

유채 종자의 물리적 특성(I)

Le Anh Duc 한재웅 홍상진 최희석 김유호 금동혁

Physical Properties of Rapeseed (I)

L. A. Duc J. W. Han S. J. Hong H. S. Choi Y. H. Kim D. H. Keum

Abstract

Some physical properties of rapeseed such as geometric properties (linear dimensions, sphericity, seed volume, surface area) and gravimetric properties (the mass of one thousand seeds, bulk density) were analyzed at five levels of moisture content of 10.03, 14.91, 20.07, 25.06 and 30.12% (w.b.).

The physical properties of rapeseed were evaluated as a function of seed moisture content. In the moisture range, when the moisture content increase, sphericity decreased from 0.946 to 0.927, and geometric mean diameter, seed volume and surface area increased from 2.17 to 2.31 mm, 5.58 to 6.88 mm³ and 14.76 to 16.77 mm² respectively. Mass of one thousand seeds increased from 5.04 to 6.46 g. Bulk density decreased from 579.3 to 549.2 kg/m³ due to swelling of the seed.

Keywords : Rapeseed, Physical property, Geometric property, Bulk density

1. 서론

바이오 디젤을 생산할 수 있는 원료로 유채종자, 대두, 팥, 코코넛, 해바라기씨 등이 있지만, 이모작이 가능하고 착유(榨油)율이 45% 이상으로 타 작물보다 높으며, 국내의 기후에서 생산이 용이한 유채 종자의 기름은 유동점이 낮고, 겨울에 잘 얼지 않아 바이오 디젤 원료로서 최적의 재료로 선택되고 있다.

현재 착유를 목적으로 국내에서 생산되는 유채종은 선명종으로 1997년부터 1998년까지 2년 동안 무안지역에서 생산력 검정을 실시하였고, 1999년부터 2001년까지 3년간 제주도 와 전남 무안의 2개 지역에서 지역적응시험을 실시하여 기존 한라유채보다 50% 이상 증수된 광지역 적응 및 다수성으로 인정되어 2001년 12월에 국가품종목록 등재품종으로 선정되었다.

우리나라에서도 2007년부터 2009년까지 바이오 디젤 생산을 위한 유채생산 시범사업을 추진하고 있다. 전국 3개 지역

을 시범단지로 선정하여 육종, 재배, 수확에 이르는 작업과 이것에 관련된 기계화를 진행하고 있다.

이러한 기계화 관련 연구를 수행하는데 필요한 정보중에서 물리적 특성은 건조, 저장용량, 이송시스템 등을 개발하기 위해 매우 중요한 특성으로 보고되고 있다(Baryeh, 2001; Santalla and Mascheroni, 2003).

본 연구의 목적은 국내에서 생산된 유채종자의 기하학적 특성, 천립중, 산물밀도 등 물리적 특성에 관련된 기초연구를 수행하여 건조, 저장, 이송 관련 기계화 기술에 필요한 정보를 제공하는데 있다.

2. 재료 및 방법

가. 실험방법

공시재료는 2007년 6월 전라남도 영광지역에서 수확한 선

This article was submitted for publication on 2008-03-17, reviewed on 2008-04-04, and approved for publication by editorial board of KSAM on 2008-04-14. The authors are Le Anh Duc, Researcher, Jae Woong Han, Research Professor, Dong Hyuk Keum, Professor, Sang Jin Hong, Researcher, Dept. of Bio-Mechatronic Engineering SungKyunKwan University, You Ho Kim, and Hee Suk Choi, Senior Researcher, National Institute of Agricultural Engineering. Corresponding author: D. H. Keum, Professor, Dept. of Bio-Mechatronic Engineering SungKyunKwan University, Suwon, 440-746, Korea; E-mail: <dhkeum@skku.edu>.

망(*Brassica napus* L.) 품종의 유채 종자로 초기 함수율은 31.3%(w.b.)였다.

물리적 특성을 구명하기 위해 유채 종자는 자연건조 방법을 통하여 함수율 10.03, 14.91, 20.07, 25.06, 30.12%(w.b.) 등 5수준의 시료로 구분하였다. 함수율 측정은 130°C - 4 h - 10 g 오븐법(ASAE standard, 2004)을 이용하여 측정하였다.

5수준으로 구분된 시료는 지퍼백을 2중으로 포장하여 시료 내부의 함수율 평형과 외부와의 수분이동이 없도록 하여 4°C 저온저장고에서 1주일간 보관(Sedat et al., 2005)한 후 실험 전 상온에 24시간 동안 노출시켜 외기와 평형(ASAE standard, 2004)을 이루도록 하여 실험을 진행하였다.

1) 기하학적 특성

유채 종자의 기하학적 특성은 1회 측정시 함수율별 유채 시료에서 충실한 50립을 임의로 선택하여 평판위에 올려 놓고 측정하였으며, 각 측정은 5회 반복하여 측정하였다. 기하학적 특성에 사용된 계측기는 디지털 버니어 캘리퍼스(CD-15CP, Mitutoyo, Japan)로 장경과 단경을 측정한 후 이를 이용하여 구형율, 종자 단립의 체적 및 표면적을 계산하였다(Nelson, 2002).

