

Suszenie plazmy krwi — ocena jakości i metody prowadzenia procesu

Urszula Cywińska

Czesław Strumiłło

Ireneusz Zbiciński

Katedra Inżynierii Bioprocessowej

Wydział Inżynierii Procesowej

i Ochrony Środowiska

Politechnika Łódzka

1. Wprowadzenie

Według szacunków FAO — Organizacji ds. Wyżywienia i Rolnictwa oraz WHO — Światowej Organizacji Zdrowia bezpośredni poziom spożycia białka dla dorosłego człowieka wynosi 0,75 g/kg wagi ciała na dobę, co oznacza roczne, globalne zapotrzebowanie około 80 mln ton [1]. Obecnie gospodarka światowa potrafi wyprodukować nieco powyżej 80 mln ton. Jest to jednak bilans pozorny. Część wyprodukowanego białka psuje się przed spożyciem, część w formie odpadów jest wyrzucana chociaż posiada wartość odżywczą, wreszcie 2/3 produkowanego białka należy traktować jako niepełnowartościowe. Pośredni jego deficyt związany jest z nieefektywną konwersją białka roślinnego na zwierzęce — wyprodukowanie 1 kg mięsa wymaga 10 kg ziarna zbóż. Obecnie szacuje się deficyt białka na 15 mln ton rocznie [2]. Przewiduje się, że będzie on wzrastał i w 2000 r. osiągnie 22 mln ton.

Podstawowa rola białek w pożywieniu polega na dostarczeniu organizmowi materiału do budowy własnych białek ustroju (w przypadku wyższych zwierząt — głównie mięśni, plazmy i enzymów). Wartość odżywcza białek jest tym większa im bardziej ich skład aminokwasowy zaspokaja potrzeby organizmu, im są bardziej podatne na hydrolizę i wchłanianie. Spośród surowców naturalnych najwięcej białka zawierają nasiona roślin strączkowych (27 ÷ 44%) oraz mięso zwierząt i ryb (12 ÷ 22%) [3].

Prace nad rozwiązaniem — bądź przynajmniej nad złagodzeniem — problemu deficytu białka trwają od wielu lat na całym świecie i prowadzone są w wielu kierunkach, np. [1]:

- optymalne wykorzystanie potencjału paszowego kraju,
- synteza chemiczna substancji białkowych i ich wykorzystanie do celów paszowych lub żywnościowych,

- biosynteza pasz białkowych dla trzody i drobiu w oparciu o surowce nieprzydatne w żywieniu człowieka,
- produkcja jadalnego białka zwierzęcego z różnych, dotychczas nie wykorzystanych lub nieracjonalnie wykorzystanych źródeł,
- zastąpienie w żywieniu zwierząt i ludzi w możliwie największym stopniu białek zwierzęcych białkami roślinnymi.

Współcześnie realną perspektywę zrównoważenia bilansu białka jadalnego stanowi produkcja i użytkowanie białek w formie preparatów białkowych [1,4,5]. Surowcami do ich wytwarzania są: soja, rzepak, bobik [6,7] lub glony, mięsa mniej cennych ryb [8] białka biomasy bakterii i pleśni [9] oraz plazma krwi [10,11,12].

2. Plazma krwi — źródło surowcowe do produkcji preparatów białkowych

Krew jest najbogatszym w białko produktem ubocznym przemysłu spożywczego. Ilość białka we krwi przewyższa jego zawartość w mięsie i dochodzi do 24%. Koszt białka strawnego we krwi jest dwukrotnie niższy niż białka w serwatce, 7-krotnie w porównaniu do białka w suszu traw, 17-krotnie niższy od białka w śrucie jęczmiennej i 43-krotnie od białka w ziemniakach [3,4]. Istotnym argumentem jest dostępność tego surowca, szczególnie w obszarze tzw. krwi technicznej, otrzymywanej w czasie uboju sposobem tradycyjnym. Oblicza się, że duża część tej krwi (20%) ulega stratom i nie jest zagospodarowywana.

