasion za okres dwóch lat
The characteristics of variation among cultivars for technological parameters of field pea seeds over two years

Cechy Parameters	Jednostki Units	Średnia Mean	CV % CV%	Zakres Range	
				min	max
MTN — 1000 seed weight	(g)	258	10,0	213	312
Białko — Protein	(%)	22,6	2,6	21,3	23,8
Popiół — Ash	(% s.m.) (% dry w.)	3,12	3,3	2,92	3,31
Łuska — Seed coat	(% s.m.) (% dry w.)	8,1	4,2	7,5	8,7
Hydratacja — Hydration capacity	(%)	101,3	3,3	96,3	107,4
Elektroprzewodnictwo — Electroconductivity	($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	26,5	15,8	20,2	34,4
Czas gotowania 50% — Cooking time 50%	(min.)	15,7	24,1	9,1	23,6
Czas gotowania 80% — Cooking time 80%	(min.)	22,9	22,9	13,7	35,7

Stwierdzono istotne różnicowanie między badanymi odmianami dla procentowego udziału okrywy nasiennej. Średnia zawartość okrywy nasiennej badanej grupy odmian grochu wyniosła 8,1%, przy skrajnych wartościach dla odmian od 7,5% do 8,7%. Zakres zmienności genotypowej tej cechy pokrywał się z danymi literaturowymi (Prusiński, Strychalska, 2007). W ścisłym powiązaniu z procentowym udziałem okrywy nasiennej była zawartość popiołu. Różnicowanie genotypowe pod względem tej cechy mieściło się w przedziale od 2,92 do 3,31% s.m. Zarówno średnie zawartości, jak i zakresy zmienności dla procentowego udziału łuski oraz zawartości popiołu w nasionach badanych odmian grochu prezentowane w pracy, są zgodne z danymi literaturowymi (Black i in., 1998; Prusiński, Strychalska, 2007; Nikolopoulou i in., 2007; Wang i in., 2008; Singh i in., 2010).

Średnia zawartość białka w nasionach wyniosła 22,6% przy zróżnicowaniu pomiędzy odmianami od 21,3% do 23,8%. Najwyższą zawartość białka w nasionach posiadały odmiana Stig (23,8%), Krezus (23,6%) oraz Merlin (23,3%), a najniższą odmiany Wenus (21,3%) i Kawalir (21,6%). W zestawie 8 odmian badanych przez Prusińskiego i Strychalską (2007), podobnie jak i w badaniach własnych, najniższą zawartością białka w nasionach charakteryzowała się odmiana Wenus. Zawartość białka w nasionach pozostałych odmian ocenionych w obydwu pracach była na zbliżonym poziomie. Zakres zmienności genotypowej dla zawartości białka w nasionach był niższy od zakresu prezentowanego w innych pracach (Wang i in., 2008; Wang i in., 2010; Black i in., 1998). Różnice te wynikają w części z różnic genotypowych oraz warunków glebowych i

pogodowych, na co wskazują wyniki własne oraz innych autorów (Black i in., 1998; Wang i in., 2008; Nikolopoulou i in., 2007).

Nasiona badanych odmian grochu siewnego wykazały istotne zróżnicowanie w absorpcji wody. Średnia wartość pojemności hydratacyjnej dla całej grupy wyniosła 101,3%, przy zakresie zmienności od 96,3% do 107,4%. Najniższą pojemnością hydratacyjną charakteryzowały się nasiona odmian: Kujawski, Merlin i Komandor, a najwyższą: Terno, Agra, Profi i Brutus. Przedstawione w pracy wyniki zakresu pojemności hydratacyjnej nasion są porównywalne z danymi literaturowymi, ale tylko z tymi, dla których pojemność hydratacyjną, tj. przyrost masy nasion po moczeniu wyrażano w procentach lub w jednostkach masy nasion przed moczeniem (Wang i in. 2003, 2005, 2010; An i in. 2010), a nie w przeliczeniu na nasienie jak w pracach Blacka i in. (1998) czy Singha i in. (2010). Według Ana i in. (2010) właściwości hydratacyjne nasion są istotne z punktu widzenia przetwórstwa. Nasiona odmian pożądaných powinny odznaczać się pojemnością hydratacyjną na poziomie $\geq 110\%$ w przeliczeniu na suchą masę nasion. Uwzględniając fakt, że nasiona badanych odmian posiadały wilgotność równoważną ca. 10%, to połowa z testowanych genotypów charakteryzowała się pojemnością hydratacyjną na poziomie $\geq 110\%$ s.m.