종자의 크기를 결정하기 위하여 측정값중 최대값을 장경(L)으로 정의하고 최소값을 단경(D)으로 정의하였다. 측정된 장경과 단경 값을 이용하여 평균 직경, 구형률, 체적, 표면적을 다음과 같은 식을 이용하여 계산하였다(Mohsenin, 1970; Jain and Bal, 1997; Sedat et al., 2005; Dursuna et al., 2007).

$$\text{평균직경} : D_g = (D^2L)^{\frac{1}{3}} \text{ (mm)} \quad (1)$$

$$\text{구형률} : \Phi = \frac{D_g}{L} \text{ (dec.)} \quad (2)$$

$$\text{체적} : V = \frac{\pi DL^3}{6[2L - (DL)^{1/2}]} \text{ (mm}^3\text{)} \quad (3)$$

$$\text{표면적} : S = \pi D_g^2 \text{ (mm}^2\text{)} \quad (4)$$

여기서, L : 종자의 장경(mm)

D : 종자의 단경(mm)

2) 천립중

천립중은 충실한 1,000립을 무작위로 선택하여 각 함수율 별로 측정하였다(Sedat et al., 2005). 측정은 함수율별로 5회 반복하여 측정하였으며, 전자저울(R420P, Sartorius, Germany)을 이용하여 천립중을 측정하였다.

3) 산물밀도

산물밀도는 미 농무성(USDA) 규정에 근거하여 제작된 장

치를 이용하여 측정하였다(Fig. 1). 그림과 같이 상부 직경 240 mm, 하부 직경 32 mm, 높이 140 mm의 깔때기에 유채 종자를 채우고, 깔때기 아래 50 mm 떨어진 곳에 직경 110 mm, 깊이 100 mm, 용량 1000 mL의 컵을 준비한다. 깔때기 하부에 있는 슬라이드 게이트를 열어 종자를 자유낙하시켜 1000 mL 컵에 가득 채우고 남은 종자는 제거한다. 컵 질량을 제외한 종자의 무게를 측정하여 산물밀도를 계산한다. 산물 밀도는 4수준의 함수율(10.03, 14.91, 20.07, 25.06%(w.b.))에 대하여 5회 반복 측정하였다.

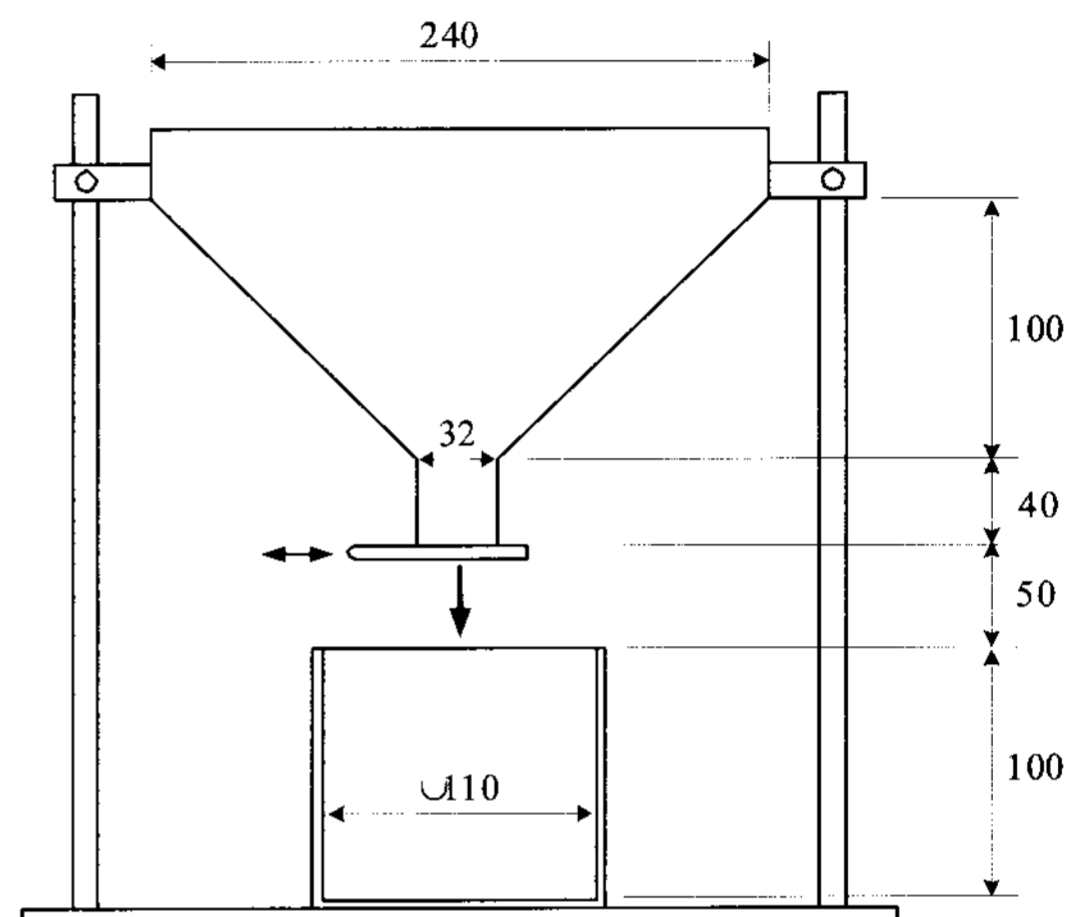


Fig. 1 Schematic diagram of equipment for determination of bulk density (unit: mm).

