

CINETICA PROCESULUI DE USCARE A CĂȚINII ALBE CU APORT DE ENERGIE UHF ÎN IMPULSURI

Mireca BERNIC
Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: În lucrare este studiată cinetica procesului de uscare a cătinii albe în câmp electromagnetic de înaltă frecvență (UHF) cu aport de energie în impulsuri. Cercetările realizate au demonstrat că la utilizarea acestei metode crește unul din parametrii procesului de uscare – gradientul de temperatură. Ca rezultat, în comparație cu uscarea prin convecție s-a obținut o intensificare a procesului de uscare a cătinii albe cu 19,6 %, însoțită de o reducere a consumului de energie cu 21,8 %.

Cuvinte cheie: uscare, cătină albă, câmp de înaltă frecvență, transfer de masă și căldură, impuls.

INTRODUCERE

În ultimii ani au loc reevaluări complexe ale proceselor de tratare a organismului uman. Tot mai des se trece de la tratamentul tradițional medicamentos la utilizarea plantelor medicinale. În particular, o asemenea plantă medicinală este și cătina albă (*Hippophaë rhamnoides* L), cel mai valoros component al căreia este uleiul [1]. De regulă, uleiul de cătină albă se obține prin două metode – prin presare (la fierbinte sau la rece) și prin extragere. Indiferent de metoda aplicată, produsul este supus în prealabil unui proces de uscare care, de regulă, este de durată și însoțit de un consum sporit de energie. Intensificarea procesului, cu reducerea concomitentă a consumului de energie, este ușor realizabilă prin mărirea temperaturii agentului termic la uscarea prin convecție sau a produsului la uscarea în câmp electromagnetic [2, 3]. Având în vedere faptul că această plantă, cătina albă, este caracterizată prin conținutul bogat de acizi grași de valoare nutritivă superioară care sunt sensibili la temperaturi înalte, această metodă de intensificare a procesului nu este dorită.

Studiul fenomenelor de transfer de masă și de căldură a demonstrat posibilitatea reducerii duratei de uscare și a consumului de energie prin aplicarea câmpului electromagnetic în impulsuri. Aceasta permite mărirea considerabilă a unui parametru al fenomenelor de transfer în procesul de uscare, și anume a gradientului de temperatură (∇T) la temperaturi relativ joase ale produsului.

MATERIALE ȘI METODE

În lucrarea de față este prezentat studiul procesului de uscare a cătinii albe prin aplicarea unei surse interne de căldură – a câmpului electromagnetic de înaltă frecvență (UHF). S-a studiat aportul continuu și periodic de energie, în impulsuri formate din perioada activă, de încălzire, și perioada pasivă, de relaxare (lipsă de sursă de energie).

Pentru studiu a fost folosită cătina albă de soiul „Crușinovidnaia” cu umiditatea inițială de 89 %. Până la atingerea umidității de 25 % ea a fost uscată în mod tradițional, prin convecție, apoi cu aplicarea câmpurilor electromagnetice. Aplicarea câmpului electromagnetic la umidități mai înalte de 25 % nu a fost posibilă din cauza conductibilității electrice sporite, ceea ce provoacă descărcări electrice însoțite de arsuri locale ale produsului.

Procesul de uscare s-a realizat la o instalație de laborator care permite aportul de energie prin diferite metode: prin convecție, în câmp de frecvență ultraînaltă UHF și combinată – prin convecție în câmp UHF. În procesul uscării, la calculator se înregistrează în regim on-line scăderea de masă măsurată cu balanța electronică SC-132 (cap. 300 g, div. 0.01 g),

temperatura agentului de uscare măsurată cu termocuplul, temperatura în centrul stratului de produs și la suprafață măsurată cu termometrul de rezistență Nc W-1.617.

În baza parametrilor înregistrați au fost obținute curbele de uscare, curbele vitezei de uscare, dependența temperaturii medii a produsului și variația gradientului de temperatură ca funcție de timp.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

În scopul determinării eficienței aplicării câmpurilor electromagnetice în procesul de uscare a cătinii albe, a fost cercetată cinetica procesului de uscare cu aport de energie UHF atât în regim continuu, cât și în impulsuri.

