

Technologie w suszeniu produktów mięsnych

Data wpłynięcia do Redakcji: 05/2023

Data akceptacji przez Redakcję do publikacji: 05/2023

2023, volume 12, issue 2, pp. 28-42

**Kamil Wawrzyniak, Grzegorz Ligaj,
Bartłomiej Wióra, Sandra Zielińska**
Firma Tarczyński S.A., Poland

Sylwia Baluta
Politechnika Wrocławska, Poland



Streszczenie: Przekąski stały się obecnie nieodłącznym elementem diety populacji, pozwalając na szybkie zaspokojenie głodu między posiłkami. Podczas gdy tradycyjne przekąski, takie jak chipsy ziemniaczane, są nadal wszechobecne i popularne na całym świecie, coraz częściej poszukuje się zdrowszych alternatyw, na przykład przekąski mięsne. Suszenie to jedna z najstarszych technik konserwowania żywności. Najbardziej powszechne techniki suszenia, w tym suszenie na słońcu i gorącym powietrzem, są nadal stosowane na skalę komercyjną. Jednak procesy te są często powolne, mało opłacalne i mają negatywny wpływ na końcową jakość produktu. Z tego powodu wprowadzane są nowe technologie wstępnej obróbki surowca oraz modyfikowane są kluczowe parametry suszenia w celu optymalizacji całego procesu. W niniejszym przeglądzie scharakteryzowano pod kątem wartości odżywczych suszone mięso oraz podsumowano powszechnie stosowane techniki wytwarzania tego typu wyrobów. Tarczyński S.A., lider na polskim rynku w branży przetwórstwa mięsnego, opracował nową, wysoce efektywną technologię suszenia i produkcji przekąsek mięsnych o różnych kształtach, co wpisuje się w trend nowoczesnych produktów on-the-go food.

Słowa kluczowe: suszone mięso, techniki suszenia, parametry suszenia, wartości odżywcze mięsa, przekąski mięsne

WPROWADZENIE

W związku z coraz szybszym trybem życia i brakiem czasu, przekąski stały się integralną częścią diety większości ludzi [1]. Przekąski są powszechnie definiowane jako produkty spożywane między posiłkami, służące do szybkiego zaspokojenia głodu. Co również ważne, przekąski zazwyczaj nie wymagają przygotowania, co czyni je wygodnymi dla osób w pracy, szkole czy w podróży [2]. Do najpopularniejszych przekąsek należą ciastka, chipsy, popcorn, krakersy, orzechy i nasiona, cukierki czy lody, co schematycznie przedstawiono na rys. 1 [3]. Jednak tego rodzaju przekąski są często bogate w tłuszcz, sól lub cukier przez co nie wpływają korzystnie na nasz organizm. Aby były pełnowartościowym składnikiem naszej diety, muszą być wykonane z wysokiej jakości produktów, które dostarczą szeregu składników odżywczych [4]. Mięso stanowi źródło niezbędnych składników odżywczych, dostarcza wysokiej jakości białka, witamin, składników mineralnych i innych ważnych pierwiastków [5].



Rys. 1 Przykłady powszechnych przekąsek

Branża przekąsek mięsnych odpowiada na zapotrzebowanie rynku na zdrowsze przekąski, eliminując z diety zawartość tłuszczu, soli czy cukru, podobnie jak w przypadku najpopularniejszych produktów, takich jak czipsy. Suszone przekąski mięsne to niskowęglowodanowe, wysokobiałkowe produkty o pożądanych właściwościach teksturalnych i sensorycznych oraz przedłużonym terminie przydatności do spożycia [6]. Kluczowe jest więc właściwe pochodzenie mięsa i jego właściwa obróbka. Przemysł produkcji mięsa fermentowanego eliminuje problemy związane z wyrobem tradycyjnym, takie jak nieodpowiednie środowisko hodowlane, duża ilość ścieków, produkcja metanu czy kwestia etyki zwierząt, stanowi również bezpieczne źródło pochodzenia i ułatwia sprzedaż [7]. Przemysł ten nie jest jednak wolny od ograniczeń, do których zalicza się wysoką wilgotność mięsa, co ogranicza możliwości jego przechowywania, w efekcie skutkując krótkim terminem przydatności do spożycia [6]. Ponadto procesy technologiczne stosowane obecnie w przemyśle mięsnym w dość ograniczonym stopniu wykorzystują automatyzację i robotykę oraz są nieefektywne energetycznie, co wynika m.in. z zastosowania ręcznego transportu produktu pomiędzy kolejnymi elementami procesu produkcyjnego czy nieefektywnej cyrkulacji powietrza podczas suszenia produktów.

Suszenie jest ważnym procesem mającym na celu zmniejszenie zawartości wolnej wody, a tym samym wydłużenie okresu przydatności do spożycia suszonych produktów mięsnych. Suszenie powietrzem jest najczęściej stosowaną metodą ograniczania aktywności wody w przemysłowych procesach produkcji suszu mięsnego [8]. Jednak suszenie powietrzem powoduje utwardzanie dyfuzyjne poprzez szybkie suszenie powierzchni, co skutkuje twardą teksturą i niewystarczającym wysychaniem, a samo suszenie jest jedną z najbardziej energochłonnych operacji [9]. Dodatkowo, technologie stosowane w przetwórstwie mięsnym często wymagają wysiłku wielu pracowników, co niekorzystnie wpływa na ekonomiczność procesu. Obecnie przemysł mięsny poszukuje nowych technologii, które poprawią ekonomikę produkcji poprzez wdrożenie wysokowydajnej technologii do produkcji wyrobów mięsnych, w tym przekąsek. Oprócz standardowych technik, takich jak suszenie powietrzem, stosuje się również inne techniki obejmujące suszenie na zimno, suszenie na słońcu, suszenie próżniowe, suszenie ultradźwiękowe, liofilizację, suszenie mikrofalowe, suszenie za pomocą pompy ciepła czy suszenie pulsacyjnym polem elektrycznym [10]. Choć te techniki są skuteczne w suszeniu mięsa, uważa się,

że te procesy, które wymagają wyższych temperatur, powodują degradację cennych składników odżywczych w mięsie, takich jak białko, jednocześnie obniżając jakość produktu końcowego. W niniejszym przeglądzie skupiono się na technologiach stosowanych w suszeniu wyrobów mięsnych, oraz charakterystyce efektywnej ekonomicznie technologii produkcji nowych przekąsek mięsnych przez firmę Tarczyński S.A., która jest liderem na polskim rynku w produkcji przekąsek mięsnych.