3. 결과 및 고찰

가. 기하학적 특성

유채 종자의 함수율이 증가할수록 평균직경, 단립의 체적과 표면적은 증가하는 것으로 나타났으며, 구형률은 함수율이 증가함에 따라 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 2~5).

1) 평균직경

함수율이 증가함에 따라 평균직경은 2.17~2.31 mm로 증가하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 Baryeh(2001)의 기장 실험과 Karababa(2006)의 옥수수 및 Mwithiga and Sifuna(2006)의 사탕수수 실험과 유사하게 나타났다. 유채 종자의 함수율과 평균직경의 관계는 식 (5)와 같은 2차 회귀방정식으로 나타났다.

$$D_b = 1.9761 + 0.0219M_c - 0.0004M_c^2 \text{ (R}^2 = 0.984\text{)} \quad (5)$$

여기서, D_b : 유채 종자의 평균직경(mm)

M_c : 유채 종자의 함수율(% w.b.)

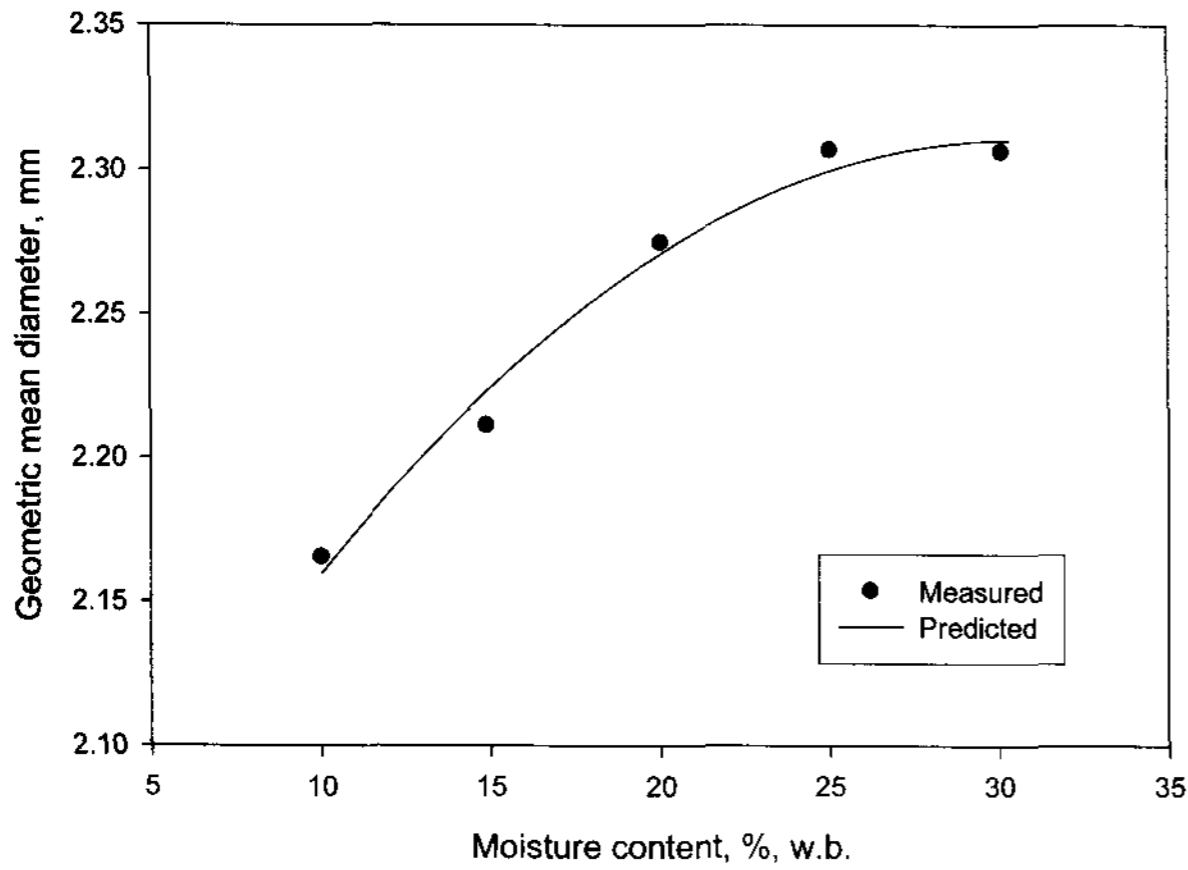


Fig. 2 Relationship between geometric mean diameter and moisture content.