Pentru asigurarea regimului de impulsuri, au fost deduse formulele de calcul al duratei active (de aport de energie) și pasive (de repaus) a unui impuls ca funcție de parametrii procesului de uscare: intensitatea câmpului electromagnetic, temperatura produsului și a mediului și proprietățile electrofizice și termofizice ale acestuia [4].

$$\tau_A = \frac{\alpha}{\lambda} \cdot \frac{c\rho x}{Q_V} \Delta T = \frac{\alpha}{\lambda} \cdot \frac{c\rho d}{2Q_V} (T_S - T_M), \quad (1)$$

$$\tau_P = \frac{x^2}{2a_p} = \frac{d^2}{8a_p}, \quad (2)$$

unde τ_a este durata activă de aport de energie a impulsului, în s; α – coeficientul de transfer de căldură, în W/m²K; λ – coeficientul de conductibilitate termică, în W/mK; d – dimensiunea caracteristică a materialului, în m; Q_V – puterea sursei interne de căldură, W/m³; T_S – temperatura suprafeței materialului, în K; T_M – temperatura mediului, în K; τ_p – durata pasivă a impulsului, în s; d – grosimea stratului de material, în m; a_p – coeficientul difuziei molare, în m²/s.

Aportul de energie UHF în impulsuri cu parametri calculați în baza formulelor 1 și 2 permit menținerea gradientului de temperatură la valori maxime pe toată perioada de uscare.

Cinetica procesului de uscare a fost studiată la temperatura agentului de uscare de 20 °C, la care, în regim de aport continuu de energie a câmpului UHF, s-a constatat un consum minim de energie în comparație cu temperaturile mai înalte.

Intensitatea câmpului electromagnetic a fost calculată cu formula (3) [4]:

$$E = \sqrt{\frac{\alpha(T_C - T_M)}{0.555 \cdot 10^{-6} \cdot f \cdot k \cdot R \left(1 + \frac{\alpha}{\lambda} R\right)}}. \quad (3)$$

în care T_C este temperatura în centrul stratului de produs, în °C; T_M – temperatura mediului, în °C; R – grosimea stratului de produs, în m.

Calculul s-a realizat astfel ca ∇T_{\max} să se obțină la temperatura medie de 60°C a produsului, temperatură la care deja are loc descompunerea fermenților din produs, dar care este acceptabilă pentru păstrarea acidului ascorbic.

Pentru menținerea valorilor maxime ale gradientului de temperatură în acest regim, conform formulei 3, s-a acceptat intensitatea câmpului electric de 17,8 kV/m.

În fig. 1 sunt prezentate curbele de uscare $W = f(\tau)$ a cătinii albe în câmp UHF în regim de impulsuri (curba 1) și de aport continuu de energie (curba 2). Caracterul grafic general al curbelor de uscare în impulsuri corespunde întru totul caracterului curbelor de uscare cu aport continuu de energie, cu excepția unei mici devieri în timp. Aceasta încă o dată confirmă concluzia teoreticienilor Lîkov A.V., Ginzburg A.S., Krasnikov V.V., Grișin M.A.

ș.a. [2, 3, 5] conform căreia caracterul curbelor în mare măsură este funcție de structura fizico-mecanică a produsului și de formele de legătură a umidității cu scheletul. Pe curbele de uscare se evidențiază perioadele cu aport de energie UHF (panta cu unghiul mare de înclinare) și perioadele de relaxare (panta cu unghi de înclinare redus).

Din grafic se observă că în cazul aportului de energie în impulsuri de la sursa internă, durata de uscare s-a redus cu 15,1 % în comparație cu aportul continuu de energie, fiind de 90,8 min.

