

## ВЛИЯНИЕ НА ВЛАГОСЪДЪРЖАНИЕТО НА ФАСУЛЕВИ ЗЪРНА СОРТ ЕЛИКСИР ВЪРХУ ТЕХНИ ФИЗИЧНИ И МЕХАНИЧНИ ПАРАМЕТРИ

Илия И. Илиев<sup>1</sup>, Радко Михайлов<sup>2</sup>

1 - Добруджански земеделски институт – гр. Ген. Тошево

2 - ТУ - Варна, Добруджански технологичен колеж, гр. Добрич

### Резюме

*Илиев И., Р. Михайлов, 2014. Влияние на влагосъдържанието на фасулеви зърна сорт Еликсир върху техни физични и механични параметри. FCS 9(2):327-337*

Физични и механични параметри на фасулеви зърна сорт Еликсир са измервани при изменение на влагосъдържанието им в границите 13,0%...26,1% на суха база (с.б.). Измерени са средни дължина, ширина и дебелина на зърната при влагосъдържание 13,0% (с.б.) както следва: 13.54, 7.45 и 5.97 mm. Масата на 1000 зърна се увеличава от 402,1 до 454,5 g, средната площ на проекцията на едно зърно се увеличава от 112,8 до 176,4 mm<sup>2</sup>, обемната плътност се увеличава от 1119,65 до 1247,45 kg.m<sup>-3</sup>, порьозността се увеличава от 36,7 до 52,4 % и критичната аеродинамична скорост се увеличава от 6,3 до 8,8 ms<sup>-1</sup>, при промяна на влагосъдържанието на бобовите зърна в границите от 13.0% до 26.1% (с.б.). С увеличаване на влагосъдържанието статичният коефициент на триене на фасулевите зърна сорт Еликсир в повърхности от пет различни материала линейно расте, както следва: каучук от 0.48 до 0.71, неръждаема стомана от 0.36 до 0.45, алуминий от 0.33 до 0.46, дървесни плоскости (MDF) от 0.31 до 0.42 и стъкло от 0.28 до 0.33. Твърдостта на обвивката на зърното намалява от 101.5 до 75.5 N с увеличаване на влагосъдържанието на фасулевите зърна от 13.0% до 26.1% (с. б.).

**Ключови думи:** Фасул – Влагосъдържание - Физични параметри - Механични параметри.

### Abstract

*Iliev I., R. Mihailov, 2014. Influence of the moisture content of dry bean cultivar Elixir grains on their physical and mechanical parameters. FCS 9(2):327-337*

Some engineering properties of cultivar Elixir dry bean grains were evaluated as a function of moisture content in the limits between 13.0% and 26.1% dry basis (d. b.). The average length, width and thickness of the grains at a moisture content of 13.0% d. b. were 13.54, 7.45 and 5.97 mm respectively. The 1000 grain mass increased from 402,1 to 454,5 g, the projected area of a grain increased from 112.8 to 176.4 mm<sup>2</sup>, the true density increased from 1119.65 to 1247.45 kg.m<sup>-3</sup>, the porosity increased from 36.7 to 52.4 %, and the terminal velocity increased from 6,3 to 8,8 ms<sup>-1</sup>, in the moisture range from 13.0% to 26.1% d. b. The static coefficient of friction of dry bean grains cultivar Elixir against surfaces of five materials increased linearly as the moisture content increased, as follows: rubber (0.48 to 0.71), stainless steel (0.36 to 0.45), aluminum (0.33 to 0.46), medium density fiberboard (MDF) (0.31 to 0.42) and glass (0.28 to 0.33). The shelling resistance

of the dry bean grains decreased from 101.5 to 75.5 N, as the moisture content increased from 13.0% to 26.1% (d. b.).

**Key words:** Dry bean - Moisture content - Physical properties - Mechanical properties.

## УВОД

Редица автори отчитат, че при манипулиране на фасулевите зърна при влажност под 15-16% травмирането им се увеличава значително (Hellevang, 2003; Ozturk et al., 2009; Ravicanth et al., 2012). По тази причина през последните години се налага тенденцията към отглеждане на сортове зрял фасул с изправен хруст и едновременно узряване на бобовете. При достигане на техническата им зрялост посевите биват комбайнирани директно, което също предполага манипулиране при повишено влагосъдържание, с цел намалено травмиране. Тези причини а и нуждата от изходна информация за параметрите на фасулевите зърна при повишено влагосъдържание при проектиране на инженерно оборудване са наложили провеждането на настоящото проучване.

Целта на изследването е да се проучи изменението на физични и механични параметри на зърна фасул сорт **Еликсир**, в зависимост от промяната на влагосъдържанието им.

