

**ROLA I POSTRZEGANIE
KUCHENKI
MIKROFALOWEJ
W GOSPODARSTWACH
DOMOWYCH**

KRZYSZTOF MELSKI

EXANTE WYDAWNICTWO NAUKOWE

ROLA I POSTRZEGANIE KUCHENKI MIKROFALOWEJ W GOSPODARSTWACH DOMOWYCH

**ROLA I POSTRZEGANIE
KUCHENKI
MIKROFALOWEJ
W GOSPODARSTWACH
DOMOWYCH**

KRZYSZTOF MELSKI

EXANTE WYDAWNICTWO NAUKOWE

AUTOR

dr hab. inż. Krzysztof Melski, prof. UEP
(Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu)

RECENZENT

dr hab. inż. Karolina Szulc
(Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie)

REDAKCJA I KOREKTA

dr Klaudia Pujer

Copyright © 2023 Krzysztof Melski, pewne prawa zastrzeżone.

Licencja Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

Uznanie autorstwa – Użycie niekomercyjne – Bez utworów zależnych 4.0
Międzynarodowe.



Treść licencji jest dostępna pod adresem:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode.pl>

Wrocław 2023

Exante Wydawnictwo Naukowe

WWW: exante.com.pl, korekta.pro

ISBN 978-83-66187-97-9 (PDF)

ISBN 978-83-66187-96-2 (oprawa miękka)

Spis treści

1. WSTĘP	7
2. KUCHENKA MIKROFALOWA – BUDOWA I ZASTOSOWANIE	12
2.1. Fizyczne podstawy procesu ogrzewania mikrofalowego	12
2.2. Mechanizm ogrzewania mikrofalowego	20
2.3. Kuchenka mikrofalowa – budowa i działanie	23
2.4. Mikrofalowe ogrzewanie żywności	30
2.5. Zastosowanie mikrofal w przemyśle spożywczym	32
3. KUCHENKI MIKROFALOWE W GOSPODARSTWACH DOMOWYCH	37
4. KUCHENKI MIKROFALOWE I ICH UŻYTKOWANIE W OPINII KONSUMENTÓW	51
4.1. Założenia	51
4.2. Wykorzystanie kuchenek mikrofalowych w gospodarstwach domowych	54
4.3. Postrzeganie kuchenek mikrofalowych	65
4.4. Naczynia w kuchenkach	92
4.5. Mikrofałe w świadomości konsumentów	107
5. PERSPEKTYWY NOWYCH ROZWIĄZAŃ	126
5.1. Ograniczenia ogrzewania mikrofalowego	126
5.2. Naczynia do ogrzewania w kuchenkach mikrofalowych	129
5.3. Opakowania produktów przeznaczonych do ogrzewania w kuchenkach mikrofalowych	130
5.4. Innowacyjne rozwiązania w obrębie kuchenek mikrofalowych	136
6. PODSUMOWANIE	140

7. LITERATURA	144
8. ANEKS	159
Aneks A1. Kwestionariusz ankiety	159
Aneks A2. Struktura próby badanej	165
9. SPIS RYSUNKÓW	167
10. SPIS TABEL	172

1. WSTĘP

Zakres wykorzystania promieniowania mikrofalowego przez współczesnego człowieka jest niezwykle szeroki i różnorodny. Liczne zastosowania mikrofal, których przeciętny człowiek często nie jest świadomy, wywarły istotny wpływ na rozwój cywilizacji, zwłaszcza w drugiej połowie XX wieku. Trudno jest wyobrazić sobie dzisiejszy świat bez radiolokacji, systemów nawigacyjnych czy tak powszechnego dziś ogrzewania mikrofalowego. Jednakże największe znaczenie społeczne, techniczne i ekonomiczne mają i będą miały w najbliższej przyszłości systemy telekomunikacyjne, w tym pracujące w standardzie GSM (ang. *Global System for Mobile Communication*), także wprowadzanych aktualnie sieci 5G, które według przewidywań dokonają rewolucji w funkcjonowaniu globalnego społeczeństwa i gospodarki.

Promieniowanie mikrofalowe stosowane jest w technologii żywności od ponad półwiecza w przemyśle, gastronomii i gospodarstwach domowych. Także tu jego wpływ na zmiany zachowań nie tylko kulinarnych, ale i społecznych nie może zostać niedoceniony. Masowe pojawienie się kuchenek mikrofalowych w gospodarstwach domowych szło w parze ze zmianami społecznymi drugiej połowy minionego wieku, nie tylko w sposób bierny, lecz także czynny, kształtując model zachowań kulinarnych i żywieniowych dzisiejszej rodziny.

W Polsce wpływ kuchenki mikrofalowej na kształtowanie się współczesnego modelu funkcjonowania gospodarstw domowych nie jest tak wyraźny, jak ma to miejsce w państwach wysoko rozwiniętych. W efekcie zmian uwarunkowań historyczno-społecznych kuchenki mikrofalowe stały się szeroko dostępne na rodzimym rynku sprzętu

AGD (Artykuły Gospodarstwa Domowego) w okresie dynamicznych przemian ustrojowych przełomu lat 80. i 90. XX wieku. Wśród ogromu zachodzących wówczas zmian te wywołane lub spotęgowane wyposażeniem gospodarstw domowych w kuchenki mikrofalowe zeszyły na odległy plan. Przez trzy kolejne dekady temat wykorzystania kuchenek mikrofalowych w polskich gospodarstwach domowych nie znalazł szczególnego miejsca w badaniach społeczno-ekonomicznych. W licznych opracowaniach kuchenki mikrofalowe i ich znaczenie rozplývają się w masie danych statystycznych dotyczących różnorodnych sprzętów w gospodarstwach domowych: pralek, lodówek, kuchenek, telewizorów, komputerów, sprzętu audio-video itp. Także przedmiotowe opracowanie jedynie sygnalizuje powyższe zagadnienie, pozostawiając szerokie pole do dalszych badań.

W niniejszej książce za główny cel przyjęto prezentację możliwie szerokiego spektrum zagadnień związanych z eksploatacją kuchenek mikrofalowych w polskich gospodarstwach domowych, w szczególności z punktu widzenia członków tychże gospodarstw. Inspiracją do podjęcia tematu jest istotna luka badawcza obejmująca sposoby i intensywność wykorzystania kuchenek mikrofalowych w gospodarstwach domowych oraz postrzeganie prowadzonych w niej procesów kulinarnych na wielu płaszczyznach: funkcjonalności, bezpieczeństwa, wpływu na zdrowie użytkowników, na środowisko itp. Nie mniej istotna jest odpowiedź na pytania badawcze związane z czynnikami wpływającymi na określony sposób postrzegania zarówno samego urządzenia i jego użytkowania, jak i na właściwości ogrzewanej żywności:

- Jakie procesy kulinarne prowadzone z wykorzystaniem kuchenki mikrofalowej dominują w gospodarstwach domowych?
- Czy w świetle przeprowadzonych badań można uznać kuchenkę mikrofalową za sprzęt gospodarstwa domowego codziennego użytku?
- Jak w kategoriach zalet i wad postrzegane są podstawowe zagadnienia związane z użytkowaniem kuchenek mikrofalowych?

- Jakie są podstawowe determinanty wyboru tej metody ogrzewania żywności?
- Jakie czynniki społeczne warunkują niższe w stosunku do większości państw wysoko rozwiniętych nasycenie polskich gospodarstw domowych w kuchenki mikrofalowe?

Opierając się na danych pozyskanych w trakcie badań ankietowych oraz studiach niezbyt obszernej literatury tematu, przeprowadzono analizę badanych zjawisk oraz sformułowano wnioski.

Poza dostarczeniem wiedzy o aktualnym w czasie badania stanie zjawiska obraz taki może służyć pomocą zarówno w obszarze kolejnych badań nad modelami zachowań w obrębie gospodarstw domowych, jak i jednostek w ich skład wchodzących. Wyniki są źródłem także cennych informacji na temat zachowań i postaw konsumentów w bardzo szerokiej sferze, od postrzegania promieniowania mikrofalowego oraz kuchenek mikrofalowych, poprzez wykorzystanie tego typu urządzeń, po ocenę właściwości produktów w nich ogrzewanych. Te z kolei stanowią potencjalnie ważny element wspierający procesy decyzyjne w organizacjach związanych z projektowaniem, produkcją oraz dystrybucją szerokiego spektrum wspomnianych wcześniej dóbr konsumpcyjnych – poprzez lepsze zrozumienie potrzeb i oczekiwań potencjalnych konsumentów.

Jak chyba żaden inny sprzęt powszechnego użytku, kuchenka mikrofalowa wiąże ze sobą zagadnienia z wielu bardzo odległych dziedzin nauki, techniki i gospodarki, z których jako najważniejsze wymienić można: fizykę, chemię, elektrotechnikę, elektronikę, nauki o żywieniu, technologię spożywczą, opakownictwo, logistykę, marketing, gastronomię, branżę AGD, socjologię i zagospodarowanie odpadów. Złożoność badanej materii, jej wieloaspektowość oraz interdyscyplinarny charakter determinują układ niniejszego opracowania, które podzielone zostało na trzy zasadnicze rozdziały.

W rozdziale pierwszym zawarto kompendium wiedzy dotyczącej najważniejszych obszarów związanych z kuchenkami mikrofalowymi i ogrzewanymi w nich produktami. Rozpoczyna się on od podrozdziału

dotyczącego nasycenia polskich gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi. Zagadnienie to zaprezentowano w ujęciu historycznym oraz społecznym, odnosząc się także do analogicznych danych z innych państw. Dwa następne podrozdziały dotyczą fizycznych podstaw ogrzewania mikrofalowego, przy czym pierwszy poświęcony jest analizie mikrofal, jako jednego z zakresów spektrum fal elektromagnetycznych. W kolejnym przedstawiono, w możliwie przystępny sposób, fizyczne podstawy generowania ciepła przez mikrofałe. Dalszy podrozdział, o bardziej inżynierskim charakterze, analizuje budowę i zasadę działania kuchenek mikrofalowych. Wiadomości w nim zawarte pozwalają w pełniejszy sposób przyswoić czytelnikowi informacje z kolejnych podrozdziałów omawiających procesy ogrzewania produktów spożywczych, zarówno w domowych kuchenkach mikrofalowych, jak i urządzeniach wykorzystujących ogrzewanie mikrofalowe w wybranych procesach produkcji żywności na skalę przemysłową.

Drugi rozdział monografii zawiera prezentację i analizę danych otrzymanych podczas badania ankietowego dotyczącego kwestii wykorzystania kuchenek mikrofalowych w gospodarstwach domowych. Po krótkiej prezentacji założeń oraz metody badawczej omówiono badane kwestie z podziałem na grupy zagadnień związanych z:

- wyposażeniem gospodarstw domowych w kuchenki mikrofalowe: nasycenie, okres posiadania,
- wykorzystaniem kuchenek mikrofalowych: częstość użytkowania, prowadzone operacje kulinarne,
- postrzeganiem eksploatacji kuchenek mikrofalowych w kategoriach zalet i wad,
- naczyniami, pojemnikami oraz opakowaniami stosowanymi w trakcie mikrofalowego ogrzewania żywności,
- mikrofalami jako zjawiskiem fizycznym: znajomość ich natury, zastosowania oraz ocena wpływu na organizm człowieka.

Rozdział trzeci stanowi spojrzenie w przyszłość. Uwzględniono w nim perspektywy rozwoju kuchenek mikrofalowych, produktów

żywnościowych przeznaczonych do ogrzewania w kuchenkach mikrofalowych oraz opakowań stosowanych do ich pakowania.

Kończące monografię podsumowanie stanowi próbę wygenerowania zwięzłego i spójnego obrazu prezentowanych zjawisk oraz procesów, nie ujmującego nic ich wzajemnym współzależnościom, na wielu płaszczyznach nauk społecznych, technicznych oraz przyrodniczych.

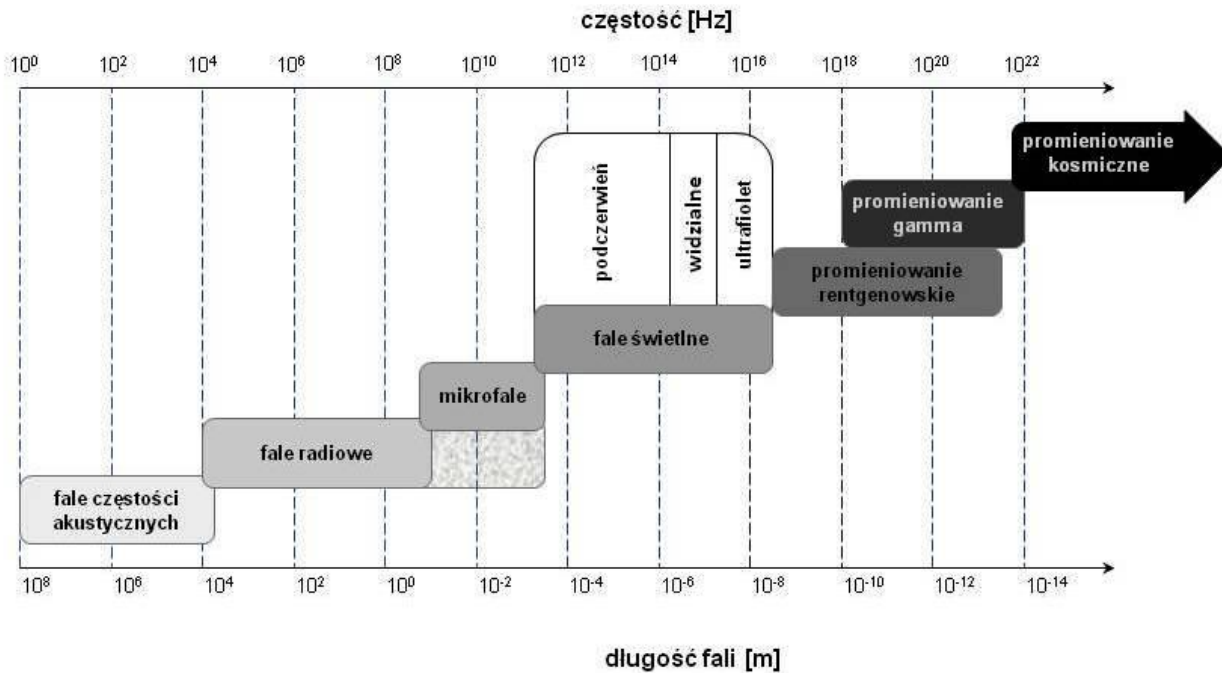
Badania, których wyniki zaprezentowano w rozdziale drugim, prowadzone były od wiosny do jesieni 2019 roku. Już podczas opracowania wyników wydarzenia związane z pandemią koronawirusa SARS-CoV-2 przydały im nowego znaczenia. Tak się bowiem zdarzyło, że przedstawiają one obraz użycia kuchenek mikrofalowych w przeddzień istotnych zmian praktycznie we wszystkich dziedzinach życia społecznego, w tym badanego obszaru. Stanowią więc punkt odniesienia dla dalszych badań nad zmianami rozważanego wycinka zachowań kulinarnych i szerzej społecznych społeczeństwa wywołanych pandemią.

2. KUCHENKA MIKROFALOWA – BUDOWA I ZASTOSOWANIE

2.1. Fizyczne podstawy procesu ogrzewania mikrofalowego

Promieniowanie nazywane mikrofalowym stanowi wycinek spektrum promieniowania elektromagnetycznego leżący pomiędzy falami z zakresu radiowego i podczerwieni. Fizyczna granica pomiędzy wspomnianymi zakresami ma charakter płynny, natomiast formalnie przyjmuje się, że mikrofałe mieszczą się w obszarze fal o długości od 1 m do 1 mm, co odpowiada częstotliwościom z zakresu od 300 MHz do 300 GHz (rys. 1). Ze względu na swój zakres, niesioną energię, sposób oddziaływania z materią oraz najpopularniejsze zastosowania mikrofałe często zaliczane są do fal radiowych najwyższych częstotliwości¹.

¹ Obszar promieniowania mikrofalowego zaliczany jest do fal radiowych z zakresów: Ultrawysokich częstotliwości, ang. UHF – *Ultra High Frequency* (300 MHz – 3 GHz); Superwysokich częstotliwości, ang. SHF – *Super High Frequency* (3 GHz – 30 GHz) i Ekstremalnie wysokich częstotliwości, ang. EHF – *Extremely High Frequency* (30 GHz – 300 GHz) – The Federal Communications Commission / USA, Altemimi i in., 2019).



Rysunek 1. Pasma spektrum fal elektromagnetycznych

Ze względu na bardzo dogodne właściwości predestynujące mikrofałe do zastosowania w wielu dziedzinach techniki, w szczególności telekomunikacji, systemach nawigacyjnych oraz radiolokacji, istnieje duże zapotrzebowanie na częstotliwości z omawianego zakresu [Modelski, 2014].

Ogrzewanie mikrofalowe zaliczane jest do bezpośrednich, elektrotermicznych metod ogrzewania, w których energia niesiona przez promieniowanie wytworzone w źródle mikrofał transferowana jest do wnętrza ogrzewanego obiektu, gdzie wskutek oddziaływania z jego cząstkami zamieniana jest na energię cieplną. Energia promieniowania mikrofalowego jest relatywnie niska, co sprawia, że wspomniane oddziaływanie zachodzi na poziomie cząsteczkowym i jest opisane równaniem [Thostenson i Chou, 1999; Vollmer, 2004]:

$$P = 2 \pi f \varepsilon'' E_e^2 V$$

gdzie:

P – moc [W],

f – częstość fali [Hz],

ε'' – współczynnik stratności dielektrycznej,

E – efektywne natężenie pola elektrycznego [V/m],

V – objętość obiektu [m³].

Na przebieg procesu wpływają zarówno właściwości wnikających w głąb obiektu mikrofał: częstość (f) i natężenie pola elektrycznego (E), zależne od parametrów kuchenki i zastosowanych w niej rozwiązań konstrukcyjnych, jak i właściwości ogrzewanego obiektu, w szczególności jego parametry dielektryczne i geometryczne. Częstość mikrofał generowanych w kuchenke mikrofalowej ma wartość stałą, podobnie jak gęstość i ciepło właściwe obiektu, co sprawia, że bezpośredni wpływ na przyrost temperatury w trakcie procesu ogrzewania mikrofalowego ma współczynnik stratności dielektrycznej ogrzewanego obiektu oraz natężenie pola elektrycznego [Komarov i in., 2005].

Względna przenikalność elektryczna (dawniej nazywana stałą dielektryczną) ε' określa zdolność danego materiału do przepuszczania

promieniowania elektromagnetycznego. Praktyczne jej znaczenie sprowadza się do określenia, ile razy wartość przenikalności elektrycznej ośrodka ϵ jest większa od wartości tego parametru dla próżni (ϵ_0). W głównej mierze jest ona zależna od właściwości materiału, częstotliwości fali elektromagnetycznej oraz temperatury. Drugim parametrem jest współczynnik stratności dielektrycznej ϵ'' , określający zdolność materii do absorbowania energii promieniowania mikrofalowego i jej zamiany w ciepło. Wartości obu parametrów dla wybranych materiałów oraz produktów spożywczych zestawiono w tabelach 1 i 2.

Tabela 1. Orientacyjne wartości względnej przenikalności elektrycznej wybranych materiałów (2,45 GHz, 25°C)

[Sosa-Morales i in., 2010; Venkatesh i Raghavan, 2004]

Material	ϵ'	Material	ϵ'
próżnia	1	guma	7
powietrze	1,00054	diamant	5,5–10
teflon	2,1	sól kuchenna	3–15
polietylen	2,3	krzem	11,7
polistyren	2,4–2,7	grafit	10–15
papier	3,5	woda	78,4
krzemionka	3,9	tlenek tytanu(IV)	86–173
beton	4,5	ferroelektryki	> 1000

Tabela 2. Orientacyjne wartości względnej przenikalności elektrycznej wybranych produktów spożywczych (2,45 GHz, 20–25°C)

[Komarov, 2012; Pesheck i Lorence, 2009; Sosa-Morales i in., 2010; Venkatesh i Raghavan, 2004]

Material	ϵ'	ϵ''	Material	ϵ'	ϵ''
mleko ¹⁾	68–71	18	ogórek	69	12
serek wiejski ²⁾	55–60	19–23	cebula	64	14
łosoś	55	23	banany	60	18
wieprzowina (chuda)	51	15	ziemniaki	57	17

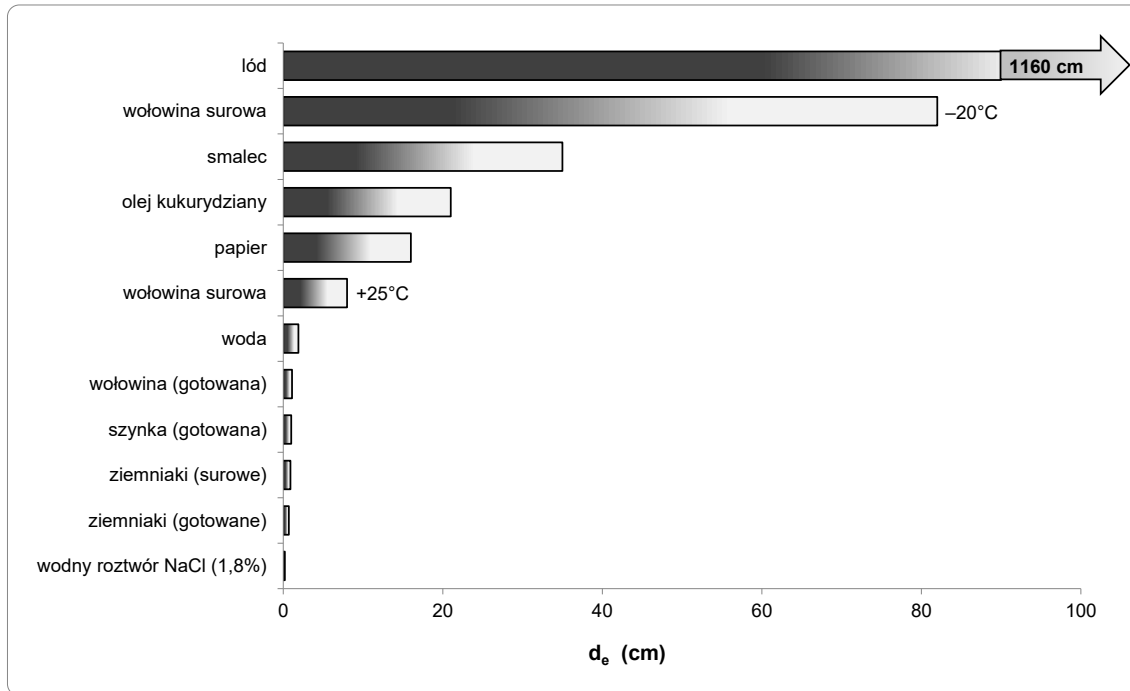
Material	ϵ'	ϵ''	Material	ϵ'	ϵ''
kurczak (pieś)	49	16	marchew	56	15
jajko – żółtko	52	9	jablka	54	10
jajko – białko	45	4,5	chleb ³⁾	2,9–1,8	1,2–05
ser topiony (12% tł.)	30	32			
ser topiony (36% tł.)	14	13			
wieprzowina (tłusta)	8	0,8			
mięso mrożone ³⁾	4–4,5	0,5–0,7			
smalec	2,5	0,09			

Objaśnienia: ¹⁾ – zależnie od zawartości tłuszczu (1–3,5%); ²⁾ – zależnie od zawartości tłuszczu (0–4%); ³⁾ – zależnie od rodzaju

Oba parametry wiąże ze sobą tangens kąta strat $\tan\delta$, zwany też współczynnikiem rozpraszania, zdefiniowany zależnością [Dincov i in., 2004]:

$$\tan \delta = \frac{\epsilon''}{\epsilon'}$$

Wyraża on zdolność ośrodka do zamiany energii mikrofal na ciepło w jego wnętrzu. Jest on powszechnie stosowanym parametrem określającym właściwości dielektryczne ośrodka. Pochłanianie mikrofal i konwersja ich energii na ciepło sprawia, że do głębszych warstw ośrodka dociera coraz mniej promieniowania, co objawia się zmniejszeniem natężenia pola elektrycznego, a to z kolei sprawia, że intensywność procesu ogrzewania spada wraz z głębokością ogrzewanego obiektu. W praktyce oznacza to, że im szybciej i silniej dany materiał się nagrzewa, tym bliżej jego powierzchni zachodzi proces. O ile w domowych kuchenkach mikrofalowych, gdzie ogrzewamy niewielkie porcje produktów, ma to nieduże znaczenie, to w instalacjach przemysłowych podczas ogrzewania dużych obiektów stanowi już poważny problem i wyzwanie dla projektantów urządzeń oraz technologów. Zjawisko osłabiania promieniowania mikrofalowego w ośrodku opisuje charakterystyczny dla danego materiału parametr zwany głębokością wnikania d_p , opisany zależnością:



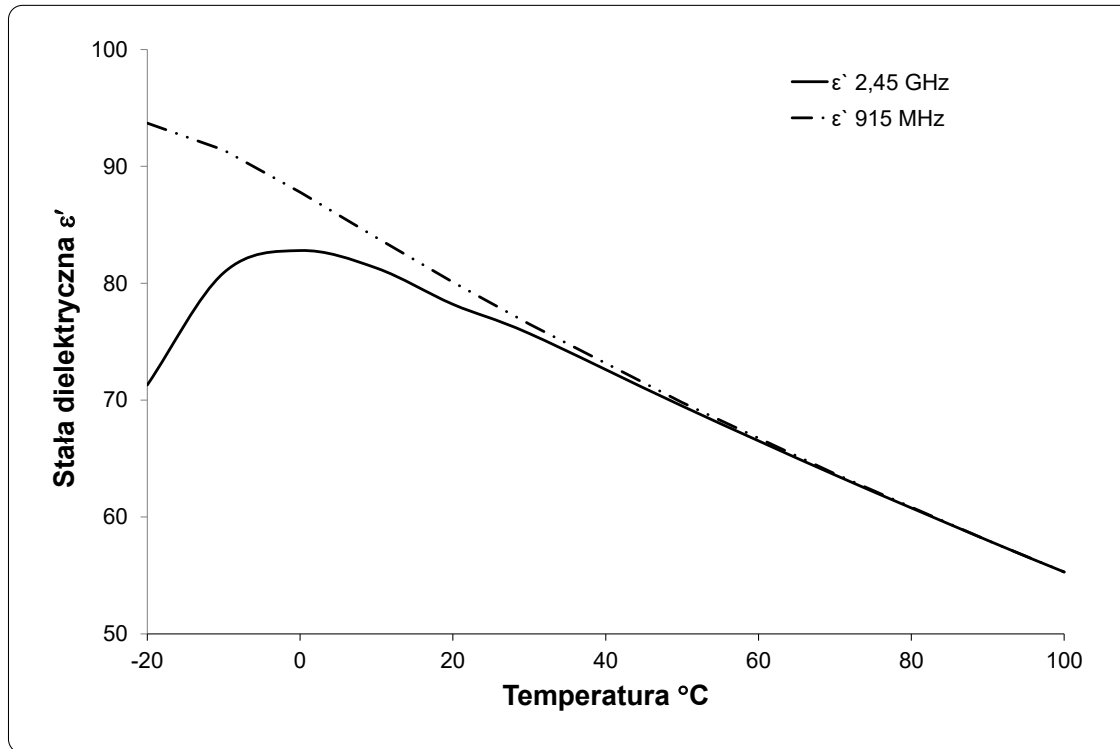
Rysunek 2. Przybliżone wartości głębokości wnikania d_e dla wybranych materiałów przy częstotliwości 2,45 GHz, w temp. 20°C – jeśli nie podano inaczej
[Pesheck i Lorence, 2009; Sacharow i Schiffmann, 1995]

$$d_e = \frac{\lambda_0 \sqrt{\varepsilon'}}{2\pi\varepsilon''}$$

gdzie: λ_0 jest długością fali stosowanego promieniowania w próżni wyrażoną w metrach.

W praktyce d_e mówi o grubości warstwy ośrodka, po przejściu przez którą wartość natężenia pola elektrycznego spada do $\frac{1}{e}$ (ok. 36,8%) wartości początkowej. Można też spotkać głębokość penetracji (wnikania) wyrażoną jako d_{50} , czyli grubość warstwy materiału powodującą spadek mocy promieniowania mikrofalowego do poziomu 50% mocy wejściowej. Parametr ten oznaczany jest akronimem HPD (ang. *half power depth*) [Peyre i in., 1997]. Wartości d_e dla wybranych materiałów przedstawiono na rys. 2.

Powyższe zjawisko każe ostrożniej spojrzeć na powszechnie panującą opinię o ogrzewaniu żywności w kuchence mikrofalowej od jej wnętrza, nie od środka. Obraz procesu ogrzewania mikrofalowego dodatkowo komplikuje duża zmienność parametrów dielektrycznych wielu substancji w funkcji temperatury. Dla przykładu ε' wody w temperaturze 0°C wynosi 88, w 25°C wynosi 78, podczas gdy w pobliżu temperatury wrzenia, dla 95°C, spada do zaledwie 55 (rys. 3). W zależności od substancji zmiana parametrów dielektrycznych w funkcji temperatury ma zwykle indywidualny przebieg. Wspomnieć należy także o zależności parametrów dielektrycznych od stanu skupienia obiektu. Dla przykładu woda doskonale absorbuje mikrofałe, natomiast lód słabo – d_p wody wynosi 1,4 cm, podczas gdy dla lodu w temp. -12°C jest to aż 1160 cm – ok. 830 razy więcej! Skutkiem takiej olbrzymiej różnicy są problemy z ogrzewaniem żywności zamrożonej. W miejscu, gdzie znajduje się roztopiony już lód, woda bardzo gwałtownie się ogrzewa, podczas gdy obecny obok lód prawie wcale. Klasyczny proces konwekcji ciepła zachodzi znacznie wolniej niż ogrzewanie mikrofalowe, obniżając efektywność procesu. Skutkiem tego jest też duża niejednorodność rozkładu temperatury. Blisko siebie mogą znajdować się obszary



Rysunek 3. Zależność względnej przenikalności elektrycznej wody od temperatury
[Pesheck i Lorence, 2009, s. 159]

wciąż zamrożone i takie, w których temperatura sięga kilkudziesięciu stopni. W przypadku żywności lokalne przegrzanie obiektu prowadzi może do zmian sensorycznych oraz rozkładu mniej odpornych termicznie składników [Chen i in., 2008; Datta i Rakes, 2013; Kaatze, 1995].

Opis procesu mikrofalowego dla ośrodków jednorodnych jest relatywnie prosty. W przypadku ogrzewania żywności sytuacja ulega skomplikowaniu spowodowanemu przez niejednorodność większości produktów spożywczych. Co więcej, często zdarza się, że poszczególne składniki mocno różnią się między sobą parametrami dielektrycznymi, przez co w różnym stopniu pochłaniają mikrofałe, a ich szybkości ogrzewania mogą się znacząco różnić. Obraz procesu dodatkowo komplikuje wspomniana wyżej duża zmienność parametrów dielektrycznych w funkcji temperatury [Rao i in., 2014, s. 518–542].

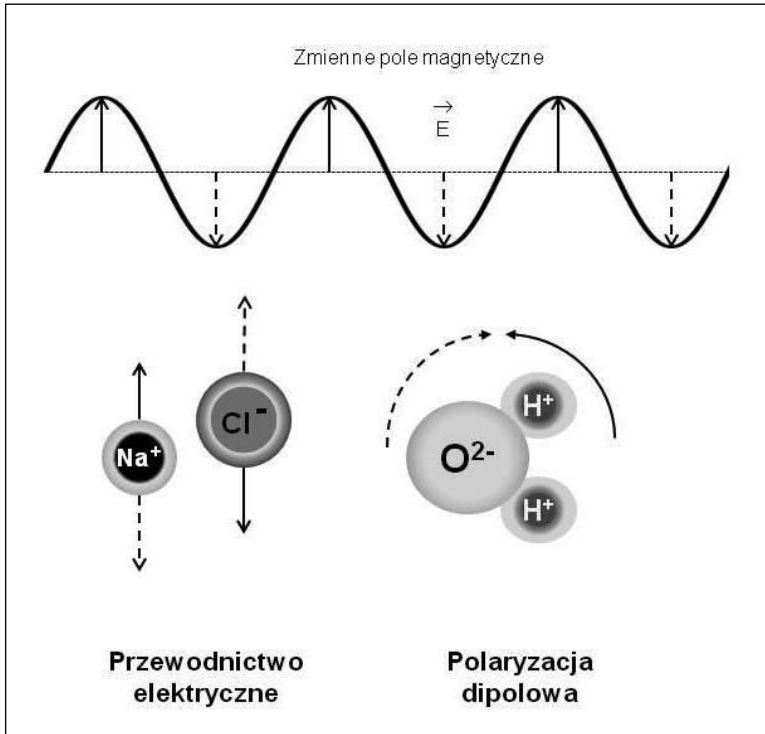
2.2. Mechanizm ogrzewania mikrofalowego

Jak już wspomniano, energia mikrofal ma zbyt małą wartość, aby powodować rozerwanie wiązań chemicznych prowadzące do dekompozycji napromieniowywanych cząsteczek. Jej wielkość pozwala natomiast na zmianę orientacji przestrzennej oraz przemieszczanie się cząstek w polu elektrycznym fali. Istnieją dwa podstawowe mechanizmy konwersji promieniowania mikrofalowego na ciepło: polaryzacja dipolowa i przewodnictwo elektryczne [Altemimi i in., 2019].

Polaryzacja dipolowa

Cząsteczki posiadające duży moment dipolowy – na przykład wody – zwane dipolami, w przestrzeni wolnej od pola elektrycznego, zależnie od stanu skupienia poruszają się chaotycznie lub rotują z dużą częstością. Jeżeli dipol znajdzie się w polu elektrycznym, ustawi się on zgodnie z kierunkiem i zwrotem linii tego pola. Gdy natężenie pola spadnie do zera, dipole ponownie zaczynają poruszać się chaotycznie, zderzając się z sąsiednimi cząstkami, nie zawsze dipolami, przekazując im część

uzyskanej energii kinetycznej. W ten sposób wzrasta sumaryczna energia kinetyczna cząstek, co objawia się wzrostem temperatury obiektu. Zmiana natężenia pola elektrycznego mikrofal następuje sinusoidalnie. Podczas jednego cyklu występują dwa maksima natężenia pola skierowanego w przeciwnych kierunkach i dwa węzły, w których natężenie pola wynosi 0 (rys. 4).



Rysunek 4. Mechanizm ogrzewania mikrofalowego

W megatronie generowane są fale o częstotliwości 2,45 GHz. Oznacza to, że dipole zmieniają swoje położenie zgodnie z liniami pola 4 900 000 000 razy w ciągu sekundy. Tyle samo razy, w chwili gdy fala osiąga węzeł ($E = 0$), cząsteczki zaczynają poruszać się chaotycznie. Ogrzewanie zgodnie z mechanizmem polaryzacji dipolowej ma miejsce

jedynie w przypadku dipoli. Najpowszechniej występującymi, także w żywności, dipolami są cząsteczki wody. W związku z tym zawartość wody będzie miała decydujący wpływ na przebieg procesu ogrzewania mikrofalowego większości produktów spożywczych.

