Acta Agrophysica, 2003, 2(3), 539-548

OKREŚLENIE PODSTAWOWYCH WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH I CHEMICZNYCH NASION POLSKICH ODMIAN ŁUBINÓW

Józef Grochowicz, Dariusz Andrejko, Jacek Mazur

Katedra Maszynoznawstwa i Inżynierii Przemysłu Spożywczego, Akademia Rolnicza
ul. Doświadczalna 44, 20-236 Lublin
e-mail: mazurj@faunus.ar.lublin.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań wybranych właściwości fizycznych i chemicznych 15 odmian nasion łubinów. Wszystkie mierzone cechy odniesiono do 5 praktycznych poziomów wilgotności (8, 10, 12, 14, 16%). Podjęto próbę opisu zmienności mierzonych właściwości fizycznych w funkcji wilgotności nasion. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono nierównomierny rozkład związków chemicznych w poszczególnych częściach nasion. Przeważająca część białka i tłuszczu skoncentrowana jest w liścieniach, zaś ok. 90% włókna znajduje się w okrywach. Wraz ze zwiększaniem wilgotności nasion (w badanym zakresie) maleje gęstość usypna i utrzęsiona, przy jednoczesnym wzroście wartości średniego wymiaru nasion, masy 1000 nasion i kąta zsypu.

Słowa kluczowe: łubin, nasiona, skład chemiczny, właściwości fizyczne

WSTĘP

Słaba jakość gleb na terenie naszego kraju oraz uwarunkowania klimatyczne limitują uprawę takich surowców jak np. soja. Stąd też istnieje potrzeba zwiększenia areału upraw roślin dobrze wegetujących w naszym klimacie. Coraz większa uwaga technologów żywności skupia się na bogatych w białko nasionach łubinów, które doskonale nadają się na gleby lekkie i piaszczyste. Jednak wykorzystanie nasion łubinów na skalę przemysłową w przetwórstwie rolno-spożywczym ograniczone jest z jednej strony niedostateczną znajomością ich właściwości fizycznych, z drugiej zaś składem chemicznym, który wymaga zwykle korekty [3,4,5,6].

Celem badań było wyznaczenie niektórych właściwości fizycznych, istotnych w wielu operacjach mechanicznych oraz składu chemicznego dla 15 odmian nasion trzech gatunków łubinów, uprawianych powszechnie na terenie naszego

kraju. Wszystkie mierzone wielkości cech fizycznych nasion odniesiono do ich (występujących w praktyce przetwórczej) wilgotności.

METODYKA

Program badań obejmował pomiar właściwości fizycznych i chemicznych 15 odmian nasion łubinów, tj.: Łubin wąskolistny (niebieski) – Emir, Sur, Mirela, Łubin biały – Wat, Bardo, Bac, Łubin żółty – Juno, Amulet, Topaz, Popiel, Aga, Parys, Radames, Piast, WTD 1090.

Nasiona jednolite odmianowo pochodziły z SHR Wiatrowo i SHR Przebędowo.

Wszystkie pomiary właściwości fizycznych przeprowadzono dla 15 odmian zgodnie z Polską Normą:

- Wilgotność – PN 86/A-74011,
- Gęstość usypna – PN-73/R-74007,
- Gęstość utrzęsiona – ISO 3953 (norma międzynarodowa),
- Masa 1000 nasion [2],
- Średni wymiar nasion (stosowano sita o oczkach kwadratowych – stąd jako średni wymiar przyjmowano średnią szerokość) [2],
- Kąt zsypu – PN-65/Z-04004

Skład chemiczny surowca oznaczano:

- Białko – metodą Kjeldahla, zawartość białka ogólnego w przeliczeniu na suchą masę,
- Tłuszcz – metodą ekstrakcyjną (Soxhleta), w przeliczeniu na suchą masę,
- Włókno – PN76/R-64814,
- Alkaloidy – metodą ilościową wg [7].

Zawartość liścieni w całych nasionach określano po procesie obłuskiwania zgodnie z metodyką [1]. Z uwagi na niewielkie różnice występujące w obrębie jednego gatunku badania te zawężono do 6 reprezentatywnych odmian (Emir, Sur, Wat, Bardo, Juno, Amulet)

Dla wyżej wymienionych 6 odmian przeprowadzono analizę regresji z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych niezależnych.

