

Mgr inż. Agnieszka PEREK
Prof. dr hab. Włodzimierz DOLATA
Instytut Technologii Mięsa
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

ZASTOSOWANIE MIKROFAL DO OBRÓBKİ CIEPLNEJ ŻYWNOSCI®

W artykule przedstawiono różne możliwości zastosowania mikrofal do obróbki cieplnej żywności. Szeroko omówiono zalety mikrofalowego temperingu mięsa, suszenia produktów spożywczych oraz innych procesów ogrzewania, w których mikrofałe są coraz szerzej stosowane. Tym samym podjęto próbę uzasadnienia potrzeby stosowania mikrofal na skalę przemysłową.

WSTĘP

W ostatnich latach obserwuje się tendencję do poszukiwania nowych metod przetwarzania żywności. Współczesny człowiek poświęcający coraz więcej czasu pracy zawodowej pragnie do minimum skrócić czas wymagany do przygotowywania posiłków. Nauka i technika starają się wyjść naprzeciw oczekiwaniom konsumenta. Jedną z propozycji usprawnienia obróbki kulinarnej w warunkach domowych stały się powszechnie dziś stosowane kuchenki mikrofalowe. Mają one wszechstronne zastosowanie do gotowania, suszenia i rozmrażania. Coraz szerzej energia mikrofalowa jest używana na skalę przemysłową. Wymagało to wprowadzenia, niezbędnych do generowania mikrofal, magnetronów o dużej mocy, oraz szczegółowego poznania właściwości dielektrycznych produktów żywnościowych. Początkowo obawiano się wysokich kosztów wytwarzania mikrofal, ale wzrost cen paliw tradycyjnych spowodował, że zaczęto dostrzegać zalety obróbki cieplnej przy pomocy mikrofal.

Promieniowanie mikrofalowe jest rodzajem promieniowania elektromagnetycznego z zakresu 300 MHz do 300 GHz, czyli długości fali od 1 mm do 1 m [9]. Aby wyeliminować możliwość zakłócenia fal stosowanych w medycynie (diatermia mikrofalowa), łączności (telefonii komórkowej) i w wojsku (radary) Komisja w Genewie ustanowiła dla potrzeb grzejnictwa fale o częstotliwości 2450 MHz, 915 MHz i 896 MHz (pasmo wykorzystywane w USA). W powszechnie stosowanych urządzeniach domowych wykorzystywane są fale o częstotliwości 2450 MHz, a fale o częstotliwości 915 i 896 MHz stosowane są głównie w urządzeniach przemysłowych. Długości fal dla częstotliwości 2450 i 915 MHz wynoszą odpowiednio 12,2 i 32,8 cm [4].

Celem artykułu jest próba uzasadnienia potrzeby stosowania mikrofal na skalę przemysłową.

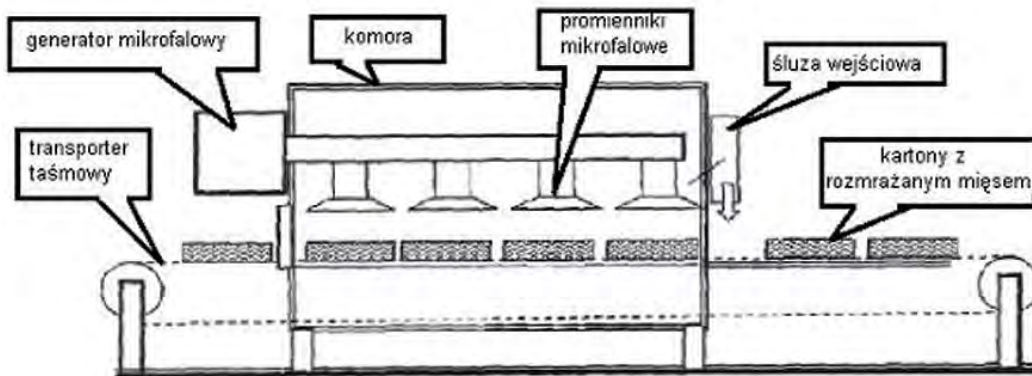
Wykazano, że zastosowanie mikrofal jest bardzo ekonomiczne w przypadku temperingu mrożonego mięsa i jego przetworów. Stosuje się je także w takich, etapach obróbki technologicznej, jak: podgrzewanie, gotowanie, suszenie, pasteryzacja, sterylizacja, blanszowanie i rozmrażanie [2, 3].