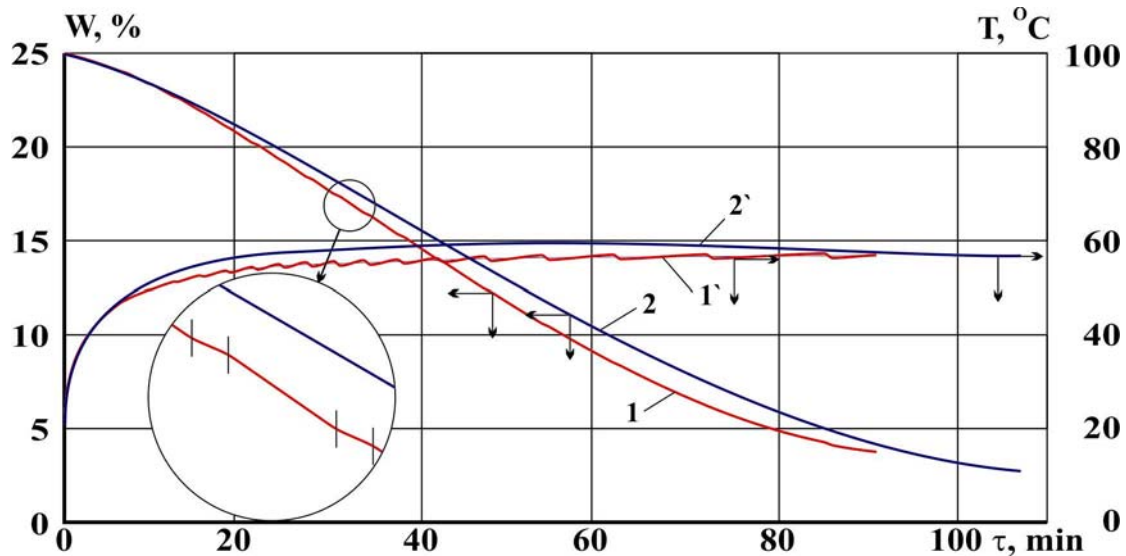


Fig. 1. Curbele de uscare și de temperatură ale procesului de uscare a cătinii albe cu aport de energie UHF în impulsuri (curbele 1 și 1') și în regim continuu (curbele 2 și 2').

Pe curbele de uscare cu aport de energie UHF în impulsuri se evidențiază unele ondulații (curba mărită în cerc) cu apariția extremelor. Aceasta indică faptul că la momentul deconectării sursei de energie are loc redistribuirea formelor de rezistență a transferului de masă și de căldură în direcția reducerii acestora, ceea ce favorizează transferul de umiditate.

În aceeași fig. 1 este prezentată variația temperaturii cătinii albe pe parcursul procesului de uscare (curbele 1' și 2'). După cum se observă din grafic, în ambele cazuri de aport de energie (regim continuu și în impulsuri), odată cu creșterea duratei de uscare, temperatura produsului crește până la atingerea unei oarecare valori maxime.

Valoarea maximă a temperaturii obținute este funcție dependentă de intensitatea câmpului electromagnetic, proprietățile electrofizice și termofizice ale produsului și metoda de aport de energie. În cazul aportului continuu al energiei UHF, la intensitatea câmpului de 17,8 kV/m s-a obținut temperatura produsului de 59,4°C (curba 2'). În cazul aportului de energie UHF în impulsuri, valoarea maximă a temperaturii a fost de 56,1°C (curba 1').

Durata de creștere a temperaturii produsului până la valoarea maximă a constituit 34 min. În continuare, pentru ambele metode ale aportului de energie temperatura produsului s-a menținut relativ constantă, toată energia aplicată produsului consumându-se la evaporarea umidității aflate în stare liberă și depășirii rezistențelor la deplasarea acestora prin capilare către straturile exterioare. Totuși, în cazul aportului continuu de energie se observă o reducere a temperaturii cu cca 5 % (curbele 2'). Scăderea temperaturii produsului, la încălzirea continuă, este cauzată de creșterea consumului de energie la ruperea legăturilor chimice și mecanice dintre umiditate și scheletul produsului și de reducerea cantității de căldură degajată în produs ca o consecință a reducerii numărului de molecule polare de apă, lucru menționat și în [6]. Fenomenul de scădere a temperaturii produsului în perioada a doua de uscare practic dispăre la încălzirea în impulsuri. Aceasta se datorează redistribuirii uniforme a umidității pe

perioada de relaxare.

Unul din parametrii de bază ai procesului de uscare este gradientul de temperatură. În fig. 2 este prezentată variația valorii gradientului de temperatură pe parcursul procesului de uscare în cazul aportului de căldură în impulsuri (curba 1) și continuu (curba 2).