CHARAKTERYSTYKA SUSZONEGO MIĘSA

Praktycznie od początku mięso było i w większości nadal jest podstawą diety ludności [11]. Ilość i rodzaj spożywanego mięsa zależy od tradycji, kraju i kultury, ale nadal większość posiłków w krajach zachodnich składa się z mięsa i warzyw, które stanowią uzupełnienie głównego posiłku. Mięso, ze względu na skład wielu składników, jest „analogiem” ludzkiego mięśnia szkieletowego [5] dostarczając nam aminokwasy, które są podstawą syntezy białek do budowy mięśni. Jest to bardzo ważne dla prawidłowego utrzymania sprawności fizycznej i zdrowia metabolicznego [12]. Ponadto pozyskiwane z mięsa anseryna, karnozyna, kreatyna, hydroksyprolina i tauryna odgrywają ważną rolę jako związki zapobiegające m.in. chorobom układu krążenia [12].

Mięso jest bogatym źródłem tłuszczów nasyconych, które zawierają około 40% nasyconych kwasów tłuszczowych, 50% jednonienasyconych kwasów tłuszczowych, 5% kwasów tłuszczowych *trans* i 4% wielonienasyconych kwasów tłuszczowych [13], które są kluczowe dla prawidłowej pracy naszego mózgu. Co więcej, przeciętne dzienne spożycie około 190 g mięsa dostarcza odpowiednio 19, 52, 28 i 38% żelaza, cynku, selenu i fosforu [14]. Rysunek 2 przedstawia niektóre korzyści płynące z jedzenia suszonego mięsa.



Rys. 2 Przykłady właściwości prozdrowotnych suszonego mięsa

Suszone mięso posiada cechy zbliżone do mięsa świeżego przy jednoczesnym dłuższym terminie przydatności do spożycia. Na całym świecie istnieje wiele różnych suszonych produktów mięsnych, takich jak *jerky* w Ameryce, *cecina* w Hiszpanii czy *pastrima* w Turcji, dlatego w przemyśle stosuje się wiele różnych technik suszenia, takich jak wspomniane suszenie ultradźwiękowe czy suszenie mikrofalowe [10]. Typowe metody suszenia, do których zalicza się suszenie na słońcu lub na powietrzu, pomimo niskich kosztów mają niestety wiele wad, takich jak powolne tempo suszenia i mogą prowadzić do ciemnienia barwy, obniżenia aromatu i składników odżywczych czy utlenienia lipidów, co prowadzi do utraty jakości mięsa. W związku z tym opracowywane są obecnie nowe technologie, pozwalające uniknąć tego typu niedogodności.

PARAMETRY SUSZENIA

Suszenie stanowi jedną z kluczowych i najpowszechniejszych technik konserwacji żywności, stosowaną od czasów starożytnych [15]. Podczas suszenia mięsa zawsze należy dokładnie przemyśleć sposób suszenia, ponieważ każdy wykonany proces ma wpływ na jakość produktu końcowego. Zrozumienie kinetyki suszenia jest kluczowe w optymalizacji i sterowaniu procesem suszenia. Kinetyka suszenia pozwala na monitorowanie tempa utraty wody w czasie w określonych warunkach [16]. Modele matematyczne pozwalają na scharakteryzowanie odwadniania produktów spożywczych, np. poprzez obliczenie współczynnika dyfuzyjności wody (który pokazuje szybkość dyfuzji wody przez produkt) [17]. Takie modele matematyczne mogą znaleźć zastosowanie w suszeniu cienkowarstwowym mięsa, takim jak plastry czy nawet przekąski mięsne w postaci czipsów mięsnych [18].

Najważniejszymi parametrami wpływającymi na jakość surowca są temperatura, wilgotność względna oraz zawartość wody podczas procesu suszenia [19]. Mięso jest bogatym źródłem białka, aminokwasów i witamin wrażliwych na wysoką temperaturę, ponadto walory smakowe i wizualne są często również zależne od zastosowanej temperatury [20]. Stosowanie wysokiej temperatury stwarza więc ryzyko utraty jakości mięsa i ryzyko skażenia mikrobiologicznego, ale z drugiej strony znacząco skraca czas suszenia, co wpływa na ekonomikę procesu [21,22]. Dlatego zaleca się stosowanie niższych temperatur i środowiska bez ostępu tlenu w procesach suszenia, co zmniejszy stopień rozkładu biochemicznego, a dodatkowo zastosowanie warunków beztlenowych będzie sprzyjać konserwacji mięsa, które jest wrażliwe na ciepło i może się utleniać powodując degradację istotnych związków jak i negatywnie wpływać na walory sensoryczne [21]. Istotne jest więc wdrażanie nowych technologii, które będą korzystne ekonomicznie i pozwolą uniknąć tego typu problemów.

W wielu badaniach zaobserwowano, że różne temperatury i czas suszenia wpływają na aktywność wody i wilgotność produktów [23]. Niższa temperatura i dłuższy czas suszenia skutkuje mniejszą wilgotnością i aktywnością wody. Kontrola tych parametrów jest kluczowa z punktu widzenia możliwej kontaminacji

mikrobiologicznej – wilgotne środowisko i wyższa temperatura korzystnie wpływają na rozwój mikroorganizmów, w tym patogennych [24].

