

INTENSIFICAREA PROCESELOR DE ZDROBIRE ȘI SEPARARE A NUCILOR



dr. în tehnică Ruslan ȚARNĂ,
Universitatea Tehnică a Moldovei

Dezvoltarea durabilă a industriei Republicii Moldova depinde în mare măsură de nivelul de dezvoltare al sectorului agroindustrial, care are o pondere mai înaltă, față de alte ramuri. Un loc important în acest domeniu îl ocupă industria de prelucrare a fructelor, inclusiv prelucrarea nucilor.

Nucile reprezintă un produs valoros care poate fi utilizat cu succes în alimentația publică, industria de cofetărie, patiserie, farmaceutică, parfumerie etc. Importanța lor pentru economia națională crește din an în an, îndeosebi la capitolul exportului, fiind solicitate în proporții tot mai mari pe piața externă. Deși este una din țările cele mai bogate în plantații de nuci, în Republica Moldova lipsește până în prezent o tehnologie mecanizată în flux pentru prelucrarea soiurilor autohtone de nuci.

Fluxul tehnologic de prelucrare a nucilor constă din următoarele operații de bază: curățirea pericarpului, calibrarea, zdrobirea nucilor și separarea miezului, precum și prelucrarea termică a produsului. În prezent majoritatea acestor operații tehnologice, și în special, procesele de zdrobire și separare se execută în mod manual și au un șir de dezavantaje esențiale, printre care timpul extins de prelucrare, productivitatea scăzută și cheltuielile mari de manoperă.

În legătură cu aceasta, orice încercare de cercetare, axată pe mecanizarea uneia din operațiile menționate, conduce la intensificarea proceselor de prelucrare a nucilor și este actuală. Prezenta lucrare reflectă sinteza cercetărilor efectuate în urma realizării tezei de doctor.

Scopul lucrării constă în analiza teoretică și cercetarea experimentală a proceselor de zdrobire a nucilor și separare a miezului pentru obținerea datelor inițiale în vederea proiectării instalațiilor de zdrobire și de separare a nucilor.

Studierea procesului de zdrobire a nucilor s-a realizat cu ajutorul unei instalații de laborator, care permite strivirea nucii între două plăci și oferă posibilitatea de a măsura forța de compresiune în regim operativ de la 0 până la 1000 N.

Schema instalației de zdrobire a nucilor este reprezentată în fig.1.

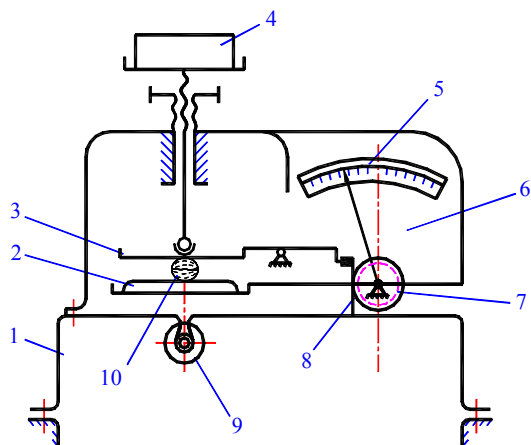


Fig. 1. Schema instalației pentru măsurarea deformațiilor în cazul comprimării axiale a nucii între două plăci paralele: 1 – corp; 2 – placă inferioară; 3 – placă superioară; 4 – greutate; 5 – scală; 6 – indicator; 7 – pinion; 8 – cremalieră; 9 – excentric; 10 – nucă.

După cum au demonstrat cercetările, fiind utilizat procedeul de zdrobire a nucilor între două plăci paralele, amplasate în diferite poziții, a rezultat o calitate relativ joasă a miezului. În opinia noastră, calitatea joasă a miezului se datorează suprafeței mici de contact dintre nucă și placă.

În scopul majorării suprafeței de contact, noi am propus să se utilizeze inele de diferite diametre, diametrul lor interior fiind mai mic decât cel mai mare diametru al nucii.

