

Prof. dr hab. inż. Józef GROCHOWICZ dr h.c.<sup>1</sup>, dr hab. inż. Paweł SOBCZAK<sup>2</sup>,  
Prof. dr hab. inż. Kazimierz ZAWIŚLAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Szkoła Główna Turystyki i Rekreacji; <sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

## Nowoczesne technologie utrwalania żywności minimalnie przetworzonej i funkcjonalnej - Stan badań i perspektywa rozwojowa

### Streszczenie

*W artykule przedstawiony jest krótki przegląd tematyki aktualnie prowadzonych w świecie badań nad rozwojem różnych nowatorskich technologii utrwalania produktów spożywczych, wywołujących możliwie najmniejsze deformacje ich składu. Celem jest przedstawienie w skrócie zakresu możliwych zastosowań tych – spośród nowszych – technologii, które zostały już za granicą wdrożone w skali przemysłowej i choć są wielce obiecujące – nie znalazły dotąd u nas szerszego zainteresowania. Informacje tu zawarte mogą stanowić inspirację i zachętę dla młodych pracowników nauki do podejmowania aktualnej i wyjątkowo atrakcyjnej tematyki badawczej, a także dla przemysłu, jako szansy na wprowadzanie innowacyjnych technologii i produkcję poszukiwanej niszowej żywności prozdrowotnej.*

**Słowa kluczowe:** nowe technologie nietermiczne, sterylizacja produktów, żywność minimalnie przetworzona

## Modern technologies preservation of minimally processed food and functional food - Status of research and development perspective

### Summary

*The article presented a brief overview of the issues currently being conducted in the world of research on the development of various innovative technologies preservation of food products, causing the least possible composition deformation. The aim of the presentation is juxtaposition in brief the range of possible applications of these – of the newer – technologies that have already been implemented abroad industrial scale, and although there are promising – they were not yet in our broader interest. The information contained herein may serve as inspiration and encouragement for young scientists to take up the current and extremely attractive research topics, as well as for the industry, as an opportunity to introduce innovative technologies and production sought niche health-food.*

**Key words:** new technologies, thermal sterilization products, minimally processed foods

### Wprowadzenie

Żywnienie człowieka staje się w ostatnich latach przedmiotem zainteresowania coraz szerszego kręgu społeczności ludzkiej. Powodów tego stanu jest wiele. Przyczyną główną jest upowszechnienie w społeczeństwie wiedzy, a coraz częściej i przekonania, że istnieje wyraźna współzależność między jakością (i ilością) żywności oraz żywieniem, a stanem fizjologicznym człowieka. Dowodem najbardziej widocznym jest alarmujący wzrost liczby osób otyłych, przy czym otyłość dosięga coraz częściej także ludzi młodych. Jednocześnie wiadomo, że plagą stają się również inne schorzenia i dolegliwości wynikające z nieprawidłowego żywienia, zaliczane do grupy tzw. chorób cywilizacyjnych, jak np. choroby układu krążenia, nowotwory czy cukrzyca. Wśród innych przyczyn można wymienić: zainteresowanie nowymi potrawami i sposobami ich przygotowania, wzrost zamożności społeczeństwa i dbałości o jakość życia, narastające przekonanie, że nie wszystkie produkty spożywcze oferowane przez przemysł są odpowiedniej jakości, co jest efektem nie tylko drastycznych metod obróbki, zwłaszcza termicznej, ale też świadomej modyfikacji ich składu chemicznego przez producentów. Wynika to z braku ścisłych regulacji prawnych, skutecznej kontroli i odpowiedzialności, wymuszających na producentach wprowadza-

nie do produktów tylko bezpiecznych i zdrowych substancji, zwłaszcza w wyrobach wieloskładnikowych. O takich praktykach świadczą wydłużające się na opakowaniach wykazy składników zawartych w niektórych produktach, co sprawia, że ich opis na opakowaniu jest coraz częściej sprawdzany przez konsumentów i dla wielu z nich jest powodem do rezygnacji z zakupu. Rezultat tego jest taki, że obok od dość dawna rozpowszechnionej i dalej rozwijanej produkcji żywności określanej mianem wygodnej, znacznie ułatwiającej przygotowanie potraw i samo żywienie, w zainteresowaniu konsumentów coraz więcej miejsca zajmuje żywność o wyższych walorach zdrowotnych, pozbawiona wszelkich zbędnych dodatków chemicznych, możliwie bez stosowania zbędnej lub nadmiernej obróbki termicznej celem zachowania ich naturalnych właściwości, czyli produkcja tzw. żywności minimalnie przetworzonej. Główny problem polega na tym, że tylko niektóre surowce spożywcze (gatunkowo, a nie ilościowo) mogą być spożywane w naturalnej formie bez przetwarzania. Są to przede wszystkim owoce, niektóre warzywa, orzechy, mleko i miód, a w bardzo ograniczonym zakresie mięso i owoce morza; reszta zaś wymaga mniejszej lub większej obróbki chemicznej, mechanicznej czy cieplnej. Zasadniczą zatem sprawą jest opracowanie nowych, nieniszczących sposobów przedłużania ich trwałości. Dotyczy to również wielu innych

