

Влияние на влажността върху някои физични характеристики на брашно от кестени (*Castanea sativa*)

Николай Димитров, Валентина Чонова, Мария Георгиева, Атанас Ташев,
Йорданка Топузова, Росен Чочков

Influence of the moisture on some physical properties of chestnut's flour (*Castanea sativa*):
Physical properties often required for designing the equipments for agriculture, food and feed industries. Bulk density, angle of repose, angle of free flow, angle of friction of chestnut flour were determined and compared for moisture content at 8.65, 15.61 and 20,14% w.b. The bulk density (w.b.) increased from 617.6 to 727.2 kg/m³ and the static angle of repose increased from 41° to 56° with an increasing the moisture content. The initial angle of free flow over wooden surface is 31.93° (SD=3.39) and doesn't depend of moisture. The initial angle of free flow over galvanized and rusty surface depends on moisture. The end angle of free flow increased for galvanized surface and decrease for wooden and rusty surface with an increasing in the moisture content. There is no difference of static angles of friction over wooden and rusty surface at different moisture. The mean value is 40.97° (SD=3.76) for wooden surface and 42.63° (SD=5.61) for rusty surface. The static angle of friction increased from 22.9° to 26.6° as the moisture content increased for galvanized iron.

Key words: chestnut flour, bulk density, angle of repose, angle of free flow, angle of friction

ВЪВЕДЕНИЕ

Кестеновото брашно не съдържа глутен, поради което е алтернативна суровина за производство на безглутенови хляб, хлебни и сладкарски изделия, необходими за храненето на болните, страдащи от цьолиакия (глутенова ентеропатия). Много псевдозърнени култури, плодове и зеленчуци се влагат в хранителните продукти, както в естественото им състояние, така и под формата на брашно. Според Demirkesen [2] и колектив, добавено в рецептурите на безглутенов хляб, то може да придаде хранителни и здравословни ползи като увеличаване количеството на витамин В, на желязото, фолиевата киселина и диетичните фибри в състава му, а също и да се подобрят вкусът и хранителното качество на безглутеновите изделия. Физичните свойства на брашната определят начините за съхранението, транспортирането, смесването и пакетирането им [1]. Триенето и силите на сцепление между частиците определят формирането на конуси при запълване и изпразване на вместимости и могат да доведат до сегрегация. За да се установи стабилен и надежден поток е необходимо точно да се определи поведението на насипните суровини при изтичане [5].

Целта на представената работа е определяне на физичните характеристики – обемна маса, ъгъл на естествен наклон, ъгъл на изтичане по наклонена повърхност и ъгъл на статично триене (коэффициент на статично триене) на брашно от кестени.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Обект на изследването е брашно от сладък кестен (*Castanea sativa*) отгледан в Р. България. Целите кестени са нарязани на полусферични сегменти със средна дебелина 10 mm и среден диаметър 20 mm. Сегментите са изсушени в сушилен шкаф с естествена циркулация на въздуха. Сушенето е извършено в насипен слой с дебелина 60 mm при натоварване на рафтовете 35 kg/m². Поддържана е температура на въздуха 42 °С и относителна влажност 11%. Режимът на сушене е определен на базата на опитни резултати за цвета на кестени, сушени при различни температури.

След сушене кестеновите резанки са обелени и смлени до брашно. Гранулометричният състав на брашното е определен след пресяване като 100% от частиците преминават през сито с отвори 280 µm, а 75% - през сито с отвори 250 µm.

Физичните характеристики са определени за влажности 8,65% (SD=0,402; n=3), 15,61% (SD=0,7883; n=3) и 20,14% (SD=0,8369; n=3). Тези стойности са получени като предварително е определена изходната влажност на брашното и е добавено необходимото количество вода. След навлажняване и хомогенизиране пробите отлежават 72 часа, като периодично се разбъркват за равномерно разпределяне на влажността. Влажността е определена чрез сушене на проби от 5 g при температура 130-133 °C за 2 часа (ISO 712:1997) [3].

Обемната маса е измерена чрез запълване на метален цилиндър и отсичане на 1dm³ от продукта. Цилиндърът се запълва чрез свободно изтичане от постоянна височина. Полученият обем се претегля с точност 0,1 g и се изразява в kg/m³.