WYNIKI BADAŃ

Uzyskane wyniki oznaczeń zebrano w jedenastu tabelach. Skład chemiczny nasion podano oddzielnie dla liścieni i okryw nasiennych, właściwości fizyczne odniesiono do pięciu praktycznych wilgotności nasion.

W tabeli 1 przedstawiono skład chemiczny nasion łubinów. Z danych tych wynika, że przeważająca część białka i tłuszczu skoncentrowana była w liścieniach, zaś około 90% włókna znajdowało się w okrywach nasiennych. Na uwagę zasługuje podwyższona zawartość tłuszczu w nasionach łubinów białych, kształtująca się w granicach 11,5-14,6% (w liścieniach). Podwyższoną zawartością alkaloidów charakteryzowały się tylko odmiany gorzkie (Bac i Mirela).

Tabela 1. Skład chemiczny nasion polskich odmian łubinów (%)
Table 1. Chemical composition of lupine seeds from polish kinds (%)

Odmiana Variety	Sucha masa Dry mass (%)		Białko Protein (%)		Tłuszcz Fat (%)		Włókno Fiber (%)		Alkaloidy Alkaloids (%)	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Emir	90,60	89,37	50,19	5,37	7,47	0,68	1,68	12,24	0,14	0,01
Sur	90,52	89,48	43,79	4,58	7,03	0,83	1,23	11,11	0,13	0,02
Mirela	90,90	89,44	43,01	5,37	8,17	0,99	2,02	12,38	0,62	0,06
Wat	91,13	89,12	39,83	4,26	12,48	0,55	1,07	8,89	0,15	0,02
Bardo	91,21	89,01	41,77	5,17	14,63	0,93	1,88	10,18	0,16	0,02
Bac	91,64	89,69	44,96	7,36	11,51	1,27	1,31	9,75	0,82	0,09
Juno	90,33	89,09	56,35	4,71	6,62	0,46	1,98	11,87	0,16	0,01
Amulet	90,45	89,59	59,48	4,35	5,25	0,53	2,10	12,33	0,12	0,01
Topaz	91,14	89,65	60,02	4,68	4,77	0,35	2,53	11,53	0,17	0,01
Popiel	91,40	89,58	62,69	4,80	4,98	0,68	1,20	9,62	0,19	0,01
Aga	91,27	89,44	56,65	4,14	6,12	0,33	1,74	12,48	0,20	0,01
Parys	91,23	89,23	55,24	4,24	6,13	0,60	1,76	12,10	0,24	0,01
Radames	90,74	89,68	52,79	4,79	6,96	0,56	1,90	11,00	0,18	0,01
Piast	90,75	89,39	56,20	5,93	7,36	0,65	1,51	13,28	0,26	0,02
WTD1090	90,85	89,61	60,43	4,46	5,61	0,57	0,70	10,26	0,13	0,01

A – liścienie seed leaf, B – okrywa seed cover.

Wyniki pomiarów właściwości fizycznych zebrano w tabelach 2-6. Jednoznacznie należy stwierdzić, że wraz z dowilżeniem nasion od 8,0 do 16,0% następował spadek wartości gęstości usypnej i gęstości utrzęsionej przy jednoczesnym wzroście masy 1000 nasion, średniego wymiaru nasion, kąta zsypu oraz zawartości liścieni.

Prawidłowość ta była słuszna dla wszystkich badanych odmian nasion łubinów. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt znacznych różnic wartości mierzonych cech fizycznych poszczególnych gatunków nasion łubinów. Obserwowane różnice dotyczyły przede wszystkim nasion łubinów białych. Uzyskane wartości liczbowe cech fizycznych nasion łubinów białych odbiegały od wartości uzyskanych dla

łubinów żółtych i niebieskich. Gęstości usypna i utrzęsiona nasion łubinów białych, w całym przedziale badanych wilgotności, były niższe w porównaniu do gęstości łubinów żółtych i niebieskich, zaś pozostałe wartości cech fizycznych nasion łubinów białych, tj. masa 1000 nasion, średnia średnica nasion i kąt zsypu generalnie przyjmowały wartości wyższe. Uzyskane różnice wartości właściwości fizycznych pomiędzy gatunkami związane były z różnym kształtem i wymiarami pojedynczych nasion. Nasiona odmian niebieskich i żółtych mają zbliżony owalny kształt oraz tylko nieznacznie różnią się wymiarowo, zaś nasiona odmian białych są znacznie większe i charakteryzują się spłaszczonym kształtem.