Данните за физичните свойства на фасулевите зърна ще послужат за проектиране на съответните машини и оборудване за прибиране, транспортиране, сепариране, аериране, сортиране, складиране, пакетиране и др. манипулиране на продукцията. Данните ще се използват също и за оценка на качеството на съответната продукция.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Изследването е проведено със зърна фасул сорт **Еликсир**, произведени в Опитното поле на Добруджански земеделски институт, гр. Ген. Тошево, реколта 2013 г.

Сорт **Еликсир** е полуувивен, подходящ за двуфазно прибиране. Главното стъбло и неговите разклонения завършват с вегетативна пъпка. Растението поляга и има склонност към увиване. Бобовете са разположени в долната третина на растенията. Вегетационният период на сорта е  $85 \pm 4$  дни, с 6...9 дни по-ранозрял от сорт Добруджански 7. Теглото на 1000 зърна е 400-450 g. Семената са с отличен вкус и неосезаема семенна обвивка. Устойчив е на редица болести по фасула. Оптималната посевна норма е от 120 до 135 kg/ha (Милев, 2011).

Всички физични параметри на фасулевите зърна са измервани при шест нива на влагосъдържание, започващи от 13.0% и достигащи до 26.1% на суха база в десет повторения.

Влагосъдържанието на зърната е отчитано след смилане с цифров влагомер в процент на влажна база с точност 0.1%, след което е преизчислявано в процент на суха база. Влажността на пробите зърна на желаните шест нива е постигана посредством прибавяне на известно количество дестилирана вода, изчислено по формулата:

$$Q = \frac{W \cdot (M_f - M_i)}{(100 - M_f)}$$

където:

Q – необходимо количество дестилирана вода за достигане на желаното влагосъдържание на пробата;

$W_i$  – начално тегло на пробата, g;

$M_f$  – крайно влагосъдържание на пробата, % (с. б.);

$M_i$  – начално влагосъдържание на пробата, % (с. б.);

Пробите са поставяни в полиетиленов плик, наливано е изчисленото количество вода и пликовете здраво са запечатвани. В продължение на една седмица пробите са съхранявани при 6° С в хладилник за да може влагата да се разпредели в пробата равномерно. Преди започването на измерванията изискваното количество от пробата е изваждано от хладилника и оставяно да достигне стайна температура за около два часа.

За установяване на средните размери на зърното са измервани три линейни размера (дължина, ширина и дебелина) с цифров микрометър с точност до 0,01 mm. Средният диаметър на зърното е изчисляван от средния аритметичен и средния геометричен диаметър. Те от своя страна са изчислявани по формулите:

$$D_a = \frac{L + W + T}{3},$$

$$D_g = (LWT)^{1/3},$$

където:  $L$  – дължина на зърното, mm;  $W$  – ширина на зърното, mm;  $T$  – дебелина на зърното, mm.

Сферичността на зърното е изчислявана с използване на следната формула:

$$f = \frac{(LWT)^{1/3}}{L},$$

Масата на 1000 зърна е отчитана с електронна везна с точност 0,001 g. Площта на повърхността на зърното е изчислявана на база на площта на сфера със същия среден геометричен диаметър, съгласно израза:

$$A = \rho D_g^2,$$

Площта на проекцията на бобените зърна е установявана от снимки на бобови зърна с цифров фотоапарат, сканиране и сравняване на търсената площ с референтна площ с помощта на специално разработена експериментална компютърна програма МЕНЮ. Обемното тегло е отчитано с използване на стандартна процедура на запълване на определен обем със зърно от височина 150 mm с постоянен дебит и претегляне (Gupta and Das, 1997).

Обемната плътност е измервана с помощта на толуол  $C_7H_8$ . Претеглено количество бобови зърна се потапя в мерен цилиндър, запълнен с определен обем толуол. Отчита се увеличаването на обема в мерния цилиндър. Обемната плътност е отношението на масата на зърната към увеличението на обема в цилиндъра (Sundaram et al., 2014). Порьозността е изчислявана по израза:

$$P_f = \left( 1 - \frac{r_b}{r_t} \right) 100, \%$$

Където  $P_f$  – порьозност;  $\rho_b$  – обемно тегло;  $\rho_t$  – обемна плътност;

Критичната аеродинамична скорост на фасулевите зърна при различно съдържание на влага е измервана в прозрачен стъклен въздушен цилиндър, в който зърната са подложени на въздействието на вертикален въздушен поток отдолу-нагоре. Скоростта на потока, която задържа семената в равновесно положение, без да паднат или да бъдат отнесени, е записвана с цифров анемометър с точност  $0,1 \text{ m s}^{-1}$ .