ROZMRAŻANIE METODĄ TEMPERINGU

Rozmrażanie mięsa, drobiu, ryb, masła i innych produktów żywnościowych stało się szeroko rozpowszechnioną metodą, stosowaną w skali przemysłowej. Zwykle ten proces prowa-

dzony jest celem podwyższenia temperatury zamrożonych produktów od około -30°C do -4°C , -2°C . Proces ten określany jest terminem „tempering”. W przypadku masła często prowadzi się proces nagrzewania aż do uzyskania temperatury około $+4^{\circ}\text{C}$. Należy pamiętać o tym, aby w produktach zawierających dużo wody, nie prowadzić procesu rozmrażania aż do uzyskania temperatury powyżej 0°C , gdyż woda znacznie intensywniej pochłania mikrofałe niż lód. W efekcie lokalne roztopienie lodu prowadzi do szybkiego wzrostu temperatury wody, co może doprowadzić niekiedy do lokalnego zagotowania wody mimo, że w innych częściach rozmrażanego materiału temperatura jest wciąż ujemna. Aby wyeliminować ten efekt konieczne jest stosowanie odpowiednich procedur nagrzewania mikrofalami. Przede wszystkim niezbędne jest możliwie jednorodne nagrzewanie rozmrażanego materiału w całej jego objętości. Często jest to jednak bardzo trudne, chociażby z powodu niejednorodnego składu materiału (np. występuje tkanka kostna, tłuszcz, tkanka mięśniowa). Przykładowo w czasie rozmrażania kurcząt temperatura przy kościach (wysoka stała dielektryczna) podnosi się nawet do 60°C , podczas gdy grube mięśnie piersiowe są jeszcze zamrożone. Ponadto stosując generatory o częstotliwości 2450 MHz długość fali elektromagnetycznej wynosi około 12 cm i odbicia tej fali od ścianek komory mogą prowadzić do powstania tzw. fali stojącej, czyli do niejednorodnego rozkładu gęstości mocy mikrofalowej w rozmrażanym materiale. W celu zapobiegania tym niepożądanym efektom stosuje się następujące rozwiązania techniczne:

- przy rozmrażaniu dużych bloków mięsa stosowane są generatory o częstotliwości 915 MHz,
- nagrzewanie prowadzone jest w trybie impulsowym – krótki czas nagrzewania i następnie przerwa w celu rozproszania ciepła w materiale w wyniku przewodnictwa cieplnego,
- stosuje się nagrzewanie z wielu generatorów mikrofalowych tak sprzężonych, aby średnia gęstość mocy mikrofalowej w obszarze wewnątrz rozmrażanego materiału była możliwie stała,
- zapewnia się ciągły ruch rozmrażanego materiału wewnątrz komory, aby różne obszary w materiale jedynie na krótko mogły znajdować się w silniejszym polu mikrofalowym,
- rozmrażany materiał owiewany jest zimnym powietrzem [9].



Rys. 1. Schemat instalacji do rozmrażania mięsa i ryb w kartonach [9].

Proces rozmrażania za pomocą mikrofal prowadzony jest zwykle wewnątrz komór o specjalnej konstrukcji (rys. 1), w których rozmrażany materiał umieszczony w kartonach przemieszczany jest na transporterach i nagrzewany mikrofalami z promienników umieszczonych na ścianach komory [9].

Moc generatorów mikrofalowych zainstalowanych w typowych urządzeniach do rozmrażania (rys. 2) mieści się w zakresie od 30 kW do 120 kW (umożliwiają przetworzenie 1-4 t/h mięsa lub 1,5-6 t/h masła). Przykładowo do rozmrażania 1,4-2,0 t/h stosowane są generatory o mocy 60 kW i częstotliwości 915 MHz [9].