nietrwałych produktów, w tym także z grupy żywności wygodnej, której przedłużeniem okresu przydatności konsumpcyjnej zainteresowane są, m.in. supermarkety. Równoległym, a ostatnio intensywnie rozwijanym obszarem badań jest produkcja tzw. żywności funkcjonalnej, tj. takich produktów, które oprócz wartości odżywczej, wynikającej ze składu chemicznego, zawierają dodatkowo substancje o właściwościach stymulujących wewnętrzne procesy fizjologiczne organizmu, opóźniających procesy starzenia, a nawet poprawiających ogólne samopoczucie.

Powstała zatem konieczność poszukiwania nowych sposobów takiej obróbki nie tylko dla uzyskania utrwalenia i sterylizacji produktów z zachowaniem ich pierwotnej struktury, ale i celowej, korzystnej dla zdrowia modyfikacji ich składu chemicznego. Doprowadziło to do wykorzystania wielu znanych już dawniej zjawisk fizycznych i procesów dla tego celu.

Postęp w inżynierii żywności od dawna opiera się na równoległym prowadzeniu badań w dwu głównych obszarach:

- poznawania właściwości surowców i produktów (fizycznych, chemicznych, technologicznych i sensorycznych) oraz czynników umożliwiających ich modyfikacje w pożądanym, założonym z góry kierunku,
- projektowania zespołów roboczych lub określonych urządzeń technicznych, poprzedzonego analizą teoretyczną procesów i operacji, umożliwiających założoną transformację produktów w oparciu o zebrane dane.

Wśród tych nowszych (lub wznowionych) technologii pozwalających na przedłużanie trwałości produktów gotowych - przy zastępowaniu obróbki termicznej innymi sposobami utrwalania - należy wymienić: zastosowanie ultradźwięków, ultrawysokich ciśnień, procesów osmotycznych, podciśnienia (dla celów: koncentracji suchej masy, suszenia, wzbogacania składu, tworzenia powłok jadalnych, infuzji próżniowej, techniki mikrokapsulacji itp.) oraz zjawisk związanych z promieniowaniem, polem elektrycznym i magnetycznym.

Mimo znacznego zaawansowania badań w różnych ośrodkach naukowych na świecie zainteresowanie tymi nowościami jest u nas dotąd niewielkie. Ze względu na rozległy zakres problemowy i mnogość ogólnie dostępnych na ten temat publikacji, dalsze rozważania zostaną tutaj ograniczone jedynie do krótkiego przeglądu wybranych nowszych metod obróbki surowców i produktów spożywczych, z wyeksponowaniem tych, które mają potwierdzone już możliwości aplikacyjne. W wielu przypadkach okazało się bowiem, że opracowywane metody obróbki, w miarę rozwoju oraz doskonalenia urządzeń i procesów nadają się również do zastosowania w przetwórstwie na skalę przemysłową, a dla niektórych z nich znajdowane są coraz nowe aplikacje. Stanowi to dodatkową argumentację dla podejmowania tej wybitnie innowacyjnej tematyki, która stwarza nowe możliwości rozwoju technologii utrwalania i przetwarzania żywności funkcjonalnej, na którą zapotrzebowanie będzie rosło.

Nadrzędną sprawą we wszystkich tych badaniach jest zawsze bezpieczeństwo zdrowotne produktów, przy zachowaniu ich wysokiej jakości i tego wymaga się od nowych technologii. Do tego celu tworzy się obowiązujące systemy monitoringu przebiegu procesów nie tylko w punktach krytycznych, ale również na całej drodze w cyklu „od pola do stołu”. Wiąże się z tym poszukiwanie i wdrażanie nowych sensorów oraz metod rejestracji z przetwarzaniem zbieranych wyników pomia-

rów. Powstaje w ten sposób kompleks interdyscyplinarny, do realizacji którego warto pomyśleć o stworzeniu programu badawczo-wdrożeniowego.