Твърдостта на обвивката е установявана чрез прилагане на сили по единия размер на фасулевите зърна (ширината) върху острие на пенетрометър.

Статичният коефициент на триене е установяван в пет различни материала, а именно каучук, алуминий, неръждаема стомана, стъкло и МДФ е установяван посредством поливинилхлоридна цилиндрична тръба  $\varnothing 50 \text{ mm}$  висока  $50 \text{ mm}$ , поставена върху плоча с регулируем наклон. Върху плочата под тръбата, запълнена с пробата фасул, е поставена пластина от материала, с който се цели да се определи статичния коефициент на триене. Плочата се наклонява посредством винт до тогава, докато цилиндричната тръба със зърното в нея започне да се свлича по наклонената повърхност. Ъгълът на наклона се отчита по скала и статичният коефициент на триене в съответната повърхност се изчислява по формулата:

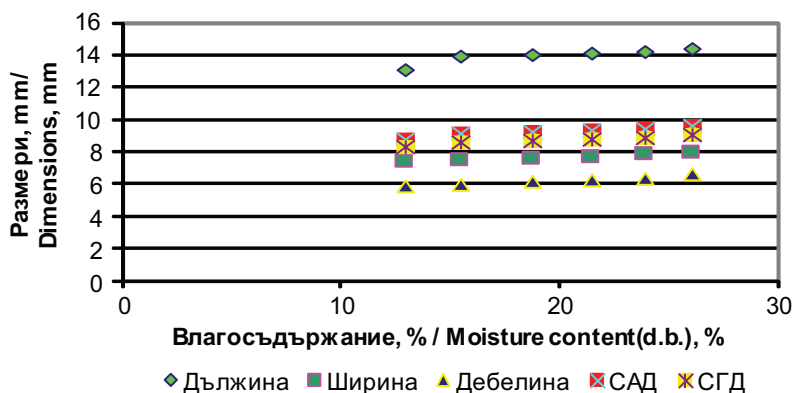
$$f = \tan \alpha$$

Сто зърна са подбирани на случаен принцип и физични и механични параметри са отчитани при шест нива на влагосъдържание (от 13,0 до 26,1% с.б.) в десет повторения на всяко ниво. Получените резултати са обработвани с SPSS 13.0.

## РЕЗУЛТАТИ

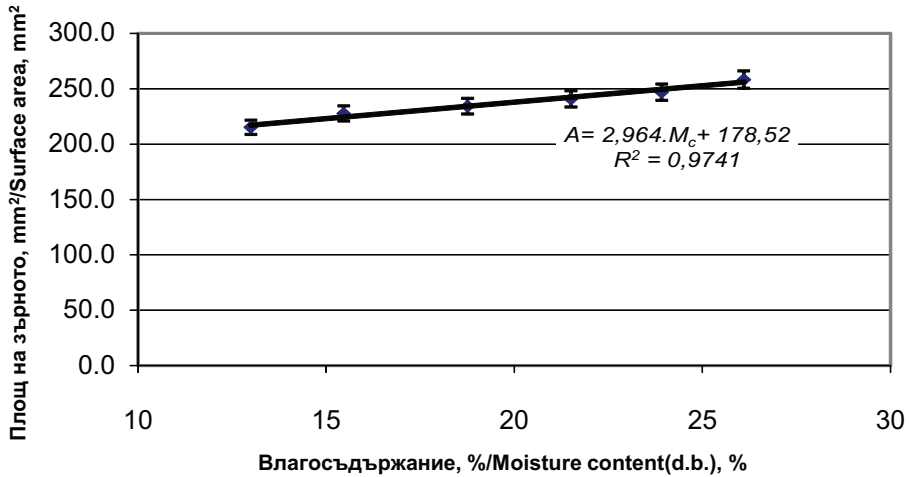
### 1. Размери на фасулеви зърна сорт Еликсир

Средните стойности на размерите на фасулевите зърна сорт Еликсир при изменение на влагосъдържанието от 13,0% до 26,1% (с.б.) са представени на фиг. 1. Вижда се, че с увеличаване на влагосъдържанието средните размери се увеличават както следва: Дължината от 13,06 mm до 14,33 mm – увеличение с почти 9%; Ширината от 7,37 mm до 7,93 mm – увеличение със 7%; Дебелината от 5,89 до 6,56 mm – увеличение с над 10%; Средноаритметичният диаметър – от 8,77 до 9,61 mm – почти 10%; Средногеометричният диаметър – от 8,28 до 9,07mm – около 10% увеличение.