2) 구형률

함수율이 증가함에 따라 구형률은 0.946~0.927로 감소하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 Baryeh(2001)의 땅콩 실험과 Dursuna 등(2007)의 사탕무 실험과 유사하게 나타났다. 유채 종자의 함수율과 구형률의 관계는 식 (6)과 같은 2차 회귀방정식으로 나타났다.

$$\Phi = 0.9613 - 0.0016M_c + 1.55 \times 10^{-5}M_c^2 \quad (R^2 = 0.972) \quad (6)$$

여기서, Φ : 유채 종자의 구형률(dec.)
 M_c : 유채 종자의 함수율(% w.b.)

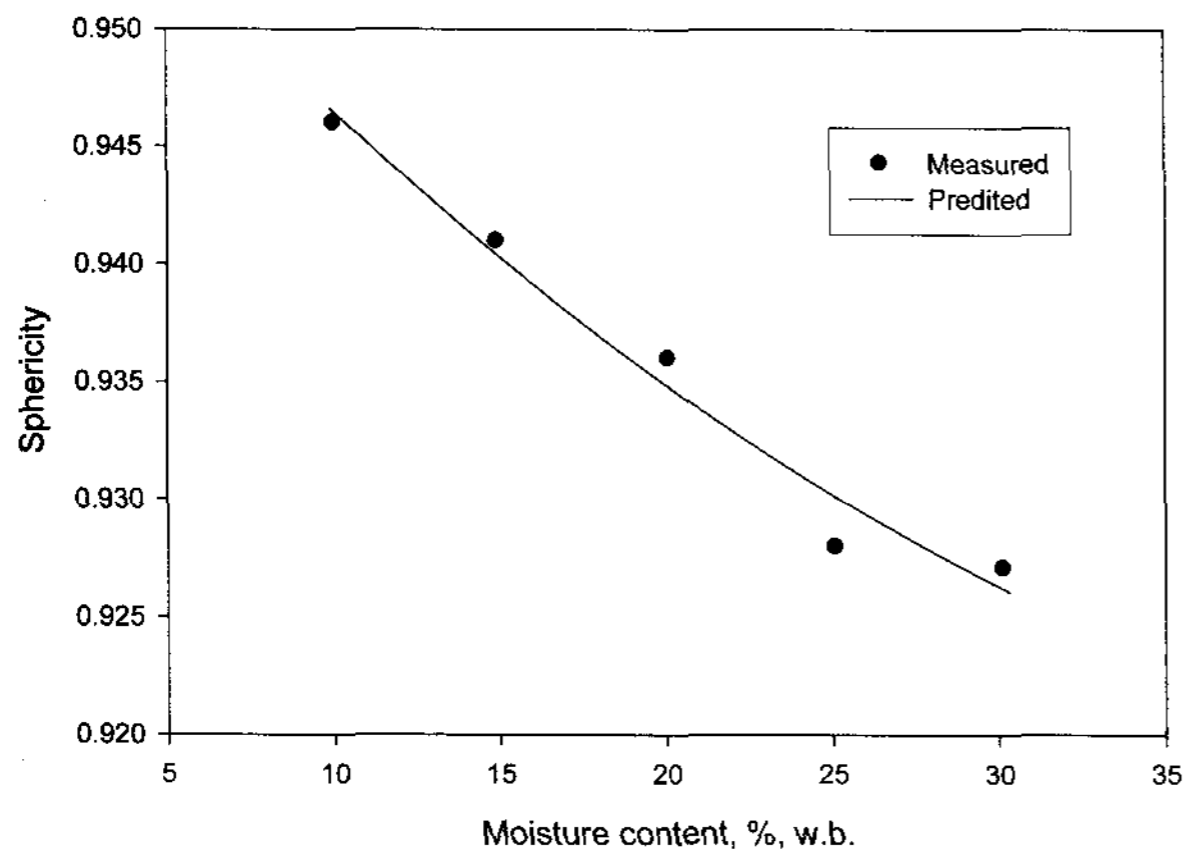


Fig. 3 Relationship between sphericity and moisture content.

3) 단립 체적

함수율이 증가함에 따라 유채 종자 단립의 체적은 5.58~6.88 mm³로 증가하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 Baryeh(2001)의 땅콩 및 기장 실험과 Karababa(2006)의 옥수수 실험과 유사하게 나타났다. 유채 종자의 함수율과 단립 체적의 관계는 식 (7)과 같은 2차 회귀방정식으로 나타났다.

수수 실험과 유사하게 나타났다. 유채 종자의 함수율과 단립 체적의 관계는 식 (7)과 같은 2차 회귀방정식으로 나타났다.

$$V = 3.9612 + 0.1859M_c - 0.0029M_c^2 \quad (R^2 = 0.984) \quad (7)$$

여기서, V : 유채 종자 단립의 체적(mm³)
 M_c : 유채 종자의 함수율(% w.b.)