Rys. 2. Mikrofalowe urządzenie do rozmrażania mięsa francuskiej firmy SAIREM

Tabela 1. Podsumowanie wad i zalet poszczególnych metod rozmrażania [1].

Metoda	Jakość	Wydajność	Straty białka	Σ ocen
powietrzna	+	-	+	+1
wodna	+	-	—	-3
mikrofalowa	+	—	++	0
solankowa	++	++	+	+4
bezpośrednia	-	+	++	+1

Oznaczenia: ++ cecha bardzo korzystna

+ cecha korzystna

+ - cecha obojętna

- cecha niekorzystna

— cecha bardzo niekorzystna

Aby zminimalizować straty materiału w trakcie rozmrażania oraz zapobiec powstawaniu tzw. osuszki na powierzchni mięsa dodatkowo stosuje się natrysk wodny i zapewnia odpowiednio dużą wilgotność powietrza przepływającego przez komorę [9].

Porównując trzy metody rozmrażania (mikrofalową, wodną i powietrzną) dla różnych rodzajów mięsa (wołowiny, wieprzowiny, drobiu i ryb) stwierdzono, iż próbki rozmrażane mikrofalowo uzyskały najwyższe noty w ocenie organoleptycznej ze wszystkich rodzajów mięsa (tab. 1). Próbki mięsa były jędrne, a ich konsystencja i kruchość po ugotowaniu najbardziej zbliżone do surowca niemrożonego. Rozmrażanie mikrofalowe nie prowadziło do większego niż inne metody obniżenia zdolności utrzymywania wody i nie wpływało w istotny sposób na rozpuszczalność białek [11].

Jednak rozmrażanie mikrofalowe w porównaniu z innymi metodami nie jest tak powszechne [1].

W krajach Unii Europejskiej zastosowanie rozmrażania metodą „tempering” przy użyciu mikrofal stosuje się między innymi do:

- hamburgerów; najbardziej rozpowszechnione jest zastosowanie rozmrażania tego typu przy wytwarzaniu hamburgerów z zamrożonej wołowiny. Ważne jest kontrolowanie temperatury rozdrobnionego mięsa podczas formowania krążków hamburgerów. Ilość ciepła dostarczana do zamrożonego bloku mięsnego jest dopasowana do minimalnej temperatury formowania produktu. Pozwala to oszczędzać nakłady na chłodzenie, gdy wytwarzane hamburgery są zamrażane,
- mielonej wołowiny; zazwyczaj wymagana jest wyższa temperatura niż przy wytwarzaniu hamburgerów, używana jest mieszanina mięsa świeżego i zamrożonego. Zastosowanie mikrofal umożliwia elastyczność procesu, w przypadku, gdy receptury zmieniają się codziennie,
- mięsa porcjowanego o kontrolowanej masie; jednolite rozmrażanie umożliwia dobre skruszenie, prasowanie i plasterkowanie,

▪ produktów puszkowanych i kielbas; rozmrażanie mikrofalowe jest najczęściej stosowane do przygotowania składników do procesów rozdrabniania i kostkowania,

▪ mrożonych dań gotowych; rozmrażanie mikrofalowe pomaga w kontroli produkcji [3].

Zalety „temperingu”:

- czas zabiegu skraca się z wielu godzin do kilku lub kilkadziesiąt minut,
- proces może być prowadzony w opakowaniach, stąd mniejsze jest prawdopodobieństwo rozwoju drobnoustrojów na powierzchni,
- ograniczenie strat masy produktu,
- duża retencja soków komórkowych,

- utrzymywanie pH mięsa na właściwym poziomie,
- znaczne zmniejszenie powierzchni produkcyjnej,
- zahamowanie niekorzystnych zmian barwy związanej z utlenianiem powierzchniowym [3, 8].