### Klasyfikacja nowych metod obróbki produktów spożywczych

Różnorodność dotąd poznanych metod i pojawiające się coraz nowe sposoby przetwarzania oraz utrwalania produktów spożywczych sprawiają trudność precyzyjnej ich klasyfikacji, stąd - zależnie od przyjętych kryteriów - w literaturze spotkać można różne ich podziały. Najbardziej ogólnym jest podział metod utrwalania na trzy grupy, tj. fizyczne, chemiczne i biologiczne.

Jeśli jednak przyjąć za kryterium podziału zakres zmian w produktach jaki wywołuje obróbka, to wszystkie metody można podzielić tylko na dwie podstawowe grupy:

- metody obróbki nietermicznej,
- metody obróbki termicznej.

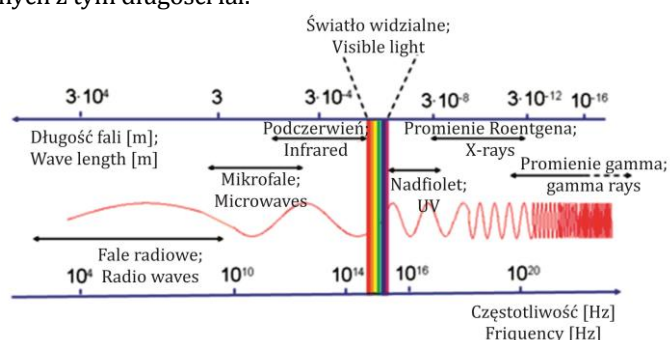
Dalszy przegląd ogranicza się jedynie do wybranych nowszych technologii nietermicznych, tzn. prowadzonych w warunkach bliskich temperaturze otoczenia, ale gwarantujących sterylizację z zachowaniem wartości odżywczej i pierwotnych cech produktu.

### Nietermiczne, fizyczne sposoby obróbki żywności

W tej grupie metod obróbki wymienia się zwykle następujące techniki:

- irradiację (promieniowanie przenikliwe),
- promieniowanie ultrafioletowe,
- intensywne światło białe,
- pulsacyjne pole elektryczne,
- pulsacyjne pole magnetyczne,
- zimną plazmę.

Do procesów nietermicznych zalicza się również inne metody, nie mające związku z promieniowaniem i polami elektromagnetycznymi, wśród których coraz szersze zastosowanie znajdują ultradźwięki i ultra wysokie ciśnienia. Jakkolwiek większość spośród tych metod oparta jest na zjawiskach fizycznych znanych od dość dawna, to dopiero w ostatnim ćwierćwieczu zostały one włączone do przetwórstwa żywności. Jak widać, większość wymienionych tutaj metod mieści się w technologii obróbki promieniowaniem i tylko ten zakres będzie przedstawiony poniżej. Na rysunku 1 przedstawiono wykorzystywane w inżynierii żywności zakresy częstotliwości i związane z tym długości fal.



Rys.1. Widmo fal elektromagnetycznych (źródło:

<http://zadane.pl/zadanie/5317857>)

Fig. 1. The spectrum of electromagnetic waves (source:

<http://zadane.pl/zadanie/5317857>)

Długość fal decyduje o charakterze ich wpływu na obrabiany materiał biologiczny. W zakresie wyższych częstotliwości aż do granicy podczerwieni mieszczą się metody nietermiczne, natomiast zakres niższych częstotliwości wykorzystywany jest nie tylko do celów obróbki termicznej produktów, ale również coraz szerzej w technice grzejnictwa.

Długość fal decyduje o charakterze ich wpływu na obrabiany materiał biologiczny. W zakresie wyższych częstotliwości aż do granicy podczerwieni mieszczą się metody nietermiczne, natomiast zakres niższych częstotliwości wykorzystywany jest nie tylko do celów obróbki termicznej produktów, ale również coraz szerzej w technice grzejnictwa.

### Promieniowanie jonizujące

Promieniowaniem jonizującym określa się promieniowanie elektromagnetyczne w zakresie fal ultrakrótkich. W praktyce wykorzystuje się trzy główne źródła promieniowania, tj. promieniowanie  $\gamma$ , promieniowanie X (Roentgena) oraz wiązki elektronów z akceleratorów (Lacombe i in., 2015; Niemira, 2014; Olanya i in., 2015; Parlato i in., 2014).

Efekt działania promieniowania jonizującego zależy od jego intensywności i zdolności pochłaniania energii przez określony produkt. Miarą tego procesu powszechnie przyjętą w technice irradycji jest 1 Grey (Gy), tj. taka ilość promieniowania, która doprowadza 1 J energii na każdy 1 kg masy produktu.