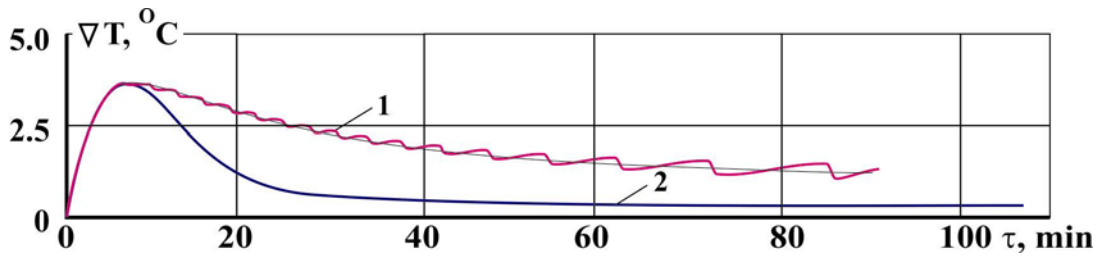


Fig. 2. Variația gradientului de temperatură în procesul de uscare a cătinii albe cu aport de energie UHF în impulsuri (curba 1) și continuu (curba 2).

Din grafic se observă că la încălzirea continuă în câmp UHF, gradientul de temperatură pentru $E = 17,8 \text{ kV/m}$ crește până la $6,6^{\circ}\text{C}/\text{m}$ și apoi scade până la cca. $0,3^{\circ}\text{C}/\text{m}$ (curba 2). Aplicarea în impulsuri a sursei interne de căldură din momentul atingerii valorii maxime a gradientului de temperatură a permis menținerea valorilor înalte ale acestui gradient pe tot parcursul procesului de uscare (curba 1). Astfel, dacă la aportul continuu de energie UHF viteza maximă de scădere a gradientului de temperatură a fost de $0,21^{\circ}\text{C}/(\text{m}\cdot\text{min})$, apoi la aportul în impulsuri a energiei UHF – numai $0,09^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Deci, gradientul de temperatură pe parcursul uscării s-a menținut la valori de cca. 2,3 ori mai înalte.

În fig. 3 este prezentată variația duratei perioadei active (de aport de energie) și a perioadei pasive (de repaus) a unui impuls de energie UHF în funcție de durata procesului de uscare. Din grafic se observă că în cazul menținerii intensității constante a câmpului ($17,8 \text{ kV/m}$), atât durata perioadei active, cât și durata perioadei pasive a impulsului pe parcursul uscării sunt în creștere. Cu atât mai mult, durata perioadei active crește mai rapid în comparație cu durata perioadei pasive.

Creșterea duratei active (aport de energie) a impulsului pe parcursul uscării este o consecință a reducerii conținutului de umiditate, deci și a cantității de căldură degajată în unitatea de timp sub acțiunea câmpului electromagnetic. Durata pasivă (de relaxare) crește datorită reducerii conductibilității termice a produsului la deshidratare [7].

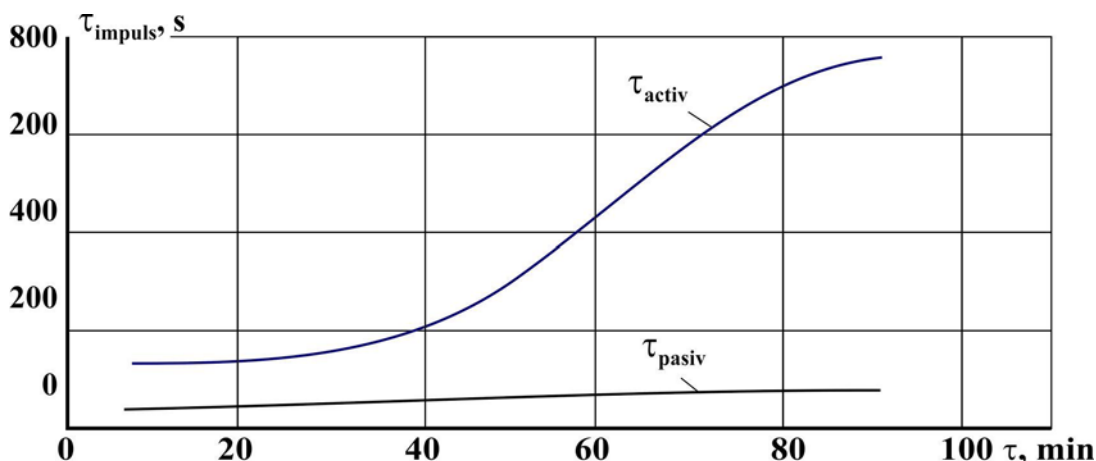


Fig. 3. Variația duratei de aport de energie UHF (τ_{activ}) și de repaus (τ_{pasiv}) pe parcursul unui impuls în procesul de uscare a cătinii albe cu aport de energie UHF în impulsuri.