Wady „temperingu”:

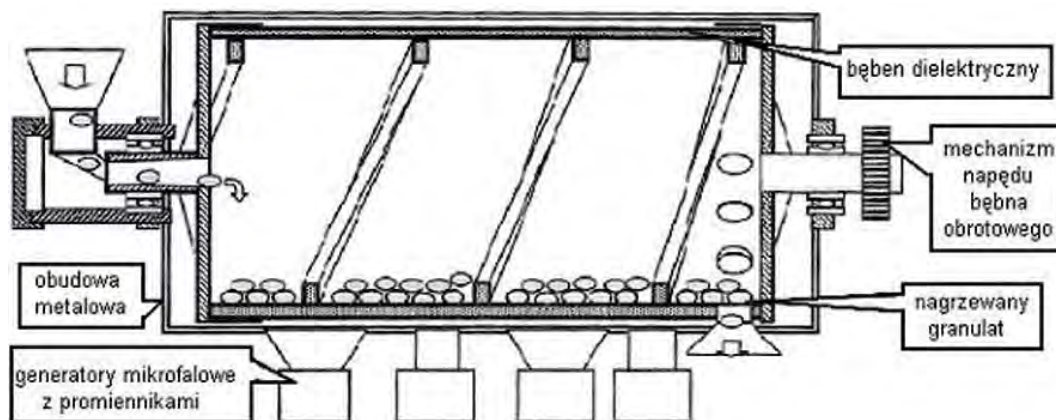
- w temperaturach bliskich 0°C warstwa zewnętrzna absorbuje znaczne ilości energii i produkt na powierzchni może ulec przegrzaniu [3].

BLANSZOWANIE, GOTOWANIE I PODGRZEWANIE

Z dotychczas przeprowadzonych badań wynika, że blanszowanie przy użyciu mikrofal może dawać produkt o lepszej jakości niż otrzymywany tradycyjnymi metodami. Jest to związane z brakiem wylugowania z żywności cennych składników odżywczych. Cały proces przebiega szybciej, co ma wpływ na uzyskanie produktów o lepszym wyglądzie zewnętrznym. Pomimo wymienionych zalet proces blanszowania mikrofalowego, dzięki któremu można poddać inaktywacji niektóre enzymy w warzywach i owocach, nie odniósł komercyjnego sukcesu. Przyczyną tego są kosztowne linie technologiczne, w których uzyskuje się produkty o jakości podobnej jak uzyskiwana w blanszowaniu konwencjonalnym. Najbardziej obiecującym procesem wydaje się być blanszowanie mikrofalowe połączone z działaniem pary wodnej. Takie połączenie redukuje koszty procesu oraz zapewnia odpowiednią kontrolę wilgotności powierzchni produktu. Bada się także możliwości wykorzystania blanszowania mikrofalowego do poprawy wyglądu i smaku warzyw pakowanych w puszki [2].

Mikrofałe stosuje się z dobrym skutkiem w przygotowywaniu podgotowanego bekonu, kawałków mięsa oraz drobiu z przeznaczeniem na rynek detaliczny oraz dla zakładów żywienia zbiorowego. Obróbka mikrofalowa wspomagana jest

często działaniem gorącego powietrza, co ma na celu usunięcie nadmiaru wody z bekonu. Działa się także parą nasyconą, aby zmniejszyć ryzyko zarażenia drobiu bakteriami *Salmonella*. Zaletami tego procesu jest duża wydajność, krótki czas przygotowania, mała pracochłonność oraz wysoka jakość produktów. Badania wykazują wzrost wydajności o 25-38% w obróbce mikrofalowej bekonu, bez strat podczas gotowania. Użycie mikrofal do ciepłej obróbki drobiu przynosi wzrost wydajności o 10% przy większym zachowaniu wilgotności. Moc i czas gotowania mikrofalowego należy dobrać stosownie do asortymentu. Większe i grubsze części kurczaka, jak uda czy piersi, wymagają dużej ilości energii i dłuższego czasu obróbki. Do ich przygotowywania bardziej przydatne są mikrofałe o częstotliwości 915 MHz, które wnikają głębiej w produkt, natomiast do przygotowania nóg i skrzydełek stosuje się mikrofałe o częstotliwości 2450 MHz. Gotowanie mikrofalowe szeroko stosuje się na skalę przemysłową w Szwecji i Japonii [6].



Rys. 4. Schemat konstrukcji mikrofalowego podgrzewacza bębnowego opracowanego w firmie PROMIS – TECH we Wrocławiu [9].