Przewodnictwo elektryczne

Jony, czyli cząstki obdarzone ładunkiem elektrycznym, w polu elektrycznym poruszają się zgodnie z liniami pola w kierunku zależnym od znaku ładunku. Zyskują zatem energię kinetyczną, którą w wyniku zderzeń przekazują sąsiednim cząstkom, powiększając sumaryczną energię kinetyczną układu, zwiększając w ten sposób jego temperaturę. Zmiana kierunku ruchu następuje dwukrotnie w ciągu jednego cyklu fali, podobnie jak zmiana orientacji dipoli. Ten mechanizm funkcjonuje w przypadku obecności w produkcie jonów, najczęściej roztworów kwasów, zasad i soli. W żywności głównym składnikiem tworzącym w obecności wody jony jest sól kuchenna – jony Na^+ i Cl^- .

W przypadku ogrzewania żywności, ze względu na zwykle małą zawartość soli, decydujące znaczenie ma mechanizm polaryzacji dipolowej.

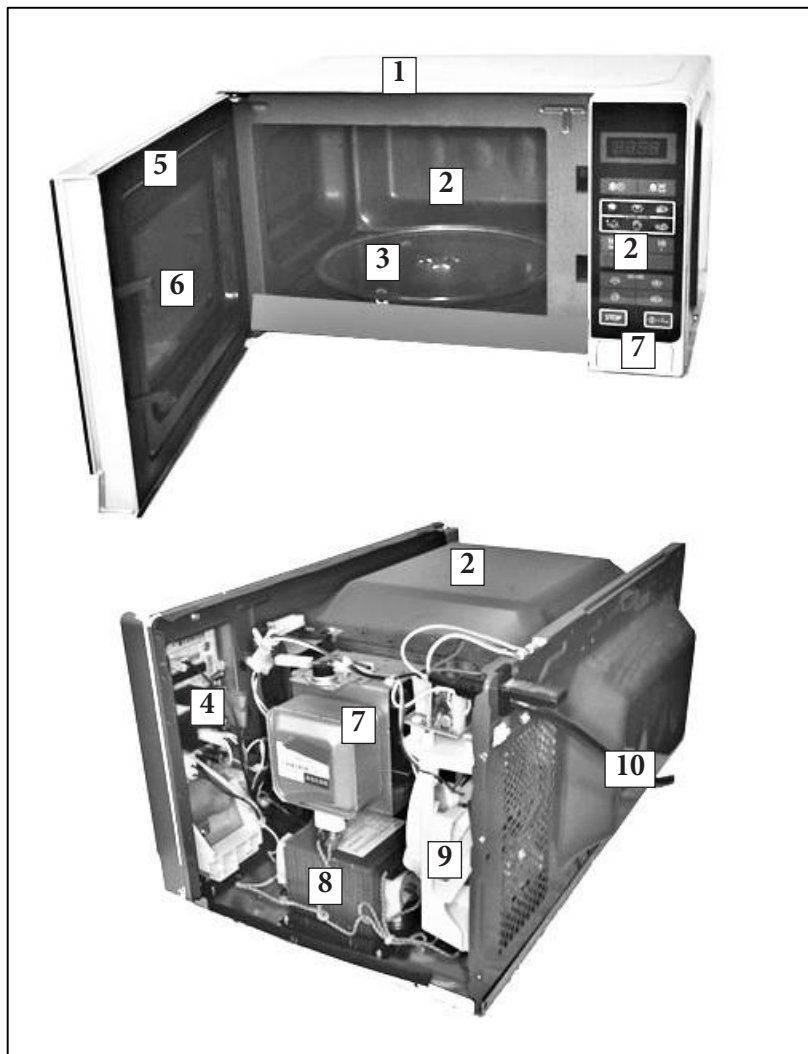
Mikrofałe, jak wszystkie fale elektromagnetyczne, podlegają zjawiskom pochłaniania, odbicia i ugięcia. W związku z tym rozmiary i kształt ogrzewanego produktu mają istotny wpływ na przebieg procesu, a przez to właściwości gotowego produktu/posiłku. Ograniczona głębokość wnikania mikrofal sprawia, że w domowych kuchenkach mikrofalowych optymalne jest ogrzewanie niewielkich porcji, zwykle o masie poniżej kilograma, w kształcie umożliwiającym pełną penetrację produktu przez mikrofałe. Biorąc pod uwagę konstrukcję urządzenia i sposób propagacji fal w komorze grzewczej, najkorzystniejsze są produkty o małej wysokości (np. pizza, zupy w talerzach, makarony, sosy w płaskich miskach). Ze względu na możliwość skupiania fali w środku naczynia nie jest wskazane ogrzewanie w butelkach, słoikach i innych wysokich, okrągłych naczyniach [Jiang i in., 2018].

Praktycznie od początku zastosowania mikrofal do ogrzewania materii, w tym produktów żywnościowych, rozważane jest istnienie tzw. efektu atermicznego (ang. *non-thermal effect*) oddziaływania mikrofal z materią. Terminem tym określono zespół zjawisk i procesów zachodzących podczas ogrzewania z użyciem mikrofal objawiających się znacznym przyspieszeniem procesów chemicznych lub biologicznych w stosunku do ogrzewania metodami konwencjonalnymi prowadzonego w porównywalnych warunkach. Natura, a nawet samo istnienie tego typu zjawiska, budzi szereg kontrowersji w środowisku naukowym, co wynika z licznych badań zarówno potwierdzających, jak i negujących istnienie efektu termicznego. Źródłem odmiennej interpretacji obserwowanych zjawisk są problemy z niejednorodnością intensywności ogrzewania badanych obiektów skutkującą dużym zróżnicowaniem temperatury w ich objętości. Potencjalnie występujące efekty atermiczne są znacznie słabsze od efektów wywołanych wzrostem temperatury w trakcie ogrzewania, co powoduje ich maskowanie przez rezultaty efektu dominującego, co z kolei prowadzić może do różnej interpretacji uzyskanych w trakcie badań (pomiarów) wyników. Poważnych problemów nastręczają również pomiary temperatury ciała znajdującego się w komorze grzewczej instalacji mikrofalowej [Kubo i in., 2020; Chen i in., 2016; Eskicioglu i in., 2007; Shazman i in., 2007].

2.3. Kuchenka mikrofalowa – budowa i działanie

Podstawowym zadaniem kuchenki mikrofalowej jest efektywne przygotowanie lub częściowo tylko podgrzanie posiłku nadające mu jednocześnie pożądane właściwości: sensoryczne, odżywcze i zdrowotne.

Niezależnie od szczegółowych rozwiązań konstrukcyjnych domowe kuchenki mikrofalowe składają się z kilku podstawowych elementów (rys. 5):



Rysunek 5. Budowa kuchenki mikrofalowej

Objaśnienia: 1 – obudowa, 2 – komora grzewcza, 3 – talerz obrotowy, 4 – panel sterowania, 5 – drzwi komory grzewczej, 6 – szybka, 7 – megatron z falowodem, 8 – układ zasilania, 9 – wentylator, 10 – kabel zasilający

- **obudowy** mieszczącej wewnątrz pozostałe podzespoły urządzenia, determinującej jego wymiary oraz walory estetyczne,
- **panelu sterowania** umożliwiającego zadanie urządzeniu wymaganych parametrów pracy oraz jego włączanie i wyłączenie,
- **komory grzewczej**, w której odbywa się proces ogrzewania, zwykle wyposażonej w urządzenia poprawiające efektywność procesu oraz oświetlenie,
- **megatronu** będącego generatorem mikrofal,
- **falowodu** doprowadzającego mikrofałe ze źródła do komory grzewczej,
- **układu sterującego** zawiadującego pracą urządzenia,
- **układu zasilającego** mającego za zadanie dostosowanie prądu z sieci do wymagań megatronu, systemu sterującego i innych elementów kuchenki,
- **wentylatora** zapewniającego chłodzenie urządzenia,
- **dotatkowego elementu grzejnego** (opcjonalnie).

Kuchenka mikrofalowa, zwana potocznie „mikrofalówką”², jest nieodzownym elementem wyposażenia współczesnej kuchni, użytkowanym jako urządzenie wolnostojące lub wbudowane w meble kuchenne, tzw. zabudowę kuchenną. Wymiary zewnętrzne obudowy determinowane są z jednej strony przez objętość i rozłożenie elementów składowych urządzenia, w szczególności komory grzewczej, istotnie wpływające na właściwości użytkowe urządzenia. Z drugiej strony warunkowane są, zwłaszcza w urządzeniach do zabudowy, przez szeregi wymiarowe modułów mebli. Na ścianie czołowej obudowy mieszczą się drzwi komory grzewczej, panel sterowania oraz przycisk otwierania drzwi. Wzajemne ułożenie poszczególnych elementów zależy od wymiaru drzwi, które powinny zapewniać nieograniczony dostęp do komory grzewczej, a więc posiadać szerokość i wysokość nieco większe od

² Mikrofalówka – potoczne określenie kuchenki mikrofalowej, powszechnie stosowane w mowie dnia codziennego (PWN, 2019). W związku z tym w dalszej części książki stosowane będzie jako synonim kuchenki mikrofalowej.

analogicznych wymiarów komory. Drzwi nie tylko umożliwiają dostęp do komory grzewczej, lecz także zabezpieczają otoczenie przed wydostawaniem się na zewnątrz mikrofal w trakcie pracy kuchenki, zapewniając jednocześnie możliwość obserwacji ogrzewanego produktu. Z tego względu w ich ramie umieszczona jest szklana szyba pokryta perforowaną folią metalową o średnicy i rozłożeniu otworów dobranym tak, aby mikrofałe były przez nią odbijane do wnętrza komory, a nie przepuszczane [Bloomfield, 2013, s. 408]. Jak wynika z badań, element ten jest odpowiedzialny za większość rejestrowanych „wycieków” mikrofal z badanych kuchenek, zarówno nowych, jak i używanych [Thansandotte i in., 2000].

Zabezpieczeniem przed „wyciekami” mikrofal na zewnątrz w trakcie pracy urządzenia jest elastyczna uszczelka w drzwiach lub obudowie. zamiennie lub jako jej uzupełnienie stosowane jest odpowiednie ukształtowanie i dopasowanie drzwi z obudową zapewniające mikrofaloszczelność. W przypadku uszczelki poważnym wyzwaniem jest utrzymanie jej w czystości. Gromadzące się na powierzchni uszczelki lub w jej zakamarkach resztki pożywienia mogą z czasem doprowadzić do jej odkształcenia i wydostania się promieniowania mikrofalowego na zewnątrz. Drzwi ryglowane są zamkiem, który blokowany jest na czas pracy megatronu, uniemożliwiając ich otwarcie i emisję mikrofal poza komorę grzewczą urządzenia. W razie przypadkowego lub intencjonalnego naciśnięcia przycisku otwierającego drzwi następuje automatyczne zatrzymanie pracy megatronu [Sikorowski, 1998]. Wykazano, że w praktyce, nawet po wieloletnim intensywnym użytkowaniu kuchenki mikrofalowej, przekroczenia dozwolonego natężenia mikrofal na zewnątrz urządzenia występują niezwykle rzadko [Thansandotte i in., 2000].

Na ścianie frontowej mikrofalówki umieszczony jest także panel sterowania, stanowiący interfejs urządzenie-człowiek. Pozwala on na zadanie odpowiednich parametrów pracy urządzenia oraz monitorowanie przebiegu procesu. Może on mieć różną formę – od prostych

mechanicznych pokręteł, poprzez układ przycisków, po ekran dotykowy. Jego konstrukcja powiązana jest z realizowanymi przez urządzenie funkcjami oraz klasą urządzenia. Obudowa może być wykonana z metalu lub tworzywa sztucznego o różnej barwie i fakturze. Wraz z drzwiami, panelem sterowania oraz blokadą zamka stanowi główny obszar kształtowania designu urządzenia.

Wykonane z metalu ściany komory grzewczej posiadają zdolność odbijania mikrofal, dzięki czemu cała dostarczona wraz z nimi energia zostaje „uwięziona” w przestrzeni komory, z jednej strony zapewniając efektywne wykorzystanie dostarczonej energii, z drugiej zabezpieczając otoczenie przed wydostawaniem się mikrofal z jej przestrzeni. Wymiary wewnętrzne determinowane są przez właściwości wykorzystywanych mikrofal, głównie ich długość 12,22 cm. Wprowadzone do komory mikrofałe na skutek interferencji tworzą tzw. fale stojące wypełniające całą przestrzeń komory. W tego typu fali jej wierzchołki (strzałki) oraz położenia zerowe (węzły) zajmują stałą pozycję w przestrzeni. Wskutek tego zjawiska wytworzone zostają tak zwane hot-spoty i cold-spoty, w których energia mikrofal jest odpowiednio największa dla danego układu lub bliska zeru. W ten sposób powstaje efekt nierównomiernego ogrzania produktu, gdyż w hot-spotach jest on intensywnie ogrzewany, podczas gdy w cold-spotach prawie wcale. Zjawisko to odpowiada za nierównomierny rozkład temperatury w produkcie – jedną z najpoważniejszych wad ogrzewania mikrofalowego. W celu ujednorodnienia ogrzania produktu stosowane są różne metody, z których podstawową jest jego umieszczenie na obrotowym talerzu, w sposób ciągły przemieszczającego ogrzewany obiekt w przestrzeni komory [Pitchai i in., 2012]. Znane są także bardziej zaawansowane technicznie metody poprawy rozkładu temperatur, jednakże komplikują one budowę urządzenia, podnosząc jednocześnie jego cenę [Kesbi i in., 2018; Tinga i Eke, 2012].

Komora wyposażona jest też w wewnętrzne oświetlenie umożliwiające obserwację ogrzewanej żywności oraz manipulację naczyniem

z produktem przed i po ogrzewaniu. Oświetlenie komory przy zamkniętych drzwiach stanowi zwykle dodatkową informację o pracy urządzenia. W celu poprawy właściwości sensorycznych ogrzewanej żywności stosowane jest często klasyczne dogrzewanie górnej powierzchni produktu oraz powietrza w komorze. Zabieg tego typu wymaga zamontowania w suficie komory wydajnej grzałki elektrycznej.

Elementem łączącym komorę grzewczą ze źródłem mikrofal jest falowód, którego zadaniem jest dostarczenie do komory grzewczej wytworzonych w megatronie mikrofal, z zachowaniem ich charakterystyki lub z pożądaną jej modyfikacją. Jest to zwykle metalowy kanał o przekroju prostokątnym o ściśle zdefiniowanym kształcie i wymiarach.

Źródłem mikrofal jest urządzenie zwane megatronem, którego zadaniem jest konwersja energii elektrycznej na mikrofałe o wymaganej charakterystyce. Stosowane w mikrofalówkach megatrony generują mikrofałe ze stałą mocą, przez co poziom dostarczanej do komory grzewczej mocy determinowany jest stosunkiem czasu włączenia do czasu wyłączenia generatora, zwykle w cyklach o długości od kilkunastu do kilkudziesięciu sekund [Bloomfield, 2013, s. 409–412; Lee i in., 2002; Sikorowski, 1998].

Kuchenki mikrofalowe wykorzystywane do ogrzewania żywności w gospodarstwach domowych i gastronomii generują mikrofałe o częstotliwości $2,45 \pm 0,025$ GHz. W instalacjach przemysłowych częściej wykorzystywana jest częstotliwość 915 ± 25 MHz. Ze względu na duże zapotrzebowanie na pasma mikrofalowe, zwłaszcza w telekomunikacji i radiolokacji, jedynie te dwa zakresy zostały dopuszczone do stosowania w urządzeniach grzewczych w ramach tzw. zakresów IMS³ [ECC, 2019; ITU, 2016; Ku, 2002].

³ Funkcjonuje kilka pasm promieniowania mikrofalowego dopuszczonych do ogólnego, nielicencjonowanego stosowania w przemyśle, nauce i medycynie – ISM, Industrial, Scientific and Medical, m.in.: 434 MHz, 915 MHz, 2,5 GHz, 5,8 GHz, 24,125 GHz.

Megatrony stosowane w komercyjnych mikrofalówkach wykazują pewną niestabilność w częstości generowanych mikrofal, zwykle niewielką, pozostającą w zadanym okienku tolerancji, która jednakże może wywierać pewien wpływ na rozkład temperatur w ogrzewanym produkcie [Luan i in., 2017]. Biorąc pod uwagę wpływ innych czynników determinujących przebieg ogrzewania w domowych kuchenkach mikrofalowych, oddziaływanie niewielkich odstępstw częstości pracy megatronu może zostać pominięte.

Funkcje kontroli pracy urządzenia realizowane są przez układ sterujący – kontroler, który zarządza pracą megatronu⁴ oraz pozostałych elementów kuchenki, zapewniając optymalną realizację programu zadanego przez użytkownika poprzez panel sterujący. Zależnie od rodzaju obróbki termicznej (podgrzewanie, gotowanie, rozmrażanie itp.), rodzaju ogrzewanej żywności (mięso, zupy, pieczywo, przekąski itp.), dodatkowych operacji (zarumienienie powierzchni, grill itp.) ustawiane są parametry pracy megatronu⁵ oraz będących w wyposażeniu danego modelu kuchenki urządzeń dodatkowych.

W obwodach elektrycznych kontrolerów współczesnych kuchenek mikrofalowych znajduje się zwykle mikroprocesor. Do jego zadań należy m.in.: sterowanie zegarem cyfrowym, czasomierzem gotowania oraz wyświetlaczem, ustawianie poziomu dostarczanej mocy mikrofal, a w kuchenkach o wyższym standardzie m.in. monitorowanie temperatury i wilgotności [Sikorowski, 1998].

Kuchenki mikrofalowe zasilane są z domowej sieci elektrycznej (230 V, 50 Hz). Zapewnienie dystrybucji energii elektrycznej o wymaganych parametrach do poszczególnych systemów urządzenia jest zadaniem układu zasilającego.

Usunięcie nadmiaru ciepła wydzielanego w trakcie pracy przez megatron i podzespoły elektroniczne jest zadaniem układu chłodzącego,

⁴ Poprzez okresowe włączanie i wyłączanie megatronu decyduje o długości okresu pracy urządzenia, a przez to o ilości energii dostarczonej do komory grzewczej.

⁵ Pamiętać należy, że częstość generowanych mikrofal jest stała – 2,45 GHz.

w skład którego wchodzi zwykle wentylator w postaci silnika elektrycznego połączony z wiatrakiem.

W celu poprawy jakości sensorycznej produktów wymagających chrupkiej i zarumienionej powierzchni stosowany jest często dodatkowy element grzejny w postaci grzałki elektrycznej ogrzewającej górną powierzchnię produktu w sposób konwencjonalny.

2.4. Mikrofalowe ogrzewanie żywności

Ogrzewanie mikrofalowe istotnie różni się od ogrzewania konwencjonalnego. W przypadku ogrzewania tradycyjnego ciepło przekazywane jest zwykle do zewnętrznej warstwy produktu przez rozgrzane ścianki naczynia, w którym ogrzewany jest produkt lub gorące powietrze ten produkt otaczające. W przypadku ogrzewania mikrofalowego otaczające powietrze nie jest ogrzewane (dla powietrza $\epsilon' \approx 1,0006$), natomiast naczynie w stopniu minimalnym⁶. Ciepło generowane jest w ogrzewanym produkcie. Jednakże intensywne chłodzenie zewnętrznych warstw przez otaczające, zimne powietrze sprawia, że wewnątrz produktu posiada znacznie wyższą temperaturę niż jego warstwy zewnętrzne. W produkcie występuje niewielki gradient temperaturowy skierowany do wewnątrz [Galema, 1997]. W efekcie odparowanie wody z powierzchni produktu zachodzi znacznie słabiej niż w przypadku ogrzewania konwencjonalnego, kiedy to naczynie i stykająca się z nim lub gorącym powietrzem powierzchnia produktu ma znacznie wyższą temperaturę niż jego wnętrze. Chłodna powierzchnia nie sprzyja nie tylko odparowaniu wody, lecz także jej migracji z warstw wewnętrznych do powierzchni ogrzewanego produktu, co utrudnia uzyskanie odpowiedniej struktury produktów, np. pieczywa. Otrzymujemy więc zbyt wilgotne wnętrza

⁶ Ilość ciepła generowanego przez mikrofałe w naczyniu zależy od jego parametrów dielektrycznych. Zwykle jest znacznie mniejsza niż w przypadku ogrzewanego produktu. Niektóre rodzaje szkła i ceramiki rozgrzewają się intensywniej, co stwarza ryzyko poparzenia osoby wyjmującej ogrzany produkt z mikrofalówki.

podgrzewanego produktu oraz chłodną, zwykle wilgotną jego powierzchnię. Nie ma więc możliwości przegrzania powierzchni, a przez to zajęcia procesów nadawania warstwie zewnętrznej odpowiednich właściwości, takich jak zbrązowienie i chrupkość powierzchni pieczywa, zapiekank lub panierki czy przyrumienienie powierzchni mięsa. Na efektywność procesu ogrzewania oraz jego równomierność wpływają parametry dielektryczne składników żywności. Dla częstości pracy mikrofalówek większość produktów spożywczych posiada wartość ϵ'' poniżej 25, co przekłada się na d_p w zakresie 0,6–1,0 cm [Venkatesh i Raghavan, 2004]. Uwzględniając kompozycję typowych produktów spożywczych, zawartość wody, soli i innych składników, efektywna głębokość ogrzewania kształtuje się dla nich w zakresie 0,3–7 cm [Sosa-Morales i in., 2010]. W związku z powyższym w kuchenkach mikrofalowych dobrze ogrzewają się wyroby o niewielkiej grubości i możliwie dużej powierzchni [Lu i in., 1999].

Pewne ograniczenia dotyczą również kształtu produktu/naczynia. Zjawiska załamania fal na krawędzi produktu oraz mniejsza w takich miejscach możliwość przekazania nadmiaru ciepła sąsiednim rejonom produktu prowadzą często do przegrzania, w ekstremalnych przypadkach wręcz zwęglenia fragmentów produktu w sąsiedztwie „ostrych” krawędzi opakowań lub naczyń. Dlatego też wskazane jest używanie produktów, naczyń i opakowań o regularnych, zaokrąglonych kształtach. Zastosowanie wysokich okrągłych naczyń, jak słoiki i butelki, skutkuje zogniskowaniem mikrofal w centrum naczynia/opakowania i przegrzaniem w tym miejscu produktu. Jeżeli użytkownik po ogrzewaniu nie wymiesza zawartości naczynia, może dojść do groźnych poparzeń ust, języka lub przełyku. Znane są liczne tego typu przypadki, zwłaszcza u dzieci poparzonych gorącym mlekiem lub innym napojem, którego zewnętrzne warstwy były jedynie lekko ogrzane, co uspiło czujność rodzica [Bijlard i in., 2022; Dixon i in., 1997; Robinson i in., 2011; Thanakkasarane i in., 2022].

Ogrzewanie mikrofalowe stosowane jest praktycznie we wszystkich procesach obróbki żywności wymagających dostarczenia produktowi ciepła. Procesy: gotowania, pieczenia, suszenia czy rozmrażania prowadzone są przy użyciu mikrofal zarówno na skalę przemysłową, jak i w gospodarstwach domowych [Chandrasekaran i in., 2013; Silberman i Jeanmonod, 2013].

2.5. Zastosowanie mikrofal w przemyśle spożywczym

Przemysłowe wykorzystanie ogrzewania mikrofalowego nie stanowi zasadniczego tematu niniejszego opracowania, warto jednakże poświęcić mu nieco miejsca, celem dopełnienia obrazu zastosowania mikrofal w technologii. Odmienny od pozostałych sposób generowania i propagacji ciepła w ogrzewanych produktach sprawia, że ogrzewanie mikrofalowe staje się coraz popularniejsze, czemu sprzyja intensywny rozwój technologii ogrzewania mikrofalowego oraz stosowanych w procesie urządzeń. Dynamiczny postęp w zrozumieniu i opisie procesów ogrzewania mikrofalowego, konstrukcji i budowie megatronów modułowych o wysokiej niezawodności oraz przystępnej cenie w połączeniu ze stale rosnącymi kosztami energii sprzyjają rozwojowi nowych rozwiązań technicznych w omawianym obszarze [Ptak i in., 2020].

Wykorzystanie mikrofal w przemyśle spożywczym przynosi szereg korzyści, głównie w sferze kosztów. Dzięki skróceniu czasu trwania procesów wydajność instalacji jest znacznie większa niż przy zastosowaniu konwencjonalnych metod ogrzewania, gdyż ogrzewany jest jedynie produkt, a nie jak w innych metodach – cała komora urządzenia, co redukuje ilość zużywanej energii [Zarein i in., 2015]. Mniejsze wymiary instalacji obniżają koszty inwestycji i bieżącego utrzymania infrastruktury, pozwalają też na zmniejszenie pracochłonności, co redukuje koszty pracy. Ograniczenie zużycia energii oraz innych zasobów (budynki, transport itp.) pozwala jednocześnie na szczególnie istotne dziś zmniejszenie obciążenia środowiska. Nie mniej ważna jest wyższa

jakość otrzymywanych produktów, która wynika z krótszego czasu oraz niższej temperatury przebiegu procesu niż w przypadku innych metod. Możliwe są też precyzyjne sterowanie oraz kontrola przebiegu procesu, co przy jego małej bezwładności pozytywnie wpływa zarówno na jakość otrzymanego produktu, jak i na koszty procesu. Negatywny wpływ ograniczeń wynikających z natury ogrzewania mikrofalowego oraz właściwości ogrzewanych obiektów ograniczany jest często poprzez stosowanie kombinowanych metod ogrzewania, wykorzystujących zalety różnych technik grzewczych [Datta i Rakes, 2013].

Ze względu na odmienne niż w kuchenkach domowych wymagania, w szczególności dużą objętość ogrzewanych obiektów, w urządzeniach przemysłowych powszechnie stosuje się fale o częstotliwości 915 MHz (długości 32,8 cm) posiadające zdolność do głębszego wnikania w ogrzewany produkt. Technika mikrofalowa znalazła zastosowanie głównie w: rozmrażaniu, podgotowywaniu, suszeniu, pasteryzacji i sterylizacji żywności [Parosa, 2007].

Rozmrażanie metodą temperingu, czyli podnoszenia temperatury produktu od głębokiego zamrożenia do -2 , -4°C , a w przypadku masła i innych tłuszczów jadalnych do 4°C . Wyzwaniem w tym procesie jest różnica właściwości dielektrycznych lodu i wody [Klinbun i Rattanadecho, 2019]. Poza zastosowaniem niższej częstotliwości fali (915 MHz) wykorzystuje się m.in.: jednoczesne użycie wielu generatorów, ujednolicające rozkład gęstości mocy mikrofalowej; ogrzewanie impulsowe, które pozwala na wyrównanie lokalnych różnic temperatury na zasadzie konwekcji; ciągły ruch rozmrażanych bloków w przestrzeni urządzenia oraz owiewanie zimnym powietrzem. Jednorodne ogrzewanie całego bloku żywności jest poważnym wyzwaniem dla technologii mikrofalowej, zwłaszcza w przypadku materiału niejednorodnego, którego składniki mają różne parametry dielektryczne, na które wpływa głównie zawartość wody. Zastosowanie mikrofal skracza proces, redukuje straty wagowe produktu i utrzymuje pH mięsa. Ze względu na krótki czas procesu oraz możliwość poddawania mu opakowanych produktów,

znacząco spada prawdopodobieństwo rozwoju drobnoustrojów na ich powierzchni [Augustyńska-Prejsnar i in., 2019; Surówka, 1994].

Ogrzewanie produktów, czy to gotowych, czy to przeznaczonych do dalszej obróbki, zarówno w przemyśle, jak i punktach zbiorowego żywienia. Duża szybkość procesu, mała pracochłonność oraz wysoka jakość podgrzanego produktu stanowią o popularności procesu. W urządzeniach przemysłowych zagadnienie niejednorodnego ogrzewania całości materiału stanowi większy problem i wyzwanie niż w przypadku urządzeń do użytku domowego. Optymalnym jego rozwiązaniem jest stosowanie licznych promienników mikrofal, o starannie dobranej mocy i rozmieszczeniu w ścianach komory urządzenia, połączone z przemieszczaniem ogrzewanej żywności – obrotowym lub liniowym. Dobre efekty przynosi wykorzystywanie metod kombinowanych, w których ogrzewanie mikrofalowe stosuje się łącznie z ogrzewaniem konwekcyjnym, działaniem na ogrzewany produkt gorącego powietrza lub pary wodnej [Zhang i in., 2019; Higgins, 2015; Perek i Dolata, 2009].

Suszenie żywności – spośród procesów stosowanych w technologii żywności, w których zastosowanie znalazły mikrofałe, najlepsze efekty uzyskano dla suszenia. Intensywne pochłanianie mikrofal przez wodę zawartą w suszonym produkcie pozwala na ogrzewanie jej w całej objętości produktu. Bezkontaktowy charakter procesu pozwala na: ograniczenie zużycia energii – nie ogrzewamy całej komory lub naczynia, unikanie przypieczenia zewnętrznych warstw produktu oraz łatwe zastosowanie komór próżniowych. Szczególnie dobre rezultaty daje mikrofalowe suszenie pod zmniejszonym ciśnieniem, które prowadzone może być z dużą wydajnością w temperaturach znacznie poniżej 100°C, bez nadmiernej utraty termowrażliwych składników produktu, takich jak związki bioaktywne. Uzyskane tą metodą susze posiadają wysoką jakość, zwłaszcza w zakresie właściwości sensorycznych oraz zdolności do rehydratacji [Yang i in., 2020]. Optymalna pod względem efektywności oraz jakości uzyskanego suszu jest metoda kombinowana, w której suszenie wstępne do poziomu 15–30% wilgotności względnej

prowadzone jest w sposób konwencjonalny. Dalsze dosuszanie, trudne, energo- i czasochłonne w metodach konwencjonalnych, prowadzone jest w komorach mikrofalowych w bardzo krótkim czasie, zwykle kilku do kilkunastu minut.

Bardzo dobre rezultaty (efektywność procesu, jakość suszu itp.) uzyskuje się, stosując metody kombinowane, jak suszenie próżniowo-mikrofalowe czy mikrofalowe wspomaganie suszenia gorącym powietrzem [An i in., 2022; Hasan i in., 2019; Nawirska-Olszanska i in., 2017; Regier i in., 2017; Nowacka i in., 2012].

Blanszowanie owoców i warzyw za pomocą mikrofal dostarcza produkt o lepszych właściwościach niż klasyczne, mokre metody. Wynika to z krótszego czasu procesu i dokładniejszego ogrzania wnętrza produktu, co skutkuje szybszą i skuteczniejszą inaktywacją enzymów w nim zawartych przy relatywnie niskich ubytkach witamin, substancji lotnych, barwników oraz innych rozpuszczalnych w wodzie składników. Zastosowanie znalazły również metody kombinowane wykorzystujące działanie mikrofal oraz pary wodnej, które zapewniają lepszą kontrolę wilgotności powierzchni produktu, redukując niekorzystne zmiany jej barwy i struktury przy zachowaniu zalet blanszowania mikrofalowego [Ranjan i in., 2017; Jeevitha, 2014 i in.; Bernaś, Jaworska, 2014; Janus, Radziejewska-Kubzdela, 2007; Ramesh i in., 2002].

Pasteryzacja i sterylizacja żywności także są procesami, w których mikrofałe znalazły zastosowanie. Możliwość efektywnego i szybkiego podgrzania całej objętości produktu, z reguły już w opakowaniu, czyni tego typu metody niezwykle efektywnymi [Tang i in., 2018]. Pasteryzacja soków, chleba, wytłaczanego makaronu, mięsa czy nabiału przynosi dobre efekty [Saikia i in., 2015]. Wymagający znacznie ostrzejszych warunków proces sterylizacji także może być prowadzony z wykorzystaniem mikrofal, zwłaszcza pod zwiększonym ciśnieniem. Szybkość ogrzewania całej objętości produktu, także w opakowaniu lub na linii produkcyjnej, sprzyja zachowaniu walorów sensorycznych i zdrowotnych żywności. Ograniczenia ponownie wynikają z nierównomiernego

rozkładu temperatury w produkcie oraz możliwości przetrwania procesu przez mikroorganizmy. W związku z tym wymagane jest prowadzenie procesu w temperaturach wyższych od optymalnych oraz ściśle monitorowanie temperatury wewnątrz ogrzewanego produktu [Parosa, 2007].

3. KUCHENKI MIKROFALOWE W GOSPODARSTWACH DOMOWYCH

Od powstania pierwszej komercyjnej kuchenki mikrofalowej minęło ponad siedemdziesiąt lat. Poza samą zasadą działania tamto „monstrum”¹ miało niewiele wspólnego ze współczesnymi urządzeniami potocznie zwanymi mikrofalówkami, a jego zastosowanie ograniczyło się do nielicznych restauracji i punktów gastronomicznych. Jednakże pojawienie się tego urządzenia znacząco przyspieszyło rozwój technologii, który doprowadził do opracowania mniejszych, bardziej funkcjonalnych i niezawodnych, a przede wszystkim tańszych modeli. Od odkrycia możliwości ogrzewania żywności² za pomocą mikrofal do wprowadzenia na rynek pierwszej kuchenki mikrofalowej przeznaczonej do użytku domowego – Amana [Raytheon] *Radarange*, 1967 rok – minęły ponad dwie dekady. Dalsza miniaturyzacja podzespołów kuchenek mikrofalowych oraz spadek ceny przyczyniły się do wręcz błyskawicznego rozpowszechnienia mikrofalówek w gastronomii i gospodarstwach domowych, początkowo w Stanach Zjednoczonych i Japonii. Po dziesięciu

¹ Pierwsza kuchenka mikrofalowa, wyprodukowana przez firmę Raytheon, mierzyła prawie 170 cm wysokości przy masie 340 kg i kosztowała 5000 USD. Megatron chłodzony był wodą, co wymagało podłączenia urządzenia do sieci wodociągowej. W tej formie nie znalazła zbyt dużego uznania.

² Odkrywcą lub raczej wynalazcą kuchenki mikrofalowej był dr Percy Spencer, amerykański inżynier pracujący nad technologiami radarowymi dla firmy Raytheon. Gdy spostrzegł, że w pobliżu generatora mikrofal – megatronu roztopił się czekoladowy batonik w jego kieszeni, rozpoczął szereg doświadczeń z ogrzewaniem mikrofalowym, które zaowocowały przyznaniem firmie Raytheon Company patentu US2495429 na kuchenkę mikrofalową.

latach sprzedaży w amerykańskich domach było już ok. 52 milionów kuchenek mikrofalowych – więcej niż zmywarek do naczyń. Aktualnie w USA nasycenie gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi przekracza 96% [Erle i in., 2020, s. 368].

Z czasem kuchenka mikrofalowa urosła do symbolu nowoczesności w kuchni, idealnie wpisując się w obraz życia współczesnego, stale zaganianego człowieka. Ograniczając czas potrzebny na przygotowanie posiłku, mikrofalówka stała się z jednej strony dogodnym sprzętem kuchennym, z drugiej jednym ze stymulatorów zmian społecznych w zakresie trybu życia, stosunków społecznych, zachowań kulinarnych i żywieniowych. Dla przemysłu spożywczego szerokie rozpowszechnienie mikrofalówek stworzyło chłonny rynek różnego rodzaju produktów żywnościowych przystosowanych do szybkiego uzyskania gotowości kulinarnej w kuchence mikrofalowej. Wyroby tego typu mają poważny udział w rynku tzw. żywności wygodnej (ang. *convenient food*). Terminem tym określa się produkty spożywcze, których przygotowanie do spożycia wymaga niewielkiego nakładu czasu i pracy [Safko i Brake, 2009, s. 12].