Aplicarea energiei câmpului electromagnetic în impulsuri a permis reducerea duratei

totale de tratare termică a cătinii albe în câmp UHF de 0,84 ori sau cu 14,2 min (durata totală a tuturor perioadelor de repaus ale impulsurilor pe parcursul uscării).

În fig. 4 sunt prezentate curbele vitezei de uscare a cătinii albe cu aport de energie UHF în impulsuri (curba 1) și continuu (curba 3). Curba 2 este funcție de regresia curbei 1.

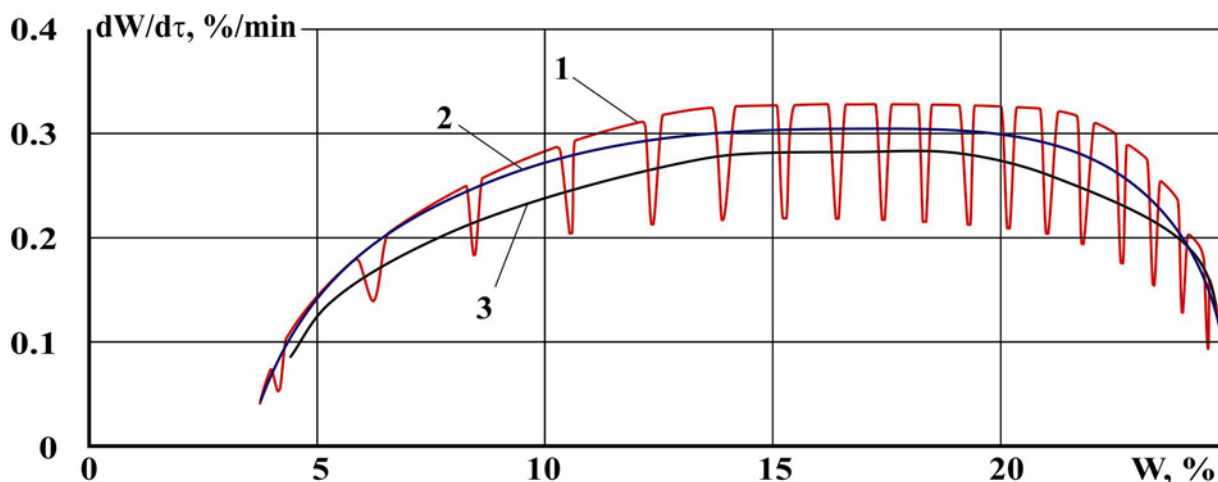


Fig. 3. Curbele vitezei de uscare a miezului de sâmbure de migdal: 1 - aport de energie UHF în impulsuri; 2 -regresia funcției 1; 3 - aport de energie UHF continuu.

Din figură se observă că curba vitezei de uscare la aplicarea energiei UHF în impulsuri (curba 1), în medie, are aceeași formă ca și curba vitezei de uscare în câmp UHF continuu, dar prezintă un caracter oscilant. Extremele maxime ale oscilațiilor (impulsului) corespund perioadei active (de aport de energie), iar extremele minime – perioadei de repaus (de relaxare). Astfel, viteza de uscare maximă a cătinii albe în perioadele active ale aportului de energie a fost de 0,328 %/min și în perioadele pasive de 0,218 %/min. În comparație cu viteza de uscare maximă în cazul aportului continuu de energie, s-a observat o creștere cu 16 % în perioadele active și o diminuare cu 23 % în perioadele pasive.

Analiza comparativă a consumului specific de energie la uscarea produselor oleaginoase cu aport de energie UHF în impulsuri în raport cu aportul de energie continuu a arătat o reducere de la 0,553 kW/kg până la 0,452 kW/kg, ceea ce constituie 21,8 %.

Aceste reduceri ale consumului de energie sunt cauzate de reducerea duratei de uscare la aceeași intensitate a câmpului, de faptul că deshidratarea are loc și în perioadele de repaus (de relaxare) prin consumul energiei cumulative și utilizarea mai eficientă a efectelor de inerție, precum și de valorile înalte ale gradientului de temperatură ce reduc rezistențele la deplasarea umidității prin capilare. Totodată, reducerea consumului de energie este o consecință și a înlăturării parțiale a umidității de pe suprafața produsului în stare lichidă sub acțiunea energiei cinetice a fluxului de aer.