W praktyce za maksymalną dopuszczalną dawkę promieniowania przyjęto 10 kGy. Z dotychczasowych badań (Olanya i in., 2015; Parlato i in., 2014) wynika, że nawet dawka do 2 kGy wywołuje bardzo wyraźną redukcję liczby mikroorganizmów o 3-4 log cykle. Przy większych dawkach do 10 kGy nie ma jeszcze wyraźnych zmian w jakości produktu, ale skuteczność redukcji patogenów znacznie wzrasta.

Zgodnie z europejskim ustawodawstwem (Dyrektywa 1999/2/EWG i 1999/3/EWG) obróbka produktu spożywczego za pomocą promieniowania jonizującego jest dozwolona tylko do suszonych ziół aromatycznych i przypraw z suszonych ziół i to wyłącznie po spełnieniu następujących warunków:

- występuje uzasadniona potrzeba techniczna,
- obróbka nie stwarza zagrożenia dla zdrowia,
- przetwarzanie zapewnia korzyści konsumentom,
- metoda nie jest używana jako substytut procedur higienicznych i zdrowotnych lub sprawdzonych metod produkcji przemysłowej bądź rolnej.

Polskie prawo uznaje napromienianie żywności za dopuszczalne w następujących celach:

- eliminacji lub redukcji drobnoustrojów chorobotwórczych do poziomu pozwalającego na bezpieczną konsumpcję
- zapobieganie psuciu się żywności przez eliminację bakterii, pleśni, grzybów i pasożytów powodujących jej rozkład,
- przedłużenia okresu składowania świeżych owoców i warzyw poprzez hamowanie naturalnych biologicznych procesów takich jak kiełkowanie, dojrzewanie i starzenie się.

Zgodnie z tą ustawą (Dz.U. 2007, nr 121, poz. 841) w Polsce dopuszcza się napromienianie tylko następujących produktów, z określeniem celu i maksymalnych dozwolonych dawek, wyrażonych w kGy:

- ziemniaki- (hamowanie kiełkowania) 0,025- 0,10

- cebula - (hamowanie kiełkowania) do 0,060
- czosnek - (hamowanie kiełkowania) 0,300 –0,15
- pieczarki- (zahamowanie procesu starzenia) 5,0 - 10,0
- pieczarki suszone (eliminacja zanieczyszczeń biologicznych) 5,0 – 10,0
- suszone warzywa (eliminacja zanieczyszczeń biologicznych) 5,0 – 10,0.

Obserwuje się ciągłą niechęć i nieufność wielu środowisk konsumenckich wobec technologii napromieniania, stąd i postęp jej upowszechniania jest bardzo powolny. Przykładem mogą tu być Stany Zjednoczone, w których przebieg wdrożeń i dopuszczalne dawki promieniowania przedstawia tabela 1.

Tab. 1. Produkty dopuszczone do irradycji w USA

Tab. 1. Products authorized for irradiation in the US

Lp. No	Produkt; Product	Dawka; Dose (kGy)	Cel obróbki; Aim of treatment	Data zezwolenia; Permission date
1	Pszenna, mąka pszenna; Wheat, wheatflour	0,2- 0,5	dezynsekcja (przeciw owadom); disinfection (insect)	1963
2	Ziemniaki (białe odmiany); Potatoes (white varieties)	0,05 – 0,15	blokada kiełkowania; lock germination	1964
3	Wieprzowina; Pork	0,3 – 1,0	przeciw trychinozie; against trychinosis	1985
4	Owoce; Fruits	maks. 1,0	dezynsekcja, opóźnianie dojrzewania; disinfection, delaying puberty	1986
5	Świeże warzywa; Fresh vegetables	maks. 1,0	Dezynsekcja; disinfection	1986
6	Zioła; Herbs	maks. 30,0	inaktywacja mikroorganizmów	1986
7	Przyprawy; Spices	maks. 30,0	inaktywacja mikroorganizmów; inactivation of microorganisms	1986
8	Drób świeży lub mrożony; Chicken fresh or frozen	maks. 3,0	inaktywacja mikroorganizmów; inactivation of microorganisms	1990
9	Pasze dla zwierząt i karmy; Animal feed and petfood	2,0 – 25,0	przeciw Salmonelli; against Salmonella	1995
10	Mięso surowe, chłodzone; Freshmeat, chilled	maks. 4,5	inaktywacja mikroorganizmów; inactivation of microorganisms	1997
11	Mięso surowe, mrożone; Fresh meat, frozen	maks. 7,0	inaktywacja mikroorganizmów; inactivation of microorganisms	1997
12	Jaja; Eggs	3,0	Brak danych	2000
13	Szpinak i sałata; Spinach and salade	Brak danych	Brak danych	2007

Mimo niewątpliwych zalet istnieje dość powszechny opór przed wprowadzeniem tej obróbki na szerszą skalę ze względu na obawę wzrostu radioaktywności obrabianych produktów, co jest ciągle przedmiotem dyskusji (20). Mimo braku dowodów o niekorzystnym wpływie ustalonych niewielkich dawek promieniowania na zdrowie człowieka ten sposób skutecznej eliminacji patogenów rozpowszechnia się na świecie bardzo wolno.