Фиг. 1. Ефект на влагосъдържанието върху размерите на фасулеви зърна сорт Еликсир.

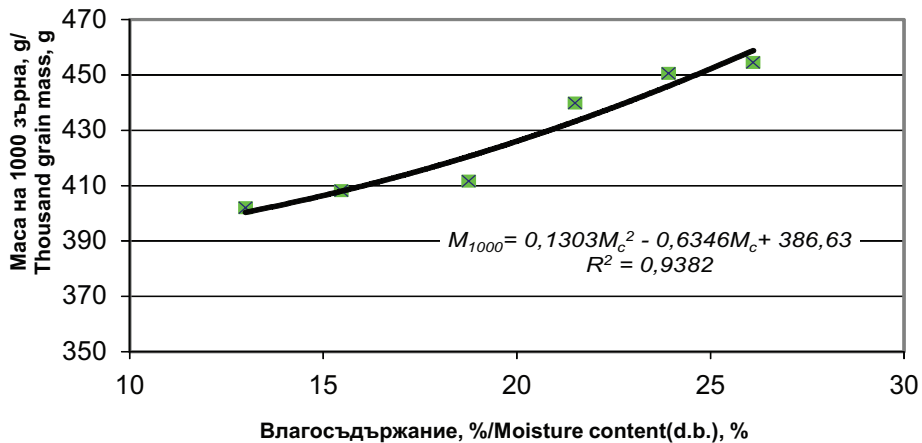
Fig. 1. Effect of moisture content on dimensions of dry bean cv. Elixir grains.

2. Площ на повърхността на фасулеви зърна сорт **Еликсир**

Фиг. 2. Ефект на влагосъдържанието върху площта на повърхността на фасулеви зърна сорт **Еликсир**

Fig. 2. Effect of moisture content on surface area of dry bean cv. **Elixir** grains

Изменението на средната площ на фасулевото зърно с увеличаване на влагосъдържанието от 13,0% до 26,1% с.б. е представено на фиг. 2. Средната площ на зърната се увеличава по представената линейна зависимост в границите от 215,2 до 258,3 mm<sup>2</sup>, средно с 3,29 mm<sup>2</sup> на 1% влага. Увеличаването на влагосъдържанието от 13,0 до 26,1% води до увеличаване на изчислената средна повърхност на зърната с 21,7%.

3. Тегло на 1000 фасулеви зърна сорт **Еликсир**

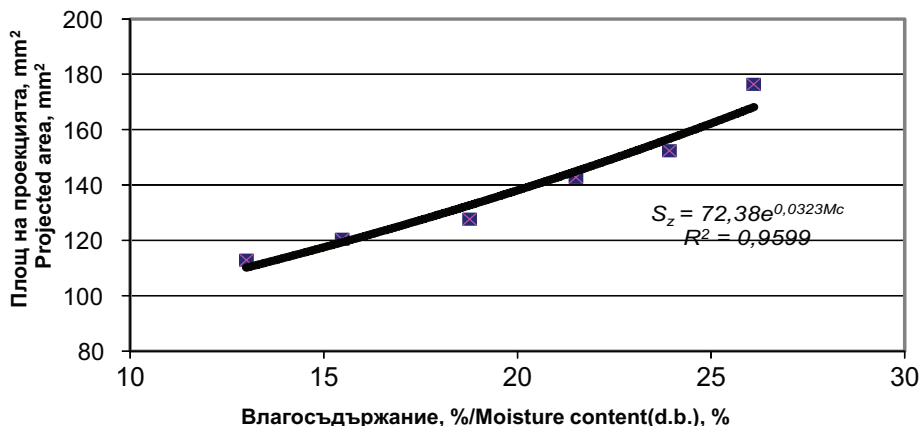
Фиг. 3. Ефект на влагосъдържанието върху теглото на 1000 фасулеви зърна сорт **Еликсир**

Fig. 3. Effect of moisture content on thousand-grain mass of dry bean cv. **Elixir** grains

Изменението на теглото на 1000 фасулеви зърна сорт Еликсир с увеличаване на влагосъдържанието от 13,0% до 26,1% с.б. е представено на фиг. 3. С увеличаване на влагосъдържанието в посочените граници теглото на 1000 зърна се увеличава

от 402,1 g до 454,5 g, или с 13% ( $P < 0.05$ ). Увеличаването става по полиномиална зависимост, посочена на фигурата. Други автори отчитат линейна зависимост на увеличаване на теглото на 1000 зърна с увеличаване на влагосъдържанието (Agkhanli et al., 2012; Isik and Unal, 2011; Sharanagat and Goswami, 2014; Zewdu and Solomon, 2007).