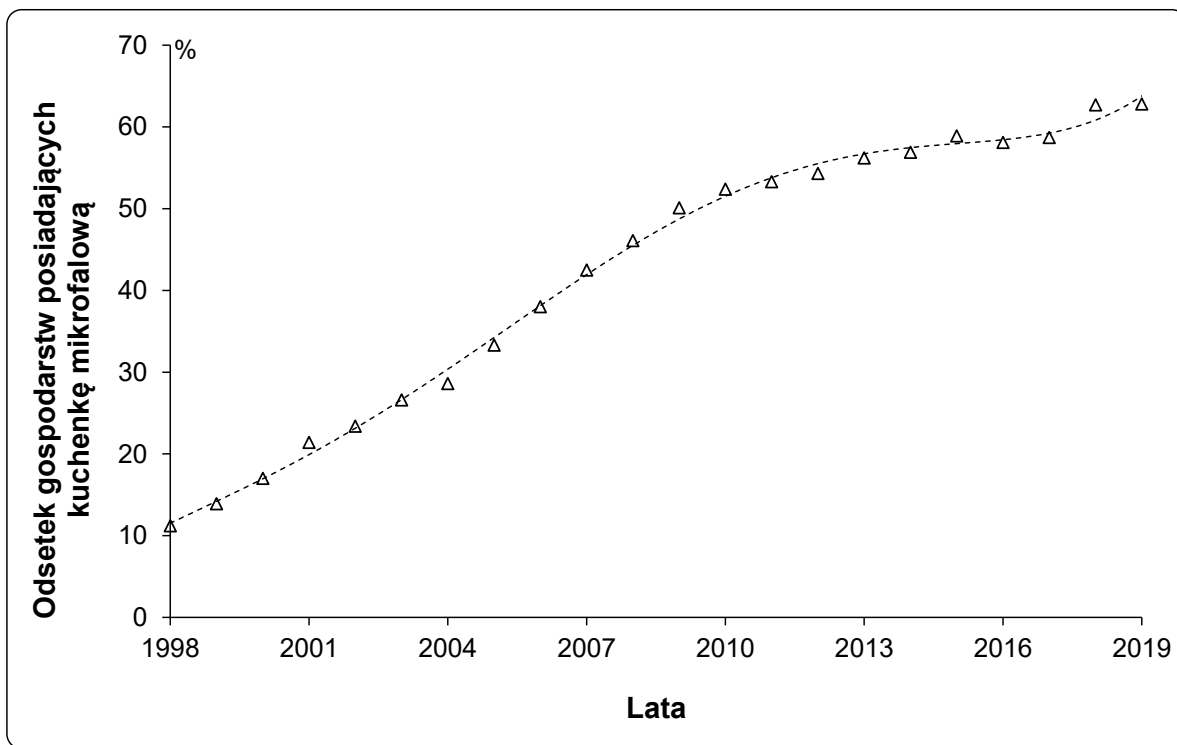
W pozostającej po drugiej stronie „żelaznej kurtyny” Polsce prace nad zbudowaniem własnej kuchenki mikrofalowej ruszyły później, w pewnym sensie jako „efekt uboczny” prac rozwojowych prowadzonych nad technologiami radiolokacyjnymi w Warszawskich Zakładach Radiowych „Rawar”. Powstała w drugiej połowie lat 60. XX wieku pierwsza kuchnia mikrofalowa³ AGATA wyprodukowana została w niewielkiej liczbie na potrzeby gastronomii, w tym jako wyposażenie polskich statków morskich. Na początku lat 70. ubiegłego wieku w zakładach UNITRA Warel powstała niewielka seria kuchenek mikrofalowych KM-06 przeznaczonych do użytku domowego. Wymiarami i wyglądem przypominała piekarnik kuchenki gazowej [Marianańska i in., 2017].

³ Ze względu na rozmiary urządzenie nazywano pierwotnie kuchnią mikrofalową. Wraz ze zmniejszeniem rozmiarów urządzeń, w tym sprowadzanych z Zachodu, przyjęła się nazwa kuchenka mikrofalowa.

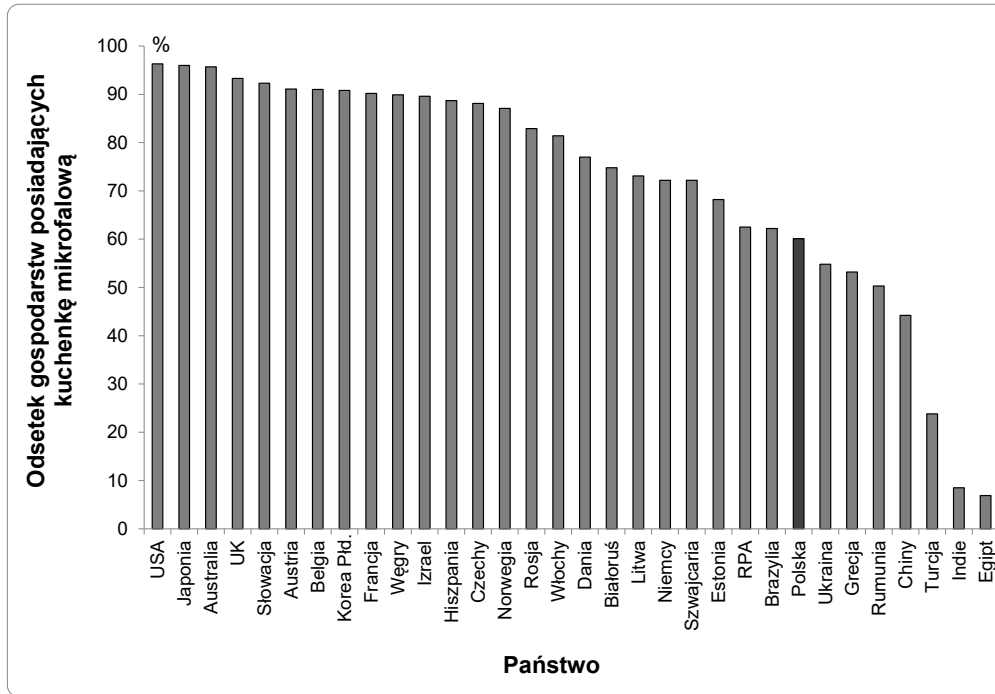
Realny dostęp do kuchenek mikrofalowych polscy konsumenci otrzymali wraz ze zmianami ustrojowymi przełomu lat 80. i 90. XX wieku. Wskutek otwarcia zachodniej granicy kraju do Polski szerokim strumieniem zaczął napływać sprzęt AGD, zarówno nowy, jak i używany, w tym kuchenki mikrofalowe. Traktowane początkowo jako ciekawy gadżet i/lub synonim statusu materialnego z czasem mikrofalówki stały się popularnym sprzętem AGD obecnym w większości polskich gospodarstw domowych. Według danych GUS-u⁴ w roku 1997 urządzenie to posiadało jedynie co dziesiąte gospodarstwo domowe. Wraz ze wzrostem dostępności kuchenek mikrofalowych oraz ich rozpowszechnienia w gospodarstwach domowych w kolejnych latach funkcja symboliczna kuchenki mikrofalowej uległa drastycznej redukcji [Zalega, 2012]. Po dwunastu latach w kuchenkę mikrofalową wyposażona była już ponad połowa gospodarstw domowych. W roku 2018 nasycenie gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi przekroczyło 60% (rys. 6). Osiągnięty w tym czasie poziom nasycenia gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi, w porównaniu z innymi państwami, należy uznać za średni. Do osiągnięcia powszechnie przyjętej granicy nasycenia wysokiego – 80% droga jest jeszcze daleka, tym bardziej że krzywa nasycenia wykazuje tendencję do stabilizacji na poziomie 60–65%. Można przypuszczać, że jeżeli nie zajdą poważne zmiany ekonomiczno-społeczne, nasycenie gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi ustabilizuje się na poziomie 75–80%.

Porównanie stopnia nasycenia gospodarstw kuchenkami mikrofalowymi w Polsce z innymi państwami plasuje nas w grupie społeczeństw o średnim poziomie, w znaczący sposób odbiegającym od państw wysoko rozwiniętych oraz większości sąsiadów (rys. 7).

⁴ GUS – Główny Urząd Statystyczny.



Rysunek 6. Nasylenie gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi w latach 1998–2019 [opracowano na podstawie: GUS, Rocznik statystyczny, lata 2000–2020]



Legenda: USA – Stany Zjednoczone Ameryki, UK – Zjednoczone Królestwo Wielkiej Brytanii i Irlandii Północne, RPA – Republika Południowej Afryki

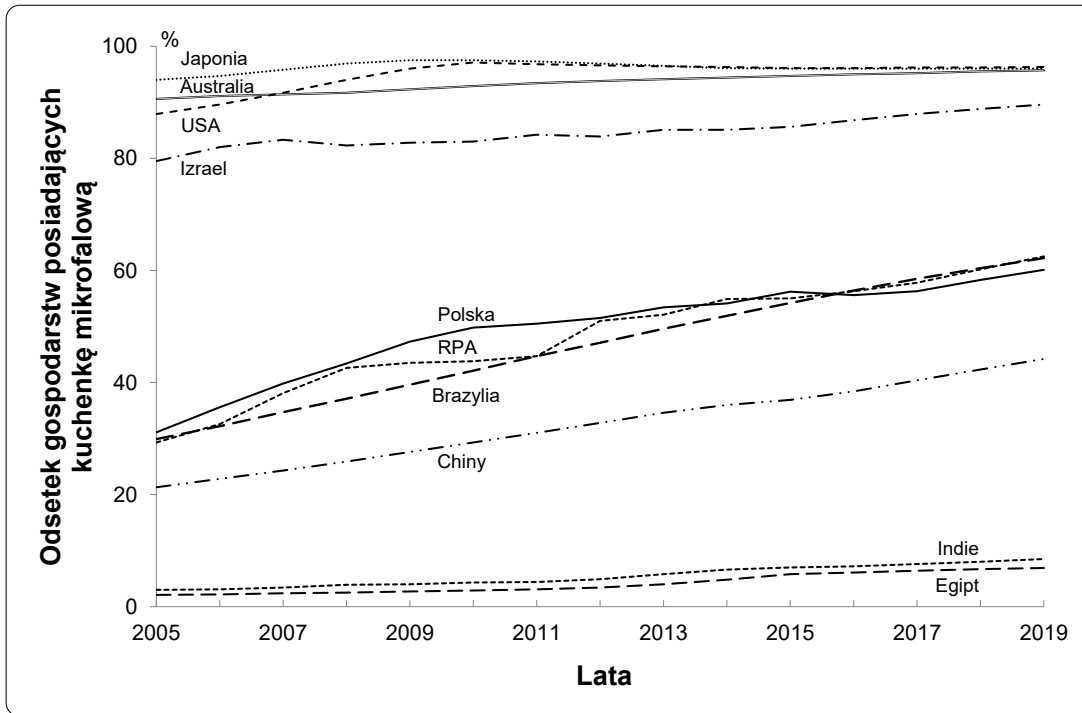
Rysunek 7. Nasylenie gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi w wybranych krajach w roku 2019 [opracowano na podstawie: <https://www.euromonitor.com> (2021)]

Stan taki jest pochodną wielu czynników, wśród których do dominujących można zaliczyć poziom zamożności społeczeństwa oraz uwarunkowania kulturowe i społeczne. Wśród tych ostatnich wymienić należy: zwyczaje kulinarne, strukturę zatrudnienia, dominujący model rodziny oraz uwarunkowania historyczne. Potwierdzeniem powyższego jest przebieg krzywych nasycenia gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi, który w przypadku Polski zbliżony jest do takich państw, jak Brazylia i Republika Południowej Afryki, wyraźnie odbiegając od państw wysoko rozwiniętych, takich jak Stany Zjednoczone, Japonia czy Izrael (rys. 8).

Aktualny poziom nasycenia gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi jest porównywalny z tym, który w państwach Europy Zachodniej osiągnięto mniej więcej na przełomie XX i XXI wieku, a w Stanach Zjednoczonych dwie dekady wcześniej. Opóźnienie w stosunku do wysoko rozwiniętych państw zachodnich wynosi 15–30 lat (rys. 9).

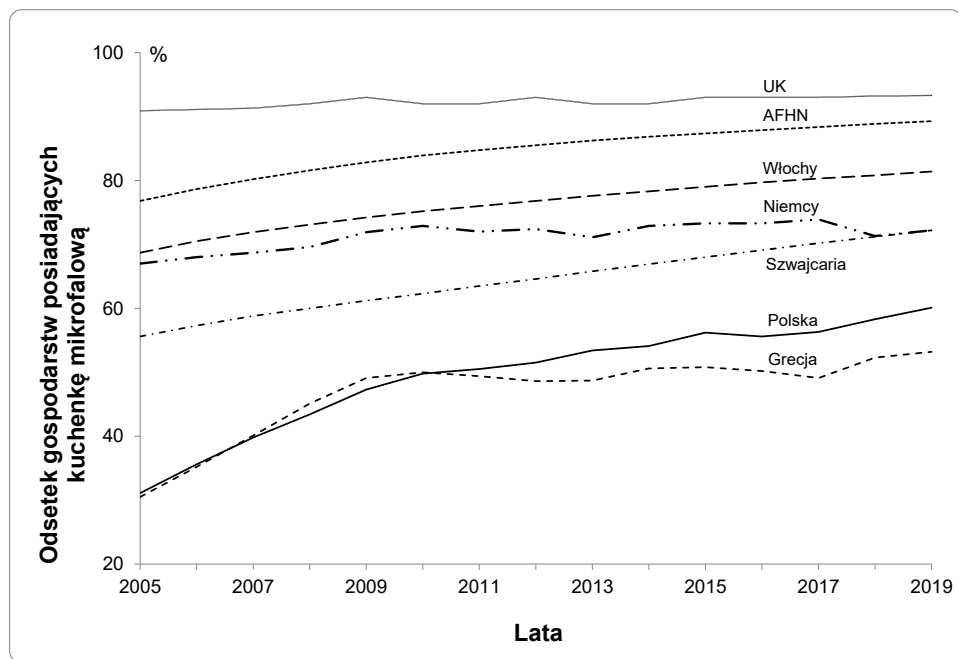
Także wśród państw sąsiednich, wchodzących w skład byłego Bloku Wschodniego, polskie gospodarstwa domowe charakteryzują się raczej niewielkim stopniem nasycenia kuchenkami mikrofalowymi, wykazującym znaczne odstępstwo w tym obszarze w stosunku do pozostałych państw Grupy Wyszehradzkiej oraz krajów bałtyckich (rys. 10).

Wyraźnie widoczne zapóźnienie polskich gospodarstw domowych w nasyceniu kuchenkami mikrofalowymi w stosunku do większości państw europejskich, w tym sąsiednich, wskazuje na znaczący potencjał, jaki drzemie zarówno w rynku tego typu sprzętu AGD, jak i produktów spożywczych przeznaczonych do ogrzewania w kuchenkach mikrofalowych. O ile bowiem na rynkach o wysokim stopniu nasycenia mikrofalówkami głównym segmentem rynku są użytkownicy wymieniający zużyty technicznie lub/i moralnie sprzęt (ok. 85–95%), o tyle w Polsce wciąż istnieje rynek potencjalnych nowych użytkowników obejmujący ok. $\frac{1}{3}$ gospodarstw domowych.



Legenda: USA – Stany Zjednoczone Ameryki, RPA – Republika Południowej Afryki

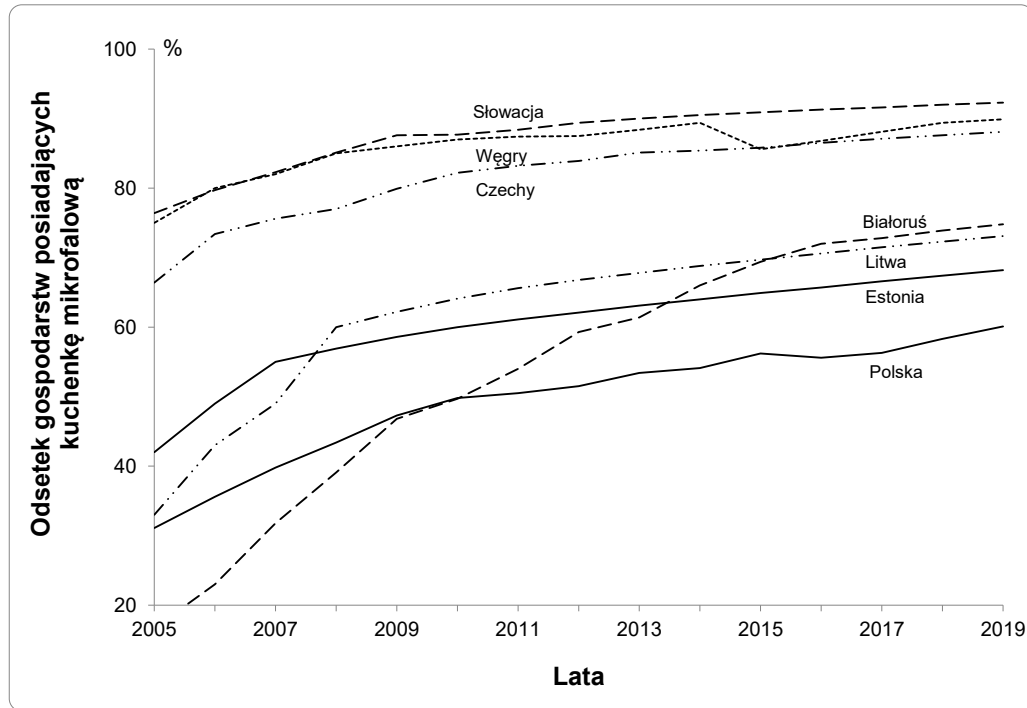
Rysunek 8. Dynamika nasycenia gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi w wybranych państwach w latach 2005–2019 [opracowano na podstawie: <https://www.euromonitor.com> (2021)]



Legenda: UK – Zjednoczone Królestwo Wielkiej Brytanii i Irlandii Północne, AFHN – Austria, Francja, Hiszpania i Holandia (wartości uśrednione)

Rysunek 9. Dynamika nasycenia gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi w wybranych państwach Europy Zachodniej w latach 2005–2019

[opracowano na podstawie: <https://www.euromonitor.com> (2021)]



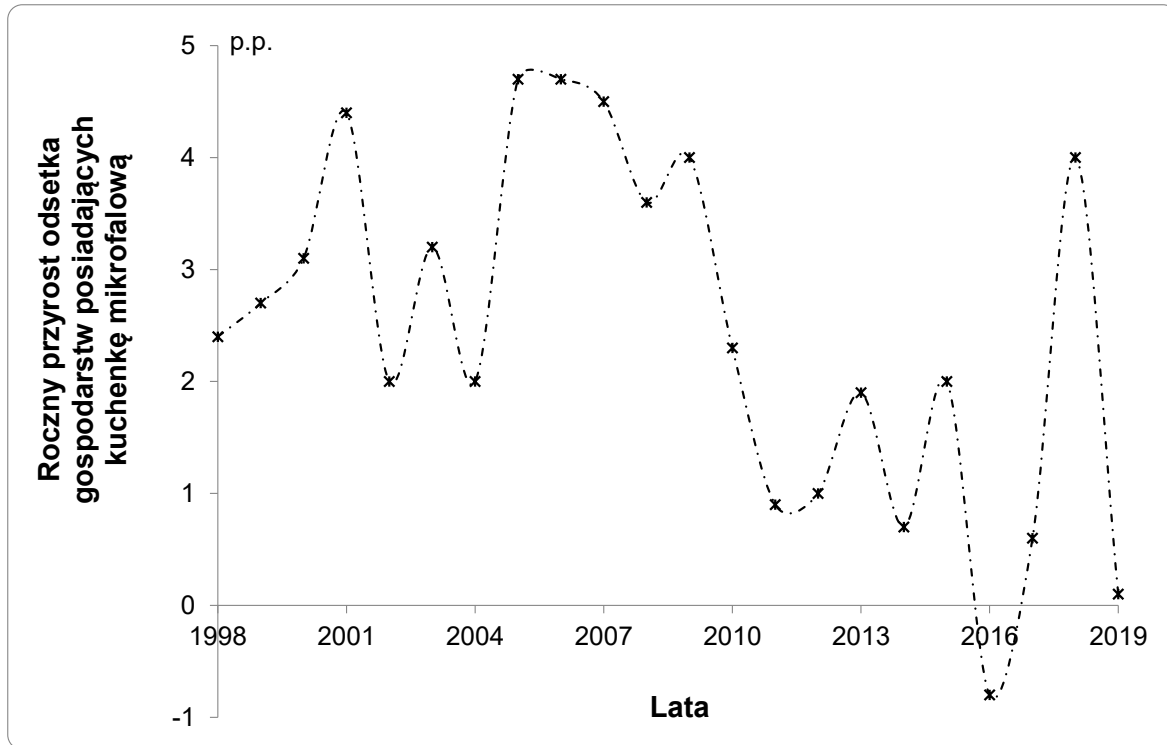
Rysunek 10. Dynamika nasylenia gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi w wybranych państwach byłego Bloku Wschodniego w latach 2005–2019

[opracowano na podstawie: <https://www.euromonitor.com> (2021)]

W Polsce w minionych dwóch dekadach wysoka dynamika przyrostu liczby gospodarstw wyposażonych w kuchenki mikrofalowe – na średnim poziomie 3,5 p.p. rocznie – utrzymywała się do roku 2007 (rys. 11). Wyraźny wzrost dynamiki przypada na pierwsze lata po wstąpieniu Polski do Unii Europejskiej [Wałęga, 2010]. Wraz z wybuchem globalnego kryzysu ekonomicznego w roku 2008 wystąpił notowany przez kolejnych osiem lat znaczący spadek omawianej dynamiki do średnio 1,1 p.p. rocznie, przy czym minimum wystąpiło w roku 2016 – jedynym w ponad dwudziestoletniej historii badań, w którym odsetek gospodarstw wyposażonych w mikrofalówkę zmalał – o 0,8 p.p.

Lata spowolnienia dynamiki wzrostu nasycenia gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi przypadają na okres światowego kryzysu gospodarczego, który z pewnym opóźnieniem i w łagodnym wymiarze – jedynie spowolnienie wzrostu PKB – dotknął także Polskę [Zalega, 2012]. Niepewność przyszłości skłoniła gospodarstwa domowe, głównie te słabsze ekonomicznie, do wyhamowania konsumpcji, w tym zakupu sprzętu AGD. Z dużym prawdopodobieństwem można przyjąć, że właśnie w tej grupie konsumentów posiadaczy mikrofalówek było wówczas najmniej [Stawska, 2014].

Dane za rok 2018 pokazują powrót do poprzedniej dynamiki – odsetek gospodarstw posiadających to urządzenie wzrósł o 4 p.p. Przyczyny ponownego, dynamicznego wzrostu liczby gospodarstw posiadających mikrofalówkę upatrywać należy w poprawiającej się kondycji materialnej gospodarstw domowych wynikającej z sytuacji na rynku pracy, głównie w spadku bezrobocia, we wzroście dochodów, w tym płacy minimalnej [Piskiewicz i Radziukiewicz, 2018]. Nie bez znaczenia są zapewne też programy socjalne z „Rodzina 500 plus” na czele.



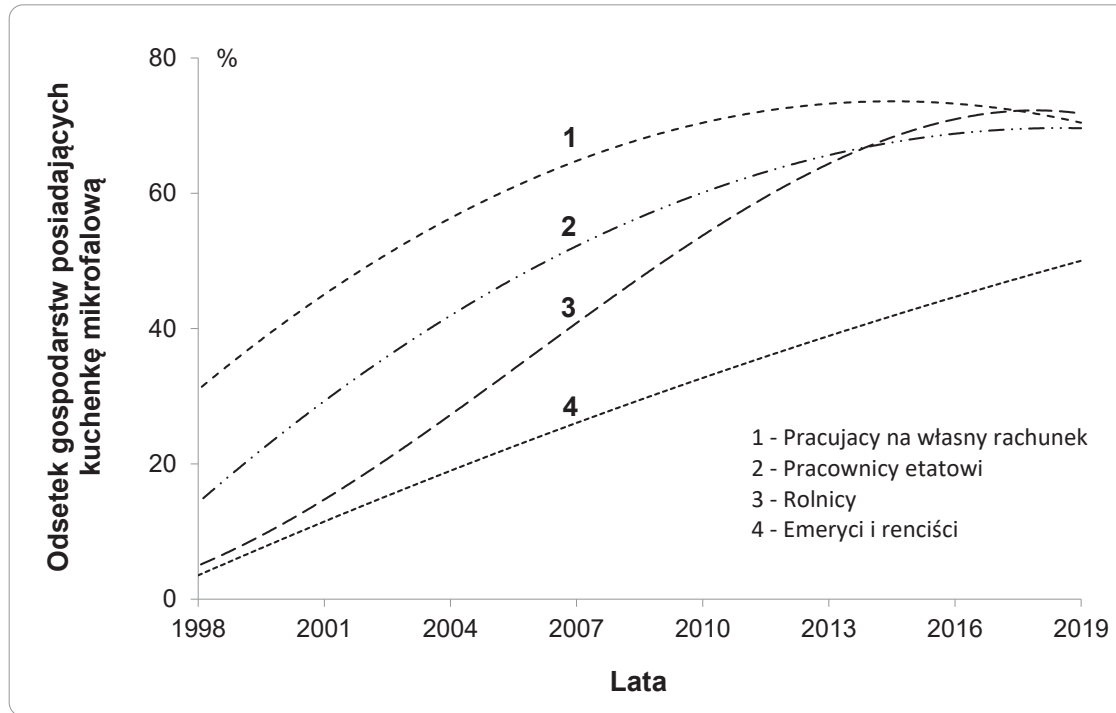
Rysunek 11. Dynamika zmian nasycenia gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi w latach 1998–2019 [opracowano na podstawie: GUS, Rocznik statystyczny, lata 2000–2020]

Jeśli spojrzeć na krzywe nasycenia gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi z podziałem na grupy według źródeł dochodów⁵, widać wyraźnie (rys. 12), że krzywe dla gospodarstw ludzi aktywnych zawodowo w ostatnich latach zbliżają się do stanu nasycenia na poziomie 70–75%.

W ciągu ostatnich dwóch dekad widoczna jest wyraźna przewaga odsetka gospodarstw posiadających mikrofalówkę wśród tych, które utrzymują się z pracy na własny rachunek. Zaznacza się także wyraźna tendencja do zbliżania się do siebie krzywych nasycenia mikrofalówkami gospodarstw utrzymujących się z pracy na własny rachunek oraz pracowników etatowych. Nieco inaczej ukształtowała się krzywa nasycenia kuchenkami mikrofalowymi gospodarstw domowych rolników. Na lata 2005–2010 przypada znaczny wzrost liczby gospodarstw posiadających to urządzenie na średnim poziomie 6 p.p. rok do roku. Okres ten koresponduje z wejściem Polski do Unii Europejskiej i związanymi z tym dopłatami dla rolnictwa, które w znaczący sposób polepszyły sytuację materialną rolniczych gospodarstw domowych. Obserwowany wzrost dynamiki nabywania mikrofalówek przez gospodarstwa domowe rolników sprawił, że w roku 2016 osiągnęły one poziom nasycenia mikrofalówkami porównywalny z gospodarstwami pracowniczymi [Kożera i in., 2014].

Odmienne kształtuje się sytuacja w przypadku gospodarstw domowych emerytów i rencistów. Tutaj w ostatnich dwóch dekadach obserwuje się bardzo stabilną sytuację ze średnim rocznym wzrostem odsetka gospodarstw posiadających kuchenkę mikrofalową na poziomie 2 p.p. Na dzień dzisiejszy brak jest badań objaśniających, w jaki sposób na wspomniany stabilny wzrost wpływa zakup kuchenek mikrofalowych przez gospodarstwa emerytów i rencistów, a w jaki przechodzenie na emeryturę – niejako z mikrofalówką „na stanie” – najstarszych przedstawicieli grupy osób dotychczas aktywnych zawodowo. Wydaje się jednak, że dominujący jest drugi z wymienionych procesów.

⁵ Podział stosowany przez Główny Urząd Statystyczny.



Rysunek 12. Odsetek gospodarstw domowych posiadających kuchenkę mikrofalową z podziałem ze względu na główne źródło dochodów w latach 1998–2019 [opracowano na podstawie: GUS, Rocznik statystyczny, lata 2000–2020]

Powyższe dane potwierdzają, że kuchenka mikrofalowa, podobnie jak tzw. żywność wygodna, wykorzystywana jest przede wszystkim przez ludzi aktywnych, niemających czasu na codzienne przygotowywanie posiłków, pracujących lub uczących się. Są to zwykle ludzie młodzi, posiadający dochody powyżej średniej, otwarci na nowości, świadomi potrzeb – zarówno swoich, jak i otaczającego środowiska [Hanus, 2017; Janowicz i in., 2018; Barska i in., 2015, s. 80].

4. KUCHENKI MIKROFALOWE I ICH UŻYTKOWANIE W OPINII KONSUMENTÓW

4.1. Założenia

Wysoka dynamika zmian społecznych, w tym modelu rodziny (związku partnerskiego), sposobu pracy, zwyczajów żywieniowych itp. sprawia, że wskazane jest określenie trendów występujących w poszczególnych elementach funkcjonowania podstawowej komórki współczesnego społeczeństwa. Nie inaczej jest w obrębie zagadnień związanych z zastosowaniem kuchenek mikrofalowych. Rozpowszechnienie kuchenek mikrofalowych w polskich gospodarstwach domowych oraz sposoby i częstość ich użycia uczyniono przedmiotem kilku badań [Korzeniowska-Ginter i Tkacz, 2015; Czarniecka-Skubina i in., 2016] pokazujących fragmentarycznie analizowane zjawisko. Podobny obraz wyłania się z wcześniejszych badań autora niniejszego opracowania [Melski i in., 2004; Melski 2008].

Brak kompleksowego obrazu sposobu wykorzystania kuchenek mikrofalowych w polskich gospodarstwach domowych oraz pokrewnych zagadnień, dotyczących: postrzegania urządzenia i prowadzonych w nim operacji kulinarnych, stosowanych naczyń i opakowań oraz ogólnej wiedzy o mikrofalach, stanowił impuls do podjęcia prezentowanych niżej badań. Za podstawowy ich cel przyjęto efektywne pozyskanie danych dotyczących badanych zagadnień, pozwalających na ich możliwie pełny opis. Sformułowany cel jest konsekwencją wielu lat analiz,

studiów i badań, w tym opracowania efektywnego kwestionariusza ankiety, który w dłuższym przedziale czasowym pozwolił na gromadzenie porównywalnych danych. W poprzednich latach zrealizowano trzy edycje badania pilotażowego prowadzonego na mniejszych grupach respondentów, odpowiednio: 2003/383, 2008/151, 2014/194 (rok/liczba respondentów). Uzyskane wyniki, poczynione obserwacje i otrzymane uwagi pozwoliły na dopracowanie kwestionariusza pod względem doboru i komunikatywności pytań zamieszczonych w tym narzędziu oraz poprawności układu ankiety. Wspomniane wyżej badania ankietowe dotyczyły grup respondentów porównywalnych liczebnie do tych analizowanych w pracach innych autorów [Czarniecka-Skubina i in., 2016; Korzeniowska-Ginter i Tkacz, 2015]. W ten sposób pozyskano dane pozwalające na bezpośrednie porównanie zebranych wyników na przestrzeni siedemnastu lat, co pozwoliło na dokonanie identyfikacji i opisu trendów dotyczących wykorzystania kuchenek mikrofalowych, świadomości i wiedzy ich użytkowników oraz osób nieposiadających w swoim gospodarstwie domowym mikrofalówki. Potwierdzono też, że metoda wywiadu kwestionariuszowego jest odpowiednia, zarówno do stworzenia opisu badanych zjawisk, jak i badania relacji występujących pomiędzy wybranymi zagadnieniami poddanymi eksploracji.

Wielokrotnie zweryfikowany, w niewielkim stopniu zmieniony i uaktualniony, autorski kwestionariusz ankiety wykorzystano jako narzędzie badawcze w kompleksowym badaniu, które przeprowadzono pomiędzy marcem a listopadem 2019 r. Kwestionariusz zawierał osiemnaście pytań dotyczących następujących zagadnień (zob. aneks A1):

- charakterystyka posiadanej kuchenki mikrofalowej i sposobów jej wykorzystania, o ile respondent posiada taką w swoim gospodarstwie domowym,
- wykorzystywane naczynia i opakowania,
- ocena zastosowania mikrofalówki w gospodarstwie domowym,
- znajomość właściwości promieniowania mikrofalowego.

Kwestionariusz zawierał także metryczkę, która w pięciu pytaniach pozwalała na scharakteryzowanie respondentów w zakresie niezbędnym do analizy pozyskanych danych.

Planując badanie o charakterze niewyczerpującym, przyjęto zastosowanie doboru kwotowego, opierając się na danych dotyczących struktury ludności Rzeczypospolitej Polskiej w roku 2018 – pozyskanych z publikacji Głównego Urzędu Statystycznego [GUS, 2019]. Założono, że badaniem objęte będą osoby w wieku od dwudziestu lat wzwyż, jako posiadające własne gospodarstwo domowe lub będące pełnoprawnymi, aktywnymi uczestnikami procesów przygotowania i konsumpcji żywności w tego typu gospodarstwach. Założono również, że w wypadku pytań dotyczących użytkowania kuchenki mikrofalowej w gospodarstwie domowym respondenci będą traktowani jako przedstawiciele tychże gospodarstw domowych, występujący w ich imieniu.

Liczebność badanej populacji oszacowano na 30,5 mln osób. Liczebność grupy badanej dla poziomu istotności $p = 0,05$ oraz wartości błędu wynoszącej 4% określono na 600 osób [Jabłońska i Sobieraj, 2013]. W celu uzyskania założonej struktury próby zastosowano nielosowy dobór kwotowy. Kryterium doboru były: płeć, wiek i miejsce zamieszkania respondentów, co pozwoliło na wyodrębnienie 32 grup respondentów (zob. aneks A2).

Dotarcie do szerokiego grona zróżnicowanych pod względem demograficznym respondentów zapewniło równoległe zastosowanie dwóch metod rozprowadzania i gromadzenia kwestionariuszy:

1. CAWI (ang. *Computer-Assisted Web Interviewing*) z użyciem Google Forms.
2. Wywiad bezpośredni z użyciem kwestionariuszy papierowych rozkolportowanych, a następnie zebranych przez ankieterów.

Tego typu podejście umożliwiło efektywne zebranie kwestionariuszy wśród przedstawicieli młodszego pokolenia (via internet) oraz bardzo licznego w badanej grupie, analogicznie do struktury wiekowej polskiego społeczeństwa, grona osób starszych – wywiad bezpośredni.

