

UTILIZAREA TEHNOLOGIEI DIC (DETENTĂ INSTANTANEE CONTROLATĂ) LA DESHIDRATAREA FRUCTELOR

Adriana Muscalu¹, Marian Vintilă², Cătălina Tudora¹, Cristian Sorică¹, Ancuța Petre¹

¹Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Mașini și Instalații Destinate Agriculturii și Industriei Alimentare – INMA București

²Institutul de Cercetare și Dezvoltare pentru Industrializarea și Marketingul Produselor Horticole "HORTING" București

Cuvinte cheie: detentă instantanee controlată, deshidratare, fructe, textură.

INTRODUCERE

Fructele pot conține mai mult de 80% apă, fiind clasificate ca mărfuri foarte perisabile, cu o rată ridicată de deteriorare rapidă. Uscarea poate fi o alternativă fezabilă de valorificare a surplusului de fructe de pe piață. Prin acest proces, apa este îndepărtată din fructe prin vaporizare sau sublimare, inhibându-se astfel reacțiile de degradare chimică, enzimatică sau microbiană, la care aceasta ar fi participat. Mecanismele de transfer, cum ar fi temperatura și viteza aerului, presiunea vaporilor și a aerului de uscare, difuzia umidității în produs, suprafața expusă la uscare și grosimea acesteia, influențează viteza de uscare. Procesul de uscare combină transferul de căldură cu cel de masă, pentru aceasta fiind necesară energie. Uscarea convectivă (cu ajutorul curenților de aer cald, naturali sau artificiali) reprezintă cea mai comună metodă de uscare a fructelor. Au fost studiate și dezvoltate și alte tehnologii de deshidratare a fructelor, utilizându-se: uscarea osmotică / osmoconvectivă, cea prin vid, uscare solară, uscare prin congelare etc. Dintre tehnicile inovatoare de deshidratare a fructelor, studiate și dezvoltate pentru păstrarea calității și protejarea împotriva deteriorării a produselor rezultate, face parte și procedeul DIC - Detentă Instantanee Controlată (orig. fr. Détente Instantanée Contrôlée), considerat un tratament tip HTST (High-Temperature Short-Time)(Nwankwo S. et al. 2021, Hasan M. et al 2019, Guiné R. 2018).

MATERIAL ȘI METODĂ

Procedeul Detenta Instantanee Controlată (DIC) constă în efectuarea unui tratament termic de scurtă durată (câteva zeci de secunde) finalizat prin detenta ultrarapidă (<200ms) în vid. Procesul se desfășoară într-un timp foarte scurt (<60s), prin parcurgerea mai multor etape (fig.1): 1. Vacuumarea preliminară a materiei prime, aflate inițial la presiunea atmosferică; 2. Injectarea de vapori de apă sub presiune ($T < 200^{\circ}\text{C}$, $P < 20$ bar); 3. DIC realizată prin scăderea bruscă a presiunii; 4. Revenirea produsului la presiunea atmosferică.

Principiul teoretic al procesului: materia prima constituită din fructe, aflată inițial la presiunea atmosferică este vidată, pentru a se asigura o suprafață maximă de contact între aceasta și agentul de deshidratare (abur). Pentru a atinge presiunea ridicată de procesare, materia prima este încălzită un timp scurt (10-60 s) prin injectarea de vapori de apă saturați (uscați), sub presiune (până la 1 Mpa). Creșterea temperaturii produsului și condensarea vaporilor, determină creșterea conținutului de umiditate al produsului cu 0,1 g H₂O / g produs uscat de bază - su. După încălzire are loc perioada de tratament cu temperatură constantă. Apoi, produsului i se aplică DIC, prin scăderea bruscă a presiunii cu 5 bar/s, spre vid (3–5 kPa), într-un timp foarte scurt (10-60 ms), fapt ce implică autoevaporarea apei din produs și răcirea rapidă, cu producerea unei cantități de abur și destinderea acestuia. Procesul se încheie prin egalizarea presiunii cu cea atmosferică (Hamoud-Agha M. et al. 2019).

Pentru îmbunătățirea parametrilor de proces cât și a calității produselor rezultate, uscarea convectivă cu aer cald (CAD) a fost cuplată cu DIC, sub denumirea de "Swell-drying" SD. Acest tip de uscare presupune aplicarea DIC după o etapă de uscare convențională cu aer cald, când produsul are o textură elastică (conținutul de apă fiind de 20–30 g H₂O/100 g su sau între două etape de uscare cu aer. Combinația este considerată o alternativă inovativă, flexibilă și ușor de realizat pentru intensificarea procesului de uscare, putând fi aplicată mai multor tipuri de produse alimentare, printre care și fructele.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