#### 4. Площ на проекцията на фасулеви зърна сорт Еликсир

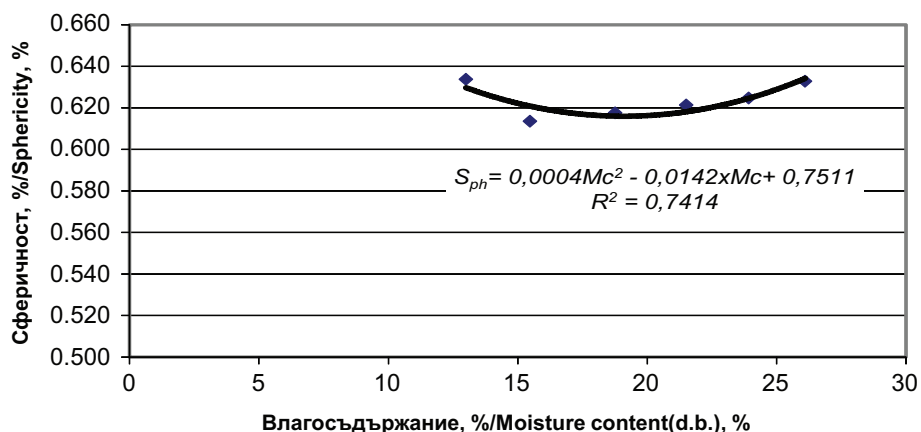


Фиг. 4. Ефект на влагосъдържанието върху площта на проекцията на фасулеви зърна сорт Еликсир

Fig. 4. Effect of moisture content on projected area of dry bean cv. Elixir grains.

На фиг. 4 се вижда, че средната площ на проекцията на фасулевите зърна се увеличава от 112,8 до 176,4 mm<sup>2</sup> по експоненциална зависимост ( $P < 0.05$ ). Това е едно увеличение с около 4,85 mm<sup>2</sup> на 1% увеличение на влагосъдържанието. Подобни резултати са докладвани от други автори за различни култури. (Isik, 2008).

#### 5. Сферичност на фасулеви зърна сорт Еликсир

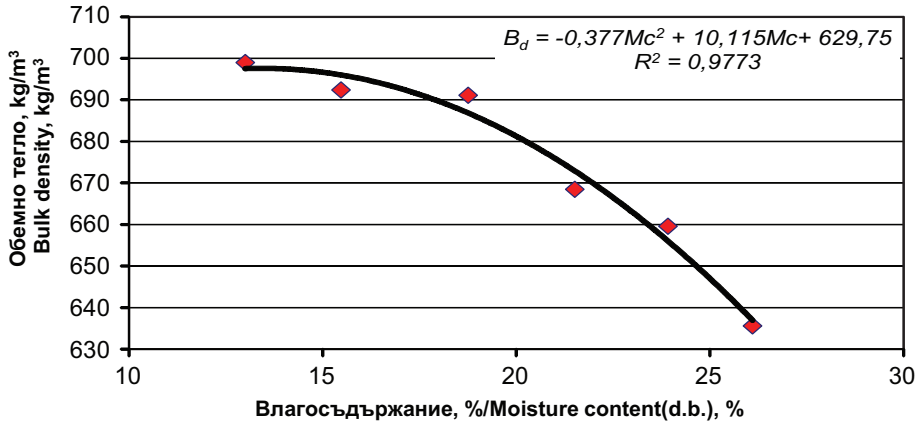


Фиг. 5. Ефект на влагосъдържанието върху сферичността на фасулеви зърна сорт Еликсир, %

Fig. 5. Effect of moisture content on sphericity of dry bean cv. Elixir grains.

Сферичността на фасулевите зърна се променя по полиномиална зависимост, като първо намалява и после започва бавно да се увеличава в границите от 61,3 до 63,4% ( $P < 0.05$ ). Повечето други автори отчитат линейни зависимости за промяна на сферичността с увеличаване на влагосъдържанието на семената (Agkhanli et al., 2012; Isik and Unal, 2011).