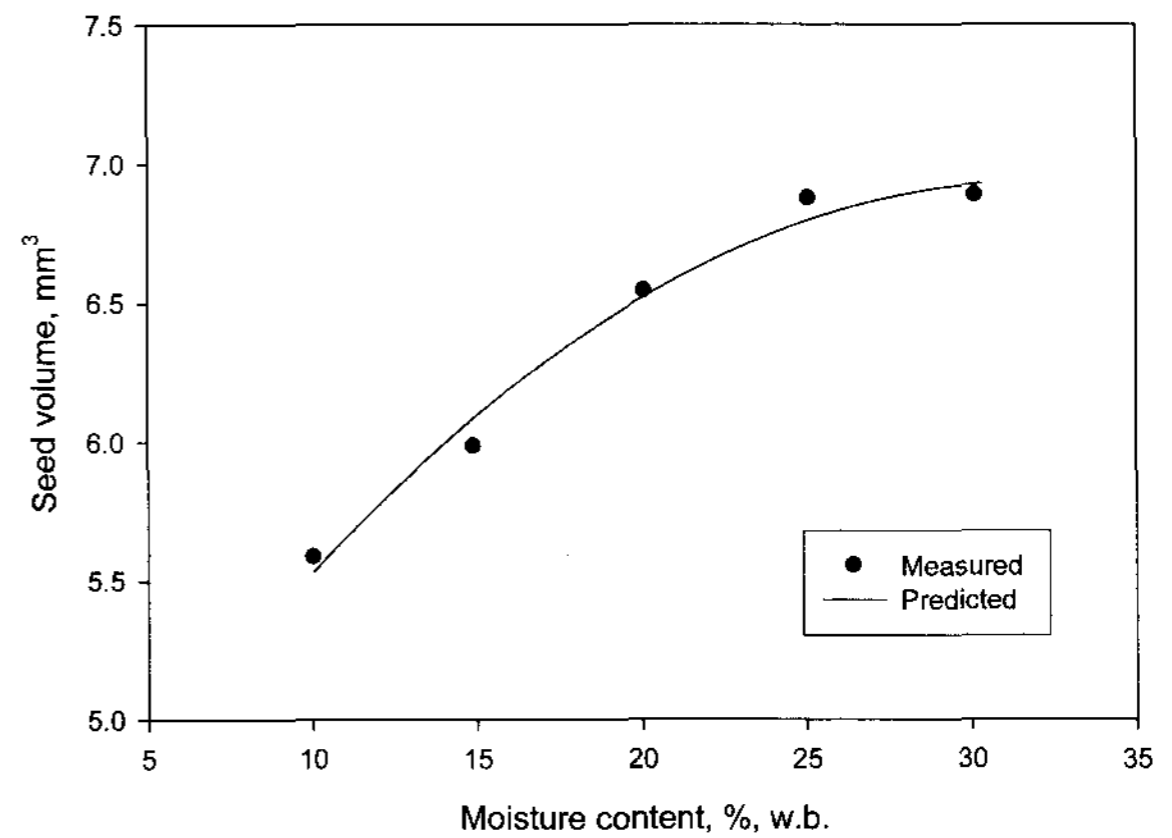


Fig. 4 Relationship between seed volume and moisture content.

4) 단립 표면적

함수율이 증가함에 따라 유채 종자 단립의 표면적은 14.76~16.77 mm²로 증가하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 Baryeh(2001)의 땅콩 및 기장 실험과 Karababa(2006)의 옥수수 및 Esref and Nazmi(2007)의 사료용 옥수수 실험과 유사하게 나타났다. 유채 종자의 함수율과 단립 표면적의 관계는 식 (8)과 같은 2차 회귀방정식으로 나타났다.

$$S = 12.1074 + 0.308M_c - 0.005M_c^2 \quad (R^2 = 0.986) \quad (8)$$

여기서, S : 유채 종자 단립의 표면적(mm²)
 M_c : 유채 종자의 함수율(% w.b.)