Calitatea miezului depinde, în mare măsură, nu numai de proprietățile fizico-mecanice ale cojii, dar și de raportul corect ales dintre diametrul interior al inelului și cel exterior al nucii. Pentru stabilirea corelației raționale dintre diametre și cercetarea consumului de energie al procesului, au fost executate inele cu diferite diametre interioare. Totodată, pe suprafața interioară a inelului au fost executate teșituri cu diferite unghiuri - 15°, 30°, 45°, 60°. Aceasta a permis să

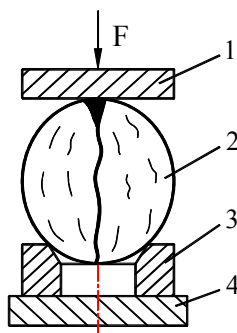


Fig. 2. Schema procesului de zdrobire a nucii între o placă și un inel: 1, 4 – plăci; 2 – nucă; 3 – inel.

fie majorată suprafața de contact în procesul de zdrobire.

Schema procesului de zdrobire a nucii între o placă și un inel este reprezentată în fig. 2.

În rezultatul efectuării experiențelor, s-au stabilit grafic corelațiile dintre deformația cojii de nucă și dinamica de schimbare a forței de acțiune (fig. 3).

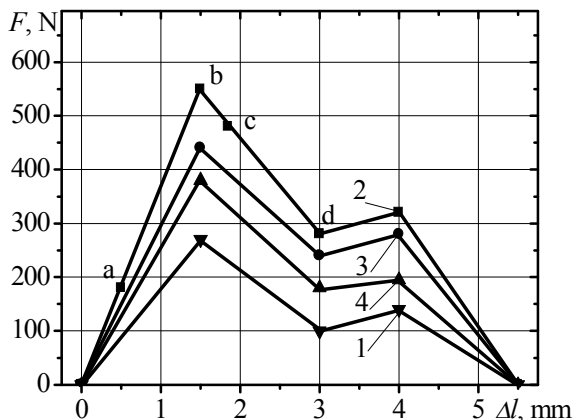


Fig. 3. Variația forței (F) de acțiune în funcție de deformația (Δl) cojii de nucă: teșitura inelului: 1 – 15°; 2 – 30°; 3 – 45°; 4 – 60°; grosimea cojii de nucă – 2,5 mm; umiditatea – 5%.

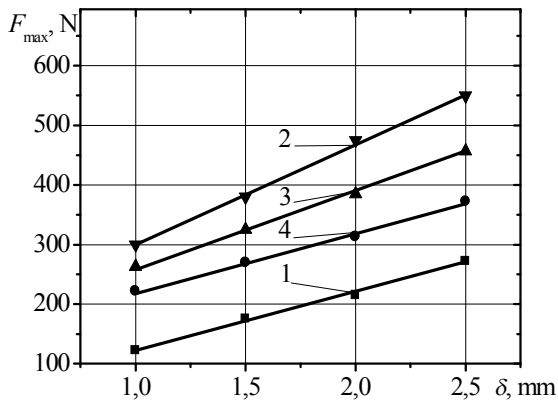
Analizând corelațiile grafice obținute (fig. 3), se poate constata că procesul de rupere a cojii de nucă, după cum se observă din fig. 3, constă din patru etape, ceea ce corespunde legităților ruperii fragile. Este cunoscut faptul că în prima etapă (sectorul 0-a) are loc apariția contactelor și deformațiilor elastice care determină concentrarea tensiunilor locale. La etapa a doua (sectorul a-b) are loc majorarea zonei de compresiune până la slăbirea legăturilor din coaja nucii în locurile de existență a microfisurilor. Etapa a treia (sectorul b-c) corespunde dezvoltării microfisurilor până la formarea macrofisurilor de rupere. La etapa a patra (sectorul c-d) are loc ruperea cojii de nucă în câteva bucăți.

Pentru extragerea miezului din coaja nucii, deformația cojii trebuie să continue până la 5...6 mm. În acest caz procesul de zdrobire a nucii se consideră finalizat.

Se știe că forța de acțiune este direct proporțională cu suprafața de contact. În cazul utilizării inelului cu teșitura de 30°, suprafața de

contact este mai mare, deoarece în acest caz, datorită formei sale, nuca intră într-un contact mai strâns cu inelul.