Zastosowanie mikrofal do szybkiego podgrzewania żywności jest najbardziej rozpowszechnione (rys. 3). Przykładem takiego zastosowania są bowiem typowe domowe kuchenki mikrofalowe oraz większe komory grzewcze stosowane w gastronomii.

Innym przykładem instalacji do podgrzewania żywności może być prototypowy podgrzewacz bębnowy skonstruowany w oparciu o koncepcję techniczną firmy PROMIS – TECH (rys. 4) [9]. Urządzenie to znajduje zastosowanie w produkcji przynęty dla ryb, ale może być także użyte przy nagrzewaniu granulatów i innych materiałów, które można przemieszczać wewnątrz obrotowego bębna.



Rys. 3. Tunelowy system do mikrofalowego podgrzewania żywności w workach foliowych [www.sairem.com].



SUSZENIE

Technikę mikrofalową na skalę przemysłową po raz pierwszy zastosowano w USA przy dosuszaniu płatków ziemniaczanych (chips). W latach sześćdziesiątych pracowało tam około 30 instalacji. Przedsięwzięcie to zakończyło się jednak niepowodzeniem [5].

Dziś mikrofałe znajdują bardzo szerokie zastosowanie w procesach suszenia

materiałów żywnościowych. Charakterystyczny dla mikrofal efekt silnego pochłaniania energii elektromagnetycznej przez cząsteczki wody umożliwia nagrzewanie wody zawartej w żywności bardzo szybko, w całej objętości suszonego materiału i z możliwością precyzyjnej kontroli procesu. Warto wspomnieć, że proces nagrzewania mikrofalami jest bezkontaktowy, to znaczy, że energia nie jest przekazywana od ścianek komory w wyniku przewodnictwa cieplnego, lecz jest bezpośrednio absorbowana przez suszony materiał [9].



Rys. 5. Konstrukcja mikrofalowej suszarki komorowej (zaprojektowanej do suszenia ceramiki, ale mającej zastosowanie przy suszeniu ziół i owoców) [www.promis-tech.pl].

ści produktu, natomiast części suche, powietrze suszarni i jej wnętrze nie są ogrzewane mikrofalami. Wyszuszony produkt ma mniej twardą powierzchnię w porównaniu z suszonym tradycyjnie. Najczęściej suszone mikrofalowo są: makaron, przyprawy, koncentrat pomidorowy, ryż, bekon i żywność przekąskowa (snack foods). Aby osiągnąć zamierzony efekt technologiczny niekiedy stosuje się wraz z mikrofalami konwencjonalne źródła ciepła [10].

Promieniowanie mikrofalowe można wykorzystać także w procesie suszenia sublimacyjnego. Na zmrożony blok produktu umieszczony w próżni oddziałuje się mikrofalami tak, aby nie ogrzewały całego produktu, lecz tylko cienką, ciągle przesuwaną się w głąb warstwę. Powstała w warstwie woda natychmiast paruje, topiąc przy okazji następną, sąsiednią warstwę. Dzięki chwilowemu wrzeniu tylko niewielkich ilości wody w stosunkowo niskiej temperaturze uzyskuje się produkt o dobrej jakości przy zachowanych wartościach odżywczych [6].

Zalety suszenia mikrofalowego:

- oszczędność przestrzeni,
- zmniejszenie czasu czyszczenia linii o 75%,
- skrócenie czasu trwania całego procesu o około 80%,
- zmniejszenie kosztów procesu o 75%,
- lepsza jakość produktu (badania dowodzą, że otrzymuje się produkt o lepszej barwie, aromacie i strukturze niż w metodach konwencjonalnych) [4].