Krew zwierząt rzeźnych, podobnie jak inne surowce naturalne służące do produkcji preparatów białkowych jest przetwarzana z zastosowaniem różnych metod technologicznych; im wyższa zawartość białka w preparacie tym proces jego produkcji jest bardziej złożony. W Polsce produkcja koncentratów, izolatów, hydrolizatów białkowych, upostaciowionych preparatów białkowych itp. nie jest tak rozwinięta jak w innych krajach [1,4]. Najczęściej po oddzieleniu krwinek (na wirówkach) frakcja plazmy po wstępnym zateżeniu (na wyparkach np. próżniowych lub cienkobarstwowych albo przy użyciu ultrafiltracji) jest suszona i wykorzystywana w przemyśle mięsny jako składnik do produkcji przetworów mięsnych. Stabilność i wysoką jakość plazmy krwi można osiągnąć między innymi przez prawidłowe jej suszenie.

3. Denaturacja białek plazmy krwi podczas suszenia

Denaturacja białka jest to zmiana natywnego, a zatem odpowiadającego fizjologicznym warunkom, trójwymiarowego układu łańcucha polipeptydowego w mniej uporządkowaną strukturę [3,13,14]. Zniszczeniu lub zdeformowaniu

ulega IV, III lub II-rzędowa struktura białka bez hydrolitycznej degradacji łańcucha polipeptydowego. Denaturację białka wywołują niektóre czynniki fizyczne, takie jak: ogrzewanie, wysychanie, ultradźwięki, promieniowanie krótkofalowe i wstrząsanie wodnych roztworów białka w atmosferze powietrza. Do chemicznych czynników denaturujących należą kwasy, zasady, jony metali ciężkich, organiczne aniony, mocznik, amidy kwasowe, detergenty, fenol, chloroform, rozpuszczalniki mieszające się z wodą (np. aceton, alkohol) itp.

W czasie tradycyjnego suszenia podstawowym czynnikiem denaturującym jest ciepło. Wywołuje ono energiczny ruch termiczny również i tych atomów, między którymi wytwarzają się wiązania wodorowe [13]; dochodzi wówczas do rozerwania wiązań wodorowych. W odpowiednich warunkach denaturacja cieplna prowadzi do koagulacji. Istotą tego procesu jest rozwinięcie łańcuchów peptydowych i zlepianie ich w duże agregaty. Rozkład grup polarnych nie pozwala na dostateczne uwodnienie, stąd też zdenaturowane białko w punkcie izoelektrycznym jest nierozpuszczalne [15,16]. Dlatego pomiar rozpuszczalności jest najczęściej używany do określania rozmiaru oddziaływania procesów termicznych na produkt [1, 17 ÷ 24].

Kinetyka procesów degradacji wyrażana jest równaniem kinetycznym I rzędu:

$$r_d = \frac{dA}{dt} = k_d A \quad (1)$$

natomiast stałą szybkości degradacji określa równanie Arrheniusa:

$$k_d = k_\infty \exp\left(-\frac{E_d}{RT}\right) \quad (2)$$

4. Rozpuszczalność białek — miernik stopnia denaturacji termicznej

Rozpuszczalność substancji białkowych jest najczęściej wyrażana wartością współczynnika rozpuszczalności substancji azotowych (NSI) lub rozproszenia białka (PDI). Pomimo bliskożnaczności pojęciowej i metod oznaczania oba te wyróżniki nie dają identycznych wyników; wartości PDI są wyższe niż NSI [1]. Dla niskich wartości NSI i PDI, oba wskaźniki przestają obrazować stopień oddziaływania ciepła na białko i nie mogą być brane pod uwagę przy ocenie daleko posuniętych zmian denaturacyjnych. Przyjmuje się, że wartości PDI równe 10 ÷ 30 wskazują na dostateczną obróbkę termiczną dla uzyskania dobrej wartości odżywczej białek [1]. Zestawienie metod stosowanych do oznaczania rozpuszczalności białek przedstawia tab. 1.

Całkowitą zawartość białka w wysuszonym proszku plazmy krwi można oznaczyć metodą Kjeldahla [19,28]. Oparta jest ona na oznaczaniu azotu aminokwasowego, bez względu na fakt, czy białko jest zdenaturowane czy też nie. Zazwyczaj jednak w celu określenia w jakim stopniu udaje się zachować

właściwości suszonego produktu wykorzystuje się, jak już wspomniano, badanie rozpuszczalności produktu po suszeniu.

Pham [20] mierzył rozpuszczalność produktu umieszczając 2,5 g wysuszonego proszku krwi w cylindrze wirówki, uzupełniając do 25 ml destylowaną wodą, mieszając przez delikatne odwracanie cylindra wirówki przez 16 h w 2°C, wirowanie (2500 g) próbki przez 30 min i analizując w supernatancie rozpuszczone białko metodą Lowry'ego.