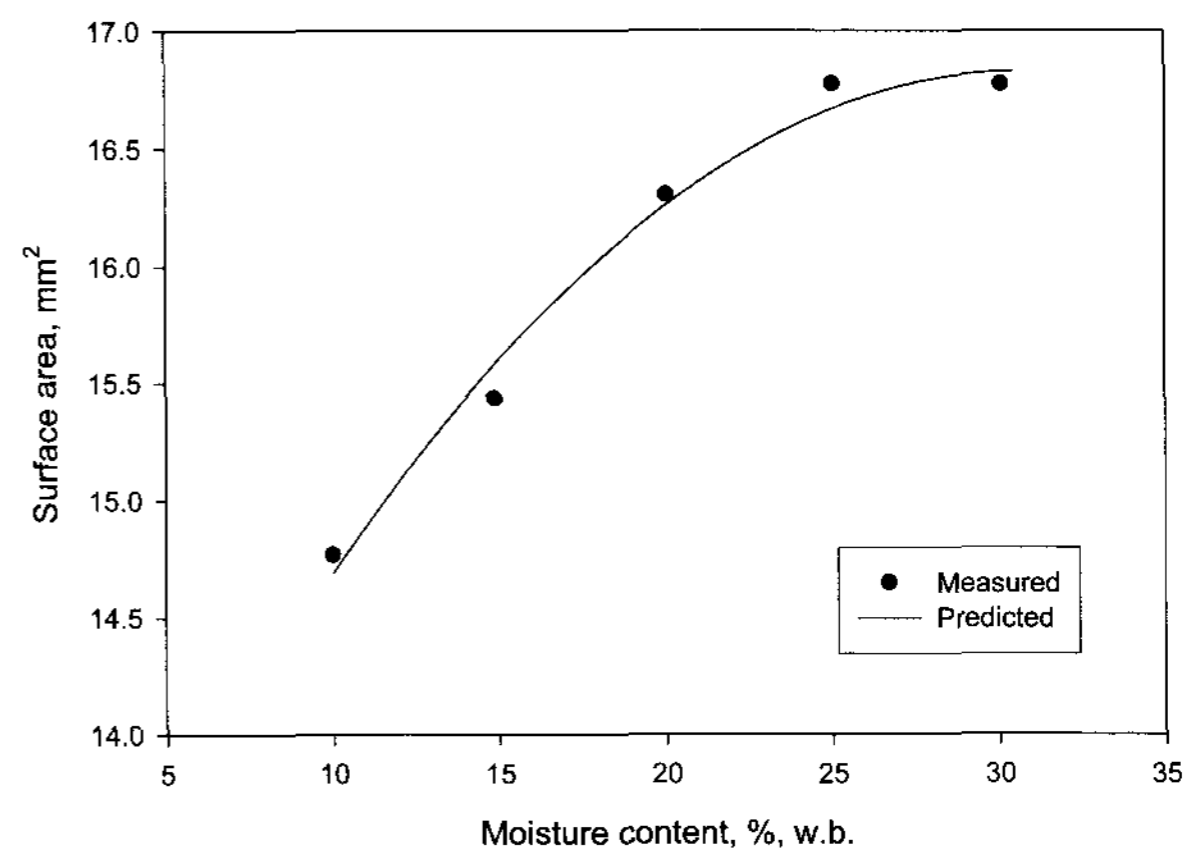


Fig. 5 Relationship between surface area and moisture content.

Table 1 Properties of rapeseed at different moisture contents

Properties	Moisture content (% w.b.)				
	10.03	14.91	20.07	25.06	30.12
Diameter (mm)	2.11±0.114	2.15±0.123	2.20±0.132	2.22±0.139	2.22±0.145
Length (mm)	2.29±0.098	2.35±0.114	2.43±0.117	2.48±0.127	2.49±0.133
1000 seeds mass (g)	5.04±0.080	5.29±0.098	5.71±0.072	6.04±0.087	6.46±0.063
Bulk density (kg/m ³)	579.3±2.06	573.0±1.31	560.1±1.93	549.2±1.65	-

나. 천립중

함수율이 증가함에 따라 유채 종자의 천립중은 5.04~6.46 g으로 증가하는 것으로 나타났다(Table 1). 이와 같은 결과는 Baryeh(2001)의 땅콩 및 기장 실험과 Karababa(2006)의 옥수수 및 Mwithiga and Sifuna(2006)의 사탕수수 실험, Coskuner and Karababa(2007)의 고수풀 종자(coriander seed) 실험, Dursuna 등(2007)의 사탕무 실험과 유사하게 나타났다. 유채 종자의 함수율과 천립중의 관계는 식 (9)와 같은 2차 회귀방정식으로 나타났다.

$$G_{1000} = 4.5287 + 0.0433M_c + 0.0007M_c^2 \quad (R^2 = 0.998) \quad (9)$$

여기서, G_{1000} : 유채 종자의 천립중(g)

M_c : 유채 종자의 함수율(% w.b.)