Konstrukcje suszarek mikrofalowych można podzielić na następujące grupy:

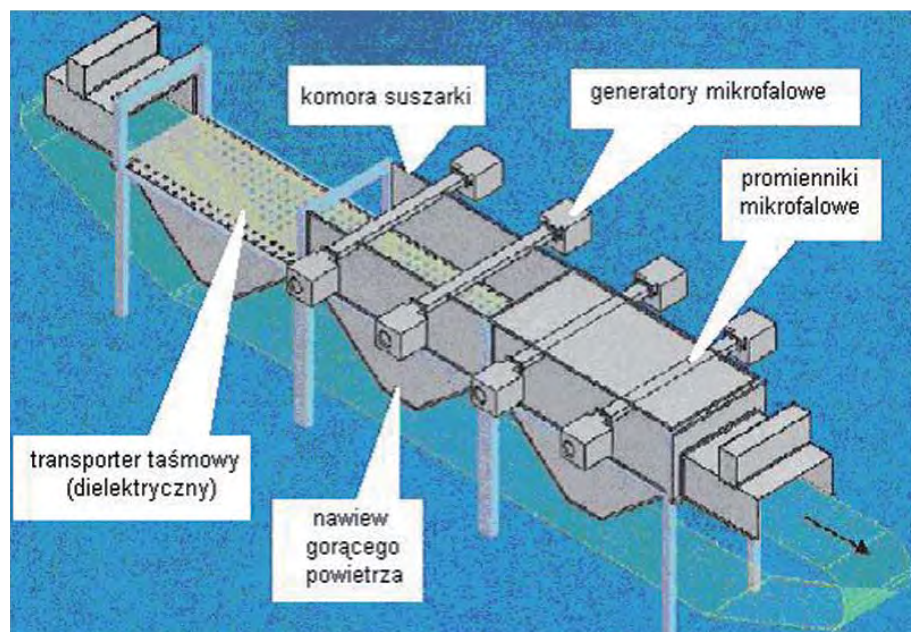
- suszarki komorowe pracujące przy ciśnieniu atmosferycznym,
- suszarki taśmowe,
- suszarki bębnowe próżniowe i pracujące przy ciśnieniu atmosferycznym,
- suszarki fluidalne i pulso – fluidalne [9].

Suszarki komorowe mają stosunkowo małe zastosowanie, czego powodem jest trudność z uzyskaniem jednorodnego pola wewnątrz komory. Na rys. 5. pokazano suszarkę komorową wyposażoną w sześć generatorów mikrofalowych o mocy 800W każdy.

Szerokie zastosowanie znajdują mikrofalowe suszarki taśmowe (rys. 6), w których suszony materiał przenoszony jest wewnątrz komory suszarki na taśmie dielektrycznej i nagrzewany jest energią mikrofalową z wielu promienników mikrofalowych. Takie suszarki mogą pracować zarówno przy ciśnieniu atmosferycznym, jak i pod obniżonym ciśnieniem.

Sz szczególnie interesujące rezultaty

uzyskać można prowadząc proces suszenia przy obniżonym ciśnieniu, kiedy występuje intensywne odparowanie wody z całej objętości suszonego materiału i proces ten przebiega już przy temperaturze materiału znacznie niższej niż 100°C. Występuje przy tym efekt tzw. puffingu, to jest rozdmuchi-



Rys. 6. Konstrukcja mikrofalowej suszarki taśmowej firmy PROMIS – TECH [9].

Najlepsze efekty suszenia osiąga się dla produktów o zawartości wilgoci poniżej 20%. Przy suszeniu mikrofalowym obserwuje się kilkukrotne zmniejszenie czasu trwania procesu i około 30-sto procentowe zmniejszenie zużycia energii. Ma na to wpływ fakt, że ogrzewaniu ulegają jedynie mokre czę-

wania kawałków suszonego materiału na skutek efektu zmian prężności pary wodnej uwalnianej wewnątrz odpowiednio pościętych warzyw, owoców czy też mięsa [9].



Rys. 7. Mikrofalowa suszarka bębnowo-próżniowa do suszenia warzyw, owoców i mięsa z tzw. efektem puffingu [www.promis-tech.pl].

Opisany proces suszenia pozwala otrzymać susz o właściwościach nie uzyskiwanych metodami konwencjonalnymi. Tak wysuszony materiał zachowuje aktywne składniki biologiczne, ma bardzo dobre walory smakowe i dużą zdolność do rehydratacji. Proces ten najczęściej prowadzony jest dwuetapowo. Pierwszy etap przebiega w suszarkach konwencjonalnych natomiast dosuszanie prowadzone jest w próżniowej suszarce mikrofalowej.