TABELA 1

ZESTAWIENIE METOD STOSOWANYCH DO OZNACZANIA ROZPUSZCZALNOŚCI BIAŁEK PREPARATÓW ROŚLINNYCH [1]

Metoda		Omówienie
nazwa w j. polskim i j. angielskim	skrót ang.	
wsp. rozpuszczalności subst. azotowych — <i>nitrogen solubility index</i>	NSI	ilość (%) substancji azotowych próbki, które przeszły do supernatantu po odwirowaniu zawiesiny mieszanej w stałej temperaturze przy użyciu wolnoobrotowych mieszadeł (< 500 obr/min)
wsp. rozproszenia białka — <i>protein dispersibility index</i>	PDI	oznaczany podobnie jak NSI z tym, że do mieszania używa się szybkoobrotowych mieszadeł (> 500 obr/min) i temp. pomiaru nie jest kontrolowana
białko zdyspergowane w wodzie — <i>water dispersible protein</i>	WDP	starsza forma PDI; wyniki podawano jako procent produktu rozproszonego, a nie białek
białko rozpuszczalne w wodzie — <i>water soluble protein</i>	WSP	wyraża % białek (N*6,25) pozostałych w roztworze w izoelektrycznym punkcie globulin danego produktu w stosunku do białka w nieodwirowanym roztworze
krzywa rozpuszczalności substancji azotowych — <i>nitrogen solubility curve</i>	NSC	wykreślana na podstawie zawartości (%) substancji azotowych preparatu, które przeszły do roztworu w określonych wartościach pH (najczęściej w zakresie pH od 2 do 12), przy zmianie wartości pH co 0,5 lub 1 jednostkę; wykonanie poszczególnych oznaczeń podobnie, jak w metodzie NSI czy PDI
krzywa wytrącania białek — <i>protein precipitate curve</i>	PPC	ekstrakcję substancji azotowych z próbki prowadzi się w pH uznanym za optymalne (na podstawie krzywej rozpuszczalności); w otrzymanym ekstrakcie wytrąca się białka przy różnych wartościach pH; osad oddziela się, a w supernatancie oznacza się zawartość azotu ogólnego; wyniki wyraża się jako % substancji azotowych w odniesieniu do określonych wartości pH, na podstawie których wykreśla się krzywą

W badaniach własnych białko w supernatancie oznaczano metodą kolorymetryczną wykorzystując fotometr EPOLL-2. Zasada oznaczania polega na zadaniu surowicy odczynnikiem biuretowym w celu wywołania reakcji biuretovej z zawartym w niej białkiem. Odczynnik ten reaguje z wiązaniami peptydowymi -CO-NH-, które łączą aminokwasy w łańcuchu peptydowym [15]. Natężenie niebieskofioletowego zabarwienia nasila się równolegle ze wzrostem stężenia białka.

5. Suszarki do plazmy krwi

Jednym z najbardziej rozpowszechnionych aparatów suszarniczych, polecanych szczególnie dla suszenia wielkotonażowych produktów wrażliwych termicznie, jest suszarka rozpryskowa [4,25 ÷ 27]. Jednakże aparat ten posiada również pewne wady, do których zaliczamy głównie:

- 1) niskie wydajności jednostkowej szybkości odparowania z jednostki objętości aparatu, $7 \div 8 \text{ kg H}_2\text{O/m}^3\text{h}$,
- 2) dużą kubaturę instalacji wymagającą znacznych powierzchni instalacyjnych,
- 3) wysoki koszt inwestycyjny.