Variația forței maxime de zdrobire, în funcție de grosimea cojii de nucă pentru diferite teșituri ale inelelor, este reprezentată în fig. 4.

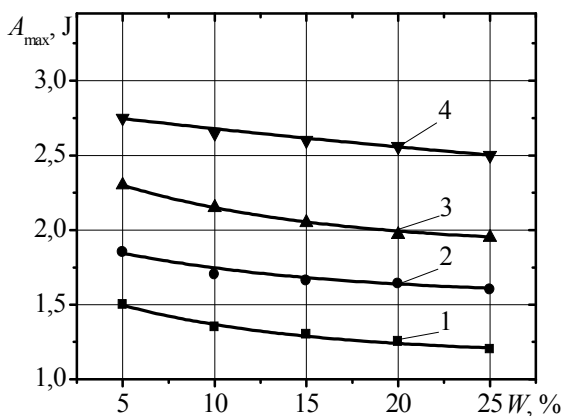


$$1. F_{max} = 111.1 \cdot \delta + 8.9; \quad 3. F_{max} = 125.0 \cdot \delta + 235.0;$$

$$2. F_{max} = 166.6 \cdot \delta + 133.4; \quad 4. F_{max} = 111.1 \cdot \delta + 108.9.$$

Fig. 4. Variația forței maxime (F_{max}) de zdrobire în funcție de grosimea (δ) cojii de nucă pentru diferite teșituri ale inelelor a: 1-15°; 2-30°; 3-45°; 4-60°; umiditatea – 5%.

După cum se observă din fig. 4, o dată cu creșterea grosimii cojii de nucă se majorează și forța necesară de zdrobire. De exemplu, în cazul utilizării inelului cu teșitura $\alpha=15^\circ$, forța maximă de zdrobire pentru grosimea cojii de 1,0 mm este de 120 N, iar pentru grosimea de 2,5 mm – 270 N.



$$1. A_{max} = 1.16 + 0.54 \cdot e^{-W/10.18}; \quad 3. A_{max} = 1.88 + 0.64 \cdot e^{-W/11.20};$$

$$2. A_{max} = 1.55 + 0.43 \cdot e^{-W/11.86}; \quad 4. A_{max} = 1.80 + 1.01 \cdot e^{-W/66.38}.$$

Fig. 5. Variația energiei maxime (A_{max}) de zdrobire în funcție de umiditatea (W) nucilor pentru diferite grosimi de coajă d : 1 - 1,0 mm; 2 - 1,5 mm; 3 - 2,0 mm; 4 - 2,5 mm.

În baza forței determinate experimental, a fost calculat consumul de energie în procesul de zdrobire a nucilor la amplasarea lor între o placă și un inel cu diferite teșituri.

Astfel, în fig. 5 sunt reprezentate grafic corelațiile dintre energia maximă de zdrobire și umiditate la amplasarea nucii între o placă și un inel cu teșitura de 30° .

Analiza corelațiilor grafice obținute (fig. 5) demonstrează că pentru grosimea cojii de nucă de 1,0 mm, energia de zdrobire scade de la 1,5 J la umiditatea de 5% până la 1,2 J la umiditatea de 25%.

Lucrarea include, de asemenea, cercetări în domeniul procesului de separare a componentelor nucii. În majoritatea cazurilor procesul de separare a componentelor nucii se axează pe principiul pneumatic de separare, care posedă un grad redus de separare.

În opinia noastră, majorarea calității procesului de separare a componentelor nucii poate fi obținută utilizând principiul electric de separare, deoarece în acest caz, pe lângă diferența dintre caracteristicile fizico-mecanice ale componentelor nucii, se utilizează și diferența dintre caracteristicile lor electrice. În acest scop au fost cercetate caracteristicile electrice care influențează procesul de separare: permitivitatea dielectrică relativă și rezistența electrică. În baza criteriului de separare, a fost determinată posibilitatea de divizare a componentelor nucii. Pentru a stabili posibilitatea separării componentelor nucii, este necesar de a cunoaște în ce diapazoane se schimbă criteriul de separare C_s , care este o funcție complexă ce depinde de caracteristicile fizico-mecanice și electrice ale componentelor nucii. În acest scop se construiesc curbele de variație a criteriului de separare. Pentru fiecare component criteriul de separare se află într-un anumit diapazon de la C_{min} până la C_{max} . Acest diapazon poate fi divizat în câteva clase. Fiecărei clase îi corespunde un procent anumit din cantitatea totală a componentelor nucii. Dacă diapazoanele nu coincid, atunci e posibilă separarea totală a componentelor nucii; dacă coincid parțial, este posibilă doar separarea parțială.