Pozyskane formularze ankietowe poddane zostały weryfikacji oraz ocenie pod względem czytelności, kompletności informacji oraz błędów logicznych skutkującej eliminacją nielicznych, niepoprawnie wypełnionych kwestionariuszy. Zweryfikowane kwestionariusze, w liczbie 600 egzemplarzy, poddano kodowaniu.

4.2. Wykorzystanie kuchenek mikrofalowych w gospodarstwach domowych

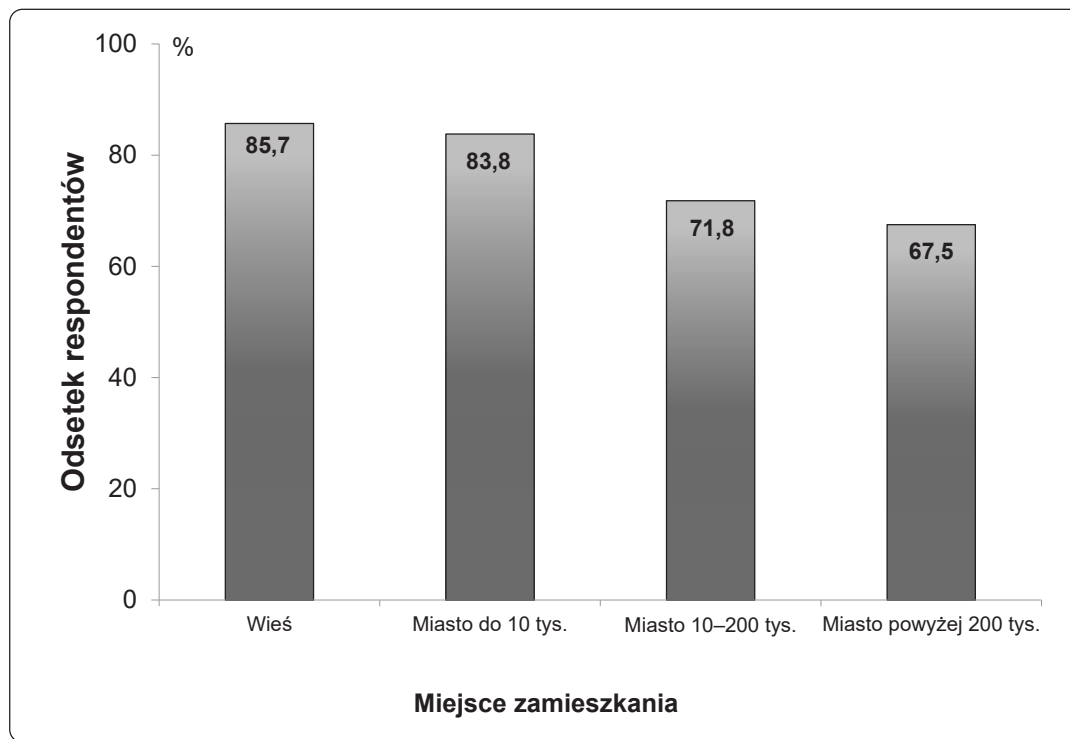
Wśród ankietowanych ok. $\frac{3}{4}$ (76,6%) osób deklarowało posiadanie kuchenki mikrofalowej w swoim gospodarstwie domowym. Wynik ten nie stoi w sprzeczności z podawanym przez GUS odsetkiem gospodarstw domowych posiadających kuchenkę mikrofalową – 62,8% w roku 2019, gdyż odnosi się on do ankietowanych osób, nie gospodarstw domowych. Nie uwzględniono więc takich czynników, jak liczebność gospodarstw domowych czy ich status materialny i zawodowy.

W badanej populacji największy odsetek osób deklaruujących posiadanie w gospodarstwie domowym mikrofalówki przypadał na osoby zamieszkujące tereny wiejskie i małe miasteczka (rys. 13). Jednym z czynników wpływających na zanotowany rozkład odpowiedzi jest prawdopodobnie większy deficyt czasu wynikający z oddalenia miejsc pracy i nauki od miejsca zamieszkania skutkujący dłuższym czasem dojazdu i krótszym czasem, jaki może być poświęcony na obróbkę ciepłą potraw. Powyższe przypuszczenie potwierdzają wyniki badania dotyczące sposobu wykorzystania kuchenek mikrofalowych omówione w dalszej części opracowania. Nie bez znaczenia są też: większa w dużych miastach dostępność lokali gastronomicznych, punktów zbiorowego żywienia, moda jedzenia „na mieście” czy dynamiczny wzrost rynku dostaw gotowych dań do domów. Powyższe czynniki redukują potrzebę posiadania mikrofalówki we własnej kuchni.

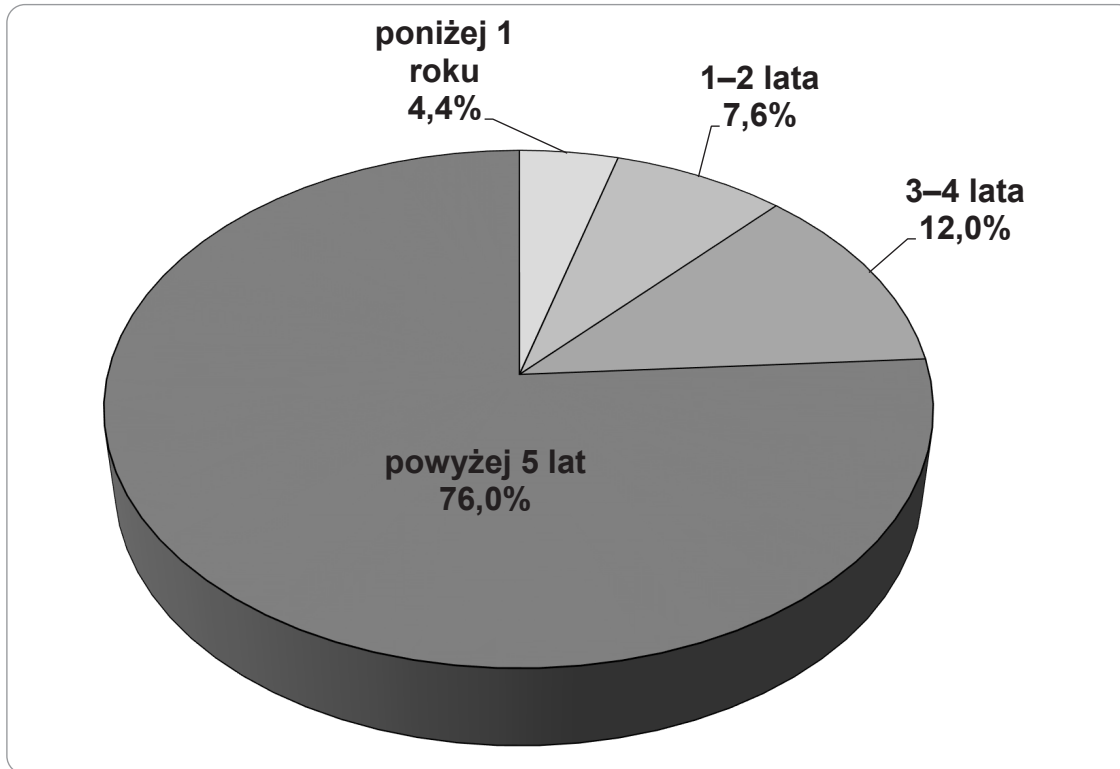
Biorąc pod uwagę, że od ponad dwóch dekad stale wzrasta liczba gospodarstw domowych posiadających kuchenkę mikrofalową, która jest dobrem trwałego użytku, należy oczekiwać, iż w znacznej części gospodarstw sprzęt ten jest obecny od wielu już lat. Potwierdzeniem takiego przypuszczenia jest rozkład odpowiedzi na pytanie dotyczące czasu posiadania mikrofalówki w gospodarstwie (rys. 14). Na podstawie uzyskanych odpowiedzi można stwierdzić, że kuchenka mikrofalowa już na dobre zdomowała się w polskich kuchniach i w większości z nich nie posiada już statusu nowości. Świadczy to także o raczej dobrej znajomości urządzenia, sposobów i warunków jego eksploatacji oraz właściwości ogrzewanych w nim produktów. Bazując na wynikach badań Zalegi [2010], szacujących przeciętny okres użytkowania kuchenki mikrofalowej w gospodarstwie domowym na 5,7 roku, można sformułować przypuszczenie, że w wielu gospodarstwach nie jest to pierwsze tego typu urządzenie. Jak podaje Erle i wsp., w Stanach Zjednoczonych średni okres eksploatacji kuchenek mikrofalowych szacowany jest na 9 lat [Erle i in., 2020, s. 368].

Uzasadnione jest także oczekiwanie dalszego wzrostu odsetka gospodarstw domowych posiadających mikrofalówki przez dłuższy czas, przy jednoczesnym spadku udziału grupy najmłodszych, w znaczeniu czasu posiadania urządzenia, użytkowników kuchenki mikrofalowej.

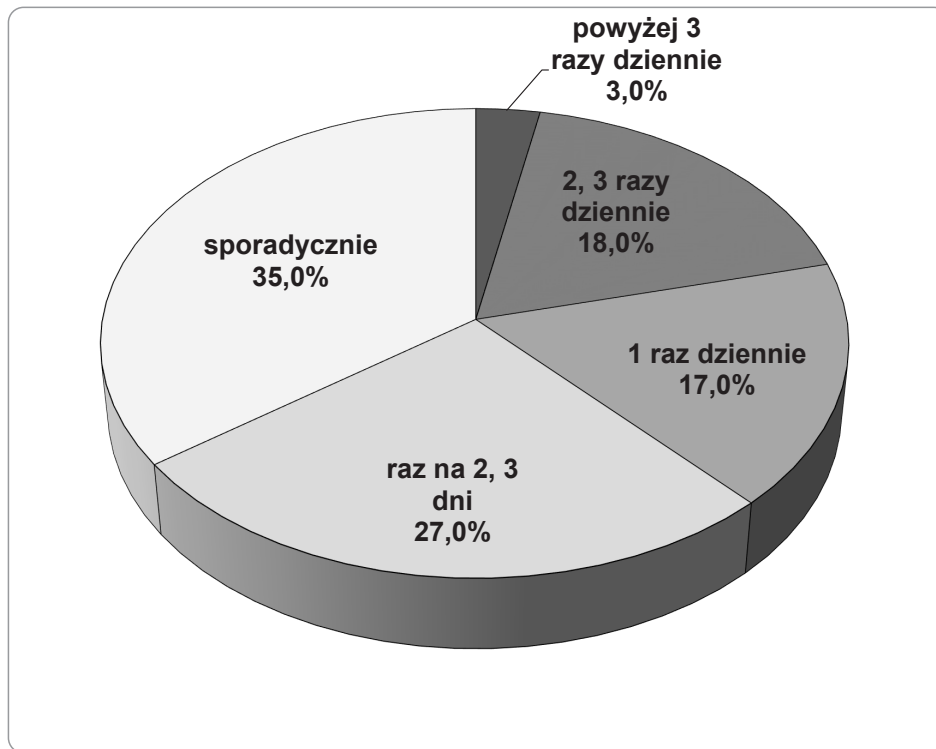
Fakt nawet wieloletniego posiadania kuchenki mikrofalowej w gospodarstwie domowym nie musi i często nie świadczy o jej systematycznym użytkowaniu. Więcej światła na to zagadnienie rzucają odpowiedzi na postawione w ankiecie pytanie o częstość wykorzystania mikrofalówki (rys. 15). Uzyskane dane wskazują, że jedynie w nieco ponad $\frac{1}{3}$ gospodarstw respondentów mikrofalówka stanowi sprzęt codziennego użytku. Dla podobnego odsetka kuchenka mikrofalowa nie stanowi sprzętu AGD codziennego użytku w dosłownym tego słowa znaczeniu, gdyż deklarują oni jedynie sporadyczne wykorzystywanie tego urządzenia.



Rysunek 13. Odsetek respondentów deklarujących posiadanie kuchenki mikrofalowej w swoim gospodarstwie domowym z podziałem na miejsce zamieszkania



Rysunek 14. Okres posiadania kuchenki mikrofalowej w gospodarstwach domowych respondentów



Rysunek 15. Częstość użytkowania kuchenki mikrofalowej w gospodarstwach domowych respondentów

Uwzględniając fakt posiadania mikrofalówki przez ok. $\frac{1}{3}$ gospodarstw domowych, można stwierdzić, że kuchenka mikrofalowa jest urządzeniem codziennego użytku w ok. $\frac{1}{4}$ polskich gospodarstw domowych.

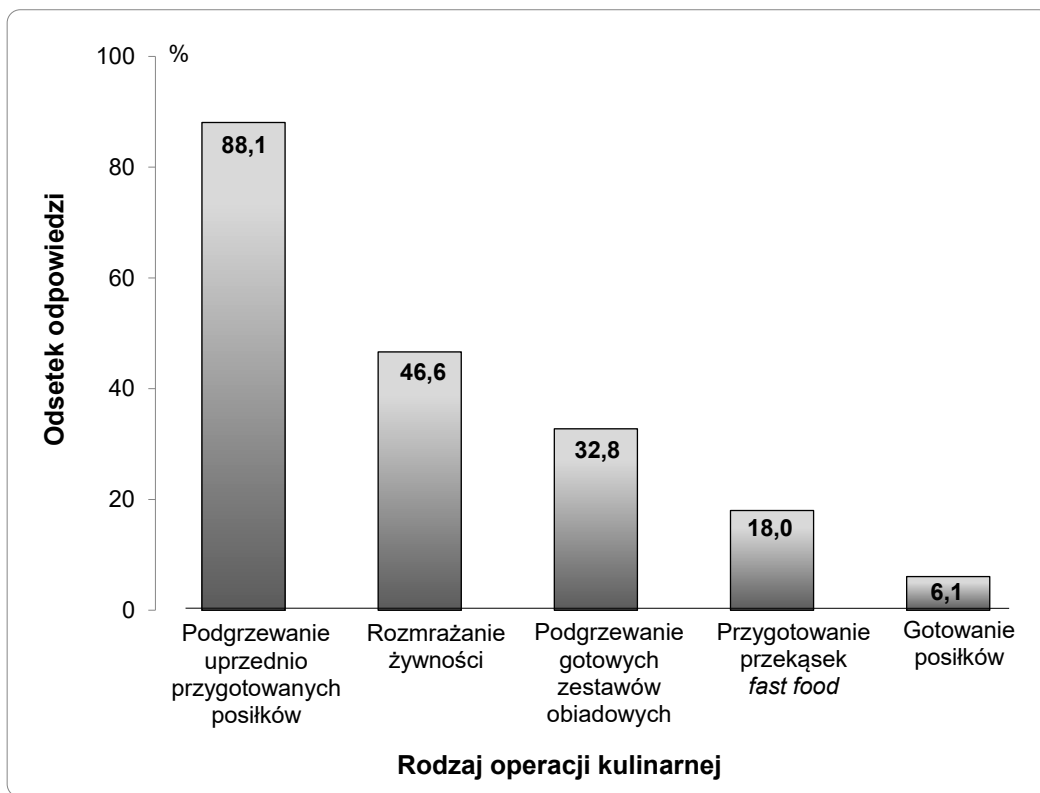
Obraz wykorzystania kuchenek mikrofalowych w polskich gospodarstwach domowych dopełniają wyniki dotyczące rodzaju operacji kulinarnych prowadzonych przy ich użyciu. W kwestionariuszu wyodrębniono pięć procesów:

- gotowanie posiłków,
- rozmrażanie żywności,
- podgrzewanie uprzednio przygotowanych posiłków,
- podgrzewanie gotowych zestawów obiadowych,
- przygotowywanie przekąsek typu *fast food*.

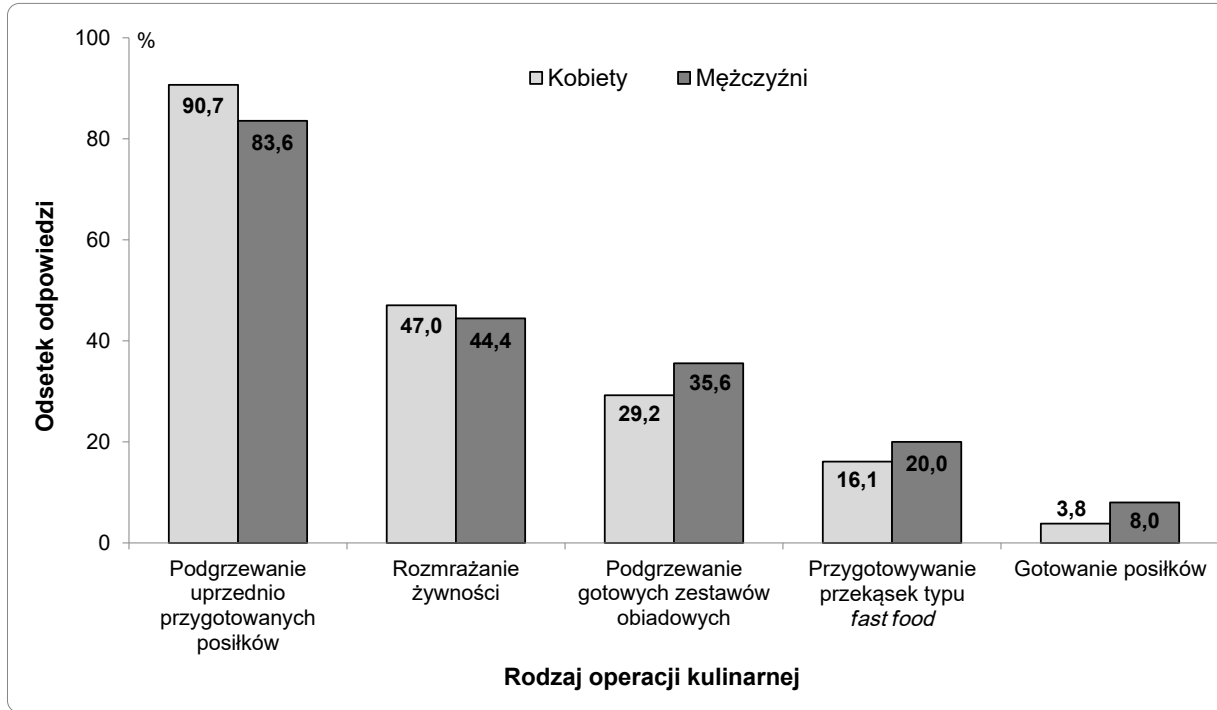
Pozostawiono także możliwość dodania innej, nie ujętej w kwestionariuszu operacji.

Analiza otrzymanych odpowiedzi wykazała bardzo wyraźne zróżnicowanie w zakresie wykorzystania poszczególnych operacji (rys 16).

Uzyskany rozkład wynika z wielu determinant zachowania konsumentów. Za podstawową należy uznać tradycyjny model polskiej rodziny z wyraźnym podziałem ról, także w kuchni. Za potwierdzeniem takiego założenia przemawia dominacja podgrzewania uprzednio przygotowanych posiłków jako głównego, powszechnego kierunku wykorzystania mikrofalówek. Drugim, niemal o połowę mniej popularnym procesem jest rozmrażanie żywności. Zaobserwowano także kilkuprocentową przewagę wymienionych procesów w zakresie wskazań kobiet nad wskazaniami mężczyzn (rys. 17). Odwrotna i bardziej wyraźna – kilkudziesięcioprocentowa przewaga wskazań mężczyzn dla „szybkich” operacji przygotowania gotowych zestawów obiadowych i przekąsek wydaje się również potwierdzać powyższe przypuszczenie. Tu z całą ostrością ujawnia się podstawowa zaleta mikrofalówki, czyli szybkość przygotowania posiłku/przekąski, relatywnie częściej wykorzystywana przez mężczyzn. Uwagę zwraca niewielki udział przygotowania przekąsek oraz niemalże marginalny gotowania mikrofalowego.



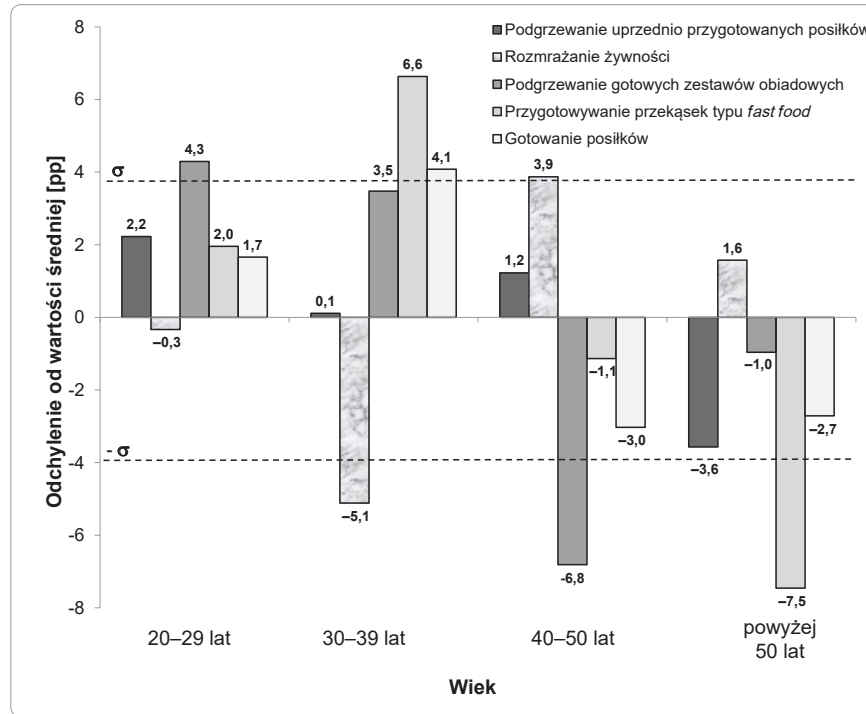
Rysunek 16. Podstawowe operacje kulinarne prowadzone w kuchenkach mikrofalowych



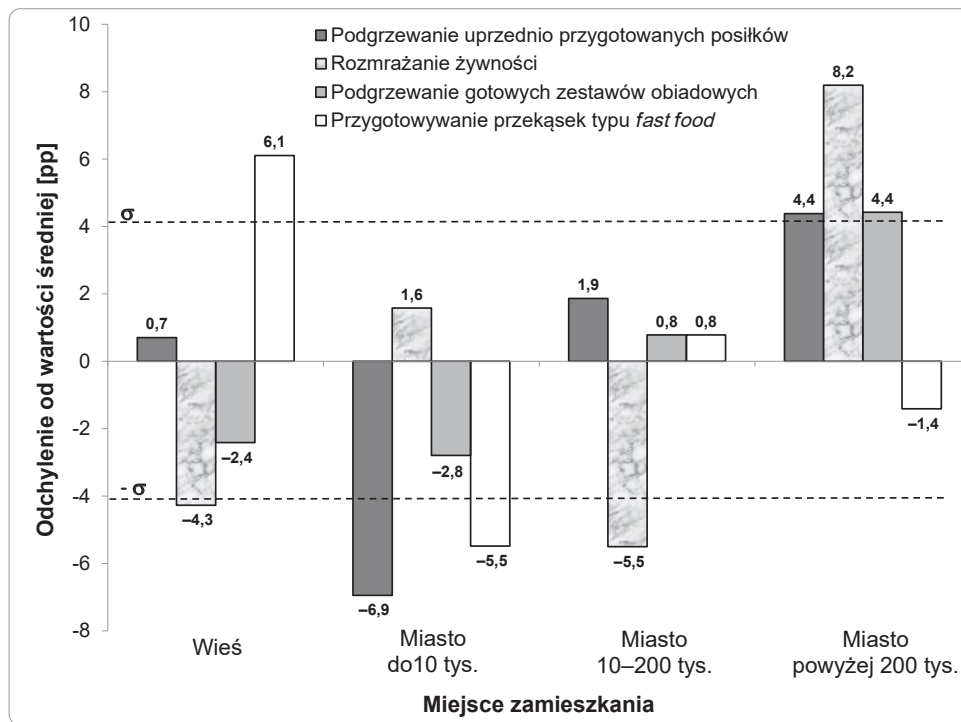
Rysunek 17. Rozkład podstawowych operacji kulinarnych prowadzonych w kuchenkach mikrofalowych w zależności od płci respondentów

Obie dominujące operacje związane są z tradycyjnym przygotowaniem posiłków w domu, pierwsza – z podgrzaniem wcześniej przygotowanych posiłków, druga – z przygotowaniem surowca do przyrządzenia posiłków lub samego, uprzednio głęboko zamrożonego posiłku. Zestawione w kwestionariuszu odpowiedzi nie pozwalają na rozróżnienie powyższych procesów, podobnie jak częściowo pokrywających się opcji podgrzania uprzednio przygotowanych posiłków oraz podgrzewania gotowych zestawów obiadowych. Można przypuszczać, że część odpowiedzi wskazujących na „podgrzewanie zestawów obiadowych” dotyczyła także tych przygotowanych wcześniej w domu, co jeszcze bardziej podkreśla pełnienie przez kuchenki mikrofalowe jedynie roli pomocniczej w polskich gospodarstwach domowych. Przyjęty zakres tematyczny ankiety oraz wymóg jej zwięzłości nie pozwoliły na bardziej szczegółowe zbadanie powyższych kwestii. Pokazuje on jednakże bardzo ważny obszar zachowań użytkowników kuchenek mikrofalowych wymagający pogłębionych badań.

Rozkład deklarowanych operacji kulinarnych prowadzonych w kuchenkach mikrofalowych z uwzględnieniem wieku respondentów wykazał znaczne zróżnicowanie dla poszczególnych operacji (rys. 18). W ogólnym ujęciu potwierdza on odmienne zachowania kulinarne i konsumpcyjne na kolejnych etapach życia rodzinnego i zawodowego. Najwyraźniej widoczne jest to dla podgrzewania uprzednio przygotowanych posiłków i zestawów obiadowych, których stosowanie maleje wraz z wiekiem badanych osób. Zjawisko to związane jest ze zwiększeniem ilości rozporządzalnego czasu wolnego – ustabilizowana sytuacja zawodowa, odchowane dzieci – co pozwala na spędzanie większej ilości czasu w kuchni i przygotowanie posiłków bezpośrednio przed spożyciem. Podobnie z wiekiem maleje zainteresowanie przygotowaniem przekąsek.



Rysunek 18. Rozkład podstawowych operacji kulinarnych prowadzonych w kuchenkach mikrofalowych w odniesieniu do średniej wartości wskazań danego parametru w zależności od wieku respondentów; σ – odchylenie standardowe od średniej wartości wskazywanych parametrów



Rysunek 19. Rozkład podstawowych operacji kulinarnych prowadzonych w kuchenkach mikrofalowych w odniesieniu do średniej wartości wskazań danego parametru w zależności od wieku respondentów; σ – odchylenie standardowe od średniej wartości wskazanych parametrów

Należy jednak zaznaczyć, że przyjęty podział algebraiczny grup wiekowych nie odpowiada w pełni, bo nie może, etapom rozwoju gospodarstw domowych. Efektem przyjętego kryterium wiekowego jest nakładanie się w obrębie poszczególnych grup gospodarstw będących aktualnie na różnym stadium rozwoju, a co za tym idzie – pewne złagodzenie/zamazanie panujących tendencji, co każe traktować uzyskane wyniki bardziej jako jakościowy obraz obserwowanych zjawisk niż ich *stricte* ilościowy opis.

Odnosnie do podstawowych procesów kulinarnych prowadzonych w kuchenkach mikrofalowych najszersze ich stosowanie deklarowane jest przez mieszkańców dużych miast (rys. 19). Z jednej strony podgrzewanie posiłków w różnej formie oraz szybkie rozmrażanie żywności związane są z podstawowymi zaletami mikrofalówek wymienianymi w badaniu, czyli szybkością i wygodą, cechami szczególnie ważnymi dla żyjących w nieustannym pędzie mieszkańców dużych miast. Z drugiej strony widoczna jest wyraźna przewaga mieszkańców wsi we wskazaniach dotyczących przygotowania przekąsek. Zjawisko to jest najprawdopodobniej związane z dominacją innego modelu spędzania wolnego czasu raczej w domu, co z kolei wynika ze specyfiki obszarów wiejskich, w tym dostępu do punktów gastronomicznych (restauracje, kawiarnie, multiplexy itp.).

4.3. Postrzeganie kuchenek mikrofalowych

Jak każde urządzenie techniczne, tak i kuchenka mikrofalowa została skonstruowana i produkowana jest w celu zaspokajania określonych potrzeb człowieka. Posiada ona liczne zalety, ale i wady, wynikające z: praw natury, zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych, wymagań formalno-prawnych, interesu ekonomicznego podmiotów zaangażowanych w produkcję urządzeń, wsparcia jego eksploatacji i wielu innych. Produkt finalny jest zawsze efektem kompromisu pomiędzy interesami poszczególnych uczestników gry rynkowej. Ostatecznym weryfikatorem

poprawności danego rozwiązania jest jego użytkownik. W przypadku kuchenki mikrofalowej opinia dotycząca jej zalet i wad ma charakter złożony, gdyż poza walorami samego urządzenia, na końcową ocenę wpływa m.in.: intensywność użytkowania, rodzaj prowadzonych operacji i poddawanych im produktów, zwyczaje kulinarne, dostępność produktów przeznaczonych do podgrzewania/gotowania oraz uwarunkowania społeczne i kulturowe [Guzik i in., 2022; Hsu, 2015].

Niebagatelną rolę w postrzeganiu kuchenki mikrofalowej odgrywa także ocena jakości finalnego produktu procesu ogrzewania mikrofalowego, czyli przygotowanego posiłku lub rozmrożonego produktu/surowca. Postrzegana jakość żywności uzależniona jest z kolei od wielu bardzo różnorodnych czynników natury fizyko-chemicznej, fizjologicznej czy psychologiczno-społecznej, które można podzielić na kilka grup [Niewczas-Dobrowolska, 2020, s. 15]:

- proces postrzegania: osąd konsumenta o jakości produktu uwzględniający – w różnym stopniu – jego cechy widoczne i niewidoczne, oceniane przez doświadczenie lub oczekiwania, które uzależnione są od produktu, osoby konsumenta oraz miejsca,
- produkt: zależnie od rodzaju produktu, jego właściwości, zastosowania itp. inne parametry (np. zawartość tłuszczu, cukrów, witamin) mają pierwszoplanowe znaczenie, inne z kolei przechodzą na dalszy plan,
- osoba: różne preferencje, doświadczenie, wiedza, dochody, zdolność postrzegania, osobowość,
- cel użycia produktu – odmienne wymagania jakościowe dla różnych zastosowań danego produktu,
- marka produktu: jej postrzeżenie przez konsumenta i otoczenie.

Dotychczas tematyka postrzegania kuchenek mikrofalowych i prowadzonych z ich użyciem procesów kulinarnych nie była obszarem szerokiego zainteresowania badaczy.

Pewne światło na zmiany opinii konsumentów rzucają wcześniejsze badania autora. Przeprowadzone w latach 2003, 2008 i 2014 badania ankietowe wykonano z wykorzystaniem tego samego kwestionariusza ankiety. Ze względu na znacznie mniejszą grupę respondentów odpowiednio: 383, 151 i 194 osoby oraz niereprezentatywny, przypadkowy dobór próby ich wartość poznawcza jest znacznie mniejsza. Jednakże są to jedyne dostępne wyniki badań, pomimo swej niedoskonałości, pozwalające na identyfikację i opis trendów w postrzeganiu kuchenki mikrofalowej przez społeczeństwo.

Złożoność i wielopłaszczyznowość procesu postrzegania kuchenki mikrofalowej i ogrzewanych w niej produktów, w połączeniu z analizami danych literaturowych oraz doświadczeń wynikających z wcześniejszych badań autora, doprowadziły do opracowania listy cech kuchenki mikrofalowej, aspektów jej użycia oraz ogrzewanej żywności mających wpływ na dokonywaną, w sposób mniej lub bardziej uświadomiony, ocenę procesu. W kolejnym etapie opracowania kwestionariusza ankiety pogrupowano poszczególne cechy, sprowadzając je do kilku bardziej ogólnych kategorii, którym nadano możliwie proste, hasłowe określenia.

W przeprowadzonym badaniu przedstawiono respondentom listę ośmiu aspektów użytkowania kuchenki mikrofalowej, prosząc ich o wybranie maksymalnie trzech ocenianych jako zalety urządzenia oraz nie więcej niż trzech uważanych za jego wady.

W kolejności alfabetycznej były to:

- bezpieczeństwo eksploatacji kuchenki,
- ekologia,
- higiena,
- smak przygotowanych posiłków,
- szybkość przyrządzenia posiłków,
- wartość odżywcza posiłków,
- właściwości zdrowotne posiłków,
- wygoda.

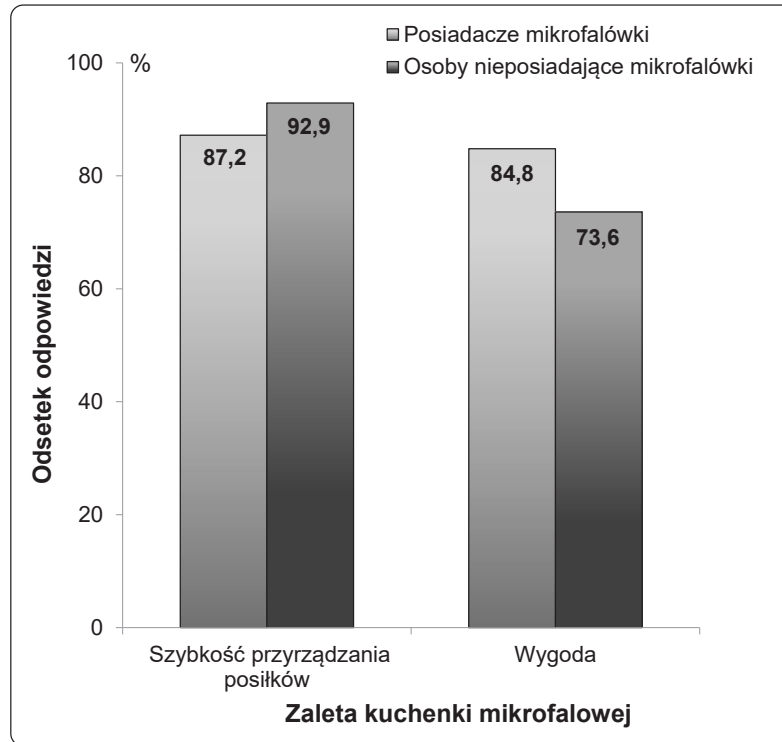
Wyniki ankiety pozwalają na szersze, wieloaspektowe spojrzenie na postrzeganie kuchenki mikrofalowej wraz z prowadzonymi w niej procesami kulinarnymi przez realnych oraz potencjalnych użytkowników mikrofalówek.

Szybkość i wygoda – niekwestionowane zalety

Dzięki generowaniu ciepła bezpośrednio we wnętrzu ogrzewanego produktu mikrofałe ogrzewają go już od chwili włączenia kuchenki, co znacznie przyspiesza proces, eliminując niezbędny w przypadku ogrzewania konwencjonalnego, długotrwały etap rozgrzewania urządzenia grzewczego oraz naczynia, w którym znajduje się ogrzewana żywność. Nie występuje też konieczność transportu energii cieplnej z powierzchni produktu do jego wnętrza, co jeszcze bardziej skraca proces nadania gotowości kulinarnej, zwykle jedynie do kilku minut.