- "Swell-drying" a fost aplicată și studiată pentru **măr** (*Malus domestica*) pentru obținerea unei texturi aerate a produsului finit. Conținutul inițial de apă al acestui fruct este ridicat, fiind cuprins între 4 - 7 g H₂O / g su (bază uscată) sau fiind de 80% - 87,5% (pe bază umedă). Pentru a se obține un conținut final de apă de 0,04 g H₂O / g su, s-a aplicat o primă etapă de pre-uscarea CAD pentru un conținut de apă al produsului de 0,14 g H₂O / g su, urmată de etapă de texturare prin aplicarea procedurii DIC și o etapă finală de uscare CAD. Pentru produsele supuse la DIC, etapa de post-uscarea s-a desfasurat foarte rapid. Scăderea umidității de la 0,14 la 0,04 g H₂O / g su, a necesitat doar 1 h, comparativ cu 6 h pentru produsele netratate. De asemenea, pentru produsele supuse unui tratament DIC caracterizat de $p=300$ kPa și $t=80$ s, s-a constatat o creștere semnificativă a conținutului de quercetină (care acționează ca un antioxidant) în produsele finale, de 5-7 ori, față de cantitatea inițială, înainte de tratament (Pech-Almeida J.L et al. 2021).
- Prin combinarea uscării parțiale cu aer, a procedurii DIC, a congelării și dezghețării s-a urmărit minimizarea pierderii fermității texturii merelor congelate/dezghețate. Probele de mere proaspete (conținut de apă 700% su) au fost complet înghețate la -30°C la două viteze de îngheț, fiind apoi dezghețate la 4°C . Probele de mere deshidratate parțial CAD (temp. aer 45°C , viteză aer 2m/s, umid. relativă aer 12%) până la un conținut de apă de 200, 100 și 30% bază uscată (su) și apoi tratate DIC ($p=0,2$ MPa, $t=25$ s) au fost înghețate și dezghețate, în aceleași condiții. Față de merele netratate, aplicarea uscării parțiale în aer, urmată de DIC, ca pretratare de congelare a avut ca rezultat reducerea timpului de decongelare cu 65% și respectiv 93% pentru probele cu un conținut de apă de 200% și respectiv 100% su. Pentru merele netratate, congelate/decongelate exudatul de apă a fost de 12%, pentru cele tratate, cu un conținut de 100% su, acesta a fost mai mic de 2%. Fermitatea merelor decongelate a fost cu atât mai mare, cu cât conținutul de apă a fost mai mic (Leila Ben Haj Said L. et al.2021).
- "Swell-drying" a fost aplicată și pentru **căpsuni** (*Fragaria vesca* var. Vesca). Acestea au fost tăiate manual în bucăți de 2 cm grosime, fiind apoi pre-uscate sub CAD la 50°C până la un conținut de apă cuprins între 0,05 și 0,20 g H₂O/g su. După aceea, s-a aplicat tratamentul DIC, urmat de o uscare finală la 50°C , până la un conținut de apă de 0,05 g H₂O/g su. Rezultatele obținute au aratat că datorită aplicării DIC, la o presiune cuprinsă între 220-350 kPa, rata de expansiune a fructelor uscate este de 2,4 ori mai mare decât a fructelor netratate, iar timpul de uscare se reduce cu până la 63%. Cele mai ridicate niveluri de fenoli, flavonoide și antociani, precum și activități antioxidante ale căpsunilor deshidratate se obțin atunci când se aplica DIC la o presiune de 350 kPa, timp de 10 s (Alonzo-Macías M. et al. 2013).
- În cazul **bananelor** (*Musa paradisiaca*), fructele proaspete au fost tăiate în bucăți de aprox. 16x16x2 mm, fiind uscate inițial cu aer cald la temperatura de 50°C , până la un conținut de apă de 0,25 g H₂O/g su. Apoi, au fost supuse procedurii DIC, urmat de o uscare finală cu aer cald la temperatura de 70°C , până la un conținut de apă de 0,075 g H₂O/g su. La finalul uscării, bucățile de banană au fost măcinate. În urma aplicării DIC s-a constatat că difuzivitatea apei în produsele rehidratate, a crescut cu 23%. De asemenea, în urma analizei statistice, s-a constatat o creștere de 2,9 ori a capacității de reținere a apei pentru produsele supuse DIC, ajungând la 7,8 g H₂O / g su față de 2,0 g H₂O / g su, pentru probele netratate. Aplicarea DIC în procesul de uscare al bananelor a inhibat transformarea amidonului în zahăr redus. Însă, din punct de vedere al capacității de reținere a uleiului de banane, s-a constatat o scădere pentru probele tratate DIC, aceasta fiind de 0,60 g ulei/g su, față de valoare de 1,30 g ulei/g su, înregistrată pentru probele netratate (Setyopratomo P. et al. 2012).
- **Curmalele** (*Phoenix dactylifera* L.) din soiul Zaghloul au fost uscate inițial până la un conținut de apă de 12% pe bază uscată, fiind apoi supuse DIC, variindu-se presiunea aburului saturat ($p=0,2-0,6$ MPa) și timpul ($t=9-35$ s) pentru evaluarea efectului asupra culorii, texturii și calității senzoriale ale produsului finit. Pentru DIC, caracterizat de $p = 0,6$ MPa și $t = 22$ s, s-au identificat caracteristici texturale optimizate, dar prezentând o ușoară îngălbenire. Cele mai bune proprietăți de culoare s-au obținut pentru aplicarea DIC la $p = 0,2$ MPa și $t = 22$ s. Pentru probele de curmale tratate cu SD, raportul de expansiune a fost cu 46% mai mare, iar duritatea a fost cu 262% mai mică, decât pentru cele uscate cu aer cald (Mounir S. et al. 2020).