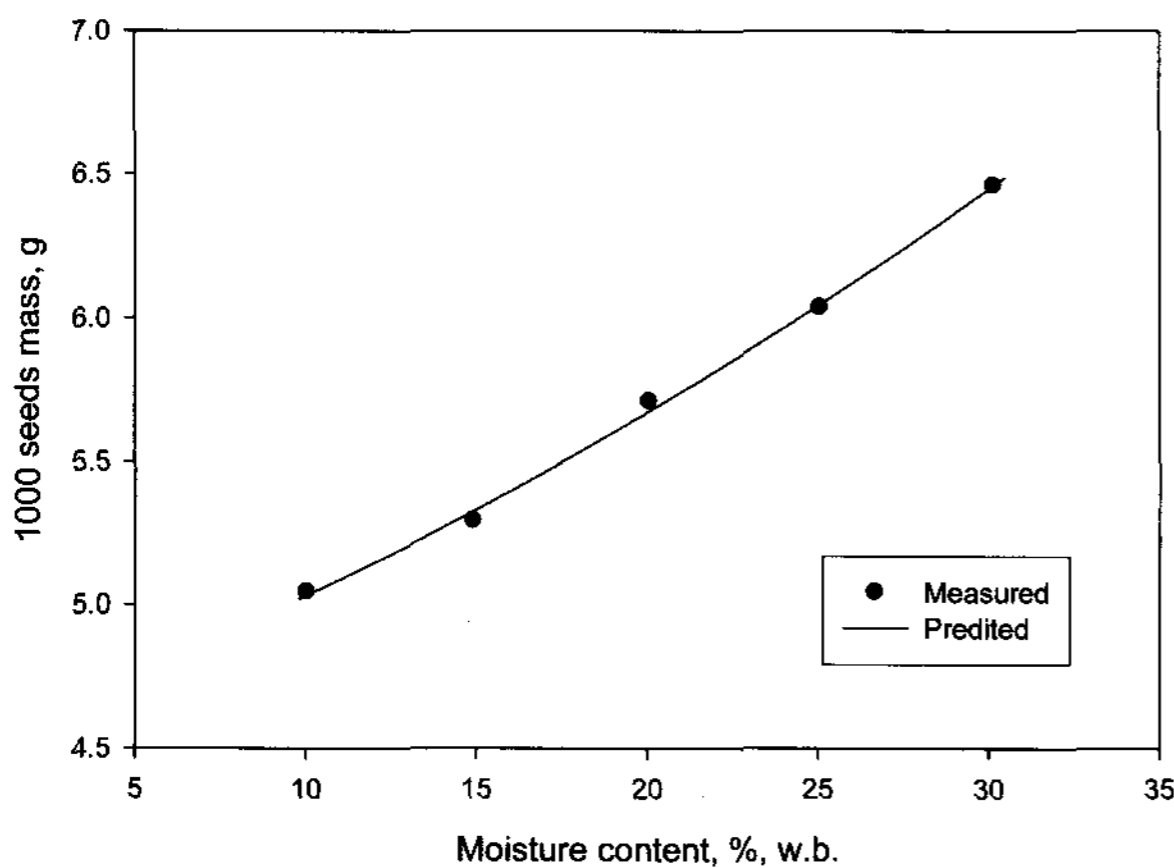


Fig. 6 Relationship mass of one thousand seeds and moisture content.

다. 산물밀도

함수율이 증가함에 따라 유채 종자의 산물밀도는 579.3~549.2 kg/m³으로 감소하는 것으로 나타났다(표 1). 이는 함수율이 증가함에 따라 유채의 질량증가에 비하여 유채의 부피 팽창이 더 큰 것 때문인 것으로 판단된다. 이와 유사한 결과는 타 품종의 유채(*Brassica napus oleifera* L.)를 대상으로 산물밀도를 측정하였던 실험에서도 나타났다(Sedat et al.,

2005). 또한, 유채 이외의 해바라기 씨, 기장, 사탕수수, 옥수수 등 타 종자의 산물밀도 측정에서도 유사한 결과가 나타났다 (Gupta and Das, 1997; Baryeh, 2001; Mwithiga and Sifuna, 2006; Karababa, 2006).

물리적 특성유채 종자의 함수율과 산물밀도의 관계는 식 (10)과 같은 2차 회귀방정식으로 나타났다.

$$\rho_{bulk} = 589.4601 - 0.5367M_c - 0.0432M_c^2 \quad (R^2 = 0.995) \quad (10)$$

여기서, ρ_{bulk} : 유채 종자의 산물밀도(kg/m³)

M_c : 유채 종자의 함수율(% w.b.)