Tabela 2. Wartości gęstości usypnej i utrzęsionej (kg·m^{-3}) nasion polskich odmian łubinów w zależności od ich wilgotności

Table 2. Bulk and shaken density of the Polish varieties of lupine seed valves in relation to moisture content (kg m^{-3})

Odmiana Variety	Wilgotność Moisture content (%)									
	8,0		10,0		12,0		14,0		16,0	
	C	D	C	D	C	D	C	D	C	D
Emir	771,2	815,7	769,3	813,4	755,2	791,8	738,0	784,0	729,6	778,4
Sur	774,7	814,1	773,6	812,2	767,1	797,1	765,6	790,0	744,4	783,2
Mirela	756,7	796,6	753,6	795,5	729,6	791,0	726,8	789,2	719,6	785,2
Wat	698,9	756,9	698,0	755,4	693,6	737,2	681,2	725,4	678,4	716,2
Bardo	692,1	739,4	690,0	737,3	680,0	727,5	662,8	716,4	660,0	713,3
Bac	710,5	755,7	708,4	753,2	704,0	749,8	693,6	742,0	693,5	730,6
Juno	771,3	816,9	770,8	814,6	759,6	809,8	732,8	795,7	726,0	777,7
Amulet	764,5	813,8	763,2	811,9	756,4	799,2	745,6	793,8	744,4	783,2
Topaz	760,2	810,7	759,2	808,3	749,2	795,8	740,0	793,5	738,8	792,7
Popiel	773,1	810,1	771,2	807,1	764,4	801,6	759,6	798,2	754,8	794,4
Aga	775,1	818,9	772,8	816,3	754,4	798,7	751,6	794,2	750,4	788,6
Parys	746,2	805,8	742,0	804,6	740,8	803,5	739,2	791,3	738,0	788,8
Radames	778,0	826,8	775,6	823,3	761,6	809,6	758,0	806,0	757,6	791,0
Piast	747,2	787,7	746,8	785,6	727,6	779,6	725,4	765,4	710,4	761,1
WTD1090	776,4	823,5	775,2	820,8	762,0	807,6	758,4	807,3	750,8	806,6

C – dęstość w stanie usypnym bulk density (kg·m^{-3}), D – gęstość utrzęsiona shaken density (kg·m^{-3}).

Tabela 3. Masa 1000 nasion (g) polskich odmian łubinów w zależności od ich wilgotności
Table 3. 1000 seed mass of valves in relation to moisture content (g)

Odmiana Variety	Wilgotność Moisture content (%)				
	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0
Emir	130,3	131,8	139,0	142,8	145,0
Sur	120,4	121,3	126,2	133,6	135,0
Mirela	132,1	134,0	157,8	167,6	171,8
Wat	258,3	260,8	265,2	271,2	280,8
Bardo	306,8	307,0	307,6	311,4	311,8
Bac	265,1	266,2	269,8	285,2	286,0
Juno	119,5	120,8	123,6	131,6	136,2
Amulet	123,7	125,2	129,1	130,0	135,0
Topaz	124,3	125,9	126,8	128,8	130,6
Popiel	127,3	130,4	130,6	135,2	138,2
Aga	111,9	112,7	113,0	116,2	121,2
Parys	130,7	132,0	133,6	142,6	143,4
Radames	121,1	123,8	127,4	128,8	134,4
Piast	135,5	137,4	139,2	141,8	157,6
WTD1090	120,4	121,0	122,8	123,0	129,8

Tabela 4. Średnia średnica (mm) nasion polskich odmian łubinów w zależności od ich wilgotności
Table 4. Mean valves dimension in relation to moisture content (mm)