### Obróbka promieniowaniem świetlnym

O efektach obróbki promieniowaniem świetlnym można mówić tylko wtedy, gdy produkty są traktowane promieniowaniem o dużym natężeniu i określonej długości fal.

Stosowane lub możliwe do zastosowania w praktyce zakresy promieniowania świetlnego leżą w dość szerokim przedziale i z racji charakteru oraz techniki wytwarzania wyodrębnia się dwa zakresy widma:

- światło ultrafioletowe,
- światło białe.

Mechanizm oddziaływania promieniowania na organizmy żywe polega na pochłanianiu energii, przy czym różne substancje wewnątrzkomórkowe różnią się nie tylko zdolnością pochłaniania, ale również reaktywnością na różne zakresy długości fal.

Promieniowanie w opisanym zakresie nie jest tak przenikliwym jak promieniowanie jonizujące i sięga tylko nieznacznie w głąb produktu typu ciała stałego, natomiast przenika przez ciecze zależnie od stopnia ich przezroczystości. Z tych powodów promieniowanie świetlne może być z powodzeniem stosowane do powierzchniowej sterylizacji produktów stałych oraz do poprawy czystości mikrobiologicznej przezroczystych cieczy.

Do efektywnej obróbki potrzebne są źródła promieniowania świetlnego o dużym natężeniu.

### Światło ultrafioletowe

Promieniowanie nadfioletowe ma wyższą częstotliwość od częstotliwości światła widzialnego, a więc jest niewidoczne dla ludzkiego oka. Spektrum UV zwykle dzieli się na trzy zakresy, co wynika z różnic w sposobie i skutkach jego działania (m.in. dla celów medycznych):

- UV-A – długofalowe 400 nm - 315 nm,
- UV-B – średniofalowe 315 nm - 280 nm,
- UV-C – krótkofalowe 280 nm - 100 nm.

Jako źródło intensywnego promieniowania ultrafioletowego stosowane są obecnie lampy ksenonowe i lasery ekscymerowe. Ośrodkiem czynnym tych laserów są gazy, w których pod wpływem wzbudzenia łączą się w nietrwałe związki chemiczne - ekscymery np. XeCl\*, KrF\* itp., o krótkim czasie życia. W trakcie zaniku emitują promieniowanie np. XeCl\* (308 nm), KrF\* (248 nm), ArF\* (193 nm).

Promieniowanie tych laserów ma charakter impulsowy o długościach impulsów 10 - 300 ns i energii do 1 J z częstotliwością do 1 kHz (Bialka i Demirci, 2008; Demirci i Panico, 2008). W przemyśle spożywczym, jak dotąd, promieniowanie to stosowane jest do dezynfekcji pomieszczeń produkcyjnych, głównie w przemyśle mleczarskim, piwowarskim i mięsnym.

Nadaje się również do powierzchniowej sterylizacji opakowań lub opakowanych produktów, ale trzeba pamiętać, że może ono wpływać na zmiany cech sensorycznych produktów, głównie barwy i zapachu, może też przyspieszać rozkład tłuszczów i witamin. Przy intensywności promieniowania rzędu 1000 Jm uzyskano dla bakterii, drożdży i wirusów redukcję rzędu 4 log cykli.

Z nielicznych publikacji wynika, że ta metoda może w przyszłości stanowić skuteczny sposób na przedłużanie świeżości produktów dla celów handlowych (Loeffler, 2006; Niemira, 2014; Paskeviciute i in., 2011). Wyniki dotychczasowych badań są jednak trudne do porównywania z racji różnic w metodyce, doborze źródeł promieniowania i w cechach obrabianych produktów.

### Pulsujące światło białe (PulsedLight - PL)

Technologia obróbki (stosowana praktycznie od 1990 r.) polega na dezynfekcji powierzchniowej materiałów poprzez traktowanie ich pulsującym światłem białym o dużym natężeniu (Gemma i in., 2010, Oms-Oliu i in. 2010, Paskeviciute i in., 2011, Sampedro i in., 2007).

Techniczne dane:

- gęstość strumienia energii od 0.1 do 50 J/cm<sup>2</sup>,
- liczba impulsów typowo od 1 do 20 w ciągu sekundy,
- czas trwania błysku od 1 μs do 0,1 s.