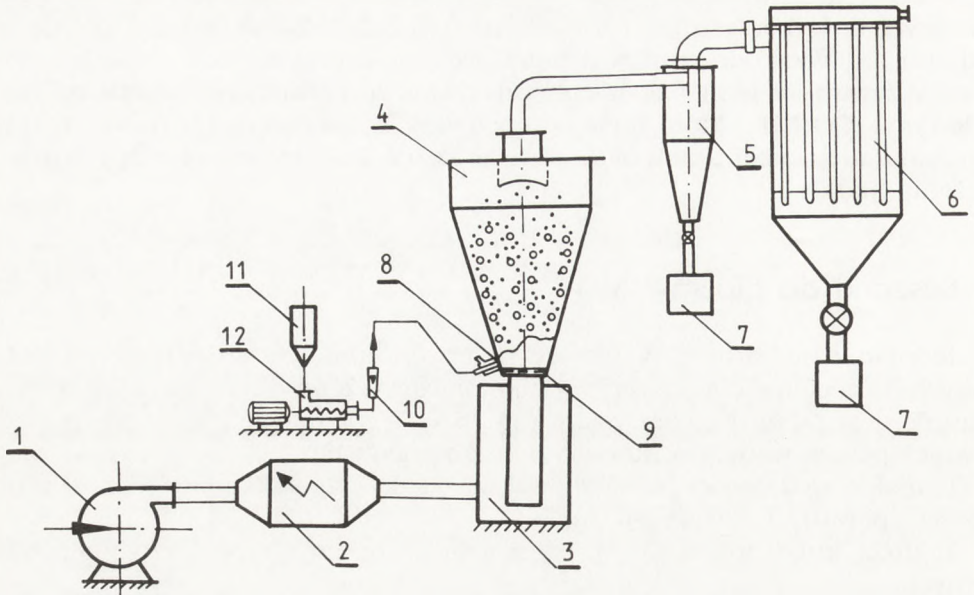
Wymienione powody skłaniają do poszukiwania nowych rozwiązań aparaturowych. Jednym z nich jest suszarka fontannowa ze złożem materiału inertnego [4,25]. Suszarka ta, chociaż nie znalazła jeszcze szerszego przemysłowego zastosowania, rozpatrywana jest jako konkurencyjne rozwiązanie w stosunku do suszarki rozpryskowej.

Technika ta polega na wprowadzeniu do fontannującego złoża materiału inertnego (np. krajanki teflonowej) wilgotnego materiału, który pokrywa to złożo cienką warstewką. W wyniku procesu odparowania warstewka ta staje się krucha i rozpada się. Zderzenia między cząsteczkami inertnymi oraz ze ścianką aparatu dają produkt w formie proszku, który razem z gazem odłotowym jest wyprowadzany z suszarki i kierowany do urządzeń rozdzielających.

Schemat takiej instalacji pokazany jest na rys. 1. Zawiesina materiału suszonego tłoczona jest ze zbiornika (11) do dyszy pneumatycznej (8). Powietrze przepływające poprzez nagrzewnicę (2) wprawia materiał inertny, spoczywający na sicie (9), w stan fontannowania. Produkt suszony opuszczający dyszę (8) napylany jest na materiał inertny. Wysuszony produkt zatrzymywany jest w cyklonie (5) i w filtrze workowym (6).

Alternatywną metodą suszenia produktów termoczułych, która może być wykorzystywana do suszenia plazmy krwi, jest suszenie kontaktowo-sorpcyjne. Metoda ta polega na wymieszaniu produktu suszonego z nośnikiem-sorbentem. W wyniku bezpośredniego kontaktu następuje absorpcja wilgoci przez nośnik i jednoczesne termiczne usuwanie wody z uzyskanej w ten sposób mieszaniny.

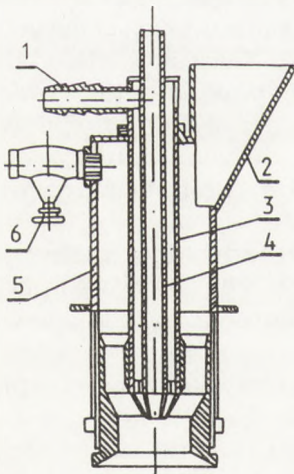
W praktyce kontaktowo-sorpcyjną metodę suszenia stosuje się w wielu wariantach, np. wymieszanie zawiesiny z sorbentem, granulacja i suszenie



Rys. 1. Schemat suszarki fontannowej ze złożem materiału inertnego: 1 — wentylator tłoczący, 2 — nagrzewnica, 3 — zbiornik buforowy, 4 — suszarka, 5 — cyklon, 6 — filtr tkaninowy, 7 — odbieralnik suchego produktu, 8 — dysza pneumatyczna, 9 — sito, 10 — rotametr, 11 — zbiornik materiału wilgotnego, 12 — pompa ślimakowa.

w warunkach fluidyzacji; rozpylanie ciekłej zawiesiny biomasy nad fluidalnym złożem sorbentu, recyrkulacja części produktu itp.