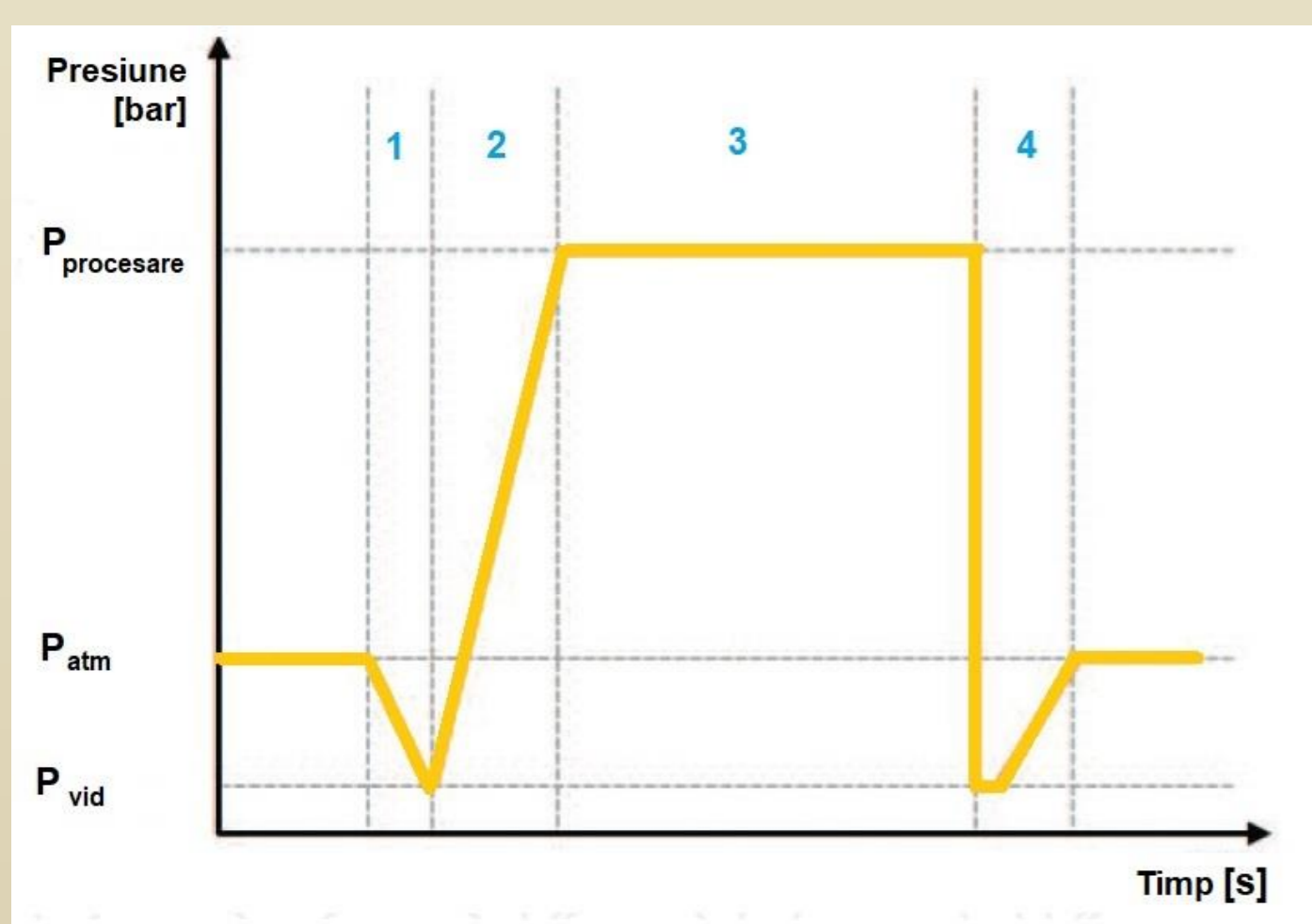


Fig. 1. Variația presiunii în funcție de timp, în procedeul DIC (Hamoud-Agha M. et al. 2019)