Działanie bakteriobójcze powstaje w efekcie absorpcji przez białka i kwasy nukleinowe energii promieniowania, co wywołuje reakcje chemiczne w jądrach komórek bakteryjnych, prowadzące do ich śmierci.

Stosowane w badaniach (Oms-Oliu i in., 2010) światło ma dość szerokie pasmo zawierające ok. 50% w zakresie widma światła widzialnego, 20% UV oraz 30% w podczerwieni, o intensywności ok. 20000 razy większej niż światło słoneczne na powierzchni Ziemi.

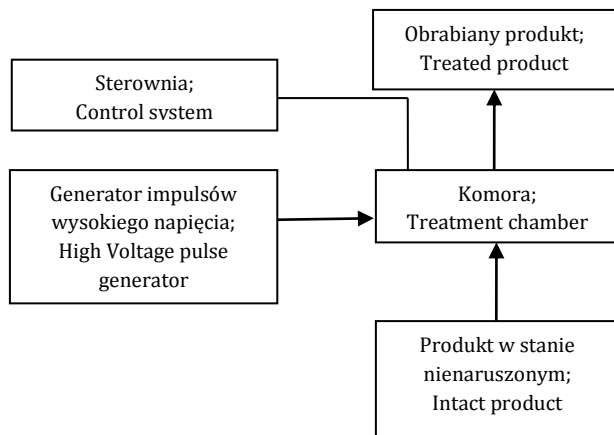
### Pulsujące pole elektryczne (PEF)

Badania nad wykorzystaniem pulsującego pola elektrycznego do sterylizacji produktów żywnościowych i materiałów opakowaniowych prowadzone są już od ponad 25 lat.

Technologia obróbki polega na zastosowaniu pulsów wysokiego napięcia w zakresie od 10 do 60 kV, wytwarzanych z częstotliwością do 1 Hz. Obrabiany materiał przemieszcza się między elektrodami z regulowaną prędkością. Mechanizm eliminacji mikroorganizmów polega na tym, że pod wpływem tych impulsów ich błony komórkowe ulegają perforacji, co prowadzi do ich śmierci.

Z dotychczasowych badań wynika, że technologia PEF jest stosowana coraz szerzej do pasteryzacji produktów płynnych i półpłynnych, takich jak: mleko, jogurty, sosy, czy zupy (Amiali i in., 2006; Grabowski i Dąbrowski, 2014; Martin-Belloso i Sobrino-Lopez, 2011; Mohamed i Eissa, 2012; Sampedro i in., 2007). Ostatnie badania wskazują na możliwość jej wykorzystania również do wspomaganiania procesów ekstrakcji olejów, białek z alg, cukru z buraków, czy przeciwutleniaczy; przewidywane jest nawet możliwość zastosowania PEF do eliminacji akryloamidu, koncentracji białek ziemniaczanych i w produkcji wędlin (Loeffler, 2006; Mohamed i Eissa, 2012). Jak wynika

z dość obszernej literatury i opracowań monograficznych dotyczących PEF ta technologia obróbki stwarza wiele nowych możliwości procesowych i będzie się nadal rozwijać.



Rys. 2. Schemat blokowy instalacji PEF

Fig. 2. A block diagram of the installation PEF

### Zimna plazma – non-thermalplasma (NTP)

Plazma jest uznawana za czwarty stan skupienia materii. Wyróżnia się dwa rodzaje plazmy: wysoko- i niskotemperaturową. Plazma wysokotemperaturowa znalazła od lat zastosowanie w przemysłowej obróbce materiałów (Sun D-Wen, 2014; Surowski i in., 2013).

Plazma niskotemperaturowa powstaje w komorach spalania, łuku elektrycznym czy też wyładowaniu elektrycznym w gazach. Plazma niskotemperaturowa, nie powoduje uszkodzeń termicznych, ale energia elektronów jest na tyle duża, że mogą one zapoczątkować wiele procesów chemicznych (Grabowski i Dąbrowski 2014; Sun D-Wen, 2014; Surowski i in., 2013).