Innym parametrem związanym z właściwością absorpcyjną nasion jest elektroprzewodnictwo roztworów po moczeniu nasion. Średnia wartość tego parametru dla badanego zestawu odmian grochu wyniosła $26,51 \mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$, przy rozpiętości od 20,20 do $34,44 \mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$. Najwyższym elektroprzewodnictwem charakteryzowały się roztwory po moczeniu nasion odmian: Stig, Merlin, Komandor, Kavalir i Terno. Wartości średnie i zakres dla genotypów wskazują na różnice odmianowe dla elektroprzewodnictwa eksudatów. Nasiona odmian o wyższej pojemności hydratacyjnej i wyższej zawartości popiołu charakteryzowały się wyższym elektroprzewodnictwem roztworów po moczeniu.

Absorpcja wody przez nasiona często rozpatrywana była w powiązaniu z czasem gotowania, który to jest głównym kryterium w ocenie wartości kulinarnej. Długi czas gotowania jest jednym z powodów ograniczającym szerszą akceptację i wykorzystanie nasion strączkowych w żywieniu oraz wpływa na pogorszenie wartości odżywczej (Walker i Kochhar, 1982; Wang i in., 2010). Średni czas gotowania (CG 50%) dla całej grupy wyniósł 15,7 min., przy rozpiętości dla odmian od 9,1 do 23,6 minut, a CG 80% od 13,7 do 35,7 min. (tab. 3). Najkrótszym czasem gotowania odznaczały się nasiona odmian: Stig, Brutus, Profi, Kavalir; nieznacznie dłuższy czas gotowania stwierdzono u odmian: Agra, Medal, Bohun i Goplik, natomiast najdłuższym nasiona odmian: Turkus, Santana, Kujawski i Set. Genotypy o długim czasie gotowania CG 50% charakteryzowały się gorszą równomiernością gotowania nasion, tj. wymagały dłuższego czasu CG 80%. Uzyskane wyniki dotyczące czasu gotowania nasion grochu są w zgodności z wynikami prezentowanymi w pracach Wanga i in. (2003, 2005, 2010). Jest to rezultatem stosowania podobnej metodyki w ocenie tego parametru, tj. moczenia nasion w wodzie destylowanej przez 16 godzin i następnie ocenie czasu gotowania na urządzeniu Mattsona. Dla porównania, czas gotowania nasion nie moczonych różnych genotypów grochu mieścił się w przedziale 51–180 minut w badaniach Blacka i in. (1998), 81–163 minuty w pracy Bishnoia i Khetarpaula (1993), 45–80 minut w badaniach Singha i in. (2010) lub

w przedziale 96 do 148 minut w pracy Prusińskiego i Strychalskiej (2007) oznaczony z wykorzystaniem wiskozymetru BZ-3.

Analiza współzależności pomiędzy badanymi cechami nasion badanej grupy odmian grochu wykazała istotną negatywną korelację pomiędzy masą 1000 nasion a zawartością białka i udziałem łuski w nasionach. Wskazuje to, że nasiona drobniejsze charakteryzowały się wyższą zawartością białka i wyższym udziałem łuski w masie nasion (tab. 4). Zależności tego typu prezentowano w innych pracach (Black i in., 1998). Podobnie jak w pracy Wanga i in. (2010), nie stwierdzono istotnych zależności pomiędzy MTN a zawartością popiołu, elektroprzewodnictwem czy pojemnością hydratacyjną, która to według Singha i in. (2010) była dodatnio skorelowana z ciężarem nasion. Ponadto w badaniach własnych pojemność hydratacyjna nasion była dodatnio skorelowana z zawartością łuski, popiołu i elektroprzewodnictwem roztworów.

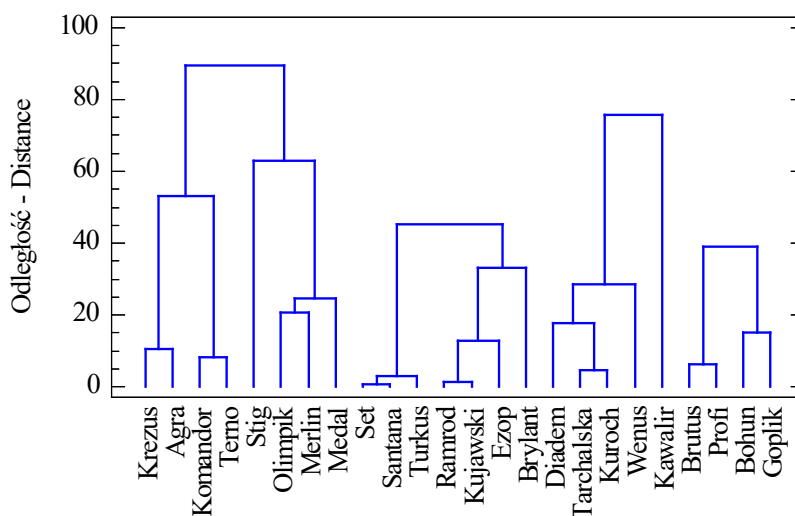
Tabela 4

Charakterystyka wydzielonych grup jednorodnych dla ocenianych odmian grochu siewnego
The characteristics of separated homogenous groups for the tested field pea cultivars