Szybkość jest jednym z elementów wpływających na wygodę użytkowania mikrofalówki. Do pozostałych zaliczyć można redukcję liczby naczyń, które trzeba umyć, gdyż najczęściej żywność podgrzewana jest w jednej porcji, od razu w naczyniu, z którego produkt będzie spożywany, lub bezpośrednio w opakowaniu, które coraz częściej stanowi także tego typu naczynie [Bertrand, 2005; Melski, 2016; Thanakkasane i in., 2022].

Szybkość i wygoda uznane zostały przez badanych za podstawowe zalety mikrofalówek na poziomie odpowiednio 88,7 i 82,3% ankietowanych. Dominacja tych dwóch zalet jest bezdyskusyjna, kolejna z wymienionych w kwestionariuszu cech uznanych za zaletę była wskazywana ponad osiem razy rzadziej. Posiadacze mikrofalówek szybkość i wygodę wymieniają niemal tak samo często – różnica wynosi 2,4 p.p. (rys. 20).



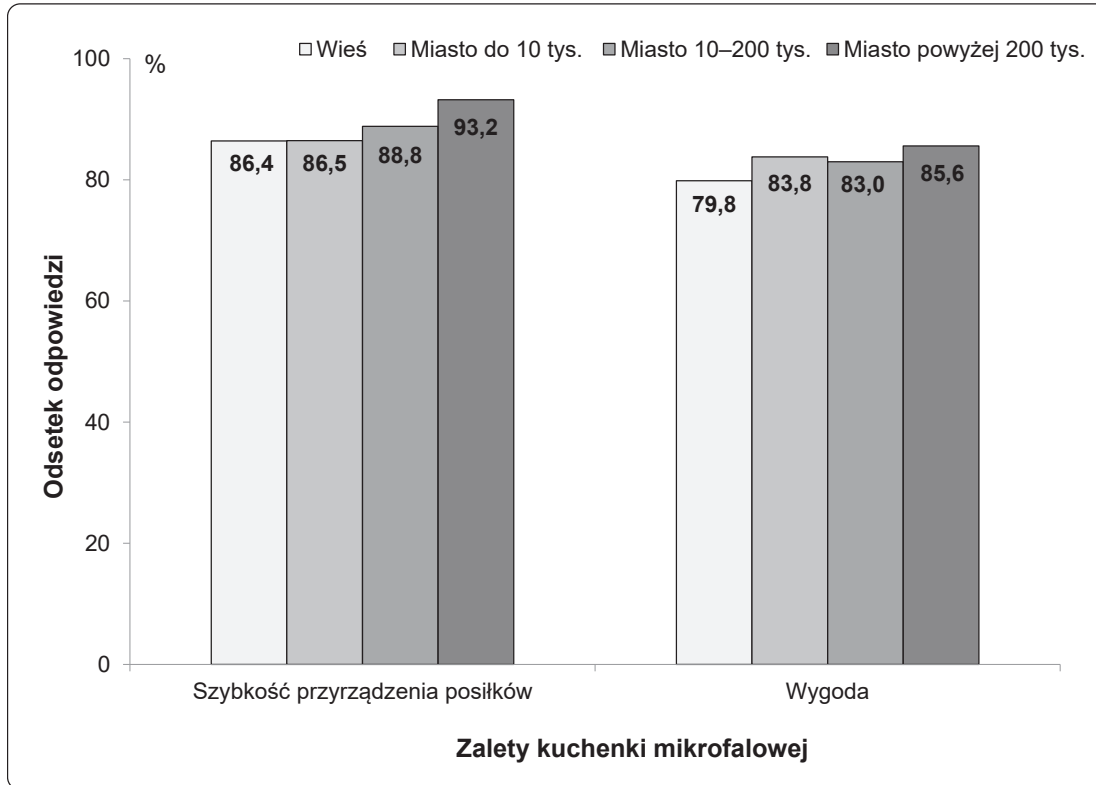
Rysunek 20. Zalety kuchenek mikrofalowych z podziałem na osoby posiadające i nieposiadające kuchenki mikrofalowej w gospodarstwie domowym

W przypadku osób nieposiadających kuchenki mikrofalowej widoczna jest znacząca – wynosząca niemal 20 p.p. – przewaga szybkości procesu nad wygodą. Taki rozkład odpowiedzi wskazuje, że wraz z wieloletnim doświadczeniem⁶ w użytkowaniu mikrofalówki wzrasta znaczenie wygody, na którą składają się także inne czynniki niż sama szybkość ogrzewania.

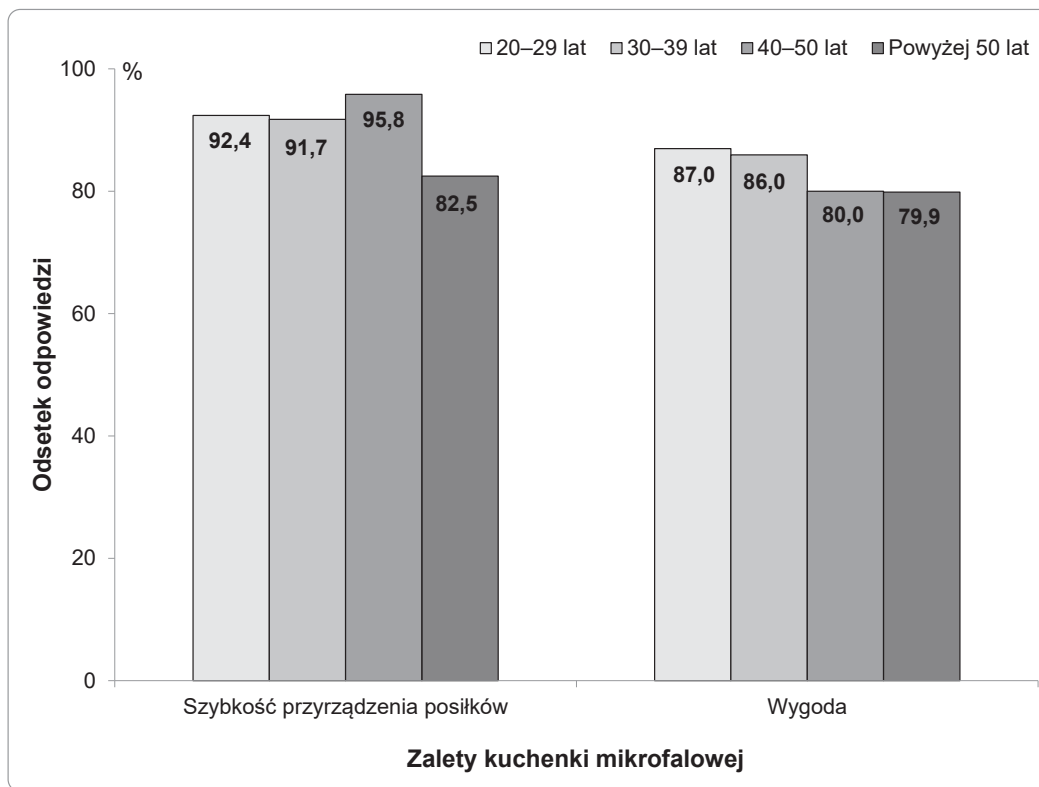
Docenianie zarówno szybkości przygotowania posiłków, jak i wygody wzrasta wraz z wielkością miejscowości, w której żyją użytkownicy urządzenia (rys. 21). Podobnie im młodsze osoby, tym bardziej doceniają szybkość i wygodę przyrządzania posiłków w mikrofalówce (rys. 22). Obie te zależności wynikają najpewniej z różnego trybu życia ludzi młodych i starszych, którzy z reguły dysponują większą ilością czasu wolnego, wynikającą zarówno z mniejszej aktywności zawodowej, jak i sytuacji życiowej, gdyż najczęściej mieszkają samotnie – bez dzieci lub już w pojedynkę.

Co ciekawe, wskazane zalety mają też swoją „ciemną stronę”, gdyż zmniejszają ilość lekkiej pracy fizycznej wykonywanej w domu, jednocześnie nie wpływając na zwiększenie innych form aktywności fizycznej. Wykazano, że istnieje dodatnia korelacja pomiędzy wzrostem indeksu masy ciała BMI a nasyceciem gospodarstw domowych nowoczesnym sprzętem AGD, w tym kuchenkami mikrofalowymi [Huang i in., 2015].

⁶ Potwierdzeniem stwierdzenia jest wieloletnie już posiadanie urządzenia przez większość ankietowanych (zob. rys. 14).



Rysunek 21. Zalety kuchenek mikrofalowych z podziałem na miejsce zamieszkania respondentów

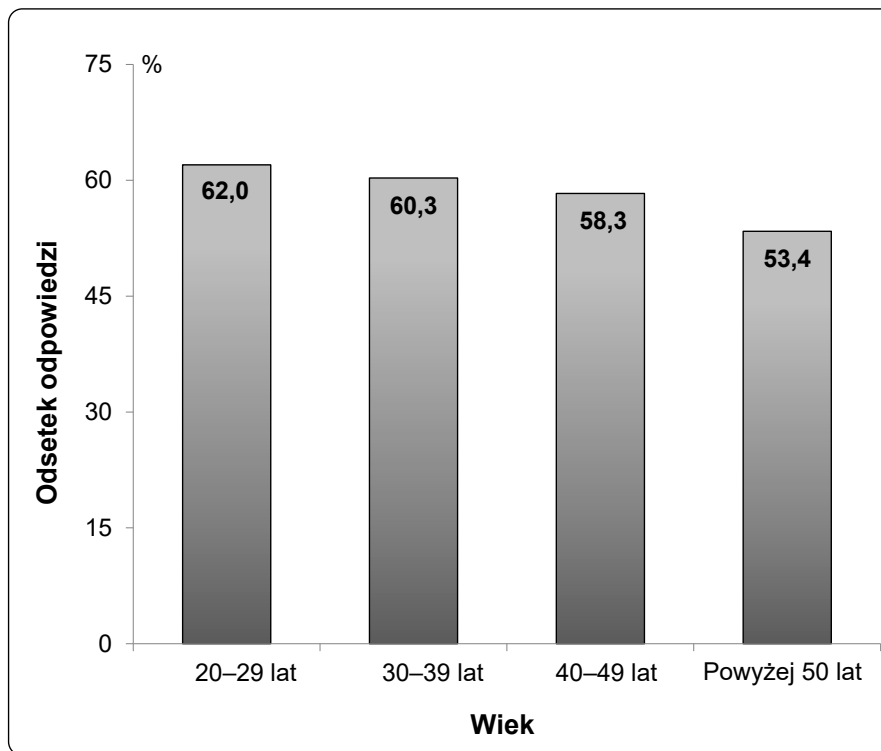


Rysunek 22. Zalety kuchenek mikrofalowych z podziałem na wiek respondentów

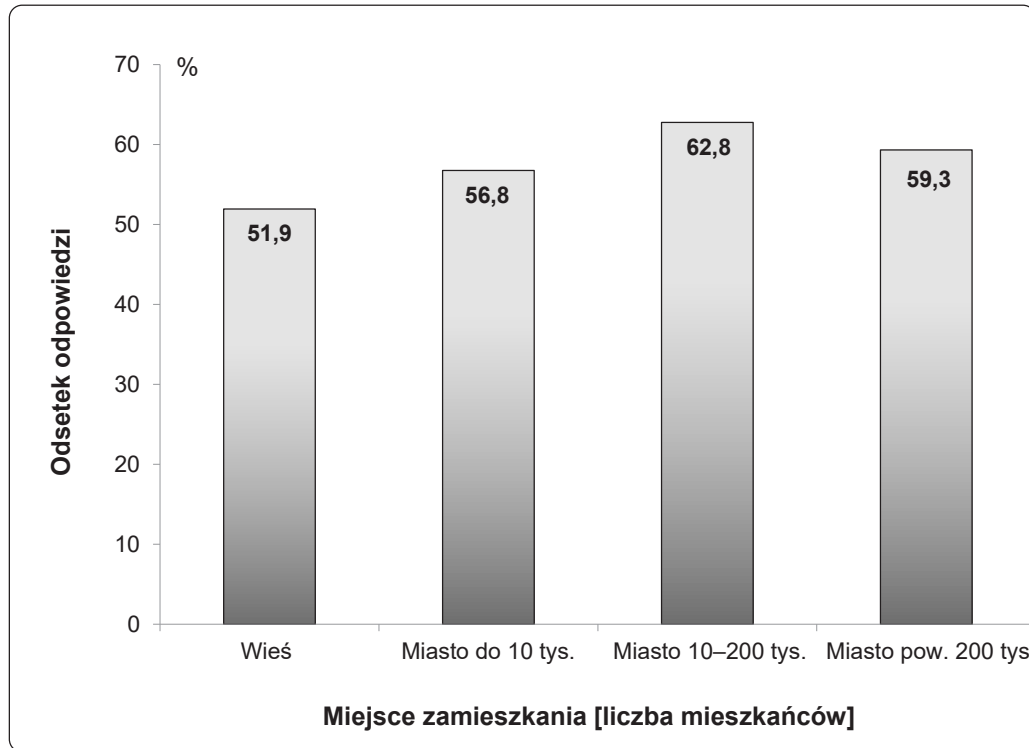
Smak – najpoważniejsza wada

Jak wspomniano wyżej, ogrzewanie mikrofalowe nie jest wolne od wad, do których zaliczyć należy nierównomierność ogrzania całej objętości produktu oraz niedostateczne ogrzanie jego zewnętrznej powierzchni, co skutkuje gorszymi walorami sensorycznymi w porównaniu z produktami ogrzewanymi/przygotowywanymi w sposób klasyczny. Do najważniejszych zaliczyć należy: niezbyt kruchą teksturę wewnętrzną produktu; brak zarumienienia i chrupkości jego powierzchni, na której często pozostaje warstwa wilgoci; inny, zwykle uboższy bukiet zapachowy. W świetle powyższego nie jest zaskoczeniem, że najczęściej spośród wymienionych w formularzu ankiety cech jako wada ogrzewania mikrofalowego wskazywany był smak przygotowanych posiłków – 57,2% ankietowanych. Warta podkreślenia jest niemal 12-procentowa przewaga odsetka tego typu odpowiedzi udzielanych przez osoby nieposiadające mikrofalówki w gospodarstwie domowym nad ilością takich wskazań u posiadaczy analizowanego urządzenia. Uzyskany rozkład odpowiedzi wskazuje na pozytywny wpływ spożywania podgrzanych/przygotowanych za pomocą domowej mikrofalówki posiłków na ocenę ich smaku. Sugeruje także kierowanie się przez osoby nieposiadające mikrofalówki w swojej ocenie utartymi poglądami, opiniami innych osób i/lub doświadczeniem z tego typu posiłkami uzyskanymi w innym miejscu, jak np. punkty gastronomiczne, rodzina, znajomi.

Wraz z wiekiem respondentów wyraźnie maleje odsetek wskazań na smak produktów jako wadę ogrzewania mikrofalowego (rys. 23). Równie wyraźna jest zależność postrzegania smaku przygotowywanych produktów od miejsca zamieszkania. W tym przypadku znacznie bardziej krytyczni są mieszkańcy dużych miast niż osoby żyjące w mniejszych miastach i na terenach wiejskich (rys. 24). Budowa kwestionariusza ankiety pozwalała na wskazanie/zaliczenie maksymalnie trzech z ośmiu wymienionych czynników jako wad lub zalet ogrzewania mikrofalowego. Warto więc zauważyć, że pewna grupa respondentów – 3,2% umieściła smak przygotowywanych produktów po stronie



Rysunek 23. Odsetek negatywnych ocen smaku produktów przygotowywanych w kuchence mikrofalowej z podziałem na wiek respondentów



Rysunek 24. Odsetek negatywnych ocen smaku produktów przygotowywanych w kuchence mikrofalowej z podziałem na miejsce zamieszkania respondentów

zalet ogrzewania mikrofalowego. Grupa ta pozostaje w znacznej mniejszości, gdyż na jedną opinię pozytywną o smaku produktów przygotowanych w mikrofalówce przypada niemal dwadzieścia odpowiedzi negatywnych. Uzasadnienia tego typu odpowiedzi można szukać w gustach i przyzwyczajeniach kulinarnych respondentów. O ile o gustach „się nie dyskutuje”, o tyle przyzwyczajenia mogą wynikać z częstego spożywania posiłków z mikrofalówki oraz innych potraw o podobnych właściwościach sensorycznych. Można przypuszczać, iż pomimo ogólnego trendu do spożywania żywności zdrowej, niskoprzetworzonej tempo życia, przyzwyczajenia, wygoda i ekonomia będą sprzyjać wzrostowi liczby osób preferujących smak posiłków z mikrofalówki, zwłaszcza wśród przedstawicieli młodego pokolenia.

Ogrzewanie mikrofalowe a właściwości zdrowotne żywności

Stałe dążenie producentów do poprawy jakości oferowanych produktów oraz wzrastające wpływy ruchów konsumenckich i ekologicznych zaowocowały szerokim zainteresowaniem skutkami oddziaływania mikrofal na przygotowywaną żywność oraz środowisko, w którym odbywa się proces ogrzewania mikrofalowego. Poza nielicznymi opracowaniami naukowymi oraz rzeczowymi artykułami w prasie konsumenckiej i popularnej można znaleźć, zwłaszcza w internecie, szereg materiałów wskazujących na szkodliwe oddziaływanie mikrofal na ogrzewane produkty, a przez to na zdrowie konsumentów. Rzetelność tych źródeł należy uznać za co najmniej wątpliwą⁷. Nie zmienia to jednak faktu,

⁷ Niektóre informacje opublikowane na stronach internetowych wzbudzają wątpliwości czytelników lub wskazują na szkodliwy wpływ mikrofal na ogrzewane produkty, a nawet organizm ludzki, przywołując zwykle kilka tych samych artykułów prezentujących szkodliwy wpływ ogrzewania mikrofalowego na wybrane składniki konkretnych produktów (brokuły, czosnek, witamina B₁₂, mleko ludzkie), bądź kontrowersyjnych eksperymentów opisanych w publikacjach. Podając wyniki poszczególnych badań, autorzy zwykle nie odnoszą ich do strat pożądanych składników występujących przy zastosowaniu innych metod obróbki termicznej omawianych produktów. Przykładowe strony zawierające opisane powyżej treści: <https://www.odkrywamy->

że liczne grono konsumentów czerpie swoją „wiedzę” i dalej ją rozpowszechnia, opierając się na tego typu materiałach [Guzik i in., 2022].

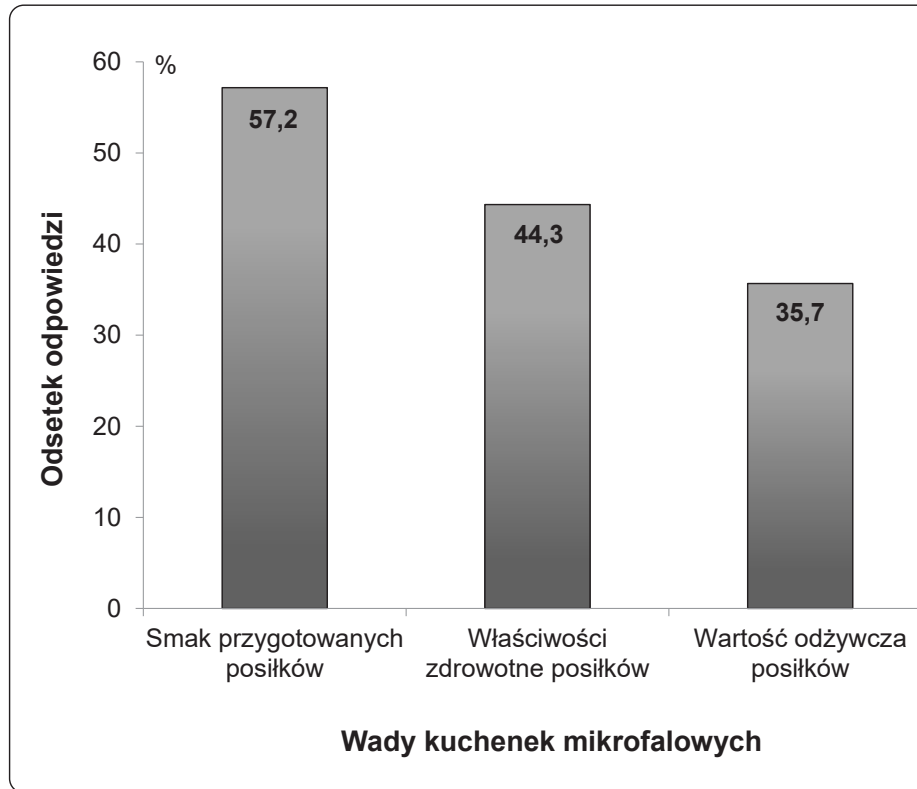
Wpływ promieniowania mikrofalowego na ogrzewane produkty spożywcze od lat budzi sporo kontrowersji. Energia, jaką posiadają mikrofałe, jest znacznie niższa niż energia wiązań chemicznych, więc ich rozerwanie wskutek bezpośredniego oddziaływania promieniowania mikrofalowego nie jest możliwe. Względnie krótki czas procesu ogrzewania mikrofalowego skutkuje o wiele krótszym niż przy klasycznych metodach ogrzewania oddziaływaniem wysokiej temperatury na produkt. Ma to szczególne znaczenie w przypadku składników o mniejszej odporności termicznej, które ulegają rozkładowi lub wypłukiwaniu w znacznie mniejszym stopniu – np. witaminy, przeciwutleniacze, składniki mineralne. Ogólnie przyjmuje się, że im mniejsze oddziaływanie czynników zewnętrznych, w tym wysokiej temperatury, tym stopień przetworzenia żywności jest mniejszy. Ogrzewanie mikrofalowe trwa krócej i generuje mniejsze temperatury niż analogiczne procesy prowadzone metodami klasycznymi [Jiang i in., 2018; Lassen i Ovesen, 1995].

W przypadku gotowania w mikrofalówce mniej składników wymywanych jest do wywaru, co dla procesów kulinarnych, w których nie jest on dalej wykorzystywany, jest bardzo istotne, gdyż więcej pożądanych składników zostaje w gotowanym produkcie. Poza wymienionymi powyżej czynnikami wpływ ogrzewania mikrofalowego na wartości odżywcze ogrzewanych produktów zasadniczo nie różni się od innych form obróbki termicznej [Brown i in., 2020; Guzik i in., 2022; Valero i in., 2014; Yang i in., 2016]. Wśród wielu doniesień dotyczących wpływu ogrzewania mikrofalowego żywności na jej właściwości zdrowotne pojawiają się takie, które wskazują na poprawę tychże w wielu badanych aspektach [Deng i in., 2022].

zakryte.com/kuchenka-mikrofalowa/ (odczyt: 19.06.2020); <https://zdrowepasje.pl/content/kuchenki-mikrofalowe-jednak-szkodzą-zdrowiu> (odczyt: 19.06.2020); <https://polki.pl/przepisy/porady-kulinarne,o-szkodliwosci-uzywania-kuchenek-mikrofalowych,10309426,artykul.html> (odczyt: 19.06.2020).

Występujący w przypadku ogrzewania mikrofalowego niejednorodny rozkład temperatury w objętości ogrzewanego produktu niesie poważne ryzyko niedogrzenia pewnych jego obszarów. Ma to szczególne znaczenie w procesach, w których wymagana jest termiczna inaktywacja mikroorganizmów oraz enzymów [Park i in., 2017]. Świadomość tej niedogodności procesu, mogącej wpływać nie tylko na jakość produktu, lecz także jego bezpieczeństwo zdrowotne, może powodować niższą ocenę właściwości zdrowotnych ogrzewanych produktów. Nie ulega więc wątpliwości, że edukacja użytkowników mikrofalówek w zakresie niedostatków i zagrożeń wynikających ze stosowania kuchenki mikrofalowej jest niezbędnym warunkiem bezpiecznej jej eksploatacji i otrzymywania produktów o wysokich walorach zdrowotnych oraz sensorycznych. Jednakże może ona być także źródłem obaw konsumentów prowadzących do choćby częściowej zmiany opinii, a nawet odstąpienia od użycia mikrofalówek. Zagadnienia związane z wpływem produktów ogrzewanych mikrofalowo na zdrowie człowieka zostały zawarte w pytaniach dotyczących wskazania zalet i wad ogrzewania mikrofalowego w dwóch kategoriach – *właściwości zdrowotne posiłków* oraz *wartość odżywcza posiłków*. Zagadnienia te w sposób pośredni mogły także wpływać na ocenę, pozytywną lub negatywną, w obszarach *higiena* oraz *bezpieczeństwo eksploatacji kuchenki*. Jednakże, biorąc pod uwagę rozległość dwóch ostatnich zagadnień, za miarodajne należy przyjąć oceny pierwszych dwóch obszarów. Podział ocenianych zagadnień na bliskie znaczeniowo wartości odżywcze i zdrowotne wynikał z potrzeby uzyskania możliwie wyraźnego obrazu badanego zjawiska.

Oba wspomniane parametry dla produktów ogrzewanych mikrofalowo ocenione zostały jako wady przez ponad $\frac{1}{3}$ ankietowanych (rys. 25). Jednocześnie wartość odżywcza posiłków zaliczona została przez 1,8% respondentów do zalet ogrzewania mikrofalowego. Tak więc parametr ten wskazywany jest dwadzieścia razy częściej jako wada



Rysunek 25. Najczęściej wskazywane wady ogrzewania mikrofalowego żywności

niż jako zaleta, co uzasadnia stwierdzenie, że wartość odżywcza, według obiegowej opinii, jest jedną z trzech podstawowych „słabych stron” ogrzewania mikrofalowego. Ocena kategorii *właściwości zdrowotne posiłków* jest jeszcze bardziej negatywna, gdyż poza 44,3% odpowiedzi wskazujących na nią jako wadę, nie zanotowano ani jednego wskazania jej jako zalety ogrzewania mikrofalowego.

Bezpieczeństwo

Kwestie bezpieczeństwa użytkowania kuchenek mikrofalowych wzbudzają wiele kontrowersji. Odpowiedź na pytanie, czy użytkowanie kuchenki mikrofalowej jest bezpieczne, nie jest prosta i jednoznaczna, gdyż wzięte pod uwagę powinny być różne aspekty zagadnienia. Interpretacja wyników dotyczących najbardziej wieloaspektowego zagadnienia użytkowania kuchenek mikrofalowych, jakim jest bezpieczeństwo, stanowi problem bardzo złożony. W pojęciu bezpieczeństwa zawierają się bowiem zagadnienia związane zarówno z eksploatacją urządzenia, jak i właściwości ogrzewanych produktów.

Kuchenka mikrofalowa jest urządzeniem, w którego otoczeniu może występować promieniowanie mikrofalowe. W jego zasięgu znaleźć się mogą użytkownicy mikrofalówek w gospodarstwach domowych lub lokalach gastronomicznych. Pomimo iż przestrzeń wewnętrzna komory grzewczej odizolowana jest od otoczenia ścianami odbijającymi promieniowanie mikrofalowe oraz drzwiami komory pokrytymi metalową siatką, o starannie dobranych wymiarach, w otoczeniu kuchenki może występować promieniowanie mikrofalowe. Dłuższa ekspozycja na promieniowanie mikrofalowe generowane w kuchenkach mikrofalowych może prowadzić do poważnych zaburzeń w funkcjonowaniu organizmu [Jelodar i Beyzaee, 2010]. Standardy dotyczące bezpieczeństwa tego typu wyrobów precyzyjnie określają maksymalne dozwolone natężenie promieniowania mikrofalowego w otoczeniu kuchenki mikrofalowej. W odległości powyżej 5 cm od obudowy urządzenia

natężenie promieniowania nie może przekraczać wartości 50 W/m^2 .⁸ Ustanowiony limit obowiązuje producentów urządzeń, a jego poziom zapewnia zachowanie limitów ekspozycji człowieka na promieniowanie mikrofalowe [Mariańska i in., 2017].

Uregulowania dotyczą urządzeń nowych i są obszarem działalności oraz odpowiedzialności producenta urządzenia. W toku eksploatacji dochodzić może jednak do zmniejszenia skuteczności elementów zabezpieczających przed emisją mikrofal na zewnątrz urządzenia. Warunkiem poprawnego, bezpiecznego działania kuchenki mikrofalowej jest dbałość o jej stan techniczny, co jest żywotnym interesem jej użytkowników. W szczególności należy zwracać uwagę na stan drzwi komory, elementów je ryglujących oraz kompletność i szczelność uszczelek i innych elementów zabezpieczających. Istotne jest utrzymanie tych elementów w czystości, tak aby ciała obce nie powodowały ich odkształcenia lub uszkodzenia.

Jak każde urządzenie generujące ciepło, kuchenka mikrofalowa stwarza zagrożenie poparzenia użytkownika lub konsumenta przygotowanego dania. Podobnie jak mechanizm ogrzewania, zagrożenie poparzeniem istotnie różni się od występującego w klasycznych kuchenkach i piekarnikach. Jako że w mikrofalówce ogrzewany jest tylko produkt i w mniejszym stopniu mieszczące go naczynie lub opakowanie⁹, źródłem poparzeń nie jest samo urządzenie, a ogrzewany produkt. Fakt ten na pewno zwiększa bezpieczeństwo użytkownika, gdyż gorących powierzchni jest niewiele, a ich temperatura jest względnie niska, co nabiera szczególnego znaczenia, gdy w pobliżu znajdują się małe dzieci, co z kolei w kuchni nie jest sytuacją wyjątkową [Bijlard i in., 2022; Hayward, 1996; Robinson i in., 2011].

⁸ PN-EN 60335-2-25:2012. Elektryczny sprzęt do użytku domowego i podobnego, zharmonizowana z dyrektywą 2006/95/WE.

⁹ To, w jakim stopniu nagrzewa się naczynie, zależy od jego parametrów dielektrycznych oraz w niewielkim stopniu od konwekcji ciepła z produktu.

Podstawowym zadaniem kuchenki mikrofalowej jest ogrzewanie żywności, oczywiste jest więc, że ogrzane danie także może być źródłem oparzenia. W większości produktów spożywczych głównym składnikiem generującym ciepło pod działaniem mikrofal jest woda, co ogranicza osiąganą temperaturę do maksymalnie 100°C. W klasycznych piekarnikach, patelniach z olejem itp. produkty uzyskują zwykle znacznie wyższe temperatury, przez co kontakt z gorącymi elementami lub samym produktem powodować może znacznie poważniejsze konsekwencje. Potencjalne zagrożenie stanowią także butelki i słoiki, w których może dochodzić do skupienia wiązki mikrofal w osi symetrii naczynia i gwałtownego ogrzania produktu w tej strefie. W przypadku tego typu pojemników konieczne jest wymieszanie zawartości przed konsumpcją. Jak już wskazano, znanych jest wiele przypadków zaniechania tej czynności przez rodziców podgrzewających mleko lub inne produkty dla niemowląt i małych dzieci. Niewymieszany płyn w momencie i miejscu sprawdzania jego temperatury przez opiekuna wydawał się mieć odpowiednią temperaturę. Niestety, dochodziło do często poważnych poparzeń jamy ustnej, a nawet przełyku [Thambiraj i in., 2013].

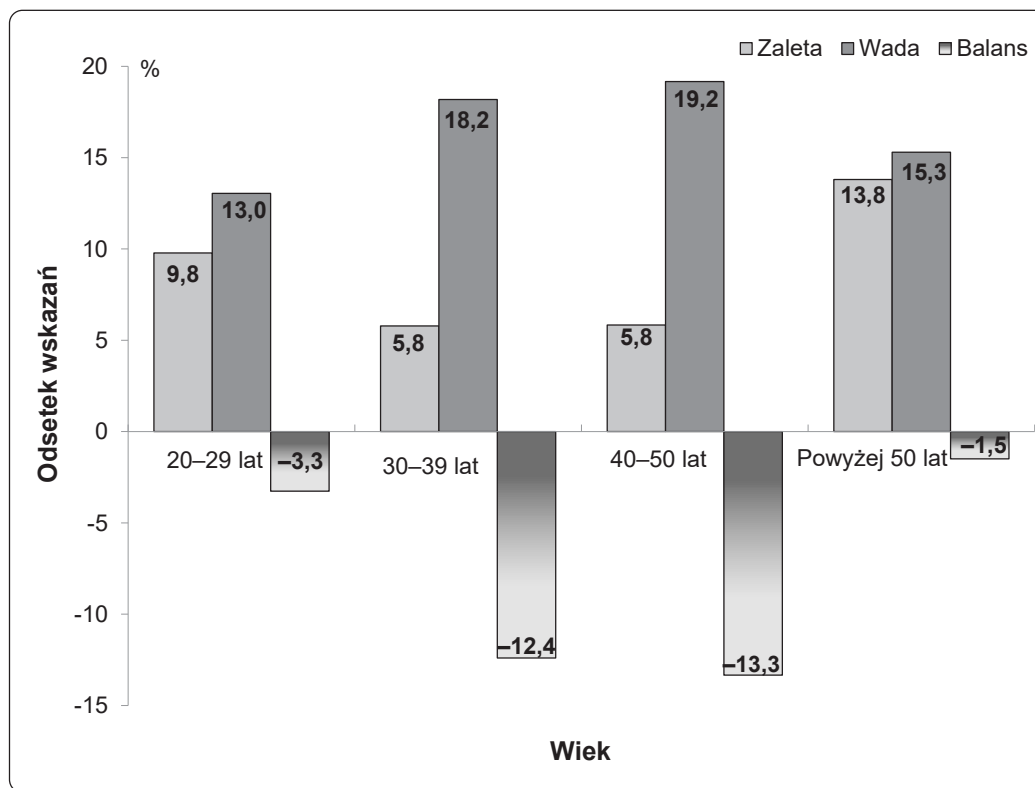
Zagrożenie może powodować też gwałtowne rozszczelnienie naczynia, w którym umieszczony jest ogrzewany produkt, czasem przebiegające w sposób gwałtowny, w formie eksplozji. Zagrożenie takie występuje głównie w przypadku ogrzewania produktów w szczelnie zamkniętych pojemnikach lub opakowaniach. O ile do zdarzenia dochodzi podczas pracy kuchenki, zagrożenie jest niewielkie, pomijając oczywiście konieczność czyszczenia komory grzewczej. Poważniejszymi konsekwencjami grozi eksplozja opakowania po otwarciu drzwi komory grzewczej, kiedy to na poparzenie narażona jest osoba korzystająca z urządzenia, w szczególności jej twarz. Dlatego bardzo ważne jest umieszczenie odpowiednich ostrzeżeń w instrukcji obsługi mikrofalówki, a przede wszystkim ostrzeżeń i wytycznych dotyczących postępowania z produktem na opakowaniach artykułów przeznaczonych do ogrzewania mikrofalowego, mówiących o konieczności rozszczelnienia

opakowania przed rozpoczęciem ogrzewania. Podobne zagrożenie sprawiają niektóre produkty spożywcze, na przykład jajka, których eksplozje w trakcie lub po ogrzewaniu stanowi przyczynę licznych poparzeń, zwłaszcza twarzy użytkowników mikrofalówek [Bagirathan i in., 2016; Thanakkasaranee i in., 2022; Wolf i in., 2001].