Conform valorilor date, se construiesc curbele de variație, unde pe axa absciselor se depun segmentele de clasă, iar pe axa ordonatelor - cantitatea componentelor în procente. După gradul de intersectare a curbelor de variație a componentelor nucii se pot face concluzii despre posibilitatea de separare a lor.

La căderea în spațiul dintre electrozi al separatorului de tip tunel, componentele nucii deviază de la axa verticală sub un unghi care are, la schimbarea intensității câmpului electric, următoarea variație:

$$d\beta = \frac{3C_s E}{1 + \left(\frac{3E^2 C_s}{2\pi g}\right)^2} dE \quad (1)$$

Creșterea unghiului la mărirea intensității este maxim, dacă:

$$\frac{d^2\beta}{dE^2} = 0 \quad (2)$$

După diferențierea ecuației (1) cu condiția enunțată (2), stabilim că pentru o separare calitativă este necesar ca intensitatea câmpului electric să nu fie mai mică decât $E=10,3/\sqrt{C_s}$ (kV/cm), iar unghiul de deviație pe verticală nu mai mic de 30°.

Pentru stabilirea calității de separare este necesar de a determina precizia P a separării, care reprezintă raportul dintre variația unghiului de deviație și variația criteriului de separare ce a cauzat deviația traiectoriei.

În urma efectuării calculului, s-a stabilit că o separare mai bună a componentelor nucii se produce în cazul când intensitatea câmpului electric corespunde relației $E=13,6/(kV/cm)$, iar unghiul de deviație a particulelor de la axa verticală constituie 45°.

În fig. 6 sunt prezentate curbele de variație la separarea componentelor nucii în câmpul electric cu descărcare prin efect corona a separatorului de tip tunel la intensitatea câmpului electric de 4,7 kV/cm. 1 – coajă; 2 – miez; 3 – inimioară.

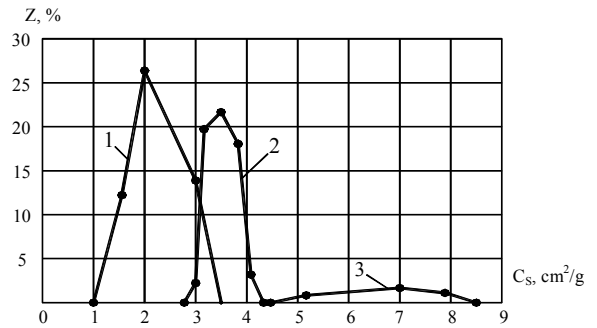


Fig. 6. Curbele de variație la separarea componentelor nucii în câmpul electric cu descărcare prin efect corona a separatorului de tip tunel la intensitatea câmpului electric de 4,7 kV/cm: 1 – coajă; 2 – miez; 3 – inimioară.

Analizând curbele de variație din fig. 6, concluzionăm că în câmpul electric cu descărcare prin efect corona inimioara se separă totalmente de miez și coajă, iar miezul se separă de coajă parțial, circa 75%. Acest fapt poate fi explicat prin aceea că inimioara are cea mai mică densitate și se electrizează mai rapid decât celelalte componente ale nucii, obținându-se cel mai mare unghi de deviere. Cel mai mic unghi de deviere îl are coaja, deci componenta nucii cu cea mai mare densitate și cea mai mică permitivitate dielectrică relativă.

În rezultatul cercetărilor efectuate, s-a elaborat construcția instalațiilor proiectate de zdrobire a nucilor și de separare a miezului. Vederea generală a instalațiilor este prezentată în fig. 7.