Badania wykazały, że szynka peklowana na zimno ma wysoką jakość, gdy jest peklowana w temperaturze około 15°C przez osiem miesięcy. Po takim wysuszeniu wyrobu mięsnego w ostatnim etapie dodawano smalec, aby zapobiec nadmiernemu wysuszeniu [25]. Gorszą jakość mięsa obserwowano podczas suszenia w krótszym czasie, ale w temperaturze w zakresie 25-28°C przez kilka miesięcy [25]. Długi proces suszenia mięsa w łagodniejszych warunkach pozwala na zwiększoną produkcję aminokwasów i kwasów tłuszczowych, przy jednoczesnym zminimalizowaniu degradacji białka, które występuje w wyższej temperaturze, jak również enzymów wytwarzających niezbędne związki. Aminokwasy oprócz tego, że są budulcem wielu białek, wpływają również na właściwości sensoryczne mięsa [26].

Wilgotność względna to kolejny ważny parametr w kontekście suszenia, który w dużym stopniu wpływa na jakość mięsa. Niska wilgotność ogranicza rozwój mikroorganizmów. Najbardziej pożądaną wilgotność w trakcie suszenia określa się badając kilka różnych wilgotności produktów mięsnych. Podczas badań trzech różnych wilgotności względnej powietrza (około 52 i 85%) zauważono, że odwodnienie przy wilgotności względnej około 52% może znacznie obniżyć zawartość wody w końcowym wyrobie mięsnym [27]. Aby zmniejszyć ryzyko zanieczyszczenia, istnieje potrzeba przechowywania mięsa w środowisku o niskiej wilgotności.

TECHNOLOGIE SUSZENIA PRODUKTÓW MIĘSNYCH

Wyzwaniem dla przemysłu przetwórstwa mięsnego jest poprawa ekonomiki produkcji. Producenci, ze szczególnym uwzględnieniem producentów specjalizujących się w wyrobach wędzonych i parzonych, dążą do poprawy ekonomiki poprzez obniżenie kosztów procesu technologicznego. Obecne procesy technologiczne w przemyśle mięsnym wykorzystują automatyzację i robotykę w ograniczonym zakresie i są nieefektywne energetycznie. Ponadto stosowanie ręcznego transportu produktu pomiędzy kolejnymi elementami procesu produkcyjnego oraz nieefektywna cyrkulacja powietrza podczas suszenia produktów również może być nieekonomiczna, podobnie jak stosowanie procesów ręcznych wpływa na opłacalność całego procesu. Istnieje głębokie zapotrzebowanie na nowe, innowacyjne podejścia, które można zastosować w przemyśle do suszenia produktów spożywczych. W tabeli 1 przedstawiono niektóre techniki suszenia różnych rodzajów mięsa.

Powszechnie stosowane metody suszenia, takie jak suszenie na słońcu [31], suszenie gorącym powietrzem [32] czy suszenie z zastosowaniem niskiej temperatury [33], należą do technik suszenia konwekcyjnego, w których woda odparowuje z produktu w danej temperaturze podczas występowania gradientu aktywności wody [34].

Tabela 1 Różne metody suszenia z warunkami stosowanymi dla różnych gatunków mięs

Rodzaj mięsa	Metoda suszenia	Warunki	Lit.
Wołowina, drób	Suszenie na słońcu Suszenie w piecu	33°C przez 120 h 60°C przez 72 h	[28]
Szynka wieprzowa	Suszenie w piecu	40, 50, 60°C przez 5, 6, 7, 8 h	[23]
Wołowina	Suszenie gorącym powietrzem wspomagane mikrofalami	60, 70°C Moc: 0, 80, 180 W Cyrkulacja powietrza: 1,0 m/s	[29]
Indyk	Suszenie powietrzem Mikrofale Liofilizacja	60, 75, 90°C Cyrkulacja powietrza: 1,8 m/s Moc: 180, 360, 540 W Temperatura: -18°C przez 24 h Ciśnienie: 0,1; 0,15; 0,2 mbar	[30]

Suszenie konwekcyjne gorącym powietrzem odbywa się w komorze suszarniczej poprzez przepływ gorącego powietrza nad powierzchnią suszonego surowca. Podczas tego typu techniki stosuje się tace siatkowe lub zawieszę produktu spożywczego, co pozwala na lepszą cyrkulację powietrza [35]. Mewa i in. stosowali suszenie konwekcyjne do suszenia plastrów wołowych o różnej grubości (100 mm długości × 30 mm szerokości × 2,5, 5,0, 7,5 lub 10 mm grubości) [36]. Suszenie prowadzono w piecu stosując różne temperatury: 30, 40, 50 i 60°C. W badaniach tych zaobserwowano wzrost dyfuzyjności wilgoci wraz z temperaturą, co było związane ze wzrostem energii cieplnej i większą aktywnością cząsteczek wody. Z kolei wzrost dyfuzyjności wody, który nastąpił wraz ze wzrostem grubości plastrów wołowych, wiązał się z efektem brzegowym w grubszym plastrze – większą powierzchnią i większą dyfuzją poprzeczną. Chociaż tego typu rozwiązanie jest często stosowane, jest ono mało efektywne ekonomicznie. Dlatego zaczęto wykorzystywać obróbkę wstępną, wspomagając proces ultradźwiękami, dzięki czemu możliwe jest skuteczne obniżenie temperatury wymaganej do suszenia, co z kolei prowadzi do poprawienia ekonomiki procesu [37]. Wykorzystanie ultradźwięków obejmuje m.in. suszarkę konwekcyjną wspomaganą ultradźwiękami [38] lub zastosowanie ultradźwięków jako wstępnej obróbki produktu [39]. Wstępne użycie ultradźwięków prowadzi również do skrócenia czasu potrzebnego do wysuszenia materiału spożywczego. Mehmet Baslar i in. [40] w swoich badaniach wykazali, że czas suszenia mięsa wołowego i drobiowego suszonego kombinacją obróbki ultradźwiękowej i suszenia próżniowego był krótszy niż przy zastosowaniu metody suszenia z próżnią w różnych temperaturach (55, 65 i 75°C). Czas suszenia metodą suszenia próżniowego i suszenia w piecu z zastosowaniem ultradźwięków w temperaturze 75°C wynosił odpowiednio 300, 480 i 750 min dla mięsa wołowego oraz odpowiednio 330, 570 i 780 min dla drobiu. Zużycie energii podczas suszenia próżniowego i w piecu z ultradźwiękami wahało się od 13,71 do 7,29 MJ/kg, od 12,7 do 8,23 MJ/kg oraz od 14,92 do 12 MJ/kg dla wołowiny i od 13,7 do 8,1 MJ/kg, 13 i 9,8 MJ/kg do 12,4 i 10,9 MJ/kg dla mięsa drobiowego. Połączenie obróbki

wstępnej przy pomocy ultradźwięków i z zastosowaniem próżni zużywało mniej energii.