Interesujące rozwiązanie techniczne stosowane przy suszeniu kontaktowo-sorpcyjnym zostało zaprezentowane w pracy [27]. Trójkanałową dyszę do jednoczesnego rozpylania materiału biologicznego i sorbentu przedstawia rys. 2. Zewnętrzną rurą (3) dostarczane jest sprężone powietrze, które rozpyla materiał biologiczny doprowadzany rurą (4). Sorbent magazynowany w zbiorniku (2), transportowany jest sprężonym powietrzem rurą (5). Przykład konstrukcji z zastosowaniem tego typu dyszy pokazany jest na rys. 3. Autorzy [27] twierdzą, że przy zachowaniu niskiej temperatury czynnika suszącego zarówno jakość uzyskiwanego produktu jak i efektywność termiczna procesu są wysokie.



Rys. 2. Schemat trójkanałowej dyszy rozpylającej: 1 — gorące sprężone powietrze, 2 — zbiornik nośnika, 3 — kanał doprowadzający sprężone powietrze, 4 — kanał doprowadzający biomasę, 5 — kanał doprowadzający nośnik, 6 — króciec do przedmuchiwania kanału zewnętrznego.

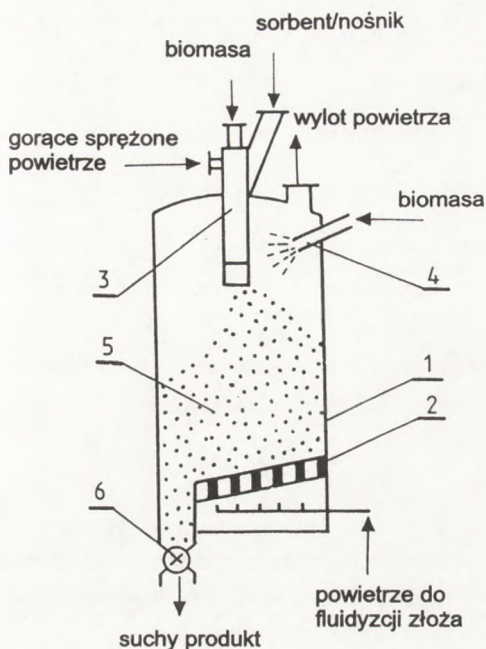
6. Suszenie plazmy krwi w suszarce fontannowej ze złożem materiału inertnego

Przykładowe wyniki badań suszenia plazmy krwi w suszarce fontannowej ze złożem materiału inertnego przedstawiono na rys. 4 ÷ 6 (25). Jako kryterium jakości przyjęto względną zawartość niezdegradowanego białka A [%] określaną kolorymetrycznie. Dla ustalonych parametrów procesu suszenia pobierano próbkę materiału na wylocie z suszarki. Następnie próbkę poddawano analizie na zawartość niezdegradowanego białka w fotometrze EPOLL-2.

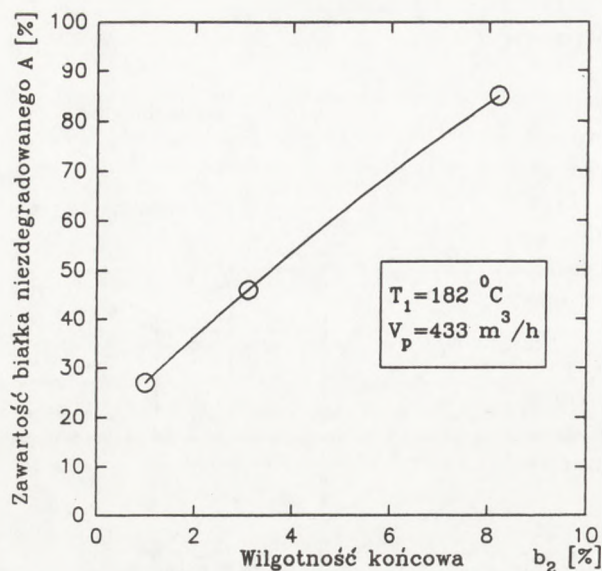
Zmiany zawartości niezdegradowanego białka w próbce dla stałej temperatury początkowej i tej samej szybkości przepływu czynnika suszącego w funkcji końcowej zawartości wilgoci materiału przedstawia rys. 4. Zmiany końcowej zawartości wilgoci (b_2) materiału uzyskiwano stosując różne szybkości zasilania. W celu utrzymania równomiernego obciążenia złoża wraz ze zmianą szybkości zasilania zmieniano także masę materiału inertnego. W badanym zakresie szybkości zasilania nie zaobserwowano wpływu zmiany masy złoża materiału inertnego na przebieg procesu suszenia i degradacji produktu. Z rys. 4 wynika, że ze zmniejszeniem się końcowej zawartości wilgoci w plazmie krwi następuje drastyczny spadek zawartości białka niezdegradowanego (z 80% przy $b_2 = 8\%$ do 33% przy $b_2 = 2\%$). Norma jakościowa ZN-75 MPSS/M-1/90 dopuszcza zawartość wilgoci do poziomu max 10%. W tych warunkach suszarka fontannowa ze złożem materiału inertnego zapewnia wysoką jakość produktu.