Ъгълът на естествен наклон (ϕ) е определен чрез запълване на 1/3 от обема на стъклена вана и завъртане на ваната на 90°, така че продуктът да образува ъгъл на естествен наклон. Стъклената вана е с вътрешни размери - дължина 200 mm, ширина 100 mm и височина 200 mm и се затваря с капак.

Ъгълът на изтичане и ъгълът на статично триене (μ_s , °) са определени за гладка дървена повърхност, окислена (оксидирана) метална повърхност и галванизирани метална повърхност.

Ъгълът на изтичане е измерен, като в единия край на наклонящ се улей, покрит със съответния материал се поставя свободно 50 g продукт. Повърхността постепенно се наклоня, докато първите частици преминават цялата повърхност. Този наклон представлява началния ъгъл на изтичане. Наклонянето продължава до момента на изтичане и на последните частици от пробата, при което се определя крайният ъгъл на изтичане. Улеят е с дължина 500 mm и ширина 60 mm.

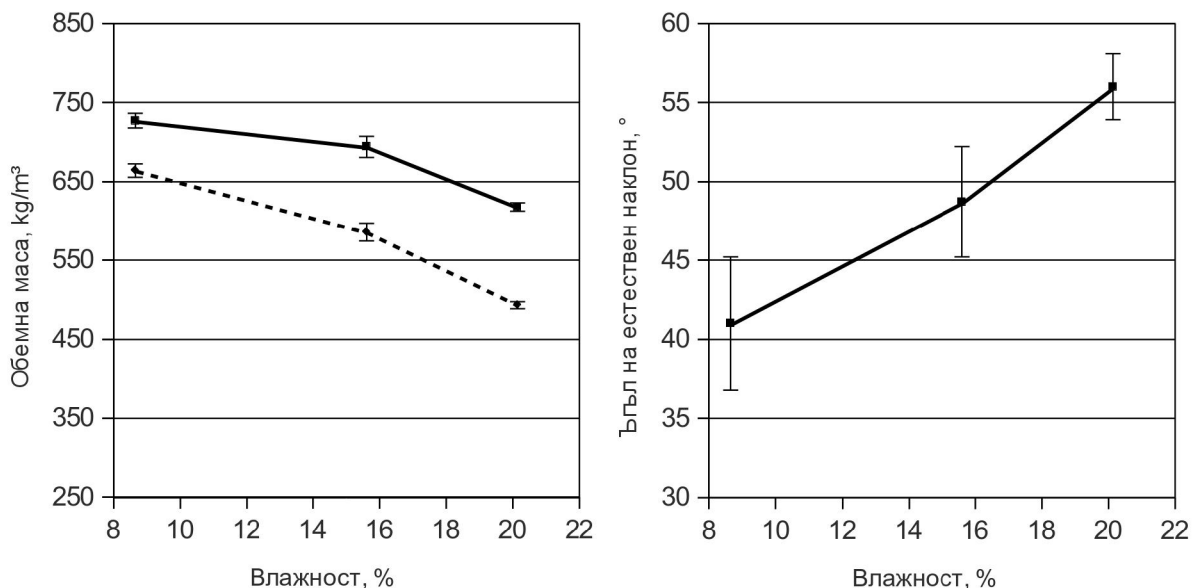
За измерване на ъгъла на статично триене (μ_s , °) е използван кух пластмасов цилиндър с диаметър 45 mm, височина 20 mm и дебелина на стената 0,1 mm. Цилиндърът се запълва с продукт и се поставя върху наклоняща се повърхност от съответния материал. Цилиндърът леко се повдига, така че стените му да не докосват повърхността. Повърхността бавно се наклоня, докато запълнения цилиндър се плъзне надолу. Ъгълът, при който продуктът започне своето движение представлява ъгъла на статично триене [6]. Коефициентът на статично триене се изчислява като тангенс от ъгъла на триене.

Резултатите са статистически обработени с програмата Statgraphics 5.0. Влиянието на факторите е установено чрез процедура ANOVA (F-критерии на Фишер), а сравнението между средните стойности – чрез t-критерия на Стюдънт.