Innym stosowanym podejściem do suszenia produktów jest samo suszenie próżniowe, które wykorzystuje warunki niskotemperaturowe i beztlenowe, umożliwiające konserwację żywności wrażliwej na utlenianie i wysoką temperaturę. Jednak ze względu na długi czas suszenia, a także utratę jakości mięsa, metoda ta jest często łączona z obróbką wstępną polegającą na wprowadzeniu mikrofal, co skutkuje skróceniem czasu suszenia [21].

Liofilizacja jest dobrą alternatywą dla suszenia produktów spożywczych wrażliwych na temperaturę i utlenianie. Zasada liofilizacji opiera się na trójstanowej przemianie wody. Temperatura punktu potrójnego wody wynosi 0,0098°C, a ciśnienie 4,579 mmHg [41]. Podczas liofilizacji woda zawarta w produktach zostaje zamrożona i jednocześnie sublimuje ze stanu stałego do gazowego za pomocą próżni. Żywność liofilizowana jest zatem wysokiej jakości ze względu na uniknięcie denaturacji białka czy utraty witamin, a także zachowuje swój smak, aromat i barwę [41].

Jedną z najtańszych wykorzystywanych metod suszenia jest suszenie podczerwienią, które można uznać za sztuczny odpowiednik suszenia na słońcu, ale mogące trwać 24 godziny na dobę [42]. Już w 1986 roku Sandu dostrzegł kilka zalet stosowania suszenia z zastosowaniem podczerwieni, takich jak prostota, szybkość ogrzewania i suszenia, łatwa instalacja, niski koszt inwestycyjny oraz możliwość zastosowania do szerokiej gamy produktów spożywczych [43]. Tego typu suszenie polega na przekazywaniu energii promieniowania z elementu grzejjego na powierzchnię suszonego materiału, bez ogrzewania otaczającego powietrza [42]. Technika ta może być również stosowana do suszenia produktów wrażliwych na ciepło, takich jak mięso, na przykład poprzez okresowe stosowanie podczerwieni. Przerywane suszenie podczerwienią jest łatwe do wdrożenia i ma korzystny wpływ na poprawę koloru produktu i kinetykę suszenia. Ten rodzaj suszenia produktów spożywczych jest korzystny zarówno z punktu widzenia skrócenia czasu trwania procesu suszenia, jak i poprawy jakości produktu [44].

NOWA, EFEKTYWNA EKONOMICZNIE METODA PRODUKCJI PRZEKĄSEK MIĘSNYCH W TARCZYŃSKI S.A.

Innowacyjną technologię w sektorze przekąsek „snack&chips” opracowała firma Tarczyński S.A., główny producent przekąsek mięsnych w Polsce. Nowa technologia wytwarzania przekąsek została wykonana w ramach projektu o numerze POIR.01.01.01-00-1022/17 dofinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju z Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. Firma w ramach projektu opracowała nowe przekąski na bazie sztandarowych kabanosów, wykorzystując nową recepturę farszu, która eliminuje proces wędzenia i powłokę alginianową. Powstałe przekąski w postaci paluszków fi8, cienkich paluszków fi5, precli, krążków i czipsów (niektóre przekąski mięsne

przedstawione na rysunku 3), charakteryzują się wysoką jakością i wartością odżywczą, doskonale wpisując się w niezagospodarowany dotąd segment rynku przekąsek mięsnych.



Fig. 3. Mięsne precle (po lewej), paluszki (po prawej)

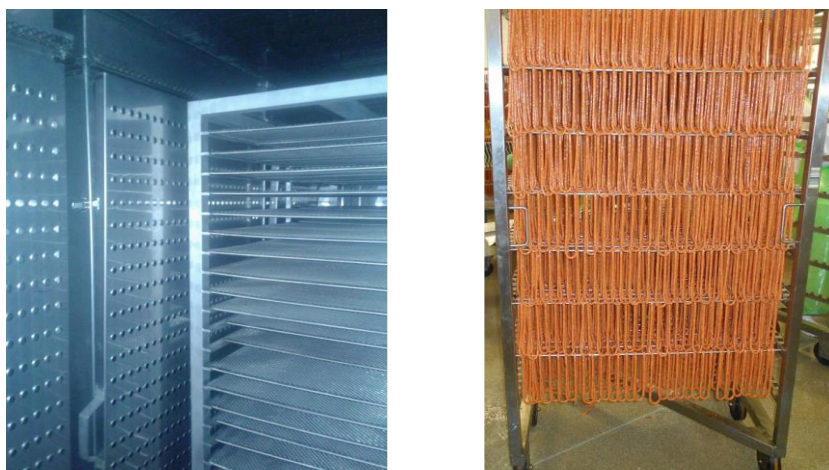
Tego typu przekąski są przygotowane w formie wygodnej dla konsumentów, jednocześnie nie zawierają dużej ilości węglowodanów, tłuszczu czy soli jak np. popularne chipsy ziemniaczane.