Niejednorodny rozkład temperatury w objętości ogrzewanego produktu niesie poważne ryzyko niedogrzenia pewnych jego obszarów. Ma to szczególne znaczenie w procesach, w których wymagana jest termiczna inaktywacja mikroorganizmów oraz enzymów [Kubo i in., 2020; Ulusoy i in. 2019; Vadivambal i Jayas, 2010]. Zagrożenie potęguje często występująca niższa moc generowana przez kuchenki mikrofalowe w porównaniu z deklarowaną przez producenta. W takim przypadku nawet ściśle przestrzeganie przez konsumenta parametrów ogrzewania podanych przez producenta produktu, zwykle na jego opakowaniu, nie zapewnia uzyskania wymaganej temperatury, a co za tym idzie – pełnego bezpieczeństwa mikrobiologicznego gotowego produktu [Schiffmann, 2013]. Z drugiej strony, zagadnienia dotyczące zapewnienia bezpieczeństwa mikrobiologicznego żywności związane są niemalże w całości z etapem przygotowania przez producentów wyrobów gotowych przeznaczonych do późniejszego podgrzania w kuchence mikrofalowej oraz zachowaniem odpowiednich parametrów przechowywania produktu w całym łańcuchu logistycznym. Problem ten w niewielkim stopniu ma więc bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo konsumpcji ze strony konsumenta – użytkownika kuchenki mikrofalowej.

Sama kuchenka mikrofalowa, jak każde urządzenie techniczne, generuje pewne zagrożenia – te bardziej niebezpieczne, chociaż zwykle mniej uświadomione, zwiększają ryzyko pożaru. Najczęściej tego typu zdarzenia dotyczą zapłonu ogrzewanych produktów lub urządzenia. Innym źródłem pożarów oraz możliwych porażen są kable elektryczne zasilające urządzenie [Ahrens, 2017].

Wśród wymienionych w kwestionariuszu ankiety czynników bezpieczeństwa zgromadziło najbardziej rozbieżne oceny (rys. 26).



Rysunek 26. Ocena bezpieczeństwa użytkowania kuchenki mikrofalowej

Wśród zalet bezpieczeństwo znalazło się na pozycji trzeciej, a wśród wad na piątej. Biorąc pod uwagę odsetek wskazań, bezpieczeństwo postrzegane jest raczej jako wada (16,3% wskazań) niż jako zaleta (10,0% wskazań). Negatywna ocena bezpieczeństwa użytkowania jest zbliżona w przypadku osób posiadających i nieposiadających mikrofalówki, odpowiednio 15,6 i 18,6%. W przypadku pozytywnej oceny bezpieczeństwa dysproporcja jest znaczna, gdyż posiadacze wskazują tę zaletę cztery razy częściej niż osoby niekorzystające z mikrofalówki w swoim gospodarstwie domowym, odpowiednio 12,1 i 2,9%. Dane powyższe wskazują, że wykorzystywanie kuchenki mikrofalowej znacząco poprawia postrzeganie jej użytkowania jako procesu bezpiecznego. Analizując wskazania respondentów z uwzględnieniem ich wieku, wyraźnie widać, że negatywne oceny bezpieczeństwa użytkowania mikrofalówki dominują u osób w średnim wieku – pomiędzy 30. a 50. rokiem życia (rys. 26), podczas gdy grupy „skrajne” wykazują wypadkowe oceny na poziomie minimalnie negatywnym, bliskim neutralnego. Najpoważniejsze obawy związane z bezpieczeństwem użytkowania mikrofalówki sygnalizują respondenci w okresie największej aktywności zawodowej, posiadający małe lub dorastające dzieci, zwykle szeroko stosujący ogrzewanie posiłków w kuchenkach mikrofalowych. Samo promieniowanie mikrofalowe uważane jest także za niekorzystnie oddziałujące na zdrowie ludzi [Tatoń i in., 2019], co zapewne nie pozostaje bez wpływu na sumaryczną ocenę bezpieczeństwa zarówno samego urządzenia, jak i jego użytkowania.

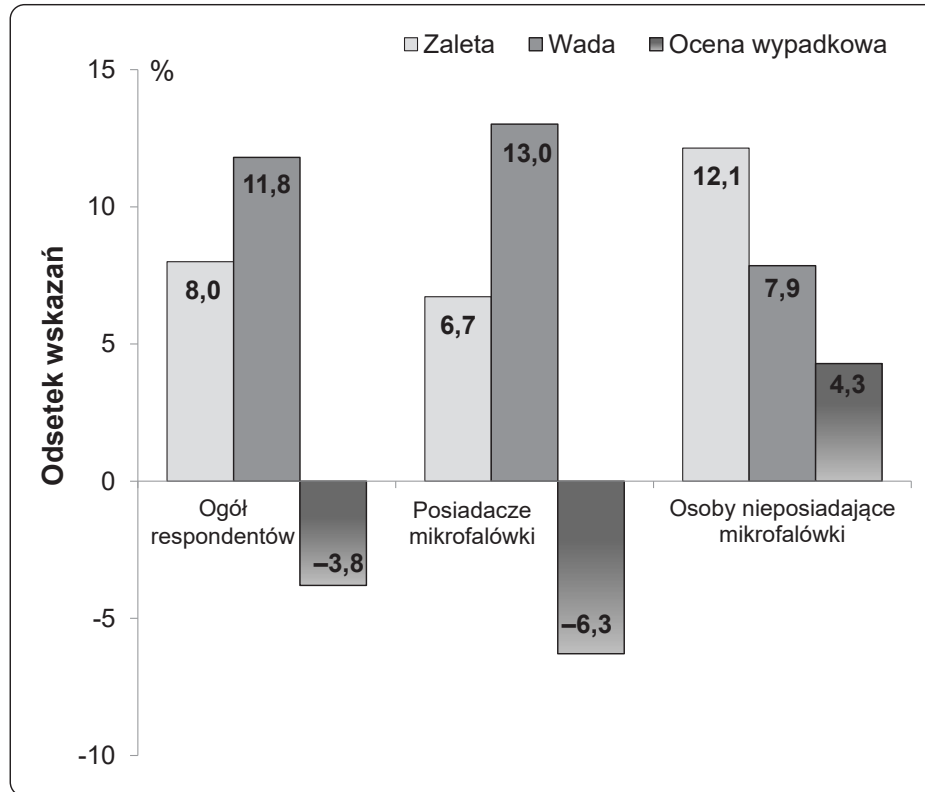
Higiena – jaka jest, każdy (nie) widzi

Ze względu na swoją rozległość pojęcie higieny może być postrzegane w różnoraki, czasem dość odmienny sposób. Wydaje się jednak, że w kontekście prowadzonego badania szczególny akcent położony został na zagadnienia związane z czystością i bezpieczeństwem mikrobiologicznym procesu. Te bowiem czynniki mają decydujący wpływ na higienę procesu przygotowania posiłków w mikrofalówce na poziomie

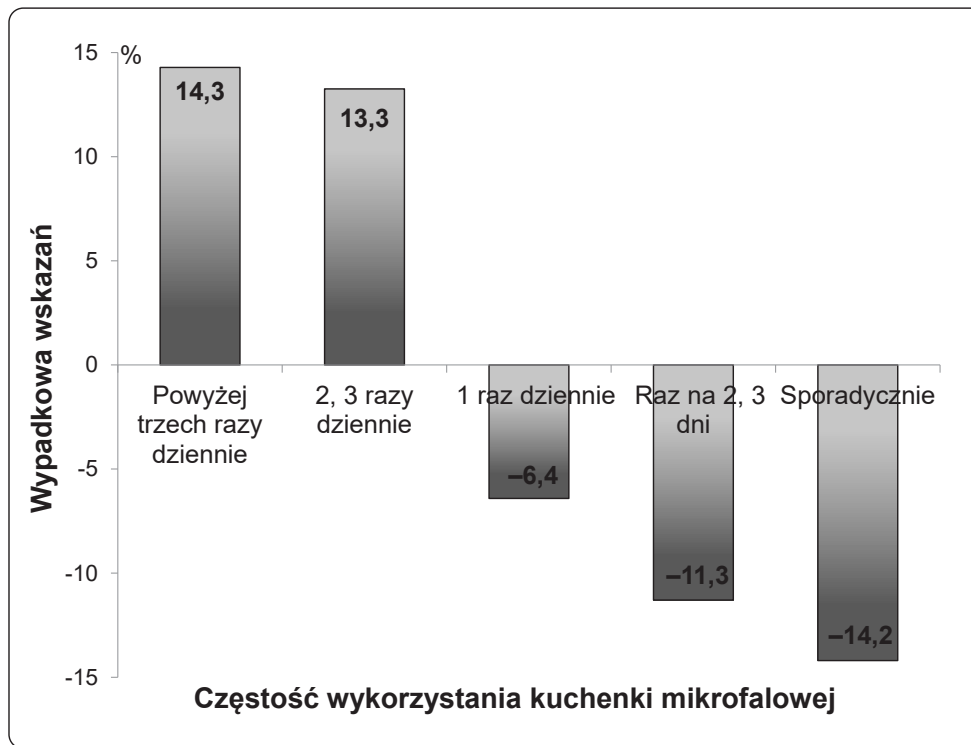
konsumenta. Przyjmując powyższe założenie, na pierwszy plan wysuwa się czystość komory kuchenki. Nie mniej ważna jest czystość używanych naczyń w całym cyklu – od przygotowania posiłku poprzez jego serwowanie, konsumpcję, aż po ich mycie. Procesy te w znacznej mierze wpływają na ogólną ocenę użytkowania mikrofalówki, gdyż nierozzerwanie związane są zarówno z wygodą, bezpieczeństwem zdrowotnym, jak i z szeroko pojętą ekologią. Ponadto jest to obszar, w którym jakość procesu oraz przygotowanego produktu w największym stopniu zależy od użytkownika, co istotnie wpływa na subiektywne, zindywidualizowane postrzeżenie higienicznych aspektów użytkowania mikrofalówki.

Ocena higieny użytkowania mikrofalówki w przeprowadzonym badaniu nie była jednoznaczna. Przy 11,8% wskazań higieny jako wady, 8,0% respondentów uznało ten aspekt jako zaletę stosowania mikrofalówki (rys. 27).

Postrzeżenie higieny użytkowania mikrofalówki uzależnione jest od praktycznego doświadczenia w tym zakresie. Wśród posiadaczy kuchenki mikrofalowej wypadkowa ocena jest zdecydowanie negatywna, podczas gdy u osób go nieposiadających jest zgoła odwrotnie (rys. 27). Potwierdzeniem decydującego wpływu doświadczenia w eksploatacji mikrofalówki na ocenę aspektu higienicznego procesu jest wyraźna zależność oceny od intensywności użytkowania urządzenia, zwłaszcza dokładnie przeciwna ocena wyrażona przez respondentów użytkujących mikrofalówkę kilka razy dziennie, niż przez deklarujących jedynie sporadyczne jej użycie (rys. 28).



Rysunek 27. Ocena higieny użytkowania kuchenki mikrofalowej



Rysunek 28. Wypadkowa ocena higieny użytkowania kuchenki mikrofalowej w zależności od intensywności użytkowania

Kuchenka mikrofalowa a ekologia

Interakcja kuchenki mikrofalowej ze środowiskiem zachodzi, zależnie od etapu cyklu życia urządzenia, w różnych obszarach, wywołując określone efekty. Z punktu widzenia konsumenta – użytkownika mikrofalówki najbardziej widoczne są te oddziaływania, z którymi ma on do czynienia na co dzień. Na dalszy plan schodzą te związane z produkcją i dystrybucją kuchenki jako produktu rynkowego oraz te związane z jej zagospodarowaniem jako odpadu (elektrośmiecia) po zakończeniu okresu eksploatacji. Wśród codziennych aspektów ekologicznych użytkowania mikrofalówki dominującą rolę odgrywają kwestie związane z zużyciem energii oraz zagospodarowaniem naczyń i opakowań po ogrzewaniu mikrofalowym lub po spożyciu posiłku, jeśli był on spożywany z tego samego naczynia, w którym był ogrzewany.

Mechanizm ogrzewania mikrofalowego powoduje szybkie ogrzewanie całej objętości produktu¹⁰ bez konieczności ogrzewania naczynia, w którym się on znajduje, oraz otaczającego powietrza w komorze grzewczej, o potrzebie rozgrzania ścian komory lub innych części kuchenki nie wspominając. W efekcie specyficznego procesu ogrzewania znaczącej redukcji ulega zużycie energii, w przypadku mikrofalówki – prądu elektrycznego. W zakresie konsumpcji energii kuchenka mikrofalowa posiada bezdyskusyjną przewagę nad innymi urządzeniami grzewczymi stosowanymi w gospodarstwach domowych [An i in., 2022].

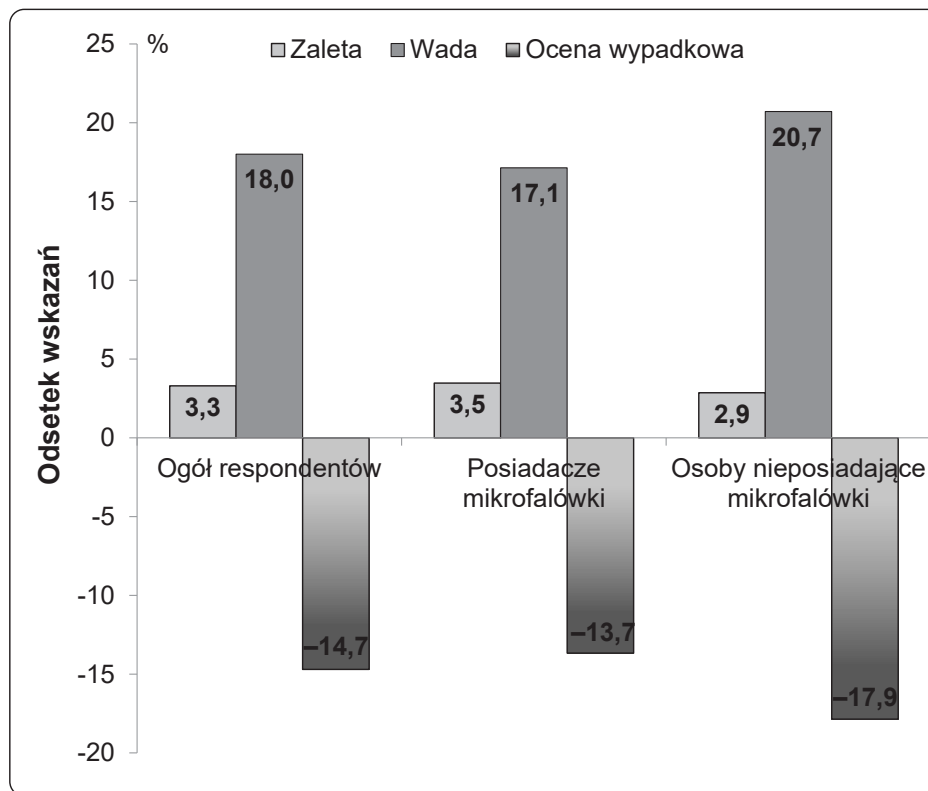
Sposób zagospodarowania pojemników, w których prowadzony jest proces ogrzewania żywności, i jego oddziaływanie na środowisko, zależy od rodzaju tych pojemników oraz ich dalszego przeznaczenia. Jest diametralnie różny dla naczyń wielokrotnego użytku niż dla naczyń i opakowań jednorazowych. Jak wykazały prezentowane wyżej wyniki badań, najpowszechniejszymi operacjami ogrzewania prowadzonymi w mikrofalówkach są podgrzewanie uprzednio przygotowanych posiłków oraz rozmrażanie żywności. W pierwszym przypadku najczęściej

¹⁰ Zastosowano tu pewne uproszczenie. Pełniejsze objaśnienie zagadnienia przedstawiono w podrozdziale 2.2.

ogrzewana jest jedna porcja bezpośrednio na talerzu lub w innym naczyniu, z którego posiłek będzie spożywany. W gospodarstwie domowym stosowane są zwykle naczynia wchodzące w skład zastawy domowej, naczynia jednorazowe wykorzystywane są raczej incydentalnie¹¹. Nie ma poważnej różnicy w myciu naczyń po podgrzewaniu czy gotowaniu w kuchence mikrofalowej lub w sposób tradycyjny. Przy tradycyjnym ogrzewaniu mogą jednak wystąpić przypalenia (w tym przyleganie przypalonych składników produktu do ścianek naczynia), co może wymagać użycia większej ilości wody o wyższej temperaturze i/lub większej ilości środka myjącego. Zatem w zakresie zmywania naczyń te po ogrzewaniu w mikrofalówce nie obciążają środowiska zużyciem energii, wody oraz produkcją ścieków bardziej niż inne naczynia. Odmienne przedstawia się sprawa w przypadku naczyń jednorazowych wykonanych zwykle z tworzywa sztucznego lub papieru. Ze względu na jednokrotne ich użycie wykorzystanie zużytych do ich wytworzenia i dystrybucji zasobów – energii, surowców itp. – cechuje się bardzo małą efektywnością. Naczynia te szybko stają się odpadem, który zależnie od materiału, z jakiego są wykonane, stanowi mniejsze lub większe obciążenie dla środowiska. Co prawda naczynia takie po użyciu nie są myte, co wymagałoby zużycia kolejnych zasobów, jednak będąc zanieczyszczonymi pozostałościami jedzenia, są kłopotliwe w dalszym przetwarzaniu. Nie dotyczy to oczywiście naczyń z materiałów kompostowalnych, w których – z nielicznymi wyjątkami – pozostałości jedzenia nie stanowią problemu w dalszym przetwarzaniu odpadów.

Potocznie termin ekologia postrzegany jest jako tożsamy lub zbliżony do pojęcia ochrony środowiska. Uzasadnione więc wydaje się być takie właśnie do niego podejście w kontekście ostatniej kategorii oceny zalet i wad użytkowania kuchenki mikrofalowej w prezentowanym w niniejszym opracowaniu badaniu. W opinii respondentów ekologiczny aspekt użytkowania kuchenek mikrofalowych oceniany jest negatywnie

¹¹ Więcej informacji na temat naczyń wykorzystywanych w trakcie ogrzewania w kuchenkach mikrofalowych zawarto w podrozdziale 4.4.



Rysunek 29. Ocena ekologii użytkowania kuchenki mikrofalowej

(wada) przez 18,0% badanych, przy zaledwie 3,3% ocen pozytywnych (zaleta). Ponownie ujawniła się zależność oceny od faktu posiadania bądź nieposiadania kuchenki mikrofalowej w gospodarstwie domowym badanych osób. Rzadziej ekologicznie jako wadę użytkowania mikrofalówki wskazywali jej posiadacze (rys. 29).

4.4. Naczynia w kuchenkach

W trakcie ogrzewania w domowych kuchenkach mikrofalowych żywność znajduje się zwykle w pojemnikach lub na talerzach, z których często jest następnie spożywana. Ze względu na ich wcześniejszą funkcję względem produktu stosowane pojemniki można podzielić na naczynia i opakowania. W tym umownym, zgodnym z potocznym rozumieniem pojęcia „opakowanie”, podziale opakowania zawierają produkt podczas jego drogi od wytwórcy produktu do konsumenta¹². W przypadku produktów przystosowanych do ogrzewania w mikrofalówkach opakowanie służyć może także jako naczynie, w którym produkt jest ogrzewany, a często również z niego spożywany. Naczynia używane są zwykle przez krótki okres przygotowania dania w kuchni oraz nadania mu gotowości kulinarnej, często także do przechowywania przyrządzonych wcześniej posiłków. Przy odgrzewaniu uprzednio przygotowanego produktu – najpowszechniejszego sposobu wykorzystania mikrofalówek – stosowane są zwykle naczynia służące do późniejszego spożycia podgrzanego produktu.

Zestaw realizowanych przez pojemnik funkcji determinuje jego wymiary, kształt oraz materiał, z jakiego został wyprodukowany. Specyfika mikrofal sprawia, że zarówno naczynia, jak i opakowania powinny być

¹² Według PN-EN 14182 opakowanie oznacza każdy wyrób wykonany z każdego rodzaju materiału, przeznaczony do przechowywania, ochrony, transportu, dostarczania wszelkich towarów, od surowców do produktów przetworzonych, od producenta do użytkownika lub konsumenta.

wykonane ze szkła, ceramiki lub tworzyw sztucznych. Niekiedy stosowana jest również folia aluminiowa.

O ile szkło i ceramika pozostają bierne względem podgrzewanego produktu, o tyle tworzywa sztuczne mogą wchodzić z nimi w interakcje, w szczególności może zachodzić migracja składników tworzywa (plastyfikatorów, stabilizatorów, barwników itp.) do ogrzewanego produktu. Wiele z tego typu składników może wywierać negatywny wpływ na organizm konsumenta lub/i na właściwości sensoryczne ogrzewanych produktów [Bhunia i in., 2013; Zhu i in., 2017]. O ile w odniesieniu do naczyń i opakowań szklanych proces taki praktycznie nie zachodzi, o tyle powinien on być przedmiotem szczególnej uwagi w przypadku naczyń i opakowań z tworzyw sztucznych. Same polimery, jako związki wielkocząsteczkowe, nie podlegają procesom migracyjnym. W skład tworzyw sztucznych wchodzi jednakże wiele substancji dodatkowych (plastyfikatory, antyutleniacze, stabilizatory, barwniki, wypełniacze itp.), które w określonych warunkach mogą stanowić potencjalne źródło zanieczyszczenia ogrzewanego produktu [Nerin i in., 2002; Melski, 2007]. Problem dotyczy zarówno opakowań, jak i pojemników/naczyń, w których prowadzone jest ogrzewanie, przy czym jego skutki mogą mieć różny charakter. Opakowania są zwykle stosowane jednokrotnie, istnieje więc możliwość zanieczyszczenia tylko jednej porcji produktu. Naczynia poddawane są wielokrotnie procesowi ogrzewania mikrofalowego, każdorazowo z inną porcją produktu, co potencjalnie może skutkować wielokrotnym zanieczyszczeniem kolejnych porcji ogrzewanej żywności [Poovarodom i in., 2014]. Pewne, potencjalne zagrożenie może stanowić wielokrotne stosowanie tych samych opakowań, co powinno być wzięte pod uwagę, w przypadku gdy są one jednocześnie przeznaczone do spożywania z nich ogrzanych produktów. Zagadnienie to nabiera szczególnego znaczenia w przypadku ogrzewania produktów w opakowaniach nieprzeznaczonych do tego typu procesu. Zagrożenie stanowić może też wielokrotne używanie tych

samych opakowań jako naczyń do ogrzewania i spożywania produktów ogrzewanych w mikrofalówce.

Kluczową rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa podczas ogrzewania w kuchenkach mikrofalowych gotowych produktów odgrywa postępowanie zgodnie z instrukcją użytkowania zawartą na opakowaniu produktu, szczególnie w zakresie rozszczelnienia opakowania. Powinny one dostarczać potencjalnemu klientowi podstawowych informacji, poczynając od przydatności produktu do przygotowania w mikrofalówce, poprzez sposób posługiwania się produktem wraz z opakowaniem, ostrzeżenia dotyczące prawdopodobnych zagrożeń, po sposób postępowania z opakowaniem po zużyciu. Szczególną uwagę należy zwrócić na możliwość lub zakaz ogrzewania szczelnie zamkniętego opakowania, gdyż potencjalne rozszczelnienie, czasem w formie eksplozji, może doprowadzić do zabrudzenia lub nawet uszkodzenia urządzenia, a w szczególnych przypadkach spowodować obrażenia użytkownika.

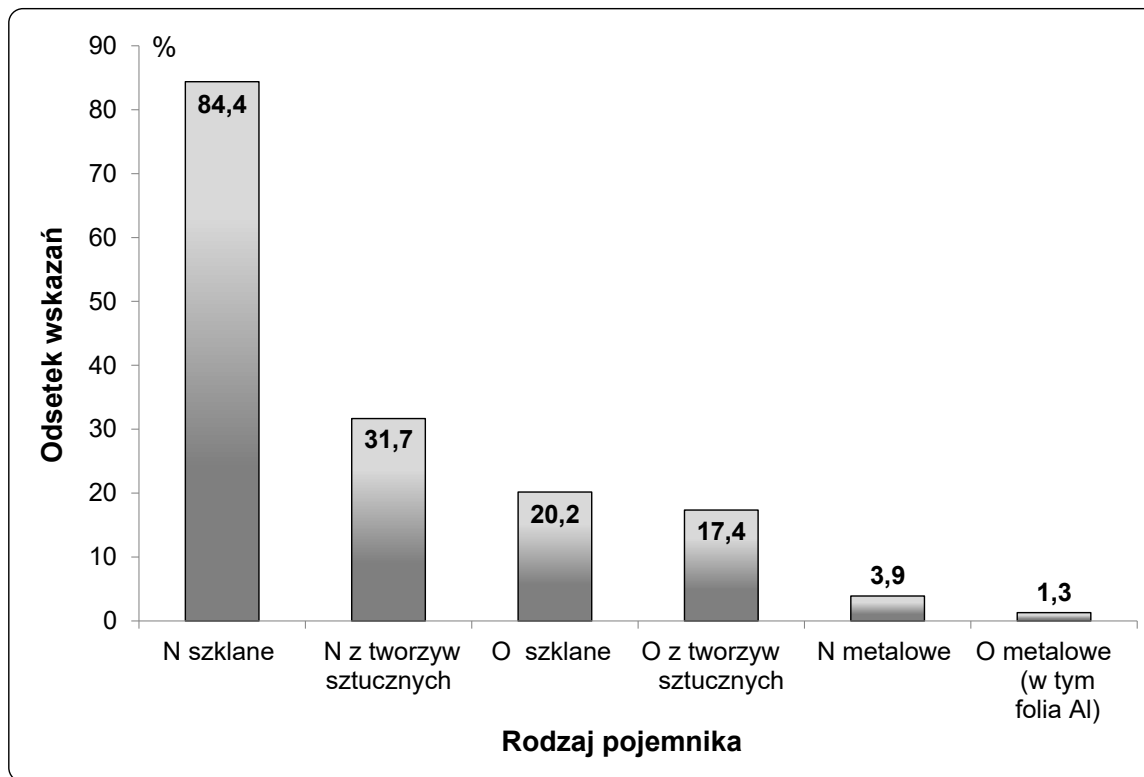
Kwestia naczyń i opakowań używanych w kuchenkach mikrofalowych znalazła odzwierciedlenie w pytaniach ankietowych dotyczących: rodzaju używanych pojemników, wielokrotności ich stosowania oraz zwracania uwagi na informacje zawarte na opakowaniach produktów przeznaczonych do ogrzewania w mikrofalówce. Potencjalnym obszarem zagrożenia jest migracja składników opakowania do opakowanego produktu, szczególnie w trakcie ogrzewania, kiedy to na skutek wzrostu temperatury zarówno opakowania, jak i ogrzewanego produktu dochodzi do intensyfikacji procesów dyfuzyjnych.

Stosowanie pojemników określonego rodzaju jest ściśle związane z charakterem operacji prowadzonych w mikrofalówce. Stwierdzenie to znajduje potwierdzenie we wskazaniach respondentów (rys. 30). Jak wspomniano wcześniej (zob. rys. 16), głównymi tego typu operacjami są ogrzewanie uprzednio przygotowanych posiłków oraz rozmrażanie żywności. Operacje te prowadzone są najczęściej w pojemnikach będących na wyposażeniu kuchni. Oczywista wydaje się być dominacja naczyń szklanych. Znaczący udział przypadł także naczyń z tworzyw

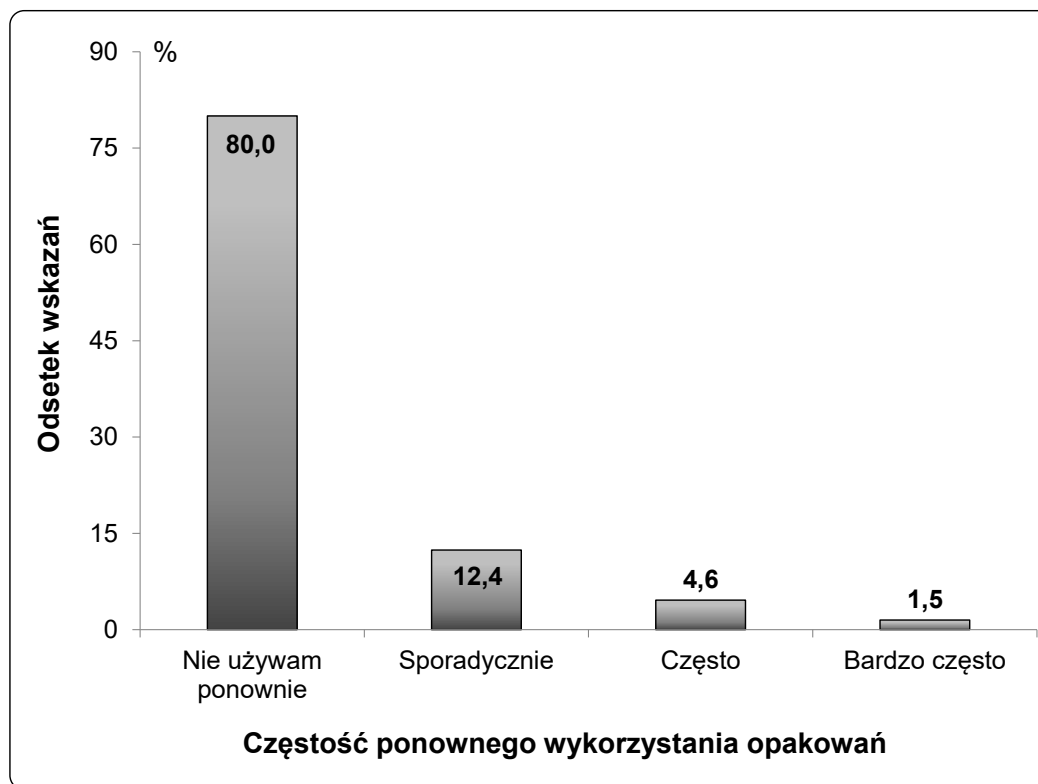
sztucznych przy niewielkiej liczbie wskazań naczyń metalowych. Ogrzewanie w opakowaniach prowadzi znacznie mniejsza część badanych – dokładnie $\frac{1}{3}$, przy czym przewaga wskazań opakowań szklanych nad wykonanymi z tworzyw sztucznych jest niewielka.

Ponowne wykorzystanie opakowań do ogrzewania produktów w kuchence mikrofalowej deklaruje co piąty ankietowany posiadacz mikrofalówki. $\frac{2}{3}$ spośród osób deklarujących ponowne użycie opakowań zaznaczyło w kwestionariuszu zachowanie tego typu jako sporadyczne (rys. 31). Można więc stwierdzić, że nie jest to zjawisko powszechne, gdyż jedynie ok. 6% posiadaczy kuchenek mikrofalowych systematycznie (często lub bardzo często) stosuje w nich wcześniej używane opakowania. Analizując uzyskane odpowiedzi, zauważono, iż mężczyźni o 8 p.p. częściej deklarują ponowne wykorzystanie naczyń niż kobiety, przy czym sporadyczne ponowne wykorzystanie opakowań deklaruje o 11 p.p. więcej mężczyzn niż kobiet. Jedną z przyczyn występujących różnic może być swojego rodzaju „nieporadność” i wygodnictwo mężczyzn, po części wynikające z tradycyjnego podziału ról w polskich rodzinach.

Wraz ze wzrostem liczby kuchenek mikrofalowych w polskich gospodarstwach domowych, tempa życia i zamożności społeczeństwa ulega rozszerzeniu oferta produktów spożywczych, przeznaczonych do ogrzewania w kuchenkach mikrofalowych. W przeważającej większości są to produkty przeznaczone zarówno do ogrzewania mikrofalowego, jak i tradycyjnego. Podstawową różnicą jest najczęściej możliwość jedynie mikrofalowego ogrzewania produktu wraz z opakowaniem, co z reguły wynika z ograniczonej odporności termicznej opakowania. Z natury rzeczy różne są też zalecane parametry procesu (czas, temperatura, moc itp.) oraz procedury przygotowania produktu do procesu ogrzewania. Powyższe informacje powinny być zawarte na opakowaniu produktu. Jednakże warunkiem koniecznym ich skuteczności jest zwracanie na nie uwagi przez konsumentów.



Rysunek 30. Naczynia (N) i opakowania (O) stosowane w mikrofalówkach

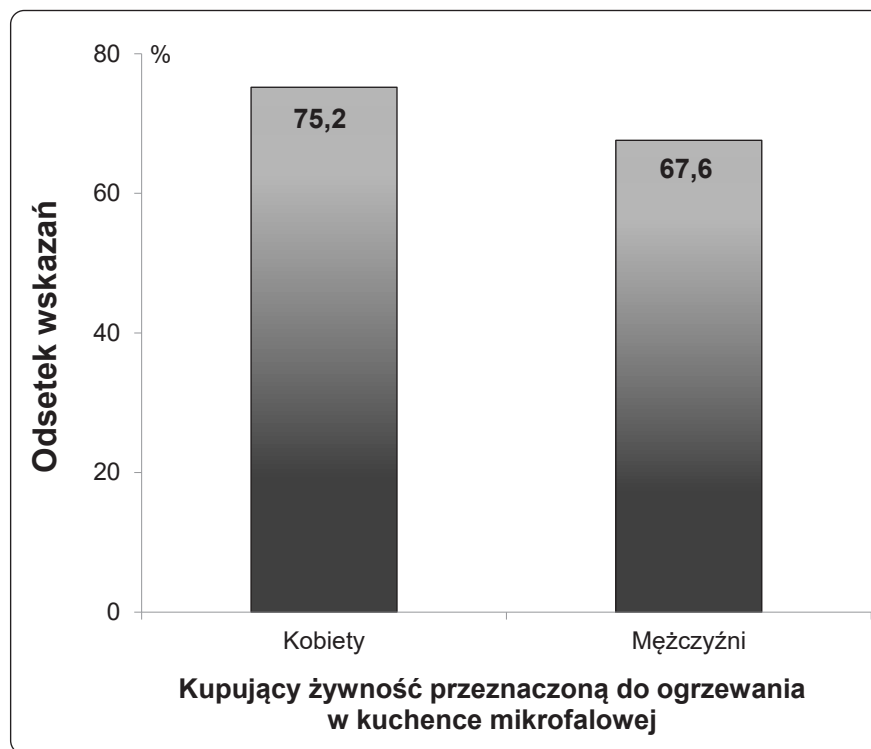


Rysunek 31. Ponowne wykorzystanie opakowań do mikrofalowego ogrzewania żywności

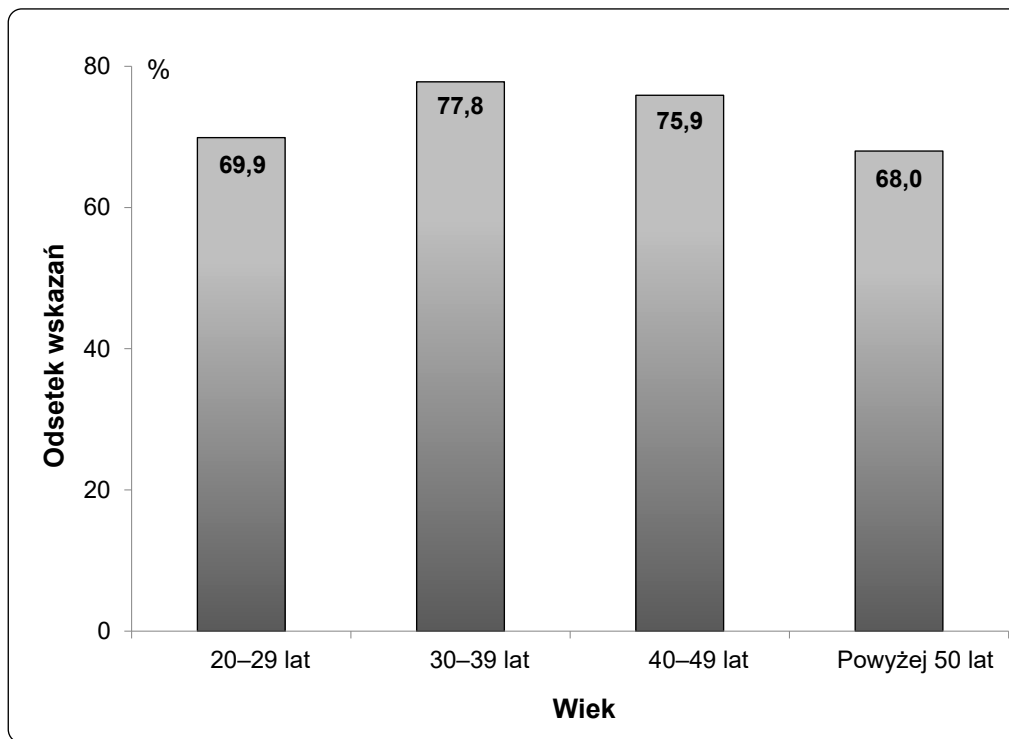
W kwestionariuszu ankiety znalazło się pytanie, zadane posiadaczom kuchenek mikrofalowych, dotyczące częstości zwracania uwagi na informacje zawarte na opakowaniu produktów przeznaczonych do ogrzewania mikrofalowego. 71,8% spośród respondentów posiadających kuchenki mikrofalowe zadeklarowało kupowanie tego typu produktów. W świetle prezentowanych wyżej danych odnośnie do sposobów wykorzystania mikrofalówek (rys. 16) jest to udział znaczący. Zakup tego typu produktów częściej deklarują kobiety niż mężczyźni (rys. 32). Dysproporcja taka nie stanowi zaskoczenia, zwłaszcza biorąc pod uwagę polskie uwarunkowania kulturowe, w których zakupami żywności częściej zajmują się kobiety. Zaskakująca jest raczej stosunkowo niewielka różnica – 7,6 p.p., pokazująca stan bliski równemu zaangażowaniu obu płci.