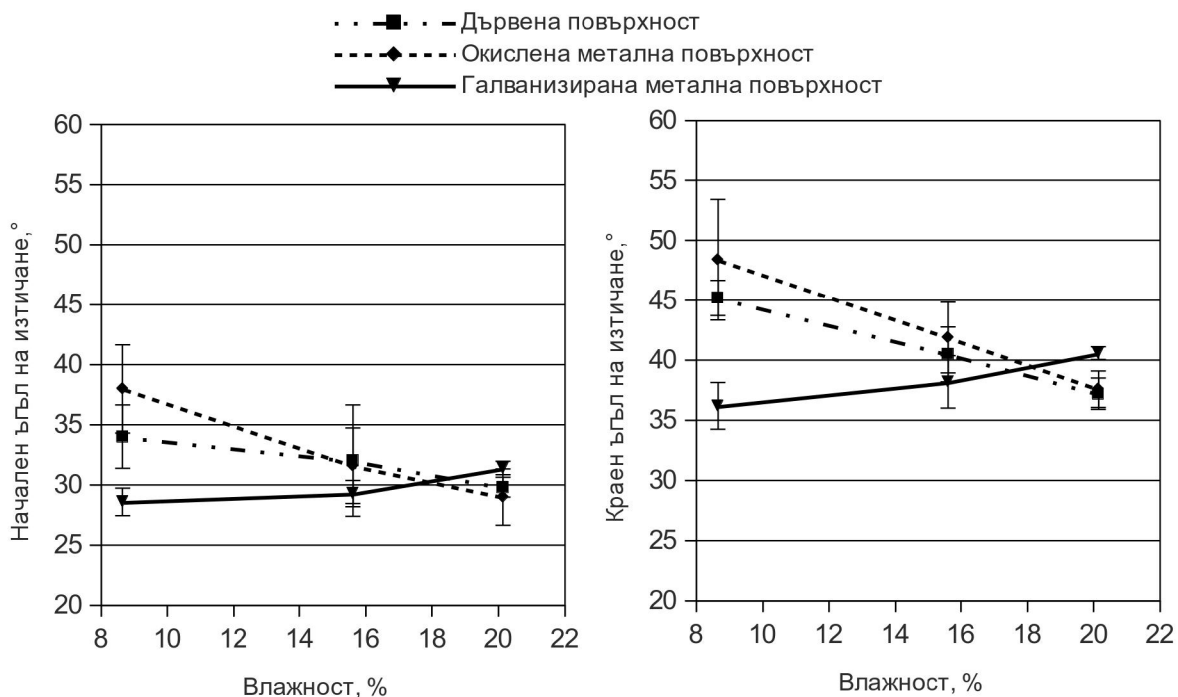
РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Влажността оказва значимо влияние върху обемната маса, изразена като обща маса (F=162,15; df=2,12; P<0,001) и на база сухо вещество (F=508,01; df=2,12; P<0,001). Всички резултати са статистически различни един от друг при ниво на доверие 95%. Обемната маса намалява с увеличаване на влажността (Фиг. 1). Обемната маса на брашното от кестени е близка до тази на подобни продукти като пшенично брашно – 400-750 kg/m³, царевично брашно – 500-700 kg/m³ и царевично нишесте – 550 kg/m³ [7].

Влажността оказва статистически значимо влияние върху ъгъла на естествен наклон (ϕ) (F=34,51; df=2,18; P<0,001). С увеличаване на влажността ъгълът на естествен наклон нараства от 41° (SD=4,2) до 56° (SD=2,08) (Фиг. 1). Получените резултати са близки до тези на брашна от ечемик (43-44°), пшеница (43-50°) и царевича (44-47°) [8]. Според класификацията на Jong de J.A.H. et al. [4] брашното от кестени е трудно изтичащ продукт (ϕ =45-60°).



Фиг. 1. Обемна маса и ъгъл на естествения наклон на брашно от кестени. Обемната маса е изразена на база обща маса (непрекъсната линия) и на база сухо вещество (прекъсната линия).