Jeszcze lepsze efekty daje dosuszanie w suszarce bębnowo-próżniowej (rys. 7) gdzie wstępnie wysuszony materiał (o wilgotności 15-30%) jest dosuszany w przeciągu kilku minut [9].

PASTERYZACJA I STERYLIZACJA

Już w 1946 roku miały miejsce pierwsze próby zastosowania fal wysokiej częstotliwości do redukowania zarodników pleśni przy produkcji chleba. Dwadzieścia lat później likwidowano zarodniki pleśni wykorzystując fale o częstotliwości 2450 MHz. Tym samym przedłużano trwałość produktu bez używania konserwantów chemicznych. Po raz pierwszy proces pasteryzacji przy użyciu mikrofal został wprowadzony na szerszą skalę w Szwecji w 1974 roku. W ten sposób pasteryzowano pakowane, krojony chleb. Działanie mikrofalami przy pasteryzacji chleba trwa od 1-2 minut – jest to czas potrzebny do destrukcji zarodników pleśni w chlebie [8].

Pasteryzacja przy użyciu tej techniki ma zastosowanie również przy wytłaczaniu makaronów, pasteryzacji mięsa, jogurtu oraz mleka. Proces ten ma na celu ochronę produktów przed pleśniami, drożdżami i termicznie nietrwałymi bakteriami (poprzez inaktywację enzymów), co wydłuża trwałość produktów. Pasteryzację przeprowadza się w temperaturze 60-80°C [8].

O ile pasteryzacja wymaga łagodniejszego sposobu ogrzewania, o tyle w przypadku sterylizacji należy doprowadzić do

całkowitej destrukcji mikroorganizmów, co zmusza nas do stosowania wyższych temperatur – minimum 100°C. Sterylicację mikrofalową stosuje się do produktów mięsnych, warzywnych oraz mlecznych. Przebiega ona w temperaturze 110-130°C, w warunkach nadciśnienia. Proces sterylizacji trwa zazwyczaj 5-8 minut, po czym następuje proces dekompresji i schładzania [8].

Ponieważ mikrofałe nie ogrzewają produktu równomiernie dowiedziono, że bakterie *Trichinella spiralis* mogą przetrwać ogrzewanie wieprzowiny w kuchence mikrofalowej. Dlatego, kierując się bezpieczeństwem mikrobiologicznym produktu, sterylizację należy prowadzić tak, aby znać najniższą temperaturę w najzimniejszym punkcie z dokładnością do 0,5 K [5].

Zaletami sterylizacji mikrofalowej są: krótki czas ogrzewania i jego jednolitość, otrzymanie lepszej jakości produktu, możliwość wyboru opakowania przy zachowaniu jego trwałości [7].

Procesy pasteryzacji i sterylizacji z wykorzystaniem mikrofal mogą być prowadzone w instalacjach o różnych konstrukcjach. Najbardziej korzystne wydaje się być równoczesne prowadzenie suszenia i pasteryzacji w suszarkach mikrofalowych np. taśmowych. Taki proces można również prowadzić w mikrofalowej suszarce bębnowej pracującej pod obniżonym ciśnieniem. Urządzenie to przeznaczone jest do końcowego dosuszania warzyw, owoców, ziół i innych produktów żywnościowych. Zastosowanie obniżonego ciśnienia wewnątrz bębna obrotowego przy jednoczesnym działaniu mikrofalami pozwala szybko usunąć pozostałą wodę z materiału jednocześnie niszcząc bakterie, drożdże, pleśnie i insekty [9].

Inną metodą sterylizacji mięsa i innych produktów żywnościowych jest nagrzewanie ich, za pomocą mikrofal, wewnątrz komór ciśnieniowych, przy ciśnieniu około 0,24 mPa. Nagrzewanie mikrofalowe prowadzi się do osiągnięcia temperatury 120-140°C [9].