CONCLUZII

În urma studiului cinetic procesului de uscare a cătinii albe s-a confirmat oportunitatea aplicării sursei interne de căldură, și anume a energiei UHF în impulsuri. Aceasta a dat posibilitate de a reduce durata de tratare termică a produsului cu 16 min (de 0,85 ori) în comparație cu aportul continuu de energie. Reducerea duratei de tratare termică a permis și o diminuare considerabilă a consumului specific de energie cu 21,8 %.

Aplicarea în impulsuri a energiei UHF a permis reducerea cu 5 % a temperaturii medii a produsului la aceeași intensitate a câmpului de 17,8 kV/m.

Reducerea temperaturii produsului și a duratei de tratare termică va influența benefic indicii calitativi ai elementelor nutritive conținute în migdal, îndeosebi a acizilor grași.

REFERINȚE

1. Дубровин И.И. Целебная облепиха. – М.: Яуза: Эксмо-Пресс, 2000. – 128 с.
2. Малезик И.Ф., Тарлев В.П., Лупашко А.С. Конвективно-высокочастотная сушка косточковых фруктов. Кишинев: УТМ, 2005. - 460 с.
3. Гинзбург А. С., Савина И. М. Массо-влагообменные характеристики пищевых продуктов. Справочник. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 280с.
4. Bernic M. Theoretical and experimental suppositions regarding the drying process of oily products when using impulse heating source. / Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Tomul LVI (LX) Fasc. 4B, Ed: Politehnica, Iași 2010, p.341-346.
5. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. 470 с.
6. Hughes M.K., Yanamala S., San Francisco M., Loneragan G.H., Miller M.F., Brashears M.M. Reduction of Multidrug-Resistant and Drug-Susceptible Salmonella in Ground Beef and Freshly Harvested Beef Briskets after Exposure to Commonly Used Industry Antimicrobial Interventions. // [Journal of Food Protection](#), Vol. 73,1 No. 7, 2010, pp. 1231-1237 (7).
7. Hussain, A.; Li, Z.; Ramanah, D. R.; Niamnuy, C.; Raghavan, G. S. V. Microwave drying of ginger by online aroma monitoring. / *Drying technology*, Vol. 28 Issue 1, 2010, p. 42-48.

Primit la redacție: 23 martie 2011.

CERCETĂRI ȘI DESCOPERIRI RECENTE IN FIZICA

SUPERSIMETRIA CERCETATĂ CU ACCELERATORUL LARGE HADRON COLLIDER

Teoria supersimetriei care reunește câmpurile fermionice și bosonice este considerată ca o posibilă generalizare a Modelului Standard al particulelor elementare. Cu ajutorul detectorului ATLAS de la Large Hadron Collider (LHC), a fost realizat un experiment de căutare a efectelor prezise de modelele de supersimetrie pentru coliziuni PP cu energia de 7 TeV în sistemul de coordonate al centrului de masă. Au fost cercetate procesele de transformare a particulelor, în care în starea finală pot fi prezenți leptoni izolați, jeturi hadronice sau "impuls pierdut" (missing momentum), adică impulsul preluat de particulele supersimetrice cu secțiune de interacțiune foarte mică. Asemenea particule pot fi, în special, particulele de materie întunecată din Univers, care încă nu poate fi înregistrată. În experiment nu s-au înregistrat abateri de la previziunile Modelului Standard, fapt care impune noi constrângeri asupra parametrilor din modelele supersimetrice. De exemplu, într-una din variantele de supersimetrie - supergravitație minimă cu mase egale ale squark-ului și gluino - masele sub 700 GeV ale squark-ului sunt excluse cu un nivel de încredere de 95%. O restricție similară, dar fără a se specifica modelul de supersimetrie, a fost obținută în experimentul CMS de la LHC. După rezultatele CMS, masa squark-ului trebuie să fie mai mare de 400 GeV. Este de așteptat ca această masă să fie mai mică de câțiva TeV, pentru că în acest caz supersimetria rezolvă elegant problema corecțiilor radiative la masa bozonului Higgs. În acest caz, șansele de a găsi efectele supersimetriei la LHC sunt suficient de mari.

Sursa: Phys. Rev. Lett. 106 131802 (2011)

Selecție și traducere – Ștefan D. Tiron