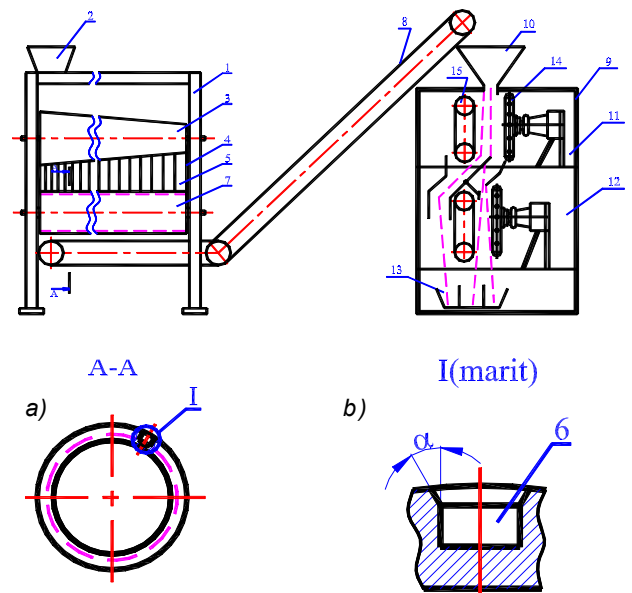


Fig. 7. Instalația de zdrobire a nucilor a) și de separare a miezului b)

Instalația conține un corp I, buncăr de alimentare în formă de con 2, părțile laterale ale căruia formează o cavitate în vârful conului cu lățimea de 9-10 mm pentru alimentarea uniformă a arborilor de calibrare cu nuci. Sub buncăr sunt instalați doi arbori conici de calibrare 3 pentru divizarea nucilor după dimensiuni, axele cărora sunt paralele. Unul din arbori este instalat în corp fix, iar altul mobil, ceea ce oferă posibilitatea de a regla jocul dintre arbori.

Mecanismul de distribuire 4 este instalat în corpul I sub arborii conici de calibrare 3 și este executat din țevi 5. Mecanismul de distribuire este destinat pentru direcționarea fluxurilor de nuci divizate după mărime în găurile 6 ale dispozitivului de zdrobire 7. Dispozitivul de zdrobire 7 constă din două valțuri, unul fiind instalat în corp fix, iar altul mobil, ceea ce este necesar pentru a face posibilă reglarea jocului dintre valțurile de zdrobire. Pe suprafața exterioară a unui valț sunt executate găuri rotunde cu teșituri de 30°. Găurile respective sunt efectuate în așa mod, încât diametrul nucii în raport cu diametrul lor să fie în limitele 1,5-1,3.

Procesul de zdrobire a nucilor decurge continuu și foarte rapid, deoarece nucile cu diferite dimensiuni trec toate etapele de prelucrare pe canale independente unele de altele.

După finalizarea procedurii de zdrobire, componentele nucii se deplasează cu ajutorul transportorului 8 la instalația de separare.

Instalația de separare a componentelor nucii constă dintr-un corp 9, buncăr de încărcare 10, două secții tehnologice 11 și 12 și trei capacități de acumulare a fracțiilor de separare 13. Reglarea fluxului de separare în prima secție tehnologică se efectuează cu ajutorul unei clapete, care asigură schimbarea secțiunii de încărcare. Secțiile tehnologice constau din electrozi de coroană 11 și electrozi decantori 12. Secția de descărcare este amplasată în partea de jos a instalației și constă din trei transportoare cu bandă. Prima secție tehnologică servește pentru separarea prafului și impurităților ușoare. Aici se efectuează separarea preventivă a componentelor nucii, în care se separă o mare parte din inimioarele nucii. În secția a doua are loc

separarea componentelor nucii în trei fracții: inimioare, miezuri și coji. Având proprietăți fizico-mecanice și electrice diferite și trecând printr-un câmp electric cu descărcare prin efect corona, componentele nucii se electrizează în mod diferit și, obținând diverse traiectorii, se acumulează în diferite capacități de acumulare 13.

Regimul de lucru al instalației depinde de un șir de factori, care influențează asupra separării: intensitatea câmpului electric, punctul inițial al traiectoriei particulei, productivitatea instalației etc.

Utilizarea separatorului electric de tip tunel sporește considerabil calitatea de separare a fracțiilor nucilor în comparație cu separatoarele existente.