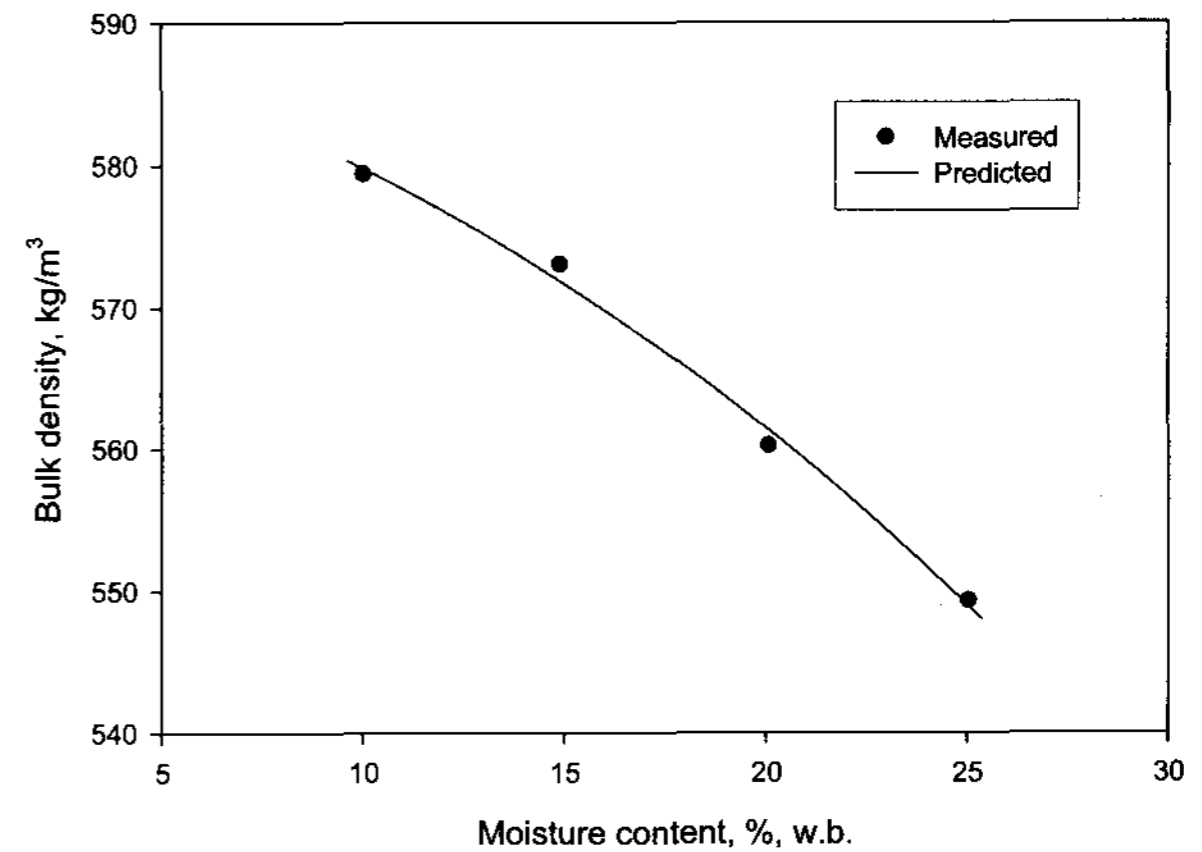


Fig. 7 Relationship between bulk density of rapeseed and moisture content.

4. 결론

본 연구는 국내에서 생산된 유채종자의 평균직경, 구형률, 단립의 체적과 표면적 등과 같은 기하학적 특성과 천립중, 산물밀도 등 중량적 특성 등 물리적 특성에 관련된 기초 자료를 제공하고자 연구를 수행하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 유채 종자의 평균직경, 단립의 체적과 표면적은 함수율이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었고, 구형률

- 은 감소하는 경향을 나타내었다.
- (2) 평균직경은 함수율이 증가함에 따라 2.17~2.31 mm로 증가하는 경향을 나타내었다.
 - (3) 구형율은 함수율이 증가함에 따라 0.946~0.927로 감소하는 경향을 나타내었다.
 - (4) 단립의 체적은 함수율이 증가함에 따라 5.58~6.88 mm³로 단립의 표면적은 14.76~16.77 mm²로 증가하는 경향을 나타내었다.
 - (5) 천립중은 함수율이 증가함에 따라 5.04~6.46 g으로 증가하는 경향을 나타내었다.
 - (6) 산물밀도는 함수율이 증가함에 따라 579.3~549.2 kg/m³으로 감소하는 경향을 나타내었다.

참 고 문 헌

1. ASAE standards. 2004. Thin-layer drying of agricultural crops. ANSI/ASAE S448.1:598-600.
2. ASAE standards. 2004. Moisture measurement - Unground grain and seeds. ASAE S352.2:582-583.
3. Baryeh, E. A. 2001. Physical properties of millet. Journal of Food Engineering 51:39-46.
4. Coskuner, Y. and E. Karababa. 2007. Physical properties of coriander seeds (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Food Engineering 80:408-416.
5. Dursuna, I., K. M. Tugrul and E. Dursuna. 2007. Some physical properties of sugarbeet seed. Journal of Stored Products Research 43:149-155.
6. Esref, I. and I. Nazmi. 2007. Moisture dependent physical and mechanical properties of dent corn (*Zea mays* var. indentata Sturt.) seeds (Ada-523). American Journal of Food Technology 2(5):342-353.
7. Gupta, R. K. and S. K. Das. 1997. Physical properties of sunflower seeds. Journal of Agricultural Engineering Research 66:1-8.
8. Jain R. K. and S. Bal. 1997. Properties of pearl millet. Journal of Agricultural Engineering Research 66:85-91.
9. Karababa, E. 2006. Physical properties of popcorn kernels. Journal of Food Engineering 72:100-107.
10. Mohsenin, N. N. 1970. Physical Properties of Plant and Animal Material. New York: Gordon and Breach Science Publishers.
11. Mwithiga, G. and M. M. Sifuna. 2006. Effect of moisture content on the physical properties of three varieties of sorghum seeds. Journal of Food Engineering 75:480-486.
12. Nelson, S. O. 2002. Dimensional and density data for seeds of cereal grain and other crops. Transactions of the ASAE 45(1):165-170.
13. Santalla, E. M. and R. H. Mascheroni. 2003. Physical properties of high oleic sunflower seeds. Food Science and Technology International 9(6):435-442.
14. Sedat, C., Tamer, M., Hüseyin, O. and Özden, Ö. 2005. Physical properties of rapeseed (*Brassica napus oleifera* L.). Journal of Food Engineering 69:61-66.