Cechy Parameters	Jednostki Units	Średnie dla grup odmian Mean for homogenous groups of cultivars			
		1	2	3	4
MTN — 1000 seed weight	(g)	247	284	264	228
Białko — Protein	(%)	23,01	22,62	21,85	22,38
Popiół — Ash	(% s.m.) (% dry w.)	3,14	3,08	3,07	3,24
Łuska — Seed coat	(% s.m.) (% dry w.)	8,20	7,88	7,68	8,51
Hydratacja — Hydration capacity	(%)	103	99	100	104
Elektroprzewodnictwo — Electroconductivity	($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	29,6	24,1	26,6	24,5
Czas gotowania 50% — Cooking time 50%	(min.)	14,3	20,2	14,0	12,4
Czas gotowania 80% — Cooking time 80%	(min.)	21,0	28,1	21,8	18,3

Czas gotowania był dodatnio skorelowany z ciężarem nasion i zawartością białka podobnie jak w pracy Blacka i in. (1998) i ujemnie z zawartością łuski, popiołu, elektroprzewodnictwem eksudatów i pojemnością hydratacyjną. Istotną ujemną korelację pomiędzy przyrostem masy nasion w procesie ich moczenia oraz elektroprzewodnictwem eksudatów a czasem gotowania wykazano w pracy Prusińskiego i Strychalskiej (2007) oraz Wanga i in. (2003), co wskazuje na możliwość wykorzystania tego parametru w pracach selekcyjnych jako pośredniej metody oceny czasu gotowania. Podobne zależności czasu gotowania i pojemności hydratacyjnej uzyskano w badaniach z fasolą na suche nasiona (Boros, 2003; Boros, Wawer, 2006).

W celu wyodrębnienia grup genotypów podobnych wielocechowo przeprowadzono analizę podobieństwa względem parametrów technologicznych nasion w/w grupy odmian grochu za pomocą analizy skupień metodą Warda (rys. 1). Wydzielono 4 grupy odmian podobnych (grupy jednorodne) pod względem 8 badanych cech (rys. 1). Ze względu na wzajemne ujemne skorelowanie cech trudne jest wskazanie grupy genotypów odznaczających się najwyższą wartością użytkową. Pierwsza grupa licząca 8 odmian, charakteryzuje się najwyższą zawartością białka, elektroprzewodnictwem roztworów i hydratacją, przy średnich wartościach pozostałych cech (tab. 5).



Rys. 1. Klasyfikacja odmian grochu siewnego na grupy wielocechowo jednorodnie metodą Warda
 Fig. 1. Classification of field pea cultivars into homogenous groups with the Ward's method

Tabela 5

Współczynniki korelacji pomiędzy zmiennymi charakteryzującymi nasiona odmian grochu siewnego
 (n=48)
 Correlation coefficients amongst variables characterizing seeds of tested field pea cultivars (n=48)

Cechy Parameters	1	2	3	4	5	6	7
1. MTN — 1000 seed weight	—						
2. Białko — Protein	-0,32*	—					
3. Popiół — Ash	-0,59**		—				
4. Łuska — Seed coat		-0,63**	0,39**	—			
5. Hydratacja — Hydration capacity		-0,40**	0,48**	0,59**	—		
6. Elektroprowadnictwo — Electroconductivity		-0,56**		0,63**	0,48**	—	
7. Czas gotowania 50% — Cooking time 50%	0,40**	0,35*	-0,43**	-0,52**	-0,56**	-0,43**	—
8. Czas gotowania 80% — Cooking time 80%	0,30*	0,40**	-0,44**	-0,64**	-0,54**	-0,51**	0,92**

* Istotność przy $p < 0,05$; * Significant at $p < 0,05$

** Istotność przy $p, 0,01$; ** Significant at $p < 0,01$

W drugiej grupie znalazło się 7 odmian, o najdłuższym czasie gotowania, najwyższej MTN, średniej zawartości białka, niskiej zawartości popiołu oraz łuski i najniższej hydratacji. Grupę trzecią, w liczbie 5 odmian, charakteryzowały wartości średnie dla poszczególnych cech. W grupie 4 znalazły się 4 odmiany o najkrótszym czasie gotowania, najniższej MTN, zawartości popiołu, hydratacji i średnim poziomie zawartości białka.