Rys. 5 stanowi uzupełnienie rys. 4 i pokazuje degradację plazmy krwi w funkcji szybkości zasilania w identycznych warunkach operacyjnych. Na rys. 5 zaznaczono także zmianę masy złoża materiału inertnego, co potwierdza wniosek, że w badanym zakresie masa złoża materiału inertnego nie ma wpływu na przebieg procesu suszenia.

Najważniejszym parametrem decydującym o jakości produktu końcowego jest temperatura czynnika suszącego na wlocie do suszarki. Wpływ temperatury powietrza na wlocie do suszarki na zawartość niezdegradowanego białka



Rys. 3. Urządzenie do suszenia kontaktowo-sorpcyjnego: 1 — suszarka, 2 — przegroda sitowa, 3 — trójkanałowa dysza rozpylająca, 4 — dodatkowa dysza do rozpylania biomasy, 5 — złoże, 6 — turnikiet.



Rys. 4. Zmiany zawartości niezdegradowanego białka w funkcji wilgotności końcowej.

w próbie dla dwóch różnych szybkości zasilania pokazuje rys. 6. W obu przypadkach widzimy znaczny spadek jakości produktu ze wzrostem temperatury. Przy odpowiednio wysokich szybkościach zasilania stosowanie nawet bardzo wysokich temperatur czynnika suszącego na wlocie (np. 200°C) pozwala na uzyskanie zadowalającej zawartości białka niezdegradowanego (około 70% przy szybkości zasilania 9 kg/h).

Z rysunku wynika także, że przy niskich szybkościach zasilania nawet stosowanie niższych temperatur wlotowych powietrza prowadzi do znacznej degradacji produktu (60% niezdegradowanego białka przy 160°C i szybkości zasilania 6 kg/h).

Uzyskanie wysokiej końcowej jakości produktu wymaga starannej optymalizacji parametrów operacyjnych w tego typu suszarce.

Porównanie względnej zawartości niezdegradowanego białka i zawartości wilgoci w plazmie krwi wysuszonej w suszarce liofilizacyjnej, rozpryskowej i fontannowej ze złożem materiału inertnego przedstawia tab. 2.

TABELA 2
OCENA PRZYDATNOŚCI WYBRANYCH SUSZAREK DO SUSZENIA PLAZMY KRWI

Suszarka	Parametry kontrolne	
	końcowa zawartość wilgoci, b_2 [%]	zawartość białka niezdegradowanego, %
liofilizacyjna	5 ÷ 6	92,1
rozpryskowa, Zielona Góra	8,8	24,6
rozpryskowa półtechniczna	10,4	42,3
fontanna PŁ [25]	4,7 ÷ 8,1	26,1 ÷ 85,6

Plazma wysuszonej w suszarce liofilizacyjnej zawierała 92,1% niezdegradowanego białka przy końcowej zawartości wilgoci 5 ÷ 6%. Są to parametry nieosiągalne w żadnym innym typie suszarek, jednakże ze względu na koszty

prowadzenia procesu metoda ta jest stosowana tylko do suszenia produktów drogich, nie nadaje się natomiast do wielkotonażowego suszenia plazmy krwi i może mieć tylko znaczenie porównawcze.