Opracowane przez Tarczyński S.A. nowe przekąski na bazie kabanosa charakteryzują się wysoką zawartością białka (do 60 g na 100 g produktu), obniżoną zawartością tłuszczu (co najmniej 16 g na 100 g produktu) oraz wysoką zawartością mięsa (do 250 g na 100 g produktu). Aby otrzymać przekąski o różnych kształtach jak i o odpowiednich wartościach odżywczych firma opracowała innowację procesową w postaci technologii umożliwiającej wytwarzanie tego typu przekąsek mięsnych o nietypowych kształtach oraz integrującej strefy technologicznej w jeden w pełni zautomatyzowany ciąg. Proces wytwarzania charakteryzuje się:

- pełną automatyzacją – pozwalającą na redukcję zapotrzebowania mediów oraz roboczogodzin, w tym w szczególności: zmniejszenie zapotrzebowania na energię elektryczną – o 9,7% w porównaniu do tradycyjnego, manualnego procesu; zmniejszenie zużycia wody potrzebnej do umycia prętów i wózków wędzarniczych – do 20% w porównaniu do tradycyjnego, manualnego procesu; zmniejszenie liczby pracowników potrzebnych do obsługi procesu – z 23 do 5;
- zwiększeniem dostępności procesu do 98%;
- skróceniem czasu potrzebnego na produkcję jednej partii przekąsek mięsnych – z 70 h do 12 h;
- skróceniem czasu potrzebnego na proces wysuszenia produktu z 47 h do 9 h;
- możliwością wytwarzania nowych form przekąsek mięsnych;
- możliwością wytwarzania przekąsek mięsnych z pominięciem fazy wędzenia – a zatem wyeliminowanie szkodliwych dla zdrowia konsumenta benzopirenów.

Zaprezentowana produkcja oparta na integracji i automatyzacji całego procesu wytwarzania przekąsek mięsnych pozwala na skrócenie czasu obróbki termicznej

surowca, dzięki czemu finalny produkt charakteryzuje się podwyższoną zawartością białka. Obecny proces wytwarzania kabanosów składa się głównie z wielu etapów obróbki: nadziewania, osadzania, parzenia, wędzenia i suszenia. Cały proces produkcji jednej partii wyrobów mięsnych trwa około 3 dni. Kluczowym etapem wytworzenia kabanosów jest proces obróbki termicznej, na który składają się fazy parzenia, wędzenia oraz suszenia. Na długość obróbki termicznej, który trwa obecnie około 47 godzin, wpływa najbardziej proces suszenia. Suszenie odbywa się w komorze do której wprowadzane są manualnie wózki wędzarnicze z produktem. W komorach regulowane są parametry wilgotności i temperatury powietrza. Nowy proces wytwarzania przekąsek wykorzystuje nowy typ komory do suszenia. Nowa komora umożliwia pełne kontrolowanie parametrów odpowiedzialnych za prędkość suszenia produktów, w tym w szczególności prędkości taśmy transportującej wytłoczony farsz, ustawienie dysz nawiewowych, siły nawiewu, temperaturę oraz wilgotność rdzenia komory suszącej (rys. 4). Możliwość kontrolowania tych parametrów umożliwiła skrócenie czasu potrzebnego na obróbkę termiczną jednej partii przekąsek mięsnych z standardowych 47 godzin do około 9 godzin.



**Rys. 4 Manualny transport wewnątrz procesowy:
wózek wędzarniczy w komorze suszarnianej (po lewej), wózek wędzarniczy typu Z,
z odwieszonym Kabanosem Exclusive Drobiowym 120 g**

Automatyzacja w podawaniu produktu do komory suszenia, a także wprowadzenie możliwości precyzyjnej kontroli parametrów takich jak przepływ powietrza, wilgotność czy temperatura rdzenia, znacznie skróciły czas potrzebny na wyprodukowanie partii produktu. Rozwiązanie pozwoliło również na analizę masy produktu podczas procesu suszenia, co skutecznie przyczyniło się do opracowania uczącego się systemu nadzorującego ten proces. Rozwiązanie umożliwiło dobór kluczowych parametrów dla szybkości suszenia: prędkości przenośnika taśmowego, na którym rozprowadzany jest farsz, siły przepływu powietrza, kierunku dysz oraz parametrów, które w największym stopniu wpływają na ubytek masy produktu: temperatura i wilgotność w komorze suszenia. Obecnie na rynku nie ma konkurencyjnego rozwiązania pozwalającego na skrócenie czasu

suszenia poprzez integrację poszczególnych systemów oraz samouczące się oprogramowanie pozwalające na dostosowanie parametrów w komorze suszenia. Stworzenie nowego systemu przetwarzania produktów mięsnych, integrującego etapy nadziewania, suszenia, parzenia i pakowania oraz umożliwiającego transport produktów za pomocą przenośnika taśmowego, umożliwiło wyeliminowanie wózków wędzarniczych. Ponadto nowa technologia pozwoliła na ograniczenie zużycia wody do mycia przenośników taśmowych dzięki zastosowaniu częściowego odzysku wody (który obecnie nie jest wykorzystywany w procesie mycia wózków wędzarniczych). W rezultacie osiągnięto 20% redukcję zużycia wody. Opracowany system umożliwił również lepszą kontrolę warunków panujących w komorze suszarniczej, co pozytywnie wpłynęło nie tylko na jakość mięsa, ale również na zużycie energii elektrycznej potrzebnej do wysuszenia jednego kilograma gotowego produktu. Dzięki zastosowaniu omawianego rozwiązania technologicznego do obróbki termicznej jednego kilograma gotowego produktu zużyto o 9,7% mniej energii elektrycznej (redukcja z 0,88 kWh/kg do 0,8 kWh/kg). Pełne korzyści ekonomiczne podsumowano w tabeli 2.

Tabela 2 Wartości parametrów produktów

Rodzaj przekąski	Czas procesu [h]	Wydajność [kg/h]	Zużycie energii w procesie [kWh/kg]
Paluszki fi8	9	250	0,8
Paluszki fi5	4	350	0,6
Precle	6,5	70	2,1
Krażki	6,5	110	1,5
Czipsy	1	125	2,2

Podsumowując, pełna automatyzacja i brak rozproszonych stref technologicznych to główna innowacja prezentowanych rozwiązań.