Częściej też zakupy produktów przeznaczonych do ogrzewania w mikrofalówkach deklarują osoby w wieku 30–50 lat, czyli w okresie największej aktywności zawodowej powiązanej z wychowaniem dzieci, co z kolei wydaje się być związane z ich większym „deficytem czasu” oraz zróżnicowanymi godzinami spożywania posiłków przez członków gospodarstwa domowego (rys. 33). W grupach respondentów najmłodszych oraz najstarszych zanotowano o 8 p.p. mniej deklaracji nabywania tego typu produktów, przy średniej dla całej populacji na poziomie 73%.

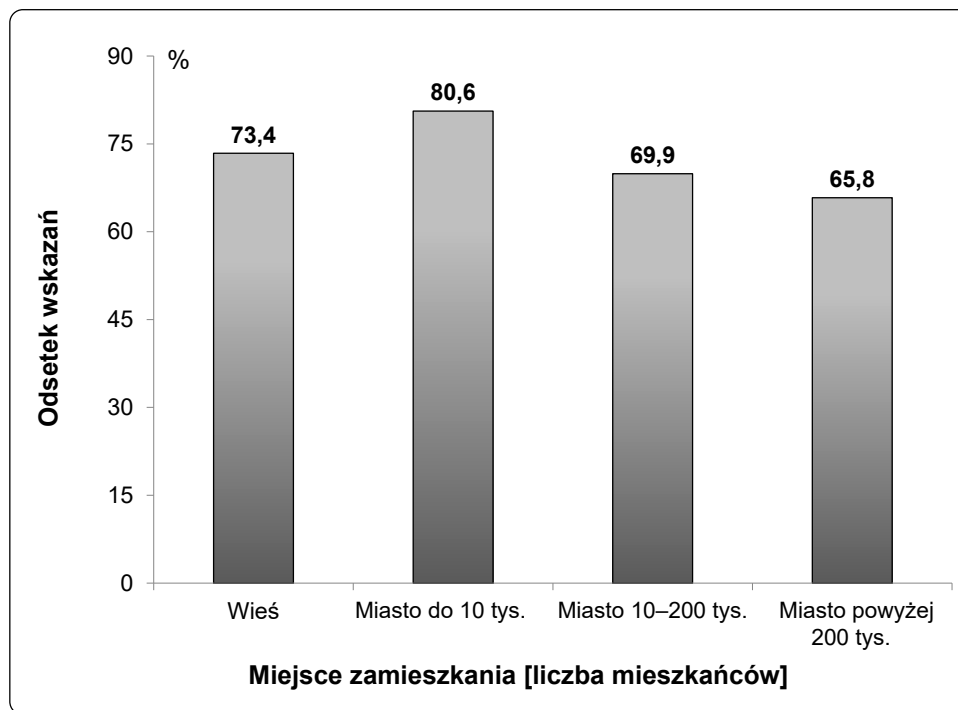
Pewne zaskoczenie stanowić może zestawienie odpowiedzi na pytanie dotyczące częstości zwracania uwagi na informacje zawarte na opakowaniu produktów przeznaczonych do ogrzewania mikrofalowego, z uwzględnieniem miejsca zamieszkania respondentów, gdyż odsetek osób deklarujących nabywanie tego typu produktów maleje wraz z wielkością miasta (rys. 34), będąc też na względnie wysokim poziomie dla mieszkańców wsi.



Rysunek 32. Odsetek respondentów posiadających kuchenki mikrofalowe, którzy deklarują kupowanie żywności przeznaczonej do ogrzewania w kuchence mikrofalowej, z podziałem na płeć



Rysunek 33. Odsetek respondentów posiadających kuchenki mikrofalowe, którzy deklarują kupowanie żywności przeznaczonej do ogrzewania w kuchenke mikrofalowej, z podziałem na grupy wiekowe



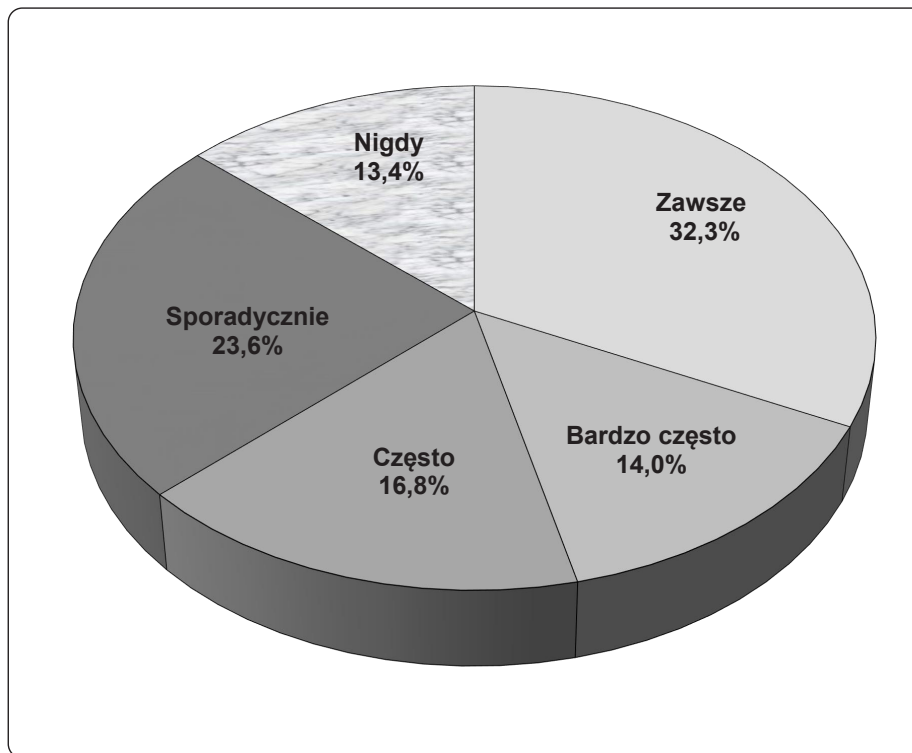
Rysunek 34. Częstość zwracania uwagi na informacje dotyczące ogrzewania mikrofalowego zawarte na opakowaniu produktów przez osoby kupujące produkty z tego asortymentu w zależności od miejsca zamieszkania

W grupie konsumentów deklarujących kupowanie żywności przeznaczonej do ogrzewania w kuchenkach mikrofalowych niemal $\frac{2}{3}$ respondentów wskazało co najmniej częste zwracanie uwagi na informacje dotyczące ogrzewania mikrofalowego produktu (rys. 35). W tym wypadku także widoczna jest zależność od płci, gdyż w odpowiedziach od „często” wzwyż¹³ dominują kobiety, podczas gdy dla wariantów „sporadycznie” i „nigdy” rysuje się przewaga mężczyzn (rys. 36). Największe różnice, na poziomie ok. 4 p.p., występują dla odpowiedzi skrajnych, z wyższym wskazaniem na odpowiedź „zawsze” dla kobiet i „nigdy” dla płci przeciwnej.

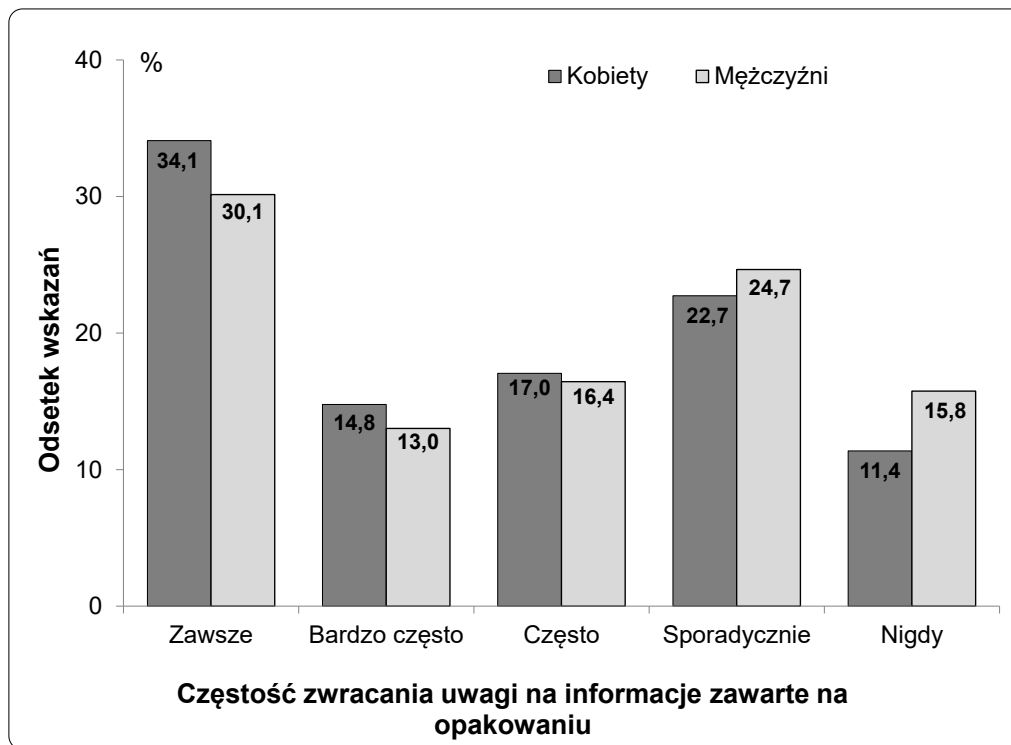
Zainteresowanie informacjami dotyczącymi przygotowania produktów w mikrofalówce uwzględnionymi na opakowaniu istotnie spada w grupie osób w wieku powyżej 50 lat (rys. 37). Wyraźnie widać, że starsi konsumenci przykładają mniejszą wagę do informacji zawartych na opakowaniu. Z jednej strony jest to zapewne spowodowane przyzwyczajeniem i konserwatywnością osób z tej grupy wiekowej, z drugiej często trudnościami ze zrozumieniem tych informacji lub niemożnością ich przeczytania.

Pozostając przy tematyce naczyń i opakowań stosowanych w kuchenkach, mikrofalowych nie sposób było pominąć pytania o ocenę wpływu rodzaju tworzywa sztucznego, w którym ogrzewa się żywność, na zdrowie konsumenta. Powszechnie wiadomo, że większość tworzyw sztucznych wraz ze wzrostem temperatury może emitować w kierunku swojej powierzchni, w przypadku opakowania – stykającej się z nią żywności, niskocząsteczkowe składniki materiału opakowaniowego, co z kolei może prowadzić do zanieczyszczenia opakowanej żywności. Co prawda energia mikrofal jest zbyt mała, aby rozrywać wiązania chemiczne, może być jednakże wystarczająca, by w połączeniu ze wzrastającą temperaturą intensyfikować procesy transferu masy wewnątrz tworzywa sztucznego, zwłaszcza jego niskocząsteczkowych składników, jak lubrykatory, antyutleniacze, stabilizatory itp. [Melski, 2012].

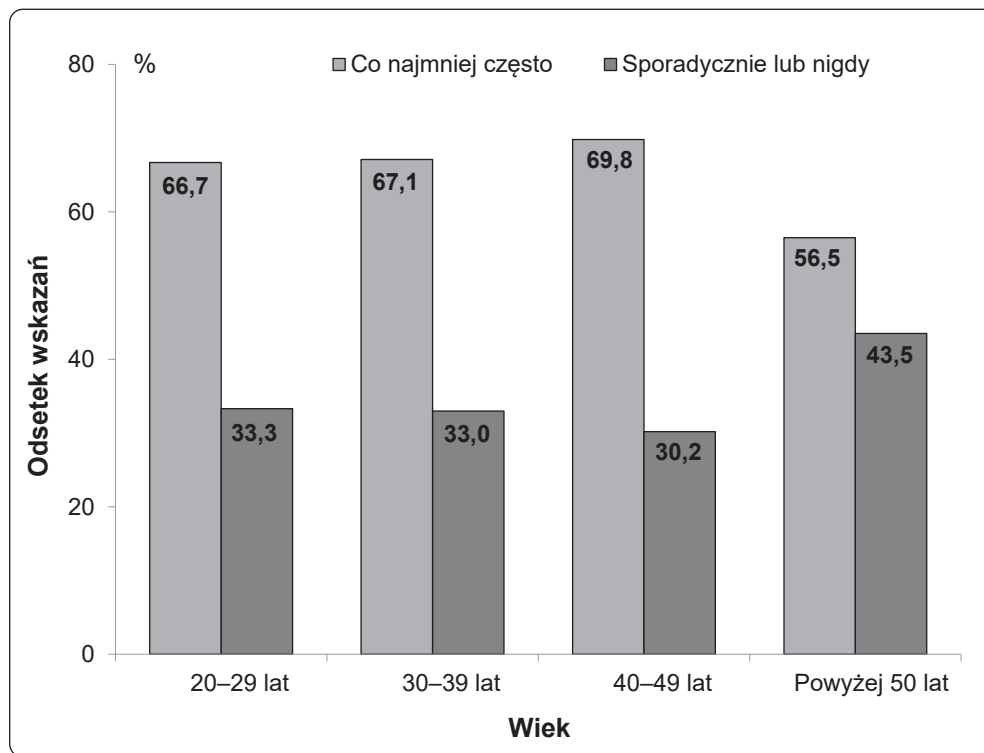
¹³ Uwzględniono odpowiedzi: często, bardzo często, zawsze.



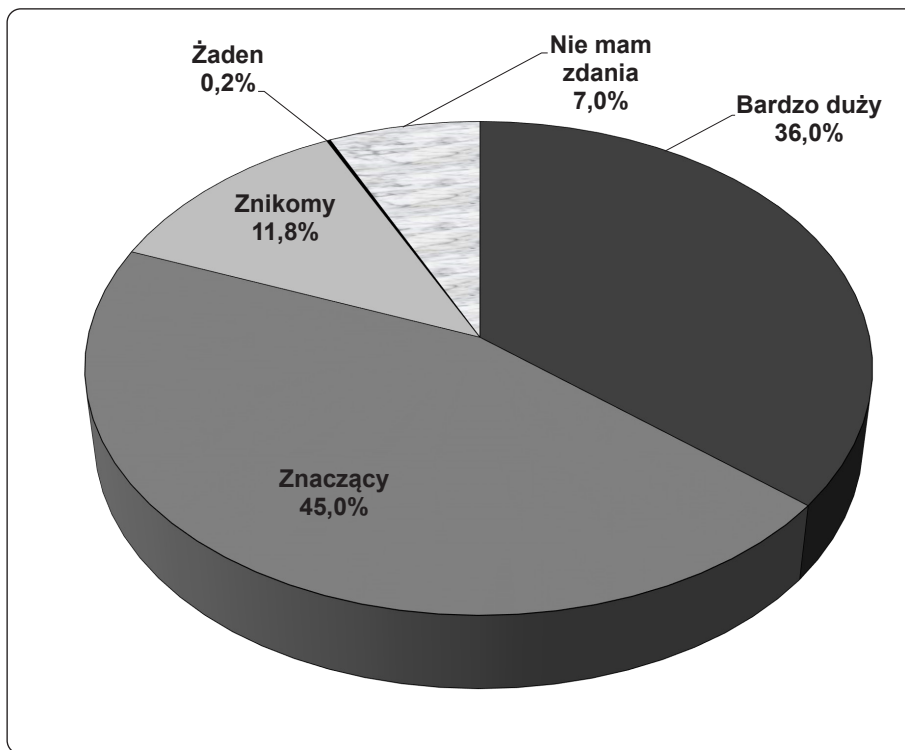
Rysunek 35. Częstość zwracania uwagi na informacje dotyczące ogrzewania mikrofalowego na opakowaniu produktów przez osoby kupujące produkty z tego asortymentu



Rysunek 36. Wpływ płci konsumentów na częstość zwracania uwagi na informacje dotyczące ogrzewania mikrofalowego zawarte na opakowaniu produktów



Rysunek 37. Wpływ wieku konsumentów na częstość zwracania uwagi na informacje dotyczące ogrzewania mikrofalowego zawarte na opakowaniu produktów



Rysunek 38. Ocena wpływu rodzaju tworzywa sztucznego, z którego wykonane są opakowania używane w ogrzewaniu mikrofalowym na zdrowie konsumenta

Badania komercyjnie dostępnych tworzyw opakowaniowych wykazują pewne zwiększenie emisji lotnych substancji pod wpływem ogrzewania mikrofalowego. Nie są jednakże notowane przekroczenia powyżej limitów migracji obowiązujących w państwach UE [Nerin i in., 2002; Alin i Hakkarainen, 2011; Raffo i in., 2020].

Uzyskane wyniki wskazują jednoznacznie, że konsumenci są świadomi wpływu materiału, z którego wykonane jest naczynie/opakowanie na zdrowie konsumenta (rys. 38). W przypadku opakowań z tworzyw sztucznych ponad 1/3 respondentów wskazuje na bardzo duży ich wpływ i niemal połowa na wpływ znaczący. W sumie znaczenie badanego czynnika dostrzega czterech na pięciu pytanym. Godny uwagi jest także mały udział odpowiedzi „nie mam zdania”.

Wyniki ankiety pokazują, że ze względu na profil wykorzystania kuchenek mikrofalowych w gospodarstwach domowych najszerzej stosowane są naczynia, wśród których dominują te wykonane ze szkła i ceramiki (rys. 30). Podobnie wśród stosowanych opakowań częściej niż opakowania z tworzyw sztucznych wskazywano opakowania szklane. Jeżeli już opakowania używane są ponownie w mikrofalówce, to raczej sporadycznie. Większość konsumentów kupuje (w kwestionariuszu nie uwzględniono częstości zakupu) produkty spożywcze przeznaczone do podgrzania w mikrofalówce, zwykle zwracając uwagę na informacje zawarte na opakowaniu. Można stwierdzić, że w swojej większości zachowania konsumentów, w badanym obszarze, cechują się dużą racjonalnością.

4.5. Mikrofałe w świadomości konsumentów

Na pierwszych stronach niniejszego opracowania zamieszczono najważniejsze wybrane informacje dotyczące mikrofal. Jest to zakres fal elektromagnetycznych, który znalazł olbrzymie zastosowanie we współczesnej technice. Bez ich wykorzystania trudno sobie wyobrazić funkcjonowanie współczesnego społeczeństwa, o gospodarce 4.0 nawet

nie wspominając. Rodzi się więc pytanie, jaką wiedzę o charakterze fizycznym, zastosowaniach i niesionych przez mikrofałe zagrożeniach ma współczesne społeczeństwo. Nie jest to zagadnienie czysto akademickie, socjologiczne, odnoszące się do poziomu wiedzy i wykształcenia społeczeństwa. Istnieje bowiem przełożenie poziomu i rzetelności posiadanej wiedzy na zrozumienie otaczających współczesnego człowieka zjawisk. Ma to szczególne znaczenie w kontekście licznych obaw, lub ich braku, co do szkodliwego wpływu na organizm ludzki wszechobecnych w środowisku mikrofał. Stanowi też pole do, świadomych lub nie, działań dezinformacyjnych licznych osób i organizacji. Im wiedza i świadomość ludzi są większe, tym mniejsza skuteczność oraz zasięg działań opartych na niewiedzy, stereotypach, często też strachu. Także wokół tematów związanych z użytkowaniem kuchenek mikrofalowych narosło wiele błędnych opinii. Dowodem tego są również przedstawione powyżej wyniki badań, w szczególności w zakresie szkodliwości dla zdrowia i niskiej wartości odżywczej produktów z kuchenki mikrofalowej [Guzik i in., 2022]. W zrozumieniu źródeł takich właśnie opinii pomóc miała kolejna grupa pytań zawartych w kwestionariuszu ankiety. Dotyczyły one umiejscowienia mikrofał w spektrum fal elektromagnetycznych, urządzeń, w jakich są stosowane, oraz wpływu mikrofał na organizm ludzki (rys. 39).

Pytając o zakres fal elektromagnetycznych, do których należą mikrofałe¹⁴, podano odpowiedzi obejmujące zakresy od fal akustycznych po promieniowanie rentgenowskie. W przypadku tego pytania przyjęto założenie, że mikrofałe zaliczane są często do fal z zakresu częstotliwości radiowych (patrz rozdz. 2.1), w związku z czym w zestawie możliwych odpowiedzi nie pojawił się, jak się wydaje oczywisty, termin mikrofałe (aneks A1). Zabieg ten miał na celu skłonienie respondentów do refleksji nad naturą mikrofał i ich oddziaływania z materią, której rezultatem będzie wskazanie określonego rodzaju fal elektromagnetycznych bądź deklaracja o braku wiedzy w tym zakresie. Natomiast uzyskany

¹⁴ W którym z zakresów fal elektromagnetycznych umieścił(a)by Pan(i) mikrofałe?

rozkład odpowiedzi powinien wskazać, w jakim stopniu respondenci są świadomi fizycznej charakterystyki mikrofał oraz ich oddziaływania z materią, co z kolei powinno pozostawać w związku z postrzeganiem i oceną oddziaływania mikrofał zarówno na ogrzewane w kuchenkach mikrofałowych produkty, jak i na organizm ludzki, w tym przypadku osoby obsługujące mikrofałówkę.

Ponad $\frac{1}{3}$ respondentów przyznała, że nie wie, w którym zakresie leżą mikrofałe. Spośród pozostałych osób, które wskazały na jeden z wymienionych w pytaniu zakresów, większość (36,2%) wskazała poprawnie na fałe radiowe. Jednakże niewiele mniej osób (33,0%) wskazało na promieniowanie podczerwone (rys. 38). Oznacza to, że niespełna co czwarty (22,7%) badany orientuje się, czym są mikrofałe. Na wspomnianym wyżej rysunku oddzielnie zaznaczono odpowiedzi udzielone przez posiadaczy kuchenek mikrofałowych oraz osoby ich nieposiadające. Zaskakujący w tym przypadku jest podobny poziom wskazań na promieniowanie podczerwone i fałe radiowe wśród posiadaczy kuchenek mikrofałowych. Znacznie korzystniej wzajemny stosunek tych dwóch najczęstszych wskazań kształtuje się dla osób nieposiadających mikrofałówki. W tej grupie stosunek odpowiedzi poprawnych do błędnych wynosi 2:1. Trudno jest dociec źródła takich rozbieżności. Być może powszechne dziś stosowanie ogrzewania hybrydowego mikrofał/grzałka elektryczna lub skojarzenie ciepła z podczerwienią ma w tym wypadku decydujący wpływ.

Wyraźna jest także zależność poprawnych wskazań od wieku ankietowanych (rys. 40), która istotnie zmniejsza się w przypadku osób starszych. Należy jednak podkreślić, że w najstarszej grupie wiekowej niemal połowa osób przyznała się do braku wiedzy na ten temat, podczas gdy dla pozostałych grup odsetek był niemal identyczny i wynosił średnio 27,4%. Dla wielu osób w wieku dojrzałym zagadnienia z poruszanego obszaru fizyki mogą nie być znane, gdyż nie było ich w programie nauczania szkół, do których uczęszczali, a ich zainteresowanie nowymi technologiami może nie być zbyt duże [Wasilewska, 2015].

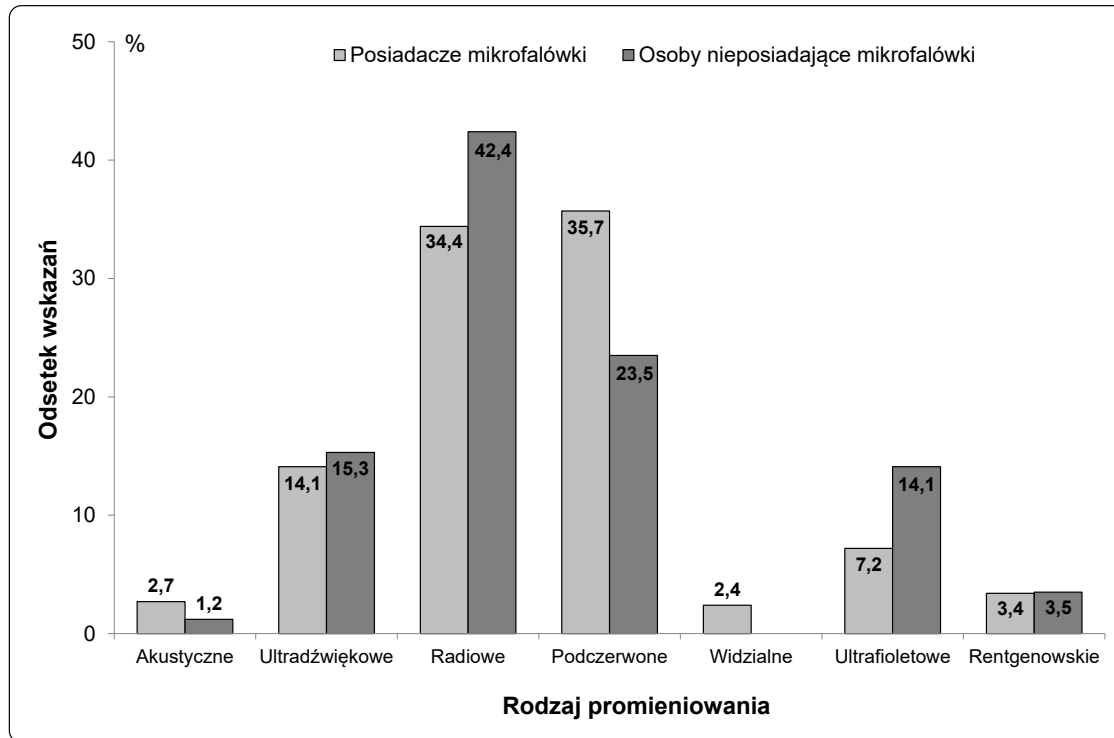
Starsze osoby są także bardziej skłonne do przyznania się do niewiedzy niż osoby młodsze. Znajomość natury mikrofal zależy także od miejsca zamieszkania. Najniższą wiedzą w badanym obszarze wykazali się mieszkańcy terenów wiejskich (rys. 41). W miastach natomiast najlepszą znajomością obszaru widma elektromagnetycznego zawierającego mikrofałe wykazali się mieszkańcy małych miast.

Jak się spodziewano, liczba poprawnych wskazań zależy od wykształcenia¹⁵. Za niezadowolający uznać jednak należy stan, gdy zaledwie co piąta osoba z wykształceniem zawodowym lub średnim orientuje się, czym są mikrofałe (rys. 42). Nie najlepiej na tym tle wypadają osoby z wykształceniem wyższym, wśród których niewiele ponad ¼ udzieliła poprawnej odpowiedzi. Podkreślić należy, iż pod względem błędnych odpowiedzi¹⁶ prym wiodą osoby z wykształceniem średnim i wyższym ze wskazaniami tego typu na poziomie ok. 40%, znacznie wyższym niż dla odpowiedzi prawidłowych. Natomiast odpowiedź „nie wiem” występuje we wspomnianych grupach niemal dwa razy rzadziej niż przy wykształceniu podstawowym i zawodowym. Uzyskany rozkład odpowiedzi sugeruje, że w badanym obszarze wzrost pewności co do swojej wiedzy rośnie wraz z wykształceniem, jednak nie zawsze idzie w parze z wiedzą realną.

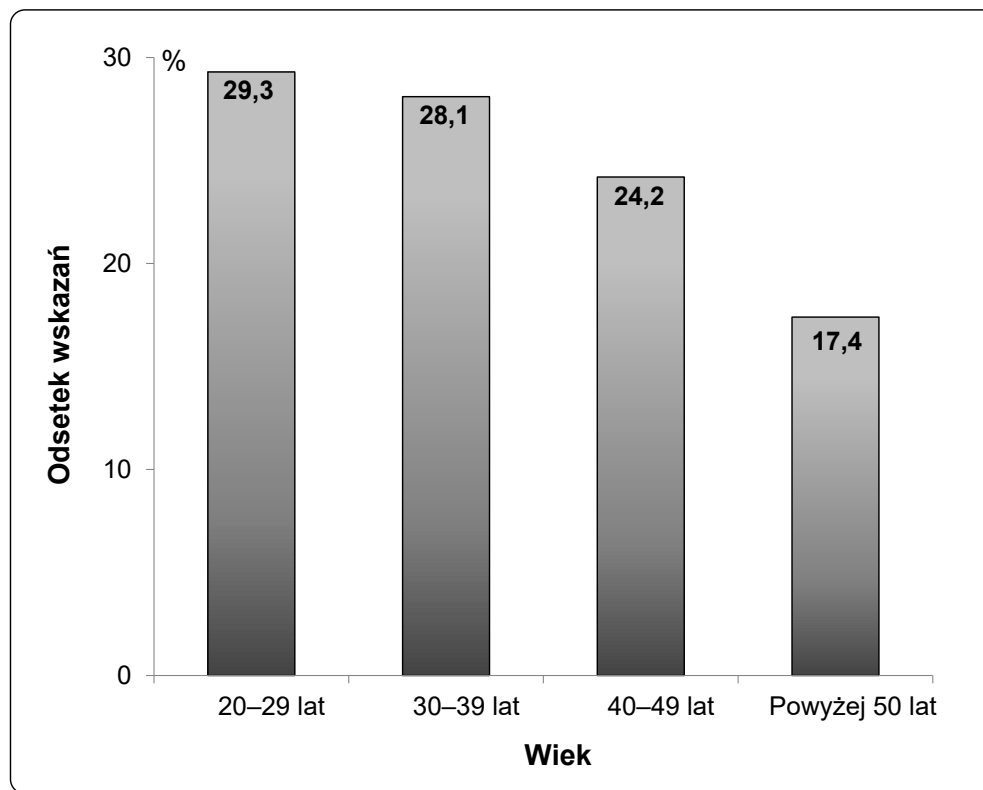
Generalnie należy stwierdzić, że znajomość natury mikrofal wśród badanych jest niska – ok. ⅓ poprawnych wskazań.

¹⁵ Wykształcenie nie było kryterium doboru kwotowego próby badanej, a więc prezentowane w tym zakresie wyniki nie są reprezentatywne dla badanej populacji.

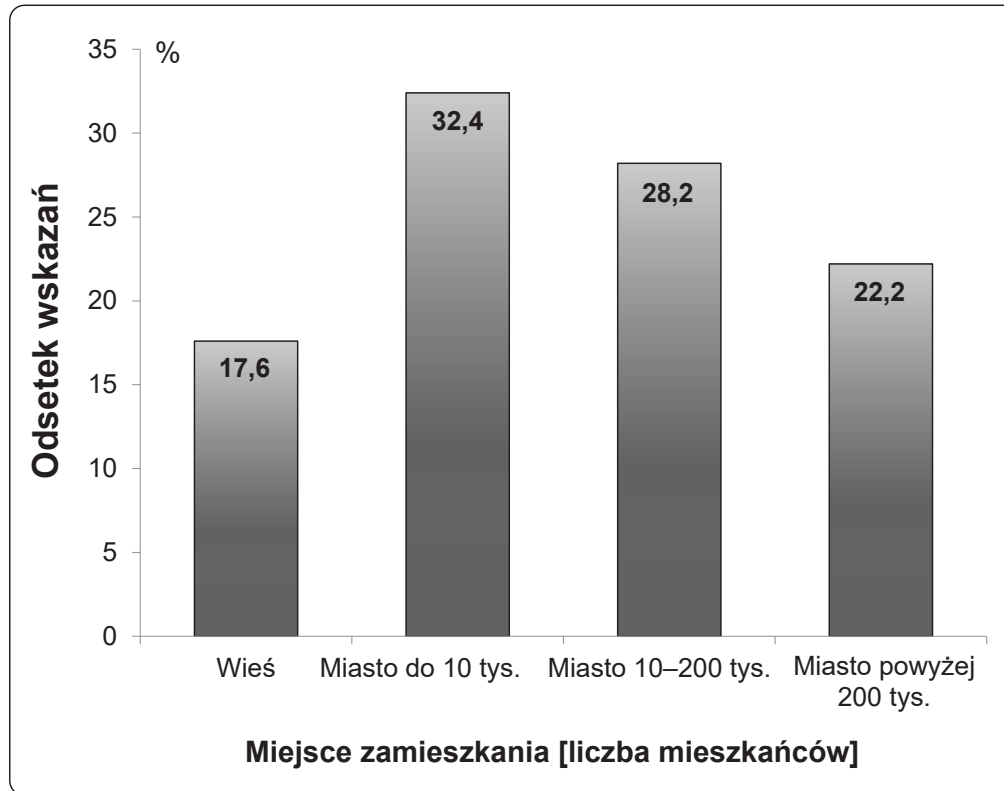
¹⁶ Wskazanie „nie wiem” nie zostało tu potraktowane jako błędne.