Odmiana Variety	Wilgotność Moisture content (%)				
	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0
Emir	4,85	4,96	5,47	5,65	5,81
Sur	4,92	4,95	5,03	5,34	5,37
Mirela	4,82	4,87	4,98	5,08	5,11
Wat	6,40	6,42	6,55	6,65	6,70
Bardo	6,42	6,45	6,51	6,62	6,67
Bac	6,21	6,25	6,35	6,40	6,52
Juno	4,50	4,61	4,83	5,20	5,39
Amulet	4,42	4,45	4,95	5,27	5,42
Topaz	4,29	4,29	4,30	4,31	4,35
Popiel	4,40	4,43	4,51	4,53	4,57
Aga	4,00	4,04	4,04	4,05	4,12
Parys	4,39	4,41	4,42	4,43	4,49
Radames	4,10	4,11	4,12	4,15	4,18
Piast	4,00	4,04	4,14	4,16	4,21
WTD1090	4,48	4,51	4,63	4,69	4,74

Tabela 5. Kąt zsypu (deg) nasion polskich odmian łubinów w zależności od ich wilgotności
Table 5. Chute angle of valves in relation to moisture content (deg)

Odmiana Variety	Wilgotność Moisture content (%)				
	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0
Emir	12,5	12,6	13,0	14,1	15,2
Sur	13,2	13,5	14,4	14,5	14,7
Mirela	10,1	10,6	12,4	12,5	13,1
Wat	15,6	15,9	16,5	16,6	17,0
Bardo	15,5	15,8	15,9	16,0	16,5
Bac	16,2	16,5	16,5	16,8	17,0
Juno	15,7	15,8	16,0	17,5	18,5
Amulet	13,7	13,9	14,0	16,2	16,6
Topaz	13,6	13,9	14,0	15,0	16,2
Popiel	12,2	12,5	13,7	14,1	15,3
Aga	13,5	13,8	14,9	16,0	16,5
Parys	13,2	13,8	14,0	14,5	15,9
Radames	13,0	13,9	14,4	15,0	15,9
Piast	13,2	14,0	14,6	15,2	17,3
WTD1090	9,8	10,1	10,9	12,8	14,0

Tabela 6. Procentowa zawartość liścieni w wybranych nasionach polskich odmian łubinów w zależności od ich wilgotności
Table 6. Percentage content of seed-leaf in relation to moisture content

Odmiana Variety	Wilgotność Moisture content (%)				
	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0
Emir	76,9	77,1	77,3	77,9	79,1
Sur	75,7	76,2	76,5	77,1	77,7
Wat	78,5	78,9	79,1	79,5	79,8
Bardo	77,2	77,4	77,8	79,2	80,2
Juno	75,8	76,0	76,1	76,3	76,6
Amulet	77,2	77,3	77,3	77,6	78,0

Tabela 7. Równania regresji i wartości współczynników determinacji R^2 opisujące zmienność gęstości usypnej g_u w funkcji wilgotności w w zakresie od 8 do 16%, ($\alpha < 0{,}05$)
Table 7. Regression equation and coefficient of determination of the valve R^2 describing variability of bulk density g_u as a function of moisture content w in the moisture content range of 8 to 16 % ($\alpha < 0.05$)

Odmiana Variety	Równanie Equation	R^2
Emir	$g_u = 821{,}4 - 5{,}7\,w$	0,95
Sur	$g_u = 806{,}2 - 3{,}4\,w$	0,78
Wat	$g_u = 724{,}7 - 2{,}9\,w$	0,90
Bardo	$g_u = 731{,}8 - 4{,}6\,w$	0,93
Juno	$g_u = 829{,}3 - 6{,}4\,w$	0,90
Amulet	$g_u = 789{,}5 - 2{,}9\,w$	0,92

Tabela 8. Równania regresji i wartości współczynników determinacji R^2 opisujące zmienność gęstości utrzęsionej g_t w funkcji wilgotności w w zakresie od 8 do 16%, ($\alpha < 0{,}05$)
Table 8. Regression equation and coefficient of determination of the valve R^2 describing variability of shaken density g_t as a function of moisture content w in the moisture content range of 8 to 16 % ($\alpha < 0.05$)