W ramach innowacyjnej linii technologicznej firmy znajdują się w pełni zautomatyzowane strefy:

- Formowanie kształtu i jego zastosowanie do siatek magazynowych – farsz jest formowany w docelowy kształt, porcjowany i ważony. Tak przygotowane mięso układa się na siatkach, następnie siatki układa się na taśmie;
- Suszenie konwekcyjne – taśma porusza się spiralnie w górę na kilku poziomach, w powietrzu o parametrach zadanych przez operatora (temperatura, wilgotność). Technologia pozwala na cyrkulację powietrza w kontrolowany sposób. Ponadto na różnych etapach procesu suszenia wykonywane są pomiary masy produktów w celu weryfikacji poprawności procesu;
- Chłodzenie końcowe – po właściwej fazie produkcji suszu konieczne jest schłodzenie produktów wentylatorem chłodzącym, proces ten ma na celu przygotowanie produktów do temperatury odpowiedniej do pakowania;
- Pakowanie – wcześniej przygotowane produkty mięsne zostaną automatycznie porcjowane, zważone, a następnie zapakowane. Opisany powyżej proces technologiczny umożliwia uzyskanie pożądaných parametrów

produktu w zakresie suszenia produktu, czasu procesu, wydajności i energochłonności dla każdego z produktów, a tym samym pozwolił na osiągnięcie niespotykanych w branży parametrów procesu technologicznego.

PODSUMOWANIE

Charakter przekąsek, w tym przekąsek mięsnych, ewoluował w czasie, nie tylko pod względem składu, ale również technik przetwarzania. Głównym procesem technologicznym stosowanym w przemyśle jest suszenie, które wydłuża okres przydatności do spożycia mięsa. Technika ta pozwala również na wytwarzanie przekąsek mięsnych, które stanowią alternatywę dla ogólnie znanych przekąsek (np. czipsów ziemniaczanych) zawierających często znaczną ilość tłuszczu lub soli i nie mających korzystnego wpływu na nasze zdrowie. Jednak wysoka temperatura podczas suszenia negatywnie wpływa na ostateczny skład produktu, często powodując degradację kluczowych związków obecnych w surowcach.

Innowacyjne podejście w kontekście suszenia to główne wyzwanie technologiczne, które z jednej strony pozwoli zachować odpowiednią dla konsumenta chrupiącą strukturę przekąski, a z drugiej pozwoli zachować w jak największym stopniu niezbędne składniki odżywcze. Obecnie, potrzeby konsumentów uwzględniające kwestie zdrowej żywności, skupiające się na produktach naturalnych, jak również bezpiecznych i zdrowych produktach żywnościowych wyznaczają trend w postępie technik suszenia mięsa. Proces suszenia w produkcji suszonych produktów mięsnych ma kluczowe znaczenie, ponieważ może wpływać na smak, teksturę i jakość suszonego mięsa. Standardowo wykorzystywane techniki suszenia obejmują suszenie konwekcyjne, suszenie na słońcu lub suszenie gorącym powietrzem. Aby jednak metody te były dodatkowo ekonomicznie korzystne, suszenie powinno odbywać się z zastosowaniem optymalnych parametrów suszenia, a także być łączone z innymi technikami. Warunki suszenia, takie jak temperatura, czas wysychania i wilgotność względna, muszą być odpowiednio zoptymalizowane. Ponadto opracowano i przetestowano kilka zaawansowanych technik suszenia, takich jak suszenie ultradźwiękami, próżniowe czy liofilizacja. Metody te stanowią dobrą alternatywę dla standardowych technik suszenia mięsa pod względem efektywnego suszenia i wydłużenia okresu przydatności do spożycia, przy jednoczesnym zachowaniu jakości i walorów sensorycznych suszu mięsnego.

Innowacja procesowa wprowadzona w firmie Tarczyński S.A. umożliwiła poprawę ekonomiki produkcji wyrobów mięsnych, pożądaną z punktu widzenia producenta, poprzez zastosowanie pełnej automatyzacji. Pełna automatyzacja przyczyniła się do skrócenia czasu suszenia, zwiększenia wydajności linii technologicznej, zmniejszenia zużycia mediów (prądu i wody) oraz zmniejszenia liczby niezbędnych operatorów linii. Co więcej, rozwiązania zawarte w innowacyjnym procesie technologicznym pozwoliły na pełną dowolność w zakresie kształtu produkowanych „snacks&chips”.

PODZIĘKOWANIA

Autorzy są wdzięczni Politechnice Wrocławskiej i Narodowemu Centrum Badań i Rozwoju z Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (grant nr. POIR.01.01.01-00-1022/17) o wartości 25 884 779,13 zł pt. „Demonstracja w pełni zautomatyzowanej, wydajnej technologii pozyskiwania przekąsek mięsnych o wysokiej wartości dodanej stanowiących przełom w branży” za wsparcie finansowe.

Konflikt interesów

Autorzy oświadczają, że badanie zostało przeprowadzone przy braku jakichkolwiek powiązań handlowych lub finansowych, które mogłyby być interpretowane jako potencjalny konflikt interesów.

LITERATURA

- [1] Njike V.Y., Smith T.M., Shuval O., Shuval K., Edshteyn I., Kalantari V., Yaroch A.L. 2016. "Snack Food, Satiety, and Weight". *Advances in Nutrition* 7 (5): 866-78. doi: 10.3945/an.115.009340
- [2] de Azeredo H.M.C., de Matos M.C., Niro C.M. 2022. "Something to chew on: technological aspects for novel snacks". *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 102 (6): 2191-2198. doi: 10.1002/jsfa.11701
- [3] Hess J.M., Jonnalagadda S.S., Slavin J.L. 2016. "What is a snack, why do we snack, and how can we choose better snacks? A review of the definitions of snacking, motivations to snack, contributions to dietary intake, and recommendations for improvement". *Advances in Nutrition*. 16 7(3): 466-475. doi: 10.3945/an.115.009571
- [4] Chen A., Eriksson G. 2019. "The making of healthy and moral snacks: a multimodal critical discourse analysis of corporate storytelling". *Discourse Context Media*. 32:100347. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dcm.2019.100347>
- [5] Geiker N.R.W., Bertram H.C., Mejbörn H., Dragsted L.O., Kristensen L., Carrascal J.R., Bügel S., Astrup A. 2021. "Meat and Human Health – Current Knowledge and Research Gaps" *Foods*. 10 (7) : 1556. doi: <https://doi.org/10.3390/foods10071556>
- [6] Kim S., Kim T., Kim H-W., Jung S., Yong H., Choi Y-S. 2021. "Quality Characteristics of Semi-Dried Restructured Jerky Processed Using Super-Heated Steam" *Foods* 10 (4):762. doi: <https://doi.org/10.3390/foods10040762>
- [7] Lee D.Y., Lee S.Y., Jung J.W., Kim J.H., Oh D.H., Kim H.W., Kang J.H., Choi J.S., Kim G.D., Joo S.T., Hur S.J. 2022. "Review of technology and materials for the development of cultured meat". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 25: 1-25. doi: 10.1080/10408398.2022.2063249
- [8] Nam K.C., Kim H.C., Cha J., Yim D.G. 2016. "The Quality Characteristics and Antioxidant Properties of Sun-Dried Venison Jerky with Green Tea Powder during Storage." *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. doi:10.5851/kosfa.2016.36.5.626
- [9] Lim D.G., Choi K-S., Kim J.J, Nam K.C. 2013 "Effects of Salicornia Herbacea Powder on Quality Traits of Sun-Dried Hanwoo Beef Jerky during Storage." *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. doi:10.5851/kosfa.2013.33.2.205
- [10] Dinçer E.A. 2021. "Dried meat products obtained by different methods from past to present". *Food Reviews International*. 1-20. doi: 10.1080/87559129.2021.1956944
- [11] Mediani A., Hamezah H.S., Jam F.A., Mahadi N.F., Chan S.X.Y., Rohani E.R., Che Lah N.H., Azlan U.K., Khairul Annuar N.A., Azman N.A.F., Bunawan H., Sarian M.N., Kamal N., Abas F. 2022. "A comprehensive review of drying meat products and the associated effects and changes". *Frontiers in Nutrition*. 9: 1057366. doi: 10.3389/fnut.2022.1057366