#### 6. Обемно тегло на фасулеви зърна сорт Еликсир

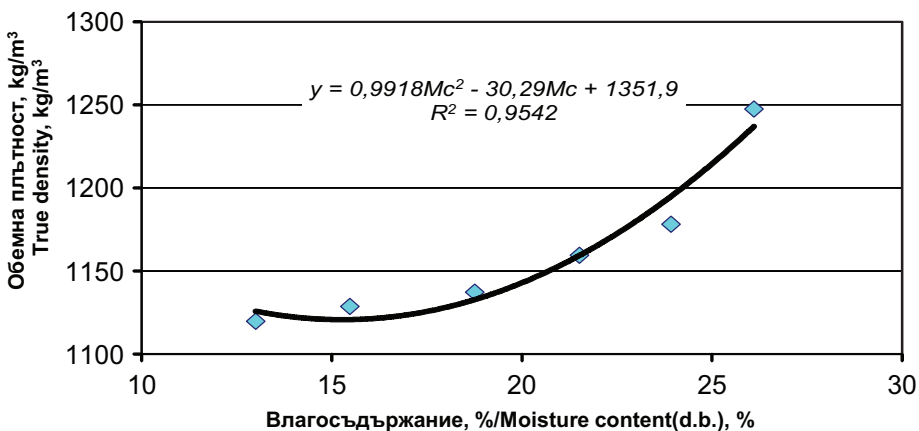


Фиг. 6. Ефект на влагосъдържанието върху обемното тегло на фасулеви зърна сорт Еликсир

Fig. 6. Effect of moisture content on bulk density of dry bean cv. Elixir grains.

На фиг. 6 се вижда изменението на обемното тегло на бобови зърна сорт Еликсир в границите от 699 до 635,6 kg/m³, с увеличаване на влагосъдържанието от 13,0 до 26,1% (с.б.) ( $P < 0.05$ ). За диапазона на изменение на влагосъдържанието обемното тегло намалява общо с 9% или с 4,84 kg/m³ на 1% увеличение на влагосъдържанието.

#### 7. Обемна плътност на фасулеви зърна сорт Еликсир

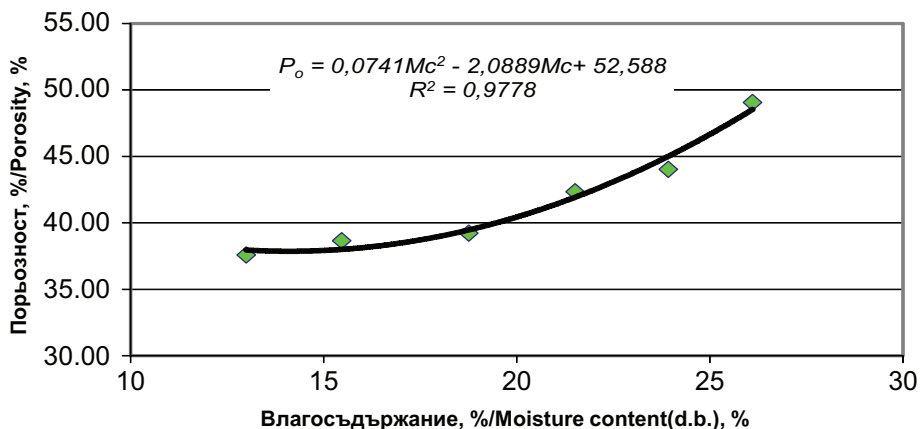


Фиг. 7. Ефект на влагосъдържанието върху обемната плътност на фасулеви зърна сорт Еликсир

Fig. 7. Effect of moisture content on true density of dry bean cv. Elixir grains.

Обемната плътност на фасулеви зърна сорт Еликсир се увеличава по полиномиална зависимост от 1119,65 до 1247,45 kg/m<sup>3</sup> (P<0.05). Това са 9,76 kg/m<sup>3</sup> на 1% увеличение на влагосъдържанието или общо увеличение с 11,4%.

#### 8. Порьозност на фасулеви зърна сорт Еликсир

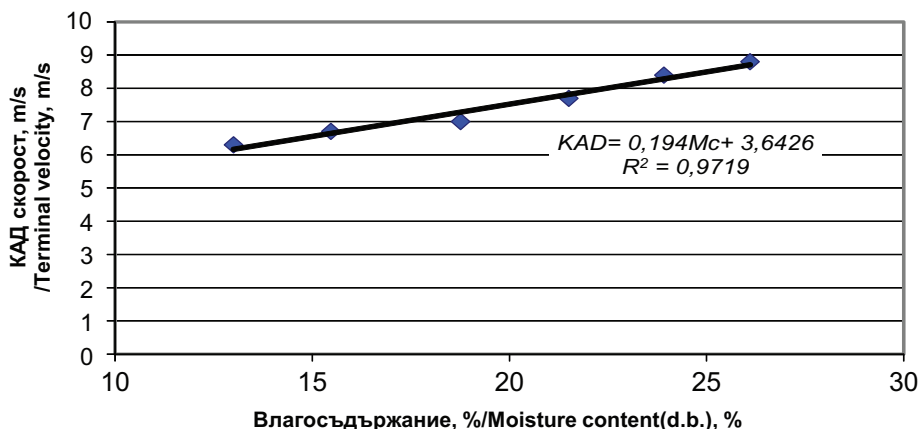


Фиг. 8. Ефект на влагосъдържанието върху порьозността на фасулеви зърна сорт Еликсир.