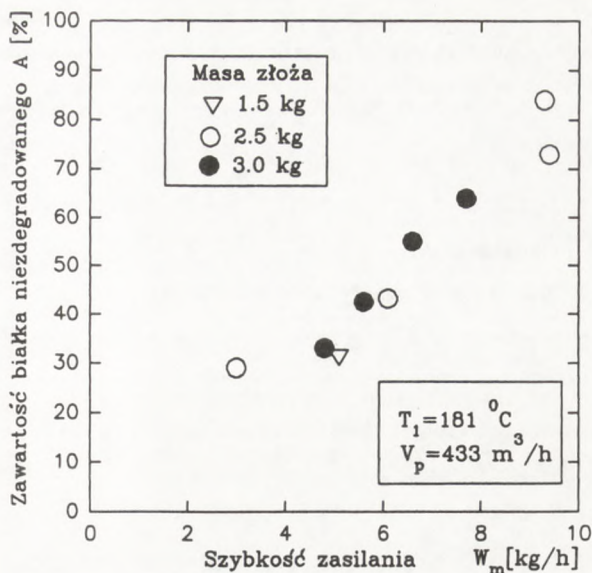
Z danych zawartych w tab. 2 wynika, że suszenie plazmy krwi w suszarce rozpryskowej oraz fontannowej daje gorsze efekty. Jednakże, odpowiedni dobór parametrów operacyjnych takich jak temperatura i szybkość przepływu czynnika suszącego oraz szybkość zasilania [25] pozwala uzyskać dobre wyniki przy suszeniu plazmy krwi w suszarce fontannowej ze złożem materiału inertnego.

7. Podsumowanie

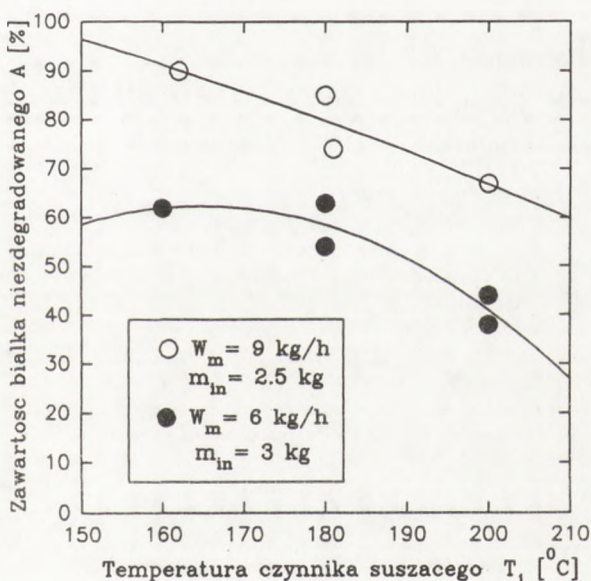
1. Dokonano przeglądu metod oceny jakości plazmy krwi. Uzasadniono wybór rozpuszczalności produktu jako miernika oddziaływania procesów termicznych.

2. Omówiono dyspersyjne i kontaktowo-sorpcyjne metody suszenia plazmy krwi. Opiszano oryginalne rozwiązania konstrukcyjne urządzeń suszarniczych.

3. Wykonano badania suszenia plazmy krwi w suszarce fontannowej ze złożem materiału inertnego. Wykazano, że w suszarce fontannowej można uzyskać produkt w peł-



Rys. 5. Degradacja plazmy krwi w funkcji szybkości zasilania.



Rys. 6. Wpływ temperatury czynnika suszącego na degradację plazmy krwi.

ni odpowiadający istniejącym normom jakościowym zarówno w odniesieniu do zawartości wilgoci jak i zawartości białka. Ustalenie właściwych parametrów operacyjnych wymaga dalszych badań.

Praca została wykonana w ramach projektu badawczego nr 1392/3/91 pt. „Opracowanie metod odwadniania i suszenia w procesach technologicznych otrzymywania produktów białkowych” sponsorowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 1991 – 1993.