- [12] Wu G. 2020. "Important roles of dietary taurine, creatine, carnosine, anserine and 4-hydroxyproline in human nutrition and health". *Amino Acids*. 52 (3): 329-360. doi: 10.1007/s00726-020-02823-6
- [13] Meslier V., Laiola M., Roager H.M., De Filippis F., Roume H., Quinquis B., Giacco R., Mennella I., Ferracane R., Pons N., Pasolli E., Rivellesse A., Dragsted L.O., Vitaglione P., Ehrlich S.D., Ercolini D. 2020. "Mediterranean diet intervention in overweight and obese subjects lowers plasma cholesterol and causes changes in the gut microbiome and metabolome independently of energy intake". *Gut*. 69 (7): 1258-1268. doi: 10.1136/gutjnl-2019-320438
- [14] Wyness L., Weichselbaum E., O'Connor A., Williams E.B., Benelam B., Riley H., Stanner S. 2011. "Red meat in the diet: An update". *Nutrition Bulletin*. 36: 34-77. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2010.01871.x>
- [15] Kumar P., Verma A.K., Kumar D., Umaraw P., Mehta N., Malav O.P. 2019. Chapter 11 – "Meat Snacks: A Novel Technological Perspective". Editor(s): Charis M. Galanakis, *Innovations in Traditional Foods*. Woodhead Publishing. 293-321. ISBN 9780128148877. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814887-7.00011-3>
- [16] Álvarez S, Álvarez C, Hamill R, Mullen AM, O'Neill E. 2021. "Drying dynamics of meat highlighting areas of relevance to dry-aging of beef". *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 20 (6) : 5370-5392. doi: 10.1111/1541-4337.12845
- [17] Babalis S. J., Belessiotis V. G. 2004. "Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying of figs". *Journal of Food Engineering*. 65 (3): 449-458. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.02.005>
- [18] Naderinezhad S., Etesami N., Najafabady A., Falavarjani M. 2016. "Mathematical modeling of drying of potato slices in a forced convective dryer based on important parameters". *Food Science & Nutrition*. 4 (1): 110-118. doi: <https://doi.org/10.1002/fsn3.258>
- [19] Mishra B., Mishra J., Pati P., Rath P. 2017. "Dehydrated meat products: A review". *International Journal of Livestock Research*. 7: 10-22. doi: 10.5455/ijlr.20170812035616
- [20] Doymaz I., Karasu S., Baslar M. 2016. „Effects of infrared heating on drying kinetics, antioxidant activity, phenolic content, and color of jujube fruit". *Journal of Food Measurement and Characterization*. 10: 283-91. doi: 10.1007/s11694-016-9305-4
- [21] Aksoy A., Karasu S., Akcicek A., Kayacan S. 2019. „Effects of different drying methods on drying kinetics, microstructure, color, and the rehydration ratio of minced meat". *Foods*. 8: 216. doi: 10.3390/foods8060216
- [22] Kilic A. 2009. "Low temperature and high velocity (LTHV) application in drying: Characteristics and effects on the fish quality". *Journal of Food Engineering*. 91: 173-82. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2008.08.023
- [23] Choi Y.S., Ku S.K., Park J.D., Kim H.J., Jang A., Kim Y.B. 2015 "Effects of drying condition and binding agent on the quality characteristics of ground dried-pork meat products". *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 35: 597-603. doi: 10.5851/kosfa.2015.35.5.597
- [24] Bader R., Becila S., Ruiz P., Djeghim F., Sanah I., Boudjellal A., Gatellier P., Portanguen S., Talon R., Leroy S. 2021. "Physicochemical and microbiological characteristics of El-Guedid from meat of different animal species". *Meat Science*. 171: 108277. doi: 10.1016/j.meatsci.2020.108277
- [25] Toldrá F. 2006. "The role of muscle enzymes in dry-cured meat products with different drying conditions". *Trends in Food Science Technology*. 17: 164-8. doi: 10.1016/j.tifs.2005.08.007
- [26] Ba H.V., Hwang I., Jeong D., Touseef A. 2012. "Principle of meat aroma flavors and future prospect". In *Latest Research into Quality Control*. London: IntechOpen. 145-176. doi: 10.5772/51110