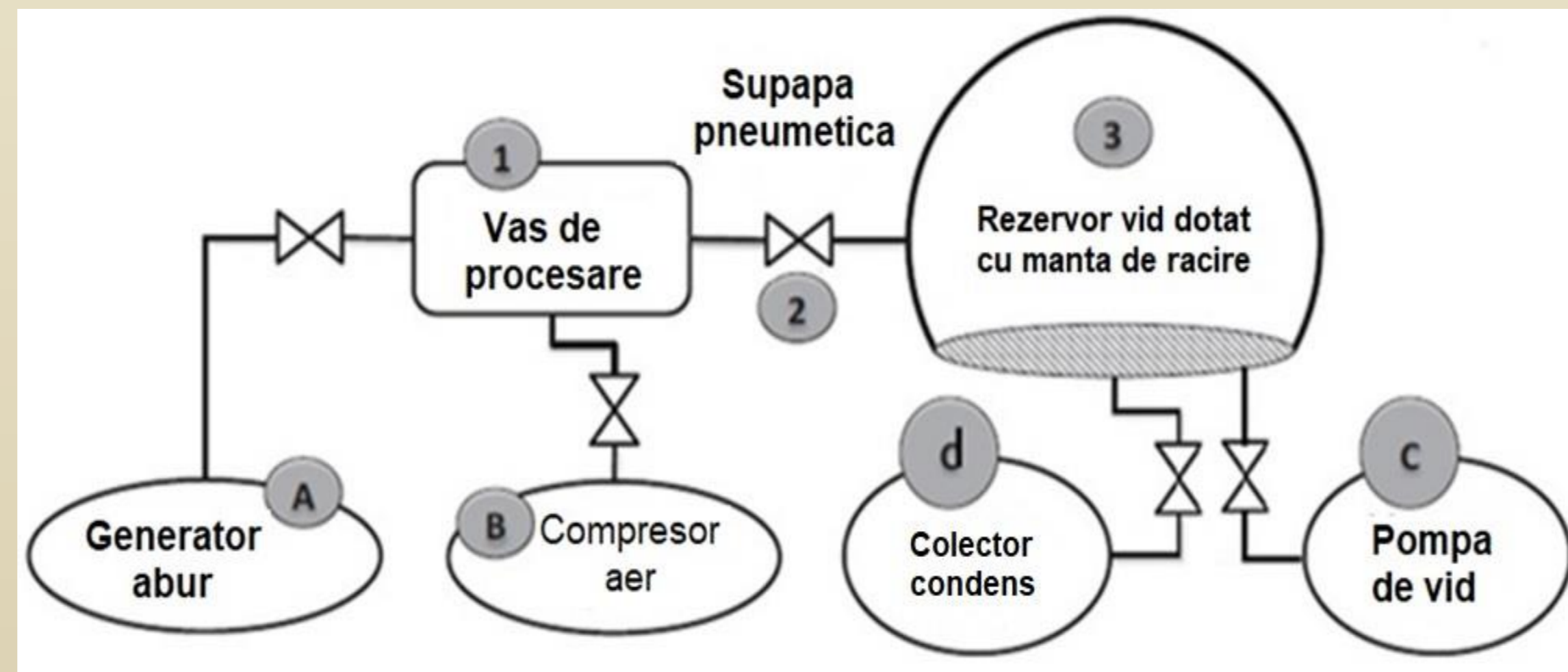


Fig. 2 Schema unui echipament tip DIC (Hajji W. et al.2018)



Fig.3 Principalele aplicații ale tehnologiei DIC în procesarea alimentelor (Pech-Almeida J.L et al. 2021)

CONCLUZII

În urma studierii efectelor aplicării combinației între uscarea convectivă cu aer cald (CAD) și procedeul DIC (Detenta Instantanee Controlată), realizată ca "Swell-drying" pentru specii de fructe, mai mult consumate pe glob, s-a constatat reducerea substanțială a timpului de uscare și îmbunătățirea calității integrale a produselor finite, fructele uscate. Textura umflată (expandată) a acestora răspunde cererii consumatorilor referitoare la alimente sănătoase, menținute fără aditivi sau conservanți chimici. Prin adoptarea acestui tip de uscare, fermierii pot reduce pierderile de fructe proaspete. În plus, DIC realizează și o decontaminare a fructelor uscate, datorită impactului termic combinat cu cel mecanic, manifestat asupra fructelor tratate și implicit asupra microorganismelor. În continuare, sunt necesare studii referitoare la cuplarea procedurii DIC cu alte tehnologii, cum ar fi uscarea cu microunde sau cea cu infraroșu, în vederea îmbunătățirii continue a parametrilor procesului de uscare și a calitatii fructelor uscate.