Rys. 3. Mikropalnik plazmowy (Zieliński, 2007)

Fig. 3. Micro Plasma torch (Zieliński, 2007)



Rys. 4. Laboratoryjna instalacja plazmowa (Niemira, 2014)

Fig. 4. Laboratory installation of plasma (Niemira, 2014)

Niskociśnieniową plazmę można wytworzyć w komorze próżniowej, jeśli podda się gaz działaniu pola magnetycznego o wysokiej częstotliwości. W wyniku wyładowań następuje jonizacja gazu, z jednoczesnym powstaniem wolnych rodników i promieniowania ultrafioletowego. tworząc aktywny gaz, który wchodzi w reakcję z powierzchnią materiału podlegającego obróbce (Gemma i in., 2010; Wiktor i in., 2013). Jako gazu procesowego używa się tlenu, helu, azotu, argonu i innych. Urządzenia do wytwarzania zimnej plazmy mogą mieć różną postać (rys. 3 i rys. 4).

publikacji zagranicznych wynika, że już obecnie istnieją możliwości zastosowań NTPw takich procesach, jak:

- sucha dezynfekcja powierzchniowa surowców i produktów spożywczych (mięso, ryby, drób, świeże warzywa),
- sterylizacja granulatów, aglomeratów i proszków (zioła i przyprawy, mlekow proszku),
- modyfikacja właściwości opakowań,
- powierzchniowa i wewnętrzna sterylizacja opakowań,
- inaktywacja mikroorganizmów na powierzchniach roboczych /biofilmy/,
- bardzo szerokie możliwości zastosowania w medycynie.

Jak wynika z badań technologia NTP obejmuje obok żywności również suplementy diety, farmaceutyki i inne półprodukty biotechnologiczne, które wymagają utrwalania, a przy tym zachowują wartości odżywcze i właściwości funkcjonalne. Pojawiające się pierwsze publikacje polskich autorów (Grabowski i Dąbrowski, 2014; Wiktor i in., 2013; Zieliński, 2007) dowodzą wzrostu zainteresowania tematyką NTP.

### Podsumowanie

Przedstawiony skrótowy przegląd nie wyczerpuje wszystkich możliwości utrwalania produktów metodami nieniszczącymi ich struktury, a przede wszystkim zawartych w nich naturalnych składników. Spośród przedstawionych metod dwie ostatnie są aktualnie przedmiotem szerszego zainteresowania ośrodków naukowych na świecie, rośnie także zainteresowanie technikami obróbki promieniowaniem świetlnym, zwłaszcza ultrafioletowym.

### Bibliografia

- Amami, E., Khezami, L., Vorobiev, E., Kechaou, N. (2008). Effect of pulsed electric field and osmotic dehydration pretreatment on the convective drying of carrot tissue. *Drying Technology*, 26, 231-238, [doi. 10.1080/07373930701537294](https://doi.org/10.1080/07373930701537294).
- Amiali, M., Ngadi, M.O., Raghavan, G.S.V., Smith, J.P. (2006). Inactivation of Escherichia coli O157:H7 and Salmonella enteritidis in liquid egg white using pulsed electric field. *Journal of Food Science*, 71, 88-94.
- Baier, M., Foerster, J., Schnabel, U., Knorr, D., Ehlbeck, J., Herppich, W., Schlüter, O. (2013). Direct non-thermal plasma treatment for the sanitation of fresh corn salad leaves: Evaluation of physical and physiological effects and antimicrobial efficacy. *Postharvest Biology and Technology* 84, 81-87.
- Ben Ammar, J., Lanoisellé, J-L., Lebovka, N., Vorobiev, E. (2011). Effect of a Pulsed Electric Field and Osmotic Treatment on freezing of potato tissue. *Food Biophysics*, 5, 247-254, [doi. 10.1007/s11483-010-9167-y](https://doi.org/10.1007/s11483-010-9167-y).