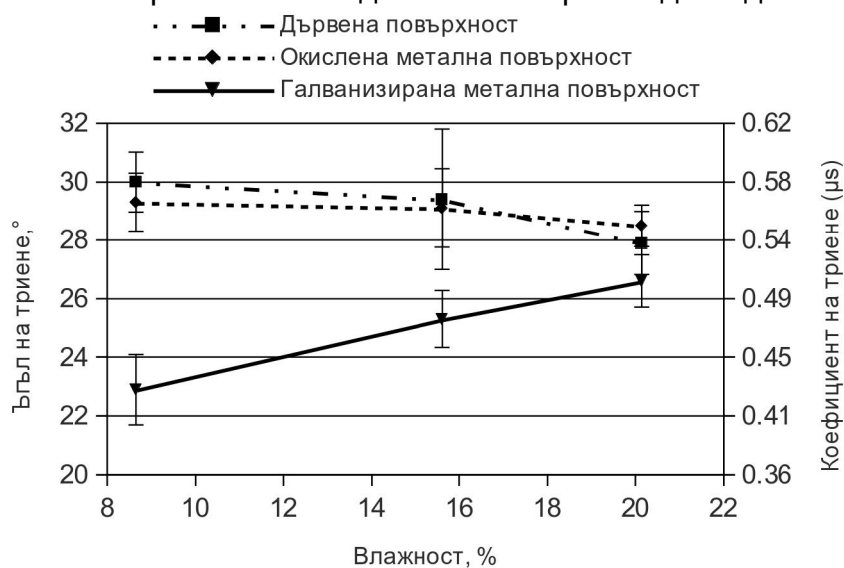


Фиг. 2. Начален и краен ъгъл на изтичане на брашно от кестени върху дървена, метална окислена и метална галванизирана повърхност при различни влажности.

Началните и крайни ъгли на изтичане са близки за дървената и металната окислена повърхност и при ниските влажности са по-високи от ъглите при окислената повърхност (Фиг. 2). Началните ъгли за дървената повърхност са статистически еднакви при трите влажности ($F=2,27$; $df=2,12$; $P=0,1461$), като средната стойност е $31,93^\circ$ ($SD=3,39$; $n=15$). При металната окислена ($F=11,17$; $df=2,12$; $P=0,0018$) и галванизираната повърхност ($F=11,38$; $df=2,12$; $P=0,0017$) ъглите зависят от влажността.

Влажността оказва значимо влияние върху крайния ъгъл на изтичане и при трите повърхности, като статистическите параметри са, както следва – за дървена повърхност ($F=26,5$; $df=2,12$; $P<0,001$), за окислена метална повърхност ($F=12,8$; $df=2,12$; $P=0,0013$) и за галванизирани повърхност ($F=8,37$; $df=2,12$; $P=0,0053$).

Тенденциите на изменение на началния и краен ъгъл на изтичане са аналогични. С увеличаване на влажността двата ъгъла намаляват за дървената и окислената метална повърхност и нарастват за галванизирани повърхност. Увеличаването на ъгъла единствено при галванизирани повърхност вероятно се дължи на повишена адхезия на частиците, които омекват при навлажняване. Друга възможна причина е агломерирани на най-дребните фракции и ниско съпротивление при плъзгане и търкаляне върху повърхностите с по-голяма грапавост – дървена и окислена. Препоръчва се за безпроблемно транспортиране на брашно от кестени, ъгълът на самотечните тръби от изследваните материали да бъде най-малко 60° .



Фиг. 3. Ъгъл на триене и коефициент на триене на брашно от кестени върху дървена, метална окислена и метална галванизирани повърхност при различни влажности.

Влажността не оказва статистически значимо влияние върху ъгъла на триене по дървената ($F=1,78$; $df=2,12$; $P=0,2101$) и металната окислена повърхност ($F=0,69$; $df=2,12$; $P=0,5189$) (Фиг. 3). Средните стойности за двете повърхности също са неразличими при ниво на доверие 95%. Ъгълът на триене върху дървената повърхност е средно $40,97^\circ$ ($SD=3,76$; $n=15$), а върху окислената метална повърхност е средно $42,63^\circ$ ($SD=5,61$; $n=15$).