În rezultatul cercetărilor efectuate, pot fi expuse următoarele concluzii:

1. Au fost determinate caracteristicile structural-mecanice ale cojilor de nuci: rezistența de rupere, deformația relativă la comprimare, forța de zdrobire, modulul de elasticitate, densitatea, coeficientul de frecare; parametrii tehnologici: gradul de zdrobire, grosimea cojii, umiditatea nucilor; parametrii constrictivi ai instalației de zdrobire: diametrul inelului și teșitura lui.
2. S-a elaborat un nou procedeu de zdrobire a nucilor între o placă și un inel. Pentru obținerea miezului de nucă de înaltă calitate este necesar ca procesul de zdrobire a nucilor să decurgă ținând cont de următorii factori: raportul dintre diametrul nucii și cel al inelului trebuie să constituie 1,15-1,3, umiditatea nucii – 13-16%, iar teșitura inelului – 30°.
3. S-a soluționat sub raport numeric procesul de deformație și apariție a fisurilor din coaja nucii prin metoda elementelor finite.
4. S-a realizat modelul matematic al procesului de zdrobire a nucilor pentru parametrul cercetat F (forța) în ecuații de regresie.
5. S-au determinat caracteristicile electrice ale componentelor nucii (permitivitatea dielectrică relativă, rezistența electrică) care influențează procesul lor de separare.

6. S-a calculat criteriul de separare pentru componentele nucii, demonstrându-se că în câmpul electric cu descărcare prin efect corona inimioara se separă totalmente de miez și coajă, în timp ce miezul se separă de coajă în proporție de circa 75%.
7. S-a stabilit că intensitatea câmpului electric cu descărcare prin efect corona trebuie să fie cuprinsă între valorile: $3,5\text{kV/cm} < E < 4,7\text{kV/cm}$.
8. Analizându-se multilateral rezultatele experimentale, s-a proiectat construcția instalațiilor de zdrobire și separare a nucilor.

BIBLIOGRAFIE

1. Лупашко А.С., Тарлев В.П., Берник М.П., Цэрнэ Р. Г., Кирилов П. И. Комплексное исследование процессов в технологии переработки грецких орехов // 1-я Международная конференция „Современные энергосберегающие тепловые технологии”, Москва: 2002, с.147-150.
2. Lupașco A., Țărnă R., Bernic M., Tarlev V., Coman A. Ruperea cojii nucilor în procesul de zdrobire a lor // Materialele Primului Simpozion Internațional „Biochimie și Biotehnologii în Industria Alimentară”. Chișinău: UTM, 2002, p. 219-221.
3. Lupașco A., Bernic M., Țărnă R., Chirilov P., Tarlev V. Instalație pentru spargerea nucilor. Brevet de invenție nr.2094, Int. cl. A 23 N 5/00. 2003.02.28, BOPI nr. 2/2003.
4. Lupașco A., Țărnă R., Chirilov P., Bernic M., Tarlev V. Procedeu de separare a miezului de nucleu. Brevet de invenție nr. 2400, Int. Cl. B 03 C 7/00. 2004.03.31, BOPI nr. 3/2004.
5. Малезик І., Лупашко А., Цэрнэ Р., Берник М., Тарлев В. Использование электросепарирования для разделения продуктов дробления грецких орехов, Харчова промисливість, Додаток до журналу №3, Київ: НУХТ, 2004, с. 113-114.

SUMMARY

The work reflects the theoretical analysis and experimental research of the walnut, crushing and separation of the kernel from the shell, that have as final goal the calculation of initial parameters for the walnut crushing and separation apparatus design.

It has been remarked that it is rational to crush the walnut between a plate and a ring, considering the following: the ratio between the walnut diameter and the ring inner diameter should be in the limits of 1.15...1.3, the humidity of 13...16%, and the chamfer angle on the inside of the ring – 30 degrees.

As to the separation process, it has been seen that it is rational to separate the walnut components in an electric field, with a coronary discharge, where the cross-piece is absolutely separated from the shell and kernel, while the ratio of kernel separation from the shell is about 75%.

It is proposed: the design of the walnut crushing-separation installations and the calculation of its economical effect.