Zastosowanie mikrofal do pasteryzacji i sterylizacji w przemyśle budzi duże zainteresowanie. Przyczyną tego jest gwałtowny rozwój w dziedzinie materiałów opakowaniowych oraz samych opakowań żywnościowych. Możliwość podniesienia temperatury produktu do 90°C w bardzo krótkim czasie może być wykorzystywana w pasteryzacji soków owocowych i mleka oraz do sterylizacji mleka w proszku. Natomiast możliwość przenikania mikrofal przez opakowanie stwarza uniikalne możliwości pasteryzacji czy sterylizacji produktów gotowych do spożycia [6].

PODSUMOWANIE

Opisane przykłady zastosowania promieniowania mikrofalowego w poszczególnych etapach przetwarzania żywności świadczą o coraz większym zainteresowaniu instalacjami mikrofalowymi stosowanymi w przemysłowej obróbce cieplnej żywności.

Urządzenia mikrofalowe są bardzo zróżnicowane pod względem budowy, co wynika z potrzeby dostosowania instalacji do specyficznych potrzeb poszczególnych technologii. Z roku na rok przewidywany jest coraz większy udział

urządzeń mikrofalowych w przemyśle spożywczym. Jednak dla zapewnienia odpowiednich warunków technologicznych w zależności od zróżnicowania surowca, a także jego przygotowania do produkcji, niezbędna jest optymalizacja omawianych urządzeń. Możliwe jest to dzięki ścisłej współpracy specjalistów z zakresu techniki mikrofalowej oraz z zakresu przetwórstwa spożywczego.

Poniższa Literatura nie prezentuje badań dotyczących wpływu stosowanej wobec produktów spożywczych techniki mikrofalowej na zdrowie ludzkie.

LITERATURA

- [1] Borucka I., Zalewski S.: Jak rozmrażać mięso, drób i ryby, aby otrzymać potrawy o najlepszej jakości i najwyższej wydajności, *Food Service* 1997, 3: 24-33.
- [2] Dolińska R., Warchalewski J.R.: Przyszłościowe technologie żywności z udziałem mikrofal i ich wpływ na składniki żywności, *Przemysł Spożywczy* 2003, 11: 2-7.
- [3] Kondratowicz J., Dajnowska K.: Możliwość rozmrażania mięsa i produktów mięsnych metodą tempering, *Chłodnictwo* 2000, 1: 42-44.
- [4] Kurzyk B., Kierebiński Cz.: Zasady nagrzewania energią mikrofalową i budowa kuchenek mikrofalowych, *Przegląd Gastronomiczny* 1993, 1: 4-6.
- [5] Lenart A., Łakomiec D.: Najnowsze kierunki zastosowania mikrofal w przemyśle spożywczym, *Przemysł Spożywczy* 1992, 11: 283-285.
- [6] Mitrus M.: Zastosowanie mikrofal w technologii żywności, *Postępy Nauk Rolniczych* 2000, 4: 99-113.
- [7] Mitrus M., Wójtowicz A.: Możliwości zastosowania mikrofal w procesach przetwarzania żywności, *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1997, 1/2: 52-58.
- [8] Opydo B.: Zastosowanie techniki mikrofalowej w przemyśle spożywczym, *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1995, 1: 64-65.
- [9] Parosa R.: Mikrofałe w przemyśle spożywczym, *Przemysł Spożywczy* 2007, 1: 11-21.
- [10] Surówka K.: Mikrofałe i ich zastosowanie w technologii żywności, *Żywność, Technologia, Jakość* 1994, 1: 13-21.
- [11] Żmijewski T., Kwiatkowska A.: Raz, dwa, trzy i... gotowe, Mikrofałe i ich zastosowanie w technologii żywności, *Przegląd Gastronomiczny* 2001, 8: 3-4.

APPLICATION OF MICROWAVES IN FOOD'S THERMAL TREATMENT

SUMMARY

Different possibilities of microwave's application for food's thermal treatment have been presented in the article. The advantages of microwave tempering of meat, drying foodstuffs and other heating processes, in which microwaves are used on a large scale, have been elaborated. Thus an attempt to justify the need for using microwaves on an industrial scale has been undertaken.