Oznaczenia

A	—	aktywność, zawartość białka	—
b	—	zawartość wilgoci	%
E_d	—	energia inaktywacji	J/mol
k_d	—	stała szybkości degradacji	1/s
k_∞	—	stała charakterystyczna dla danego produktu	1/s
m_{in}	—	masa złoża inertnego	kg
r_d	—	szybkość degradacji	1/s
R	—	stała gazowa	J/(mol K)
T	—	temperatura	°C
t	—	czas	s
V_p	—	natężenie przepływu powietrza	m^3/g
W_m	—	szybkość zasilania	kg/h

Indeksy

- 1 — wlot
- 2 — wylot

Literatura

1. Rutkowski A., Kozłowski H., (1981), *Preparaty żywnościowe z białka roślinnego*, WNT, Warszawa.
2. Rutkowski A., (1972), *Problemy*, 3, 2 – 10.
3. Sikorski Z., Drozdowski B., Samotus B., Małasiński M., (1988), *Chemia żywności*, PWN, Warszawa.
4. Strumiłło Cz., Markowski A., (1990), Zastosowanie metod inżynierii chemicznej do otrzymywania koncentratów białkowych z materiałów pochodzenia naturalnego. Sprawozdanie z pracy nr I-34/0181/412z/90, Politechnika Łódzka.
5. Janicki M.A., Żółtowska A., Balicka B., Tederko A. (1975), *Gospodarka Mięsna*, 718, 5 – 13.
6. Horan F.E., (1974), *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 51, 67A – 73A.
7. Lipiec M., Krzywacka T., (1975), *Przem. Spoż.*, 30, 118 – 121.
8. Płociak J., Wojciechowski J., (1975), *Przem. Spoż.*, 29, 118 – 121.
9. Bressani P., (1968), *Single cell proteins*, Eds. Metals P.J., Tannenbaum S.R., MIT Press.
10. Zaleski S.J., Kierzkowski M., (1981), *Przegląd Hodowlany*, 2, 17 – 19.
11. Delaney R.A.M., (1977), *J. Food Technol.*, 12, 355 – 368.
12. Dąbrowski K., Gwiazda S., Rutkowski A., (1992), *Gospodarka Mięsna*, 5, 15 – 19.
13. Fasold H., (1977), *Budowa białek*, PWN, Warszawa.
14. Trojanowski J., (1975), *Biochemia dla biologów*, PWN, Warszawa.
15. Kłyszajko-Stefanowicz L., (1982), *Ćwiczenia z biochemii*, PWN, Warszawa, Poznań.
16. Kinsella J.E., (1976), *Crit. Rev. in Food Sci. and Nutr.*, 219.

17. Gwiazda S., Kocoń J., (1979), *Acta Alimentaria Polonica*, V, 2, 71 – 80.
18. Gwiazda S., Rutkowski A., (1977), *Przem. Spoż.*, XXXII, 8 – 12.
19. Povrenovic D.S., Grbavcic Z.B., Hadzismajlovic Dz.E., Vukovic D.V., Littman, (1990), *A drying of thermo-sensitive suspensions in the draft tube spout-fluid bed system*, IDS.
20. Pham Q.T., (1983), *The Canadian Journal of Chem. Eng.*, 61, 426 – 434.
21. Lasztity R., Nedelkovits J., Varga J., (1975), *Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln.*, 167, 15 – 29.
22. Poznański, (1975), *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 167, 121 – 134.
23. Wagner J.R., (1990), *J. of Food Sci.*, 55, 3.
24. Wigh A.W., (1981), *Stärke*, 5, 165 – 168.
25. Markowski A., (1992), *Can. J. Chem. Eng.*, 70, 938 – 944.
26. Laukivic Ja.Ja., Smirnov G.G., Viestur U.E., (1982), *Mikrobiologičeskie koncentraty*. Zinatnie, Riga.
27. Tutowa E.G., Kuc P.S., (1987), *Suška produktov mikrobiologičeskovo proizvodstva*, *Agropromizdat*, Moskva.
28. Bierska J., (1991), *Przegląd Mleczarski*, 5, 29 – 31.

Drying of Blood Plasma: Qualitative Evaluation and Processing Methods

Summary

The paper presents a review of methods for evaluation of blood plasma quality. The choice of product solubility taken as a measure of the effect of thermal processes was justified.

Dispersive and contact-sorption drying of blood plasma was discussed. Original design solutions of drying equipment were described.

Drying of blood plasma in a spouted bed dryer with inert material was investigated. It was proved that in the spouted bed dryer a product fully conforming with the quality standards of both moisture and protein content could be obtained. Determination of proper operating parameters needs further studies.

Key words:

contact-sorption drying, dispersive drying, quality interactions, solubility of blood plasma.

Adres dla korespondencji:

Czesław Strumiłło, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska Politechnika Łódzka, ul. Wólczańska 175, 90 – 924 Łódź.