- [27] Arnau J., Gou P., Comaposada J. 2003. „Effect of the relative humidity of drying air during the resting period on the composition and appearance of drycured ham surface”. *Meat Science*. 65: 1275-80. doi: 10.1016/S0309-1740(03)00036-6
- [28] Ayanwale B., Ocheme O., Oo O. 2007. “The effect of sun-drying and oven-drying on the nutritive value of meat pieces in hot humid environment”. *Pakistan Journal of Nutrition*. 6: 370-4. doi: 10.3923/pjn.2007.370.374
- [29] Dinçer E.A., Atlı B., Çakmak Ö., Canavar S., Çalıskan A. 2021. “Drying kinetics and quality characteristics of microwave-assisted hot air dried beef chips”. *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*. 55: 219-35. doi: 10.1080/08327823.2021.1952836
- [30] Elmas F., Bodruk A., Köprüalan Ö., Arıkaya S., Koca N., Serdaroğlu F.M., Kaymak-Ertekin F., Koc M. 2020. “Drying kinetics behavior of turkey breast meat in different drying methods”. *Journal of Food Process Engineering*. 43: 1-11. doi: 10.1111/jfpe.13487
- [31] Anwar S. I., Tiwari G. N. 2001. “Evaluation of convective heat transfer coefficient in crop drying under open sun drying conditions”. *Energy Conversion and Management*. 42 (5): 627-637. doi: [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(00\)00065-0](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(00)00065-0)
- [32] García-Pérez J. V., Carcel J. A., Mulet A., Riera E., Gallego-Juarez J. A. 2015. “Ultrasonic drying for food preservation”. In J. A. Gallego-Juárez & K. F. Graff (Eds.), *Power ultrasonics (875-910)*. Woodhead Publishing. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-028-6.00029-6>
- [33] Santacatalina J. V., Rodríguez O., Simal S., Cárcel J. A., Mulet, A., García-Pérez J. V. 2014. Ultrasonically enhanced low-temperature drying of apple: Influence on drying kinetics and antioxidant potential. *Journal of Food Engineering*, 138: 35-44. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.04.003>
- [34] Lewicki P. P., Arboix J. A., Botó P. G., Beringues J. C., Moreno I.M. 2014. “Drying”. In M. Dikeman & C. Devine (Eds.), *Encyclopedia of meat science (2nd ed., Vol. 1, 471-479)*. Academic Press
- [35] Rahman M. S., Perera C. O. 1999. “Drying and food preservation”. In M.S. Rahman (Ed.), *Handbook of food preservation (2nd ed., 173-216)*. Marcel Dekker
- [36] Mewa E. A., Okoth M. W., Kunyanga C. N., Rugiri, M. N. 2018. „Drying modelling, moisture diffusivity and sensory quality of thin layer dried beef”. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*. 6 (2): 552-565. doi: <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.6.2.29>
- [37] Hnin K.K., Zhang M., Mujumdar A.S., Zhu Y. 2018. “Emerging food drying technologies with energy-saving characteristics: A review”. *Drying Technology*. 37 (12): 1465-1480. doi: 10.1080/07373937.2018.1510417
- [38] Garcia-Perez J. V., Carcel J. A., Fuente-Blanco S. D. L., Sarabia R. F. D. 2006. “Ultrasonic Drying of Foodstuff in a Fluidized Bed: Parametric Study”. *Ultrasonics*. 44 (22): e539-e543. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2006.06.059>
- [39] Rodrigues S., Fernandes F. A. N. 2007. “Use of Ultrasound as Pretreatment for Dehydration of Melons”. *Drying Technology*. 25 (10): 1791-1796. doi: <https://doi.org/10.1080/07373930701595409>
- [40] Baslar M., Kılıçlı M., Toker O. S., Sagdic, O., Arici M. 2014. “Ultrasonic Vacuum Drying Technique as a Novel Process for Shortening the Drying Period for Beef and Chicken Meats”. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 26: 182-190. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.06.008>
- [41] Liu Y., Zhang Z., Hu L. 2022. “High efficient freeze-drying technology in food industry”. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 62 (12): 3370-3388. doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1865261>
- [42] Chua K.J, Chou S.K. 2003. „Low-cost drying methods for developing countries’. *Trends in Food Science & Technology*. 14 (12): 519-528. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.07.003>

- [43] Sandu C. 1986. "Infrared radiative drying in food engineering: a process analysis". *Biotechnology Process.* 2 (3): 109-119. doi: 10.1002/btpr.5420020305
- [44] Ginzburg A. S. 1969. "Application of Infra-red Radiation in Food Processing". In A. Grochowski (Ed.). *Chemical and process engineering series.* (250-255). London: Leonard Hill

Technologies in drying of meat products

Abstract: Snacks have become an integral part of the population's diet, allowing for quick satisfaction of hunger between meals. While traditional snacks, such as potato chips are still ubiquitous and popular around the world, healthier alternatives such as meat snacks are increasingly being sought. Drying is one of the oldest food preservation techniques. The most common drying techniques includes sun and hot air drying and are still used on a commercial scale. However, these processes are often slow, unprofitable and have a negative impact on the final quality of the product. For this reason, new raw material pre-treatment technologies are introduced and key drying parameters are modified in order to optimize the entire process. This review characterizes dried meat in terms of nutritional value and summarizes commonly used techniques for the production of this type of products. Tarczyński S.A., a leader on the Polish market in the meat industry, has developed a new, highly effective technology for drying and producing meat snacks of various shapes, which is in line with the trend of modern on-the-go food products.

Keywords: dried meat, drying techniques, drying parameters, health benefits of meat, meat snacks

Kamil Wawrzyniak

Firma Tarczyński S.A.
Dział Badań i Rozwoju
Ujeździec Mały 80, 55-100 Trzebnica, Poland

Grzegorz Ligaj

Firma Tarczyński S.A.
Dział Badań i Rozwoju
Ujeździec Mały 80, 55-100 Trzebnica, Poland

Bartłomiej Wióra

Firma Tarczyński S.A.
Dział Badań i Rozwoju
Ujeździec Mały 80, 55-100 Trzebnica, Poland

Sandra Zielińska

Firma Tarczyński S.A.
Dział Badań i Rozwoju
Ujeździec Mały 80, 55-100 Trzebnica, Poland

Sylwia Baluta

Politechnika Wrocławska, Wydział Chemiczny
Instytut Materiałów Zaawansowanych
Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, Poland
e-mail: sylwia.baluta@pwr.edu.pl