Odmiana Variety	Równanie Equation	R^2
Emir	$g_t = 859{,}1 - 5{,}2\,w$	0,93
Sur	$g_t = 849{,}7 - 4{,}2\,w$	0,95
Wat	$g_t = 805{,}1 - 5{,}6\,w$	0,95
Bardo	$g_t = 770{,}6 - 3{,}7\,w$	0,95
Juno	$g_t = 861{,}3 - 4{,}9\,w$	0,88
Amulet	$g_t = 848{,}0 - 3{,}0\,w$	0,96

Tabela 9. Równania regresji i wartości współczynników determinacji R^2 opisujące zmienność średniej średnicy nasion s_s w funkcji wilgotności w w zakresie od 8 do 16%, ($\alpha < 0{,}05$)
Table 9. Regression equation and coefficient of determination for the valve R^2 describing variability of mean seed s_s dimension as a function of moisture content w in the moisture content range of 8 to 16 % ($\alpha < 0.05$)

Odmiana Variety	Równanie Equation	R^2
Emir	$s_s = 3{,}8 + 0{,}13\,w$	0,95
Sur	$s_s = 4{,}3 + 0{,}06\,w$	0,88
Wat	$s_s = 6{,}1 + 0{,}04\,w$	0,95
Bardo	$s_s = 6{,}1 + 0{,}03\,w$	0,96
Juno	$s_s = 3{,}5 + 0{,}10\,w$	0,96
Amulet	$s_s = 3{,}2 + 0{,}10\,w$	0,94

Tabela 10. Równania regresji i wartości współczynników determinacji R^2 opisujące zmienność masy 1000 nasion m_n w funkcji wilgotności w w zakresie od 8 do 16%, (α<0,05)
Table 10. Regression equation and coefficient of determination for the valve R^2 describing variability of 1000 seeds mass m_n as a function of moisture content w in the moisture content range of 8 to 16 % (α<0.05)

Odmiana Variety	Równanie Equation	R^2
Emir	$m_n = 113{,}5 + 2{,}02\ w$	0,95
Sur	$m_n = 102{,}4 + 2{,}07\ w$	0,93
Wat	$m_n = 234{,}0 + 2{,}77\ w$	0,94
Bardo	$m_n = 300{,}3 + 0{,}72\ w$	0,85
Juno	$m_n = 99{,}8 + 2{,}21\ w$	0,93
Amulet	$m_n = 112{,}2 + 1{,}37\ w$	0,95

Tabela 11. Równania regresji i wartości współczynników determinacji R^2 opisujące zmienność kąta zsypu k_s w funkcji wilgotności w w zakresie od 8 do 16%, (α<0,05)
Table 11. Regression equation and coefficient of determination for the valve R^2 describing variability of chute angle k_s as a function of moisture content w in the moisture content range of 8 to 16 % (α<0.05)

Odmiana Variety	Równanie Equation	R^2
Emir	$k_s = 9{,}3 + 0{,}3\ w$	0,89
Sur	$k_s = 11{,}7 + 0{,}2\ w$	0,90
Wat	$k_s = 14{,}2 + 0{,}2\ w$	0,96
Bardo	$k_s = 14{,}6 + 0{,}1\ w$	0,91
Juno	$k_s = 12{,}3 + 0{,}4\ w$	0,86
Amulet	$k_s = 10{,}0 + 0{,}4\ w$	0,83

Zmienność gęstości usypnej i utrzęsionej masy nasion 6 wybranych odmian łubinów, spowodowaną zmianą wilgotności w zakresie od 8 do 16% opisano równaniami regresji (tab. 7-8). Na podstawie zaprezentowanych równań stwierdzono, że przy założonym poziomie istotności (α < 0,05) pomiędzy tymi cechami istnieje wysoka, ujemna korelacja, wyrażająca się współczynnikami determinacji od 0,78 do 0,96.

W tabelach 9-11 zaprezentowano równania regresji opisujące zmiany wartości średniej średnicy nasion, masy 1000 nasion i kąta zsypu w funkcji wilgotności. Dla przyjętego współczynnika istotności (α < 0,05), wartości współczynników determinacji kształtowały się na wysokim poziomie, co świadczy o dobrym dopasowaniu równań do uzyskanych danych doświadczalnych. Pomiędzy wzrostem wilgotności nasion o mierzonymi właściwościami fizycznymi (średnia średnica nasion, masa 1000 nasion, kąt zsypu) stwierdzono wysoką dodatnią korelację.