Fig. 8. Effect of moisture content on porosity of dry bean cv. Elixir grains.

Порьозността на фасулевите зърна сорт Еликсир се увеличава по полиномиална зависимост от 37,57 до 49,05% с увеличаване на влагосъдържанието от 13,0 до 26,1% (P<0.05). Това е общо увеличение с 30,6% или 2,33% увеличение на порьозността на 1% увеличение на влагосъдържанието. Подобни резултати са отчитани от други автори за други култури (Ozturk et al., 2009; Zewdu and Solomon, 2007).

#### 9. Критична аеродинамична скорост на фасулеви зърна сорт Еликсир



Фиг. 9. Ефект на влагосъдържанието върху критичната аеродинамична скорост на фасулеви зърна сорт Еликсир

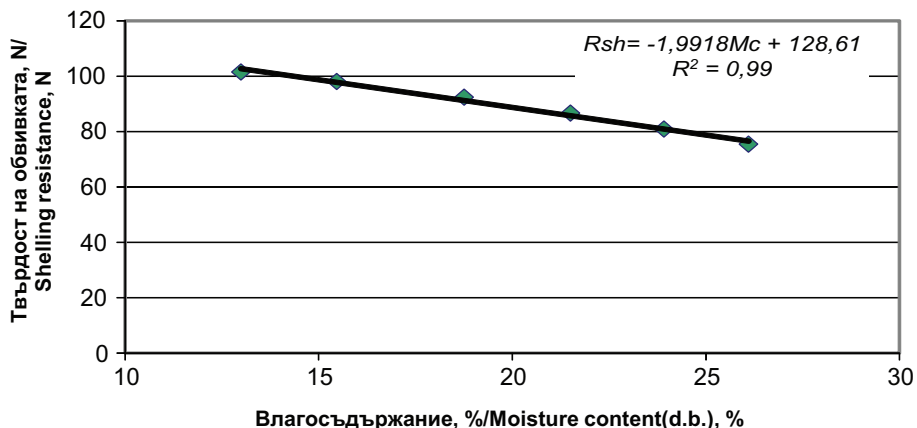
Fig. 9. Effect of moisture content on terminal velocity of dry bean cv. Elixir grains.

На фиг. 9 се вижда линейното увеличение на критичната аеродинамична скорост в границите от 6,3 до 8,8 m/s с увеличаване на влагосъдържанието от 13,0 до 26,1



с.б. ( $P < 0.05$ ). Увеличаването на влагосъдържанието в посочените граници води до увеличаване на критичната аеродинамична скорост с 2,5 m/s или с 0,19 m/s на 1% увеличение на влагосъдържанието. Линейната зависимост е представена на фигурата. Подобни резултати са отчетени за други бобови култури (Aghkhani et al., 2012; Isik and Unal, 2011; Ozturk et al., 2009).

#### 10. Твърдост на обвивката на фасулеви зърна сорт **Еликсир**



**Фиг. 10.** Ефект на влагосъдържанието върху твърдостта на обвивката на фасулеви зърна сорт **Еликсир**

**Fig. 10.** Effect of moisture content on shelling resistance of dry bean cv. **Elixir** grains.

С увеличаване на влагосъдържанието от 13,0 до 26,1% (с.б.) намалява твърдостта на обвивката на зърното по линейна зависимост от 101,5 N до 75,5 N ( $P < 0.05$ ). Намаляването на твърдостта на обвивката предполага увеличаване на еластичността и намалено травмиране на зърната при манипулиране. Други автори предполагат, че намалената твърдост на обвивката ще доведе до увеличено травмиране на зърната при високо влагосъдържание (Sharanagath and Goswami, 2014). Отчетеното намаление на твърдостта на обвивката е с почти 2 N на 1% увеличено влагосъдържание.

#### 11. Статичен коефициент на триене на фасулеви зърна сорт **Еликсир**

Статичният коефициент на триене в пет различни повърхности с увеличаване на влагосъдържанието от 13,0 до 26,1% се увеличава по линейна зависимост както следва:

Каучук – от 0,48 до 0,71 средно с 3,7% на 1% увеличение на влагосъдържанието; Неръждаема стомана – от 0,36 до 0,45; Алуминий – от 0,33 до 0,46; МДФ – от 0,31 до 0,42; Стъкло – от 0,28 до 0,33.