- Bermudez-Aguirre D., Barbosa-Canovas G.V. (2011) Recent Advances in Emerging Nonthermal Technologies. *Food Engineering. Series, 2*, 285-323, [doi. 10.1007/978-1-4419-7475-4\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7475-4_13).
- Bialka, K.L., Demirci, A. (2008). Efficacy of Pulsed UV-Light for the Decontamination of Escherichia coli O157:H7 and Salmonella spp. on Raspberries and Strawberries, *Journal of Food Science* 73(5), M201-M207, [doi. 10.1111/j.1750-3841.2008.00743.x](https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00743.x).
- Demirci, A., Panico, L. (2008). Pulsed ultraviolet light, *Food Science and Technology International*, 14, 443-446.
- Gemma, O., Martín-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R. (2010). Pulsed light treatment for food preservation. A review. *Food Bioprocess Technology*, 3, 13-23, [doi. 10.1007/s11947-008-0147-x](https://doi.org/10.1007/s11947-008-0147-x).
- Grabowski, M., Dąbrowski, W. (2014). Technologie plazmowe do sterylizacji żywności. *Przemysł Spożywczy*, 68(4), 4-6.
- Lacombe, A.C., Breard, A., Hwang, C., Fan, X., Huang, L., Yoo, B.K., Niemira, B.A., Gurtler, J., Wu, V. (2015). Inactivation of Toxoplasma gondii on blueberries using low dose irradiation without affecting quality. *Meeting Abstract. IAFP Annual Meeting, 1*, Portland, Oregon. July 25-28.
- Lacombe, A.C., Niemira, B.A., Gurtler, J., Fan, X., Sites, J.E., Boyd, G., Chen, H. (2015). Atmospheric cold plasma inactivation of Aerobic Microorganisms on blueberries and effects on quality attributes. *Food Microbiology*, 46, 479-484, [doi. 10.1016/j.fm.2014.09.010](https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.09.010).
- Loeffler M.J., (2006). *Generation and application of high intensity pulsed electric fields*. In: „Pulsed electric fields technology for the food industry”. *Fundamentals and applications* (editors: Raso-Pueyo J., Heinz V.), Springer, 27-72, ISBN 978-0-387-31053-4.
- Martin-Belloso, O., Sobrino-Lopez, A. (2011). Combination of pulsed electric fields with other preservation techniques. *Food Bioprocess Technology*, 4, 954-968, [doi. 10.1007/s11947-011-0512-z](https://doi.org/10.1007/s11947-011-0512-z).
- Mohamed M.A., Eissa A.A. (2012). Pulsed Electric Fields for Food. Processing Technology. In: *Structure and Function of Food Engineering* (editor Eissa A.A.), *InTech* [doi.org/10.5772/48678](https://doi.org/10.5772/48678).
- Niemira, B.A. (2014). *Irradiation, microwave and alternative energy-based treatments for low water activity foods*. In: M. Doyle, J. Kornacki and J. Gurtler (editors). *Microbiological Safety of Low Water Foods and Spices*, Springer, New York, NY. 389-401.
- Oms-Oliu, G., Martín-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R., (2010). Pulsed Light Treatments for Food Preservation. A Review, *Food Bioprocess Technology*, 3, 13-23, [doi. 10.1007/s11947-008-0147](https://doi.org/10.1007/s11947-008-0147).
- Olanya, O.M., Niemira, B.A., Phillips, J.G. (2015). Effects of gamma irradiation on the survival of Pseudomonas fluorescens inoculated on romaine lettuce. *LWT - Food Science and Technology*, 62, 55-61, [doi. 10.1016/j.lwt.2014.12.031](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.12.031).
- Paskeviciute, E., Buchovec, I., Luksiene, Z. (2011). High-power pulsed light for decontamination of chicken from food pathogens: a study on antimicrobial efficiency and organoleptic properties. *Journal of Food Safety*, 31, 61-68.
- Parlato, A., Giacomarra, M., Galati, A., Crescimanno, M. (2014). ISO14470:2011 and EU legislative background on food irradiation technology: The Italian attitude. *Trends in Food Science and Technology*, 38, 60-74.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie napromieniania żywności promieniowaniem jonizującym (Dz.U. 2007, nr 121, poz. 841).
- Sampedro, F., A., Rivas, D., Rodrigo, A., Martinez, Rodrigo, M. (2007). Pulsed electric fields inactivation of Lactobacillus plantarum in an orange juice-milk based beverage: Effect of process parameters. *Journal of Food Engineering*, 80, 931-938, [doi. 10.1016/j.jfoodeng.2006.08.013](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.08.013).
- Shin, J.K., Lee, S.J., Cho, H.Y., Pyun, Y.R., Lee, J.H., Chung, M.S. (2010). Germination and subsequent inactivation of Bacillus subtilis by pulsed electric field treatment. *Journal Food Processing Preservation*, 43, 43-54, [doi. 10.1111/j.1745-4549.2008.00321.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00321.x).
- Sun D-Wen (editor) (2014). *Emerging technologies for food processing*. 2nd edition. Academic Press/Elsevier, San Diego, ISBN 9780124104815.
- Surowsky, B., Fisher, A., Schlueter, O., Knorr, D. (2013). Cold plasma effects on enzyme activity in a model food system. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 19, 146-152, [doi. 10.1016/j.ifset.2013.04.002](https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.04.002).
- Wiktor, A., Śledź, M., Nowacka, M., Witrowa-Rajchert, D. (2013). Możliwości zastosowania niskotemperaturowej plazmy w technologii żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 5(90), 5 - 14.
- Zieliński J. (2007). *Budowa i charakterystyka mikropalnika plazmy niskotemperaturowej*, Politechnika Łódzka.

Józef Grochowicz  
Szkoła Główna Turystyki i Rekreacji  
email: [jozef@jozefgrochowicz.com](mailto:jozef@jozefgrochowicz.com)