WNIOSKI

1. Badania składu chemicznego łubinów jednoznacznie wskazują na nierównomierne rozmieszczenie związków chemicznych w poszczególnych częściach nasion. Przeważająca część cennego białka i tłuszczu zawarta jest w liścieniach, zaś włókno skoncentrowane jest w okrywach nasiennych. Na uwagę zasługuje podwyższona zawartość tłuszczu w nasionach łubinów białych w porównaniu z łubinami żółtymi i wąskolistnymi.

2. Stwierdzono znaczące różnice w zawartości alkaloidów między łubinami słodkimi a gorzkimi (Bac, Mirela). Duża ilość alkaloidów zawartych w nasionach łubinów gorzkich eliminuje te odmiany jako surowiec do bezpośredniego przerobu na żywność i paszę.

3. Wszystkie mierzone cechy fizyczne nasion łubinów uzależnione są od ich wilgotności (w zakresie od 8 do 16%). Podniesienie wilgotności w badanym zakresie powoduje, z jednej strony spadek gęstości usypnej i gęstości utrzęsionej, z drugiej zaś, wzrost masy 1000 nasion, średniej średnicy nasion oraz kąta zsypu. Nawilżenie nasion od 8 do 16% jest przyczyną zwiększenia procentowych udziałów (bogatych w białko) liścieni.

PIŚMIENNICTWO

1. **Andrejko D.:** Badanie wpływu niektórych czynników na efektywność obłuskiwania nasion łubinów. AR Lublin, Praca doktorska, 1995.
2. **Grochowicz J.:** Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion. Wydawnictwo AR, Lublin, 1994.
3. **Grochowicz J.:** Badania fizycznych właściwości nasion łubinów jako podstawy ich obłuskiwania i uzdatniania na cele paszowe. Sprawozdanie z pracy badawczej nr S 306-01-05, AR WTR, Katedra Maszynoznawstwa i Inżynierii Przemysłu Spożywczego, Lublin, 1995.
4. **Lampart-Szczapa E.:** Białko łubinu. Problemy technologiczne i żywieniowe. Seria popularno-naukowa 11, Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Oddział Wielkopolski, Poznań, 1993.
5. **Lampart-Szczapa E.:** Poglądy na czynniki antyżywieniowe łubinu. Łubin: kierunki badań i perspektywy użytkowe. Polskie Towarzystwo Łubinowe, Praca zbiorowa pod redakcją naukową Ireny Frencal i Krzysztofa Gulewicza, Poznań, 354-364. 1996.
6. **Lampart-Szczapa E., Jankowski T., Czernek M.:** Termiczna analiza preparatów białkowych łubinu. Łubin: kierunki badań i perspektywy użytkowe. Polskie Towarzystwo Łubinowe, Praca zbiorowa pod redakcją naukową Ireny Frencal i Krzysztofa Gulewicza, Poznań, 306-313. 1996.
7. **Weznikas J.:** Hodowla Roślin, Aklimatyzacja i Nasiennictwo. t.16, z.1, 59-76. 1972.

DETERMINATION OF SOME FUNDAMENTAL PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF LUPINE SEEDS OF POLISH VARIETIES

Józef Grochowicz, Dariusz Andrejko, Jacek Mazur

Department of Food Engineering and Machinery, University of Agriculture
ul. Doświadczalna 44, 20-236 Lublin
e-mail: mazurj@faunus.ar.lublin.pl

Abstract. The paper presents some selected physical and chemical properties of lupine seeds from 15 different varieties. All properties were referred to five levels of moisture content, i.e. 8, 10, 12, 14 and 16%. An attempt at a description of some measured physical properties as a function of seed moisture content was undertaken. On the basis of the results obtained, an irregular distribution of chemical compounds in the seed parts was observed. Excess amounts of proteins and fat were located in the seed-leaf, while about 90% of fiber was situated in the cover. An increased moisture content resulted in a decrease in the bulk and shaken density together with a decrease in the mean dimension of lupine seeds, 1000 seeds mass and an increased chute angle.

Key words: lupine seeds, chemical composition, physical properties