Уравнението на зависимостта е от вида:

$$K_{cm} = A_1 \cdot x + A_2, R^2 = \dots\dots\dots$$

Коефициентите за отделните повърхности и коефициентът на детерминация са представени в табл. 1.

**Таблица 1.** Регресионни коефициенти за статичния коефициент на триене на фасулеви зърна сорт **Еликсир** в различни повърхности

**Table 1.** Regression coefficients for static coefficient of friction of dry bean cv. **Elixir** grains on different surfaces.

Повърхности/Surfaces	Регресионни коефициенти /Regression coefficients		
	$A_1(x)$	$A_2$	$R^2$
Каучук/Rubber	0.0173	0.2486	0.9913
Неръждаема стомана/ Stainless steel	0.0070	0.2731	0.9803
Алуминий/Aluminum	0.0101	0.1945	0.9959
МДФ/MDF	0.0078	0.2053	0.9591
Съкло/Glass	0.0038	0.2335	0.9527

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Измерени са средни дължина, ширина и дебелина на зърната при влагосъдържание 13,0% (с.б.) както следва: 13.54, 7.45 и 5.97 mm. Масата на 1000 зърна се увеличава от 402,1 до 454,5 g, средната площ на проекцията на едно зърно се увеличава от 112.8 до 176.4 mm<sup>2</sup>, обемната плътност се увеличава от 1119.65 до 1247.45 kg.m<sup>-3</sup>, порьозността се увеличава от 36.7 до 52.4 % и критичната аеродинамична скорост се увеличава от 6,3 до 8,8 ms<sup>-1</sup>, при промяна на влагосъдържанието на бобовите зърна в границите от 13.0% до 26.1% (с.б). С увеличаване на влагосъдържанието статичният коефициент на триене на фасулевите зърна сорт Еликсир в повърхности от пет различни материала линейно расте както следва: каучук от 0.48 до 0.71, неръждаема стомана от 0.36 до 0.45, алуминий от 0.33 до 0.46, дървесни плоскости (MDF) от 0.31 до 0.42 и съкло от 0.28 до 0.33. Твърдостта на обвивката на зърното намалява от 101.5 до 75.5 N с увеличаване на влагосъдържанието на бобените зърна от 13.0% до 26.1% на суха база.

## ЛИТЕРАТУРА

- Милев Г., 2011.** Влияние на посевната норма и азотното торене върху добива от фасул сорт Еликсир. Растениевъдни науки, т. XLVII, 4, 355-360.
- Aghkhani M. N., S. H. Miraei Ashtiani, J. B. Motie and M. H. Abbaspour-Fard, 2012.** Physical properties of Christmas limba bean at different moisture content. Int. Agrophys. 26, 341-346.
- Gupta R. K. and S. K. Das, 1997.** Physical properties of sunflower seeds. J. of Agric. Eng. Res. 66(1), 1-8.
- Hellevang K., 2003.** Breakage susceptibility of Pinto and Navy beans related to moisture content, temperature and impact force; and natural air drying Pinto beans. ASAE Annual International Meeting, Paper Number 036005.
- Isik E., 2008.** Effect of moisture content on some physical and mechanical properties of Sira bean grains. Transactions of the ASABE, Vol. 51(2), 573-579.
- Isik E. and H. Unal, 2011.** Some engineering properties of white kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). African Journal of Biotechnology, Vol. 10(82), pp. 19126-19136.
- Ravikanth L., D. S. Jayas, K. Alagusundaram and V. Chelladurai, 2012.** Measurement of Thermal Properties of Mung Bean (*VIGNA RADIATA*). Transactions of the ASABE, Vol. 55(6), 2245-2250.
- Sharanagat V. S. and T. K. Goswami, 2014.** Effect of moisture content on physio-mechanical properties of coriander seeds (*Coriandrum sativum*). Agric Eng Int: CIGR Journal, Vol. 16, No.3, 166-172.
- Sundaram P. K., A. K. Singh and S. Kumar, 2014.** Studies on some engineering properties of Faba bean seeds. Journal of AgriSearch 1(1), 4-8.

**Ozturk I., M. Kara, E. Elcoca and S. Ercisli, 2009.** Physico-chemical grain properties of new common bean cv. "Elkoca-05". *Scientific Research and Essey*, Vol. 4 (2), 088-093. ISSN 1992-2248 © Academic Journals.

**Zewdu A. D. and W. K. Solomon, 2007.** Moisture-dependant physical properties of Tef seed. *Biosystems Engineering*, 96(1), 57-63.