Ъгълът на триене е най-нисък при галванизирани метална повърхност и нараства значимо с увеличаване на влажността ($F=20,73$; $df=2,12$; $P<0,001$). При влажност 8,65% ъгълът на триене по галванизирани повърхност е средно с $4,77^\circ$ по-нисък от този върху дървената и средно $5,03^\circ$ по-нисък от този при окислената метална повърхност. Стойностите са близки за трите повърхности при влажност на брашното 20,14%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В изследването са установени стойностите на обемната маса, ъгъла на естествен наклон, началните и крайни ъгли на движение по наклонена повърхност и ъгъла на триене на брашно от кестени при различни влажности. Ъглите на движение и триене са установени за дървена, метална окислена и метална галванизирани

повърхност. Обемната маса и ъгълът на естествен наклон са близки до тези на брашната от зърнени култури. Високият ъгъл на естествен наклон определя брашното от кестени като трудно изтичащ продукт. Началните и крайни ъгли на изтичане са близки за дървената и окислената метална повърхност и при ниските влажности са по-високи от тези върху галванизиранията повърхност. Препоръчва се за безпроблемно транспортиране на брашното от кестени, ъгълът на самотечните тръби да бъде не по-малък от 60°. Њгълът на триене по дървена и окислена метална повърхност са еднакви и не зависят от влажността в изследваните граници, докато ъгълът на триене по галванизиранията повърхност нараства с увеличаване на влажността.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Chen X.D. 1994. Mathematical analysis of powder discharge through longitudinal slits in a slow rotating drum: objective measurements of powder flowability. *J. Food Eng.* 21: 421-437.

[2] Demirkesen I., Mert B., Summu G., Sahin S. 2010. Utilization of chestnut flour in gluten-free bread formulations; *Journal of Food Engineering*;

[3] ISO Standart. 1997. Cereals and cereal products. Determination of moisture content (Routine reference method). ISO 712:1997.

[4] Jong de J.A.H., Hoffmen A.C. & Finkers H.J. 1999. Properly determine powder flowability to maximize plant output. *Chem Eng Prog.* 95(4): 25-34.

[5] Kamath S., Puri V.M. & Mandeck H.B. 1994. Flow property measurement using the jenike cell for wheat flour at various moisture contents and consolidation times. *Powder Tech.* 81: 293-297.

[6] Razavi S. & Milani E. 2006. Some physical properties of the watermelon seeds. *African Journal of Agricultural Research.* 13: 65-69.

[7] Schubert H. 1987. Food particle technology. Part I: properties of particles and particulate food systems. *J. Food. Eng.* 6: 1-32.

[8] Афанасьев Б.А. 2008. Руководство по технологии комбикормов, белково-витаминно-минеральных концентратов и премиксов, том. 1. pp. 80-83.

За контакти:

гл. ас. д-р инж. Николай Димитров, УХТ-Пловдив, катедра „ТЗФХСП“, бул. “Марица” 26, 4000 Пловдив, тел.: ++359 32 603 729, e-mail: bussy@mail.bg

гл. ас. д-р инж. Валентина Чонова, УХТ-Пловдив, катедра „ТЗФХСП“, бул. “Марица” 26, 4000 Пловдив, тел.: ++359 32 603 641, e-mail: chonovi@yahoo.com

гл. ас. д-р инж. Мария Георгиева, УХТ-Пловдив, катедра „Промислена топлотехника“, бул. “Марица” 26, 4000 Пловдив, тел.: ++359 32 603 650, e-mail: georgieva_mariya@abv.bg

гл. ас. д-р инж. Атанас Ташев, УХТ-Пловдив, катедра „Промислена топлотехника“, бул. “Марица” 26, 4000 Пловдив, тел.: ++359 32 603 710, e-mail: ait79@mail.bg

инж. Йорданка Топузова, УХТ-Пловдив, катедра „ТЗФХСП“, бул. “Марица” 26, 4000 Пловдив, тел.: ++359 32 603 635, e-mail: yotopuzova@abv.bg

гл. ас. д-р инж. Росен Чочков, УХТ-Пловдив, катедра „ТЗФХСП“, бул. “Марица” 26, 4000 Пловдив, тел.: ++359 32 603 641, e-mail: rosen4o4kov@abv.bg

Докладът е рецензиран