PODSUMOWANIE

Stwierdzono istotność różnic genotypowych, lat zbioru oraz współdziałania genotypy × lata dla każdej z badanych cech nasion. Zidentyfikowano odmiany o skrajnie odbiegających wartościach dla poszczególnych cech.

Istotność współdziałania genotypy × lata wskazuje na różną reakcję odmian na warunki sezonu wegetacyjnego. Dlatego też przy wyborze genotypów o korzystnych parametrach technologicznych nasion celowym wydaje się być ocena ich stabilności w zależności od warunków pogodowych.

Zastosowana metoda podziału badanych odmian grochu, oparta na analizie skupień metodą Warda, z zastosowaniem kwadratu odległości euklidesowej jako miary odległości, pozwoliła wydzielić 4 grupy jednorodne pod względem ośmiu cech nasion. Uzyskane wyniki mogą być wykorzystane przez hodowców w procesie tworzenia nowych odmian.

LITERATURA

- An D., Arntfield S. D., Beta T., Cenkowski S. 2010. Hydration properties of different varieties of Canadian field peas (*Pisum sativum*) from different locations. *Food Res. Inter.* 43: 520 — 525.
- AOAC 1990. Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 15th Edition. Arlington, Virginia, USA. AOAC 923.03 method.
- Bishnoi S., Khetarpaul N. 1993. Variability in physico-chemical properties and nutrient composition of different pea cultivars. *Food Chem.* 47: 371 — 373.
- Black R. G., Brouwer J. B., Meares C., Iyer L. 1998. Variation in physico-chemical properties of field peas (*Pisum sativum*). *Food Res. Inter.* 31(2): 81 — 86.
- Boros L. 2003. Variation in physical and chemical properties and cooking time of dry bean seeds. *Veget. Crops Res. Bull.* 58: 63 — 68.
- Boros L., Wawer A. 2006. Genetic variability and interrelationships between traits for agronomic performance and seeds culinary quality of dry bean lines and their parents. *Veget. Crops Res. Bull.* 65: 29 — 37.
- Campos-Vega R., Loarca-Pina G., Oomah B. D. 2010. Minor components of pulses and their potential impact on human health. *Food Res. Inter.* 43: 461 — 482.
- Dilis V., Trichopoulou A. 2009. Nutritional and health properties of pulses. *Mediterr. J. Nutr. Metab.*, 1:149 — 157.
- FAOSTAT 2009. <http://faostat.fao.org>.
- Leterme P. 2002. Recommendation by health organizations for pulse consumption. *British J. Nutr.* 88, Suppl.3: 239 — 242.
- Mathers J. C. 2002. Pulses and carcinogenesis: potential for the prevention of colon, breast and other cancers. *Brit. J. Nutr.* 88(Suppl.3): 273 — 279.
- McCrary M. A., Hamaker B.R., Lovejoy J.C., Eichelsdoerfer P.E. 2011. Pulse consumption, satiety and weight management. *Adv. Nutr.* 1: 17 — 30.
- Nikolopoulou D., Grigorakis K., Stasing M., Alexis M.N., Iliadis K. 2007. Differences in chemical composition of field pea (*Pisum sativum*) cultivars: Effects of cultivation area and year. *Food Chem.* 103: 847 — 852.
- Prusiński J., Strychalska A. 2007. Physicochemical properties determining the cooking time of pea (*Pisum sativum* L.) seeds. *Plant Breed. & Seed Sci.* 55: 21 — 31.
- Singh N., Kaur N., Rana J.Ch., Dharma S.K. 2010. Diversity in seed and flour properties in field pea (*Pisum sativum*) germplasm. *Food Chem.* 122: 518 — 525.
- Walker A. F., Kochhar N. 1982. Effect of processing including domestic cooking on nutritional quality of legumes. *Proc. Nutr. Soc* 41: 41 — 51.
- Wang N., Daun J. K., Malcolmsn L.J. 2003. Relationship between physicochemical and cooking properties, and effects of cooking on antinutrients, of yellow field peas (*Pisum sativum*). *J. Sci. Food & Agric.* 83(12): 1228 — 1237.

- Wang N., Daun J. K. 2005. Determination of cooking times of pulses using an automated Mattson cooker apparatus. *J. Sci. Food & Agri.* 85: 1631 — 1635.
- Wang N., Hatcher D. W., Gawalko E. J. 2008. Effect of variety and processing on nutrients and certain anti-nutrients in field peas (*Pisum sativum*). *Food Chem.* 111: 132 — 138.
- Wang N., Hatcher D. W., Warkentin T. D., Toews R. 2010. Effect of cultivar and environment on physicochemical and cooking characteristics of field pea (*Pisum sativum*). *Food Chem.* 118: 109 — 115.