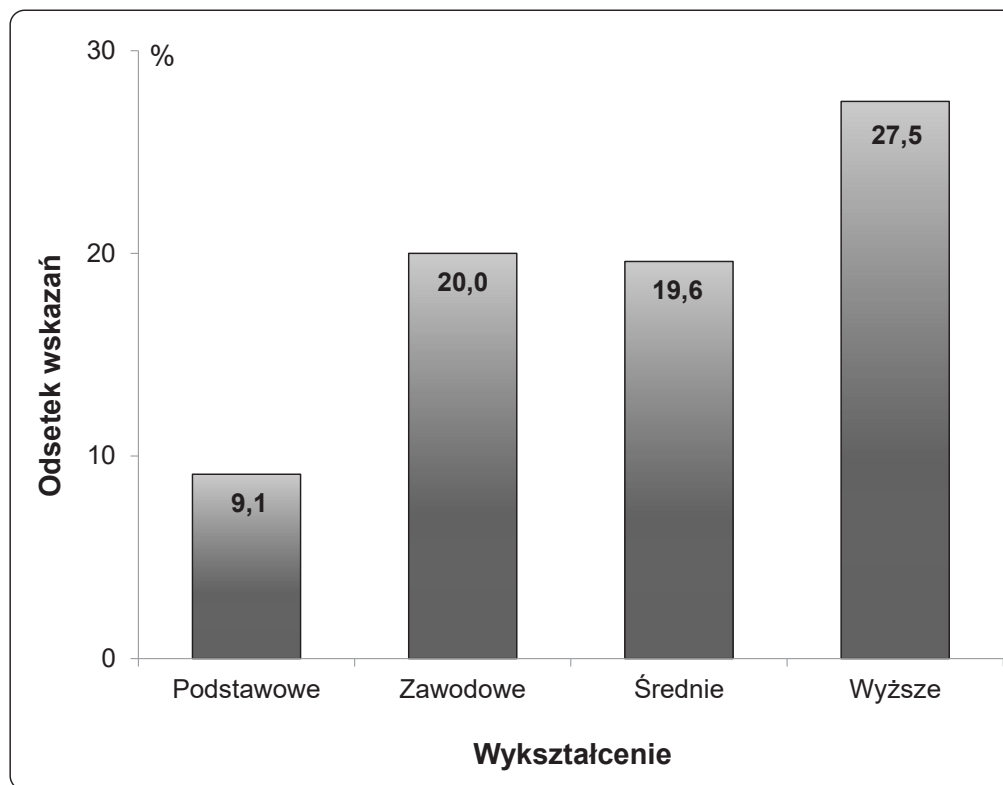
Rysunek 39. Zakres fal, w którym mieszczą się mikrofałe w opinii respondentów (pominięto odpowiedzi „nie wiem”, które stanowiły 37,1%)



Rysunek 40. Wskazania mikrofal jako fal radiowych w zależności od wieku respondentów



Rysunek 41. Wskazania mikrofał jako fał radiowych w zależności od miejsca zamieszkania

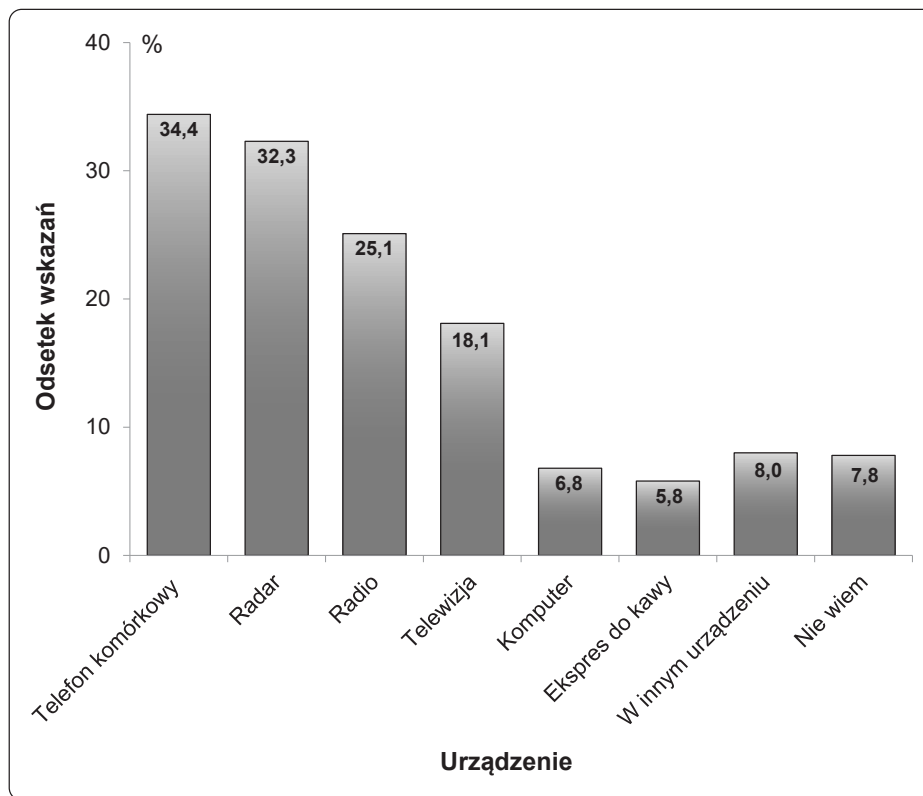


Rysunek 42. Wskazania mikrofal jako fal radiowych w zależności od wykształcenia respondentów

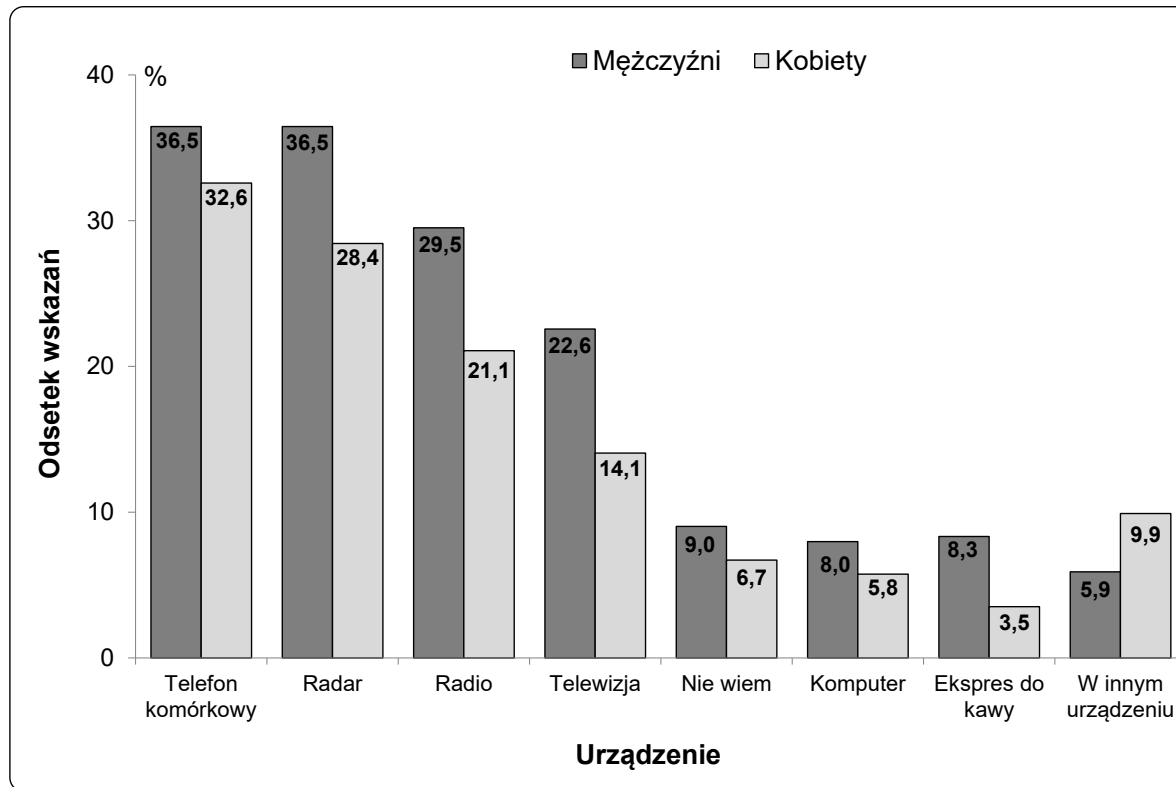
Znajomość natury promieniowania mikrofalowego może, choć nie musi, pomóc w identyfikacji urządzeń technicznych, w których ten zakres widma elektromagnetycznego znalazł zastosowanie. Natomiast wiedza ta powinna iść w parze ze zrozumieniem mechanizmu działania poszczególnych urządzeń, a także płynących z ich eksploatacji korzyści i zagrożeń. To z kolei przekłada się na świadome ich wykorzystanie, a także krytyczne podejście do wielu poglądów i opinii, często nieprawdziwych, które funkcjonują w społeczeństwie, zwłaszcza w internecie [Guzik i in., 2022]. Mając na uwadze powyższe, poproszono respondentów o wskazanie, spośród wymienionych w kwestionariuszu¹⁷, urządzeń wykorzystujących mikrofałe (rys. 43). Zamieszczono również wariant odpowiedzi „nie wiem” oraz możliwość podania innego urządzenia. Poza kuchenką mikrofalową najwięcej wskazań otrzymały telefon komórkowy i radar. Zgodnie ze stanem faktycznym, choć w mniejszym stopniu, zaznaczone zostały także radio i telewizja. Uzyskane wyniki są znacznie poniżej poziomu rozpowszechnienia wskazywanych urządzeń. Co prawda, mimo że wiedza na temat rodzaju i w ogóle fal elektromagnetycznych wykorzystywanych przez powszechnie stosowane urządzenia techniczne nie jest ich użytkownikom potrzebna do prawidłowej eksploatacji, to może jednak świadczyć o niskim poziomie wiedzy technicznej w społeczeństwie. Jak wspomniano wcześniej, osobom tego faktu nieświadomym łatwiej jest przyjmować bezkrytycznie różnorakie – zarówno pozytywne, jak i negatywne – opinie na temat tych urządzeń, ich szkodliwości dla człowieka i środowiska.

Przyjmuje się na ogół, że to mężczyźni wykazują zainteresowania bardziej ukierunkowane w stronę zagadnień naukowo-technicznych, co pośrednio potwierdził rozkład odpowiedzi w pytaniu o urządzenia wykorzystujące mikrofałe. Uwidoczniła się znaczna przewaga mężczyzn w odsetku wskazań zastosowań typowo technicznych (rys. 44).

¹⁷ Ekspres do kawy, komputer, kuchenka mikrofalowa, radar, radio, telefon komórkowy, telewizor.



Rysunek 43. Urządzenia wykorzystujące mikrofalę wskazane przez respondentów



Rysunek 44. Urządzenia wykorzystujące mikrofony wskazane przez respondentów

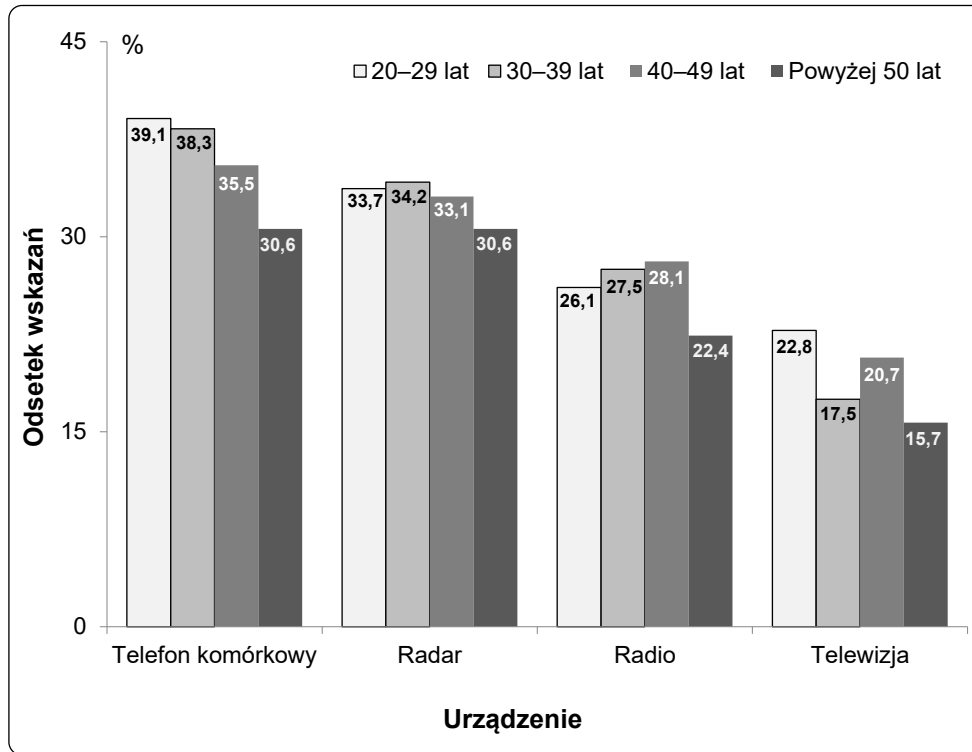
Na szczególną uwagę zasługuje telefon komórkowy, dla którego różnica wskazań dokonanych przez mężczyzn i kobiety była stosunkowo najmniejsza (11%.) Biorąc pod uwagę powszechność użytkowania telefonów komórkowych, rozkład taki nie powinien dziwić, chociaż sam odsetek wskazań należy uznać za niski. W zadanym pytaniu respondenci mieli możliwość wskazania dowolnej liczby urządzeń. Generalnie większą liczbę urządzeń wskazywali mężczyźni.

Analiza odpowiedzi wykazała na istotną ich zależność także od wieku i miejsca zamieszkania oraz wykształcenia respondentów. Wraz z wiekiem maleje odsetek wskazań czterech najczęściej wymienianych urządzeń: telefon komórkowy, radar, radio i telewizja (rys. 45). Osoby starsze rzadziej interesują się nowinkami technicznymi. Co więcej, niektóre nowe technologie nie były rozpowszechnione lub w ogóle znane w szkolnych latach tej grupy wiekowej [Wasilewska, 2015].

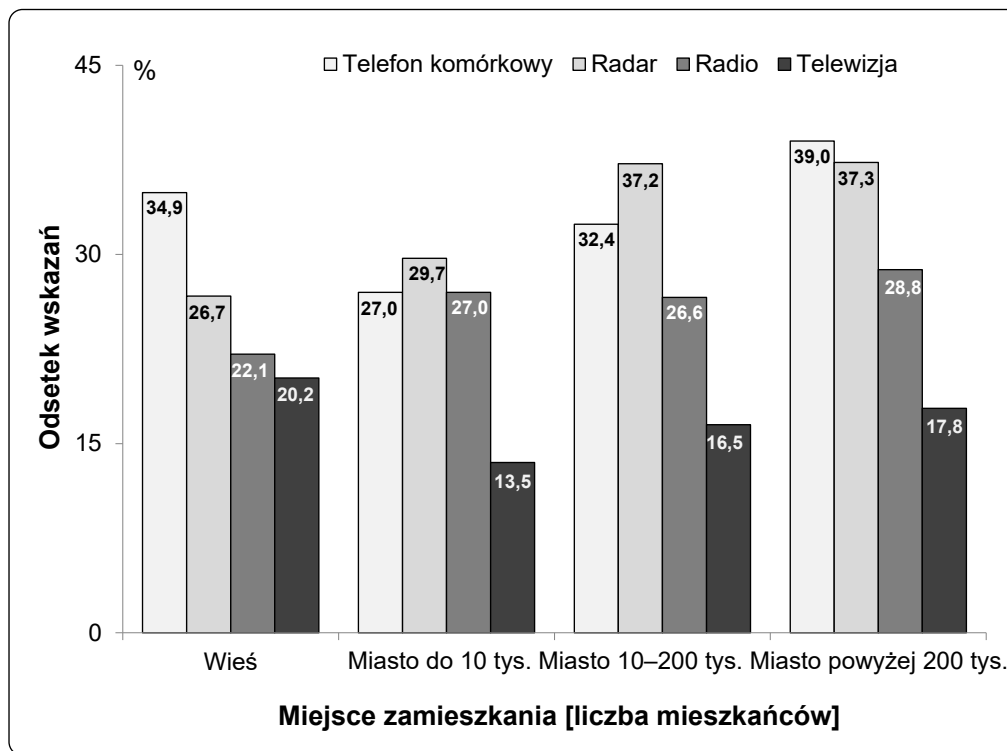
Wyraźna jest też zależność odsetka wskazań od miejsca zamieszkania, przy czym wzrasta on wraz z wielkością miasta. Odstępstwem są tu wskazania osób zamieszkujących obszary wiejskie dotyczące telefonu komórkowego oraz telewizji, które są względnie wysokie w porównaniu ze wskazaniami mieszkańców miast (rys. 46).

Podobnie przedstawia się rozkład wskazań w zależności od wykształcenia ankietowanych¹⁸. Zgodnie z oczekiwaniami najlepszą orientacją w badanym zagadnieniu wykazały się osoby z wykształceniem wyższym (rys. 47). Podkreślić należy, że dla żadnej z badanych grup odsetek wskazań, nawet dla najczęściej wymienianego telefonu komórkowego, nie przekroczył 40%. Można z tego wysnuć wnioski, że wiedza o wykorzystaniu mikrofal w urządzeniach powszechnego użytku jest raczej na średnim poziomie.

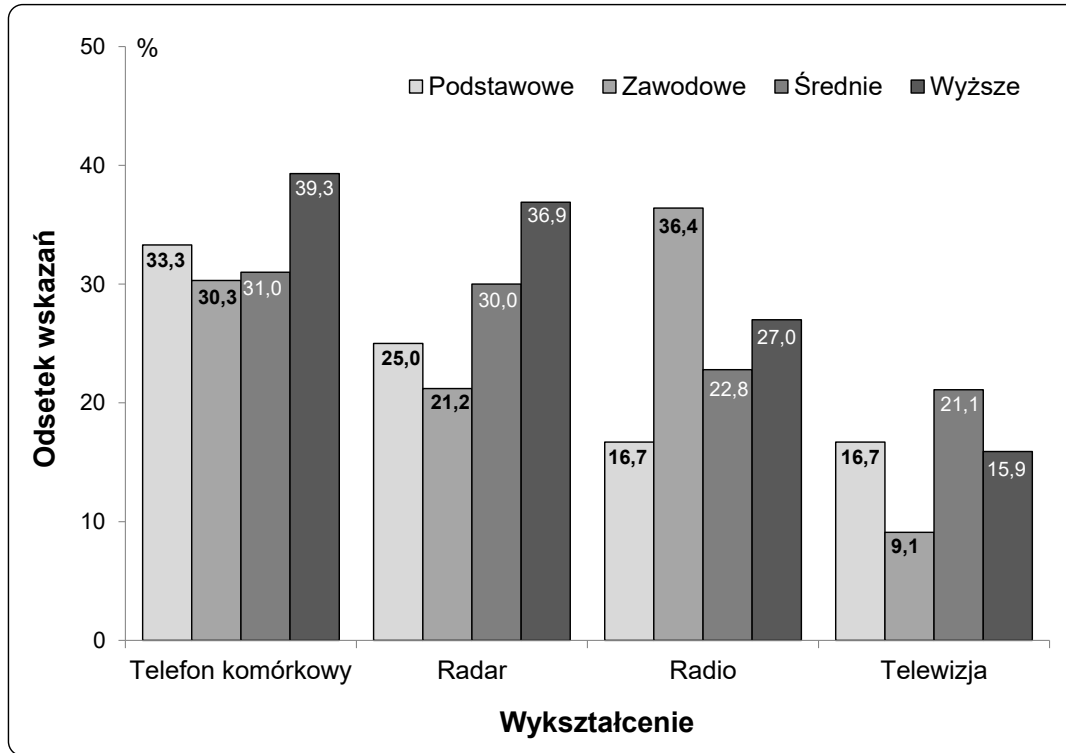
¹⁸ Pamiętać należy, iż wykształcenie nie było kryterium doboru kwotowego próby badanej, a więc prezentowane w tym zakresie wyniki nie są reprezentatywne dla badanej populacji.



Rysunek 45. Cztery najczęściej wskazywane urządzenia wykorzystujące mikrofałe, podział w zależności od wieku respondentów

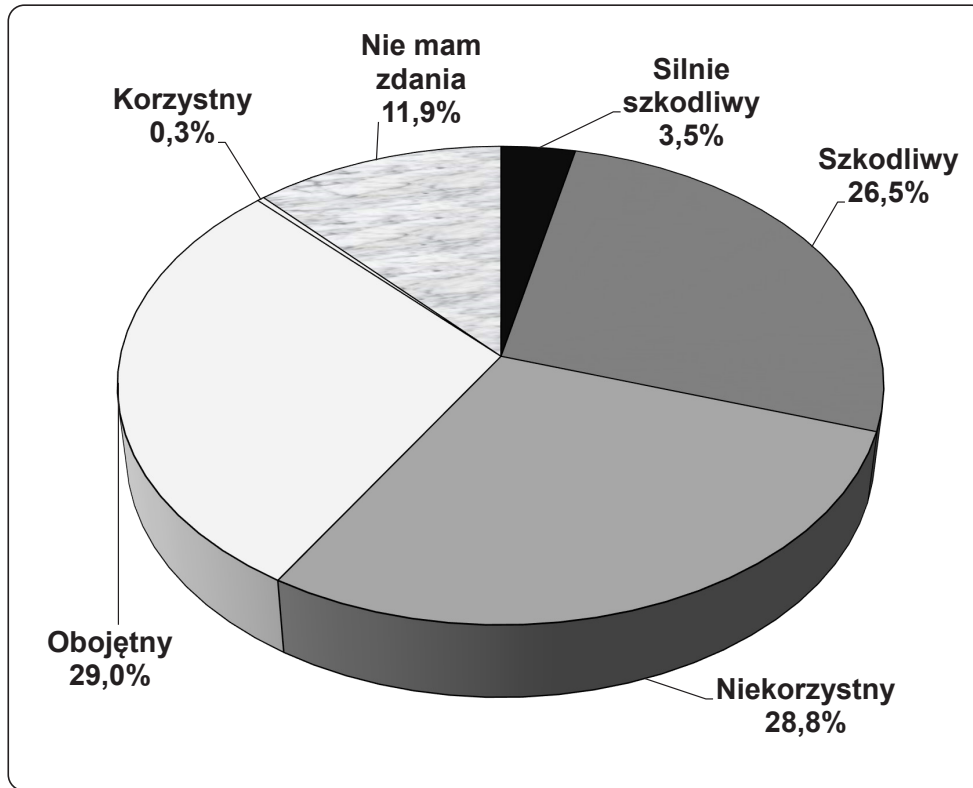


Rysunek 46. Cztery najczęściej wskazywane urządzenia wykorzystujące mikrofałe, podział w zależności od miejsca zamieszkania respondentów

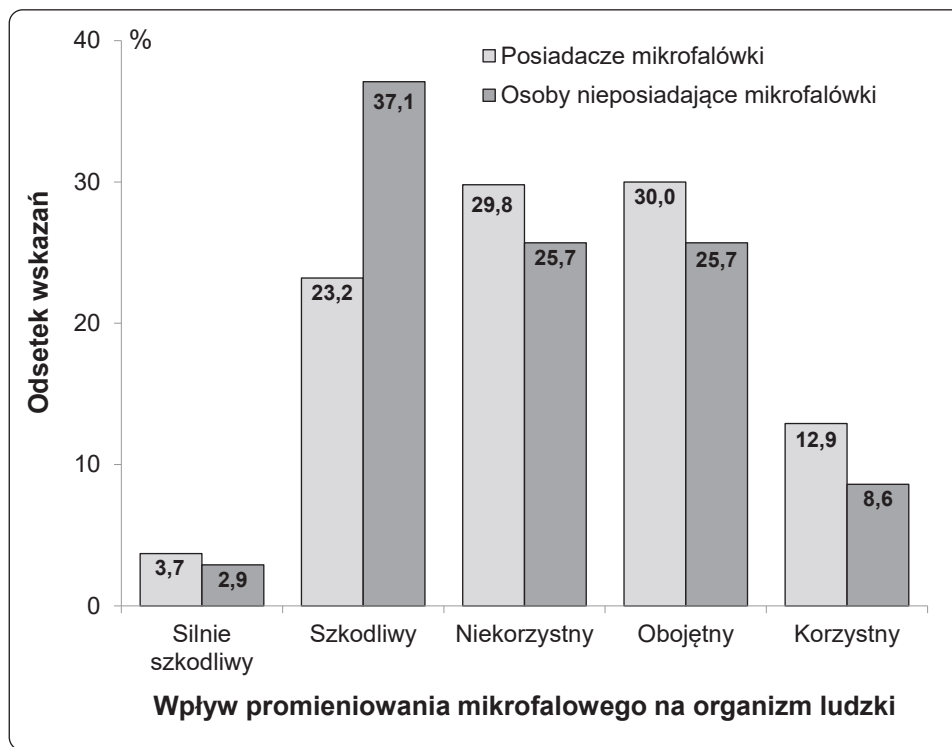


Rysunek 47. Cztery najczęściej wskazywane urządzenia wykorzystujące mikrofałe, podział w zależności od wykształcenia respondentów

Dysponując obrazem znajomości natury mikrofal oraz ich podstawowych zastosowań, można pokusić się o analizę odpowiedzi na najważniejsze w tej części ankiety pytanie dotyczące wpływu mikrofal na organizm ludzki. Zestaw możliwych odpowiedzi przedstawiał się następująco: „silnie szkodliwy”, „szkodliwy”, „niekorzystny”, „obojętny”, „korzystny”, „nie mam zdania”. Ponad połowa badanych wskazała na co najmniej niekorzystny wpływ mikrofal na organizm ludzki, podczas gdy niemal co ósmy z pytanych nie miał w tej sprawie wyrobionej opinii (rys. 48). Tak więc dwie na trzy osoby wypowiadające się na ten temat oceniają promieniowanie mikrofalowe negatywnie. Uzyskany rozkład wskazań nie idzie w parze z opiniami na temat bezpieczeństwa użytkowania kuchenek mikrofalowych – 10,0% jako zaleta i 16,3% jako wada. Możliwych przyczyn zaobserwowanej rozbieżności należy szukać z jednej strony w szerszym zakresie pojęcia bezpieczeństwa eksploatacji, z drugiej w zaufaniu do kuchenki mikrofalowej, której konstrukcja powinna chronić użytkownika przed szkodliwym oddziaływaniem mikrofal. Analizując ostatni z czynników, należy spojrzeć na rozkład wskazań osób posiadających i nieposiadających mikrofalówki w swoim gospodarstwie domowym (rys. 49). Podobnie wyniki badań ankietowych dotyczących wpływu poszczególnych urządzeń emitujących promieniowanie elektromagnetyczne na samopoczucie osób wrażliwych elektromagnetycznie uwidaczniają największy odsetek wskazań promieniowania mikrofalowego [Tatoń i in., 2019]. Ponad 1/3 respondentów wykazała promieniowanie mikrofalowe jako niekorzystnie wpływające na ich zdrowie. Niższy odsetek wskazań wynika zapewne z bardziej dosadnego sformułowania pytania – wpływ czynnika na zdrowie ankietowanego.



Rysunek 48. Ocena wpływu promieniowania mikrofalowego na organizm ludzki



Rysunek 49. Ocena wpływu promieniowania mikrofalowego na organizm ludzki w zależności od posiadania kuchenki mikrofalowej w gospodarstwie domowym

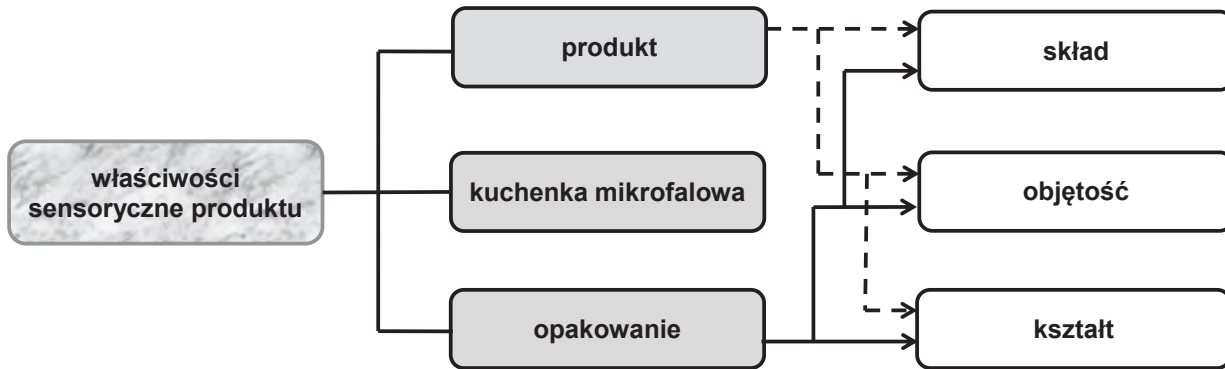
Podsumowanie

Biorąc pod uwagę rezultaty oceny użytkowania kuchenki mikrofalowej pod kątem zalet, zarówno urządzenia, jak i podgrzanych w nim produktów, należy stwierdzić, że czynnikami w decydujący sposób wpływającymi na ocenę są doświadczenie w użytkowaniu mikrofalówki oraz poziom wiedzy na temat działania urządzenia, zachodzących w trakcie ogrzewania procesów oraz właściwości tak ogrzanych produktów. Z analizy wyników badania ankietowego wyłania się obraz kuchenki mikrofalowej jako urządzenia AGD powszechnie wykorzystywanego w polskich gospodarstwach domowych. Stosowana jest ona głównie w pomocniczych procesach kulinarnych wymagających jedynie podgrzania uprzednio przygotowanych, samodzielnie w domu lub przez producentów, dań, produktów w celu nadania im gotowości kulinarnej. Drugim powszechnie stosowanym procesem jest rozmrażanie żywności. Za ich dominacją przemawiają najczęściej wskazywane zalety procesu – szybkość i wygoda. Zestawiając najczęściej podawane zalety z wadami – smakiem oraz właściwościami zdrowotnymi i odżywczymi ogrzewanych produktów – można zauważyć, że w swojej większości ankietowani konsumenci ponad walory sensoryczne i zdrowotne posiłku przedkładają szybkość i wygodę jego przygotowania. Uzyskane dane wskazują także, że jest to wybór świadomy, choć w dużej mierze oparty na błędnym przeświadczeniu o niskich walorach zdrowotnych i dietetycznych posiłków przyrządzonych w kuchence mikrofalowej.

5. PERSPEKTYWY NOWYCH ROZWIĄZAŃ

5.1. Ograniczenia ogrzewania mikrofalowego

Najsłabszą stroną ogrzewania żywności w kuchenkach mikrofalowych są właściwości sensoryczne gotowego posiłku, o czym świadczą m.in. prezentowane wyżej wyniki badania ankietowego. W obszarze tym istnieją największe możliwości wprowadzania innowacji mających na celu poprawę jakości gotowego produktu, a co za tym idzie – zwiększenie szans rynkowych nowych bądź mniej lub bardziej zmodyfikowanych produktów. Obszar potencjalnych zmian zawiera się w trzech elementach: kuchence mikrofalowej, produkcie oraz jego opakowaniu (rys. 50). Zastosowane w ich obrębie innowacje mogą przynieść wymierne korzyści. Chociaż na pierwszy rzut oka pole do podjęcia działań wygląda na bardzo szerokie, to w rzeczywistości jest mocno, wręcz drastycznie ograniczone. Barrierami są tu: prawa fizyki, możliwości techniczne i technologiczne, wymagania formalno-prawne, kompozycja produktów spożywczych, kwestie ekonomiczne, a także uwarunkowania kulturowe.



Rysunek 50. Czynniki wpływające na właściwości sensoryczne produktów spożywczych ogrzewanych w kuchenkach mikrofalowych [Barska i in., 2015, s. 80]

Domowe kuchenki mikrofalowe pracują na jednej, jedynej dostępnej częstotliwości 2,45 GHz, co w zasadniczy sposób wiąże ręce konstruktorom, tym bardziej że częstotliwość ta nie jest optymalna z punktu widzenia ogrzewania żywności. Efektywna propagacja mikrofal oraz wielkość i kształt porcji produktu determinują wymiary komory grzewczej urządzenia. Jego wymiary zewnętrzne muszą z kolei być dostosowane do wymagań użytkowników, w szczególności w przypadku urządzeń przeznaczonych do zabudowy w meblach kuchennych. Wprowadzane modyfikacje dotyczą głównie algorytmów pracy megarozwiązania, optymalizowanych dla konkretnych zadań – programów pracy urządzenia. Powszechnie stosowane są też klasyczne elementy grzejne, pomagające w otrzymaniu należytej struktury powierzchni ogrzewanego produktu – jego chrupkości, zbrązowienia i aromatu. Zastosowanie ogrzewania hybrydowego pozwala istotnie poprawić właściwości powierzchni produktu. Z drugiej strony odbywa się to kosztem wydłużenia procesu ogrzewania oraz znacznego wzrostu zużycia energii, co w pewnym stopniu niweluje podstawowe korzyści płynące z zastosowania mikrofalówki.

Na jakość i akceptację przez konsumentów żywności decydujący wpływ mają kompozycja składników, cechy sensoryczne oraz wartość odżywcza i właściwości zdrowotne gotowego posiłku. Jako że na proces ogrzewania wpływa przede wszystkim zawartość wody w produkcie, możliwości modyfikacji jego składu w kierunku polepszenia właściwości sensorycznych podgrzanego produktu są znikome, a w połączeniu z wymaganym dla danej potrawy składem praktycznie żadne.

Relatywnie największe pole do działania, w zakresie zapewnienia odpowiedniej jakości sensorycznej ogrzewanych produktów, istnieje w przypadku naczyń oraz opakowań wykorzystywanych do ogrzewania mikrofalowego.

5.2. Naczynia do ogrzewania w kuchenkach mikrofalowych

Najczęściej stosowanymi procesami ogrzewania mikrofalowego w polskich gospodarstwach domowych są podgrzewanie uprzednio przygotowanych posiłków oraz rozmrażanie żywności (patrz rozdz. 4.2). W powyższych przypadkach mamy zwykle do czynienia z naczyniami już obecnymi w kuchni użytkownika, w optymalny sposób spełniającymi jego potrzeby, raczej nie dotyczące samego procesu ogrzewania mikrofalowego, lecz przede wszystkim wygody, przyzwyczajęń i estetyki. Wymagania w zakresie wielkości pojedynczej porcji ogrzewanego produktu sprawiają, że optymalne z punktu widzenia użytkownika jest ogrzewanie jednej porcji posiłku w pojemniku, który będzie jednocześnie naczyniem, z którego gotowe danie będzie spożywane. Z tego względu największą popularnością cieszą się naczynia szklane i ceramiczne. W znacznie mniejszym stopniu wykorzystywane są naczynia z tworzyw sztucznych. W przypadku naczyń, ze swej natury używanych wielokrotnie, istnieje uzasadniona ekonomicznie i ekologicznie możliwość umieszczenia w ściankach naczynia substancji silnie absorbujących mikrofałe z zamianą ich energii na ciepło, tzw. susceptorów. Pozytywnym efektem ich zastosowania jest ogrzanie za pomocą mikrofal nie tylko wnętrza produktu, lecz także naczynia. Gorąca powierzchnia naczynia może w znacznym stopniu zredukować wilgotność powierzchni produktu, nadając jej większej chrupkości. Jednakże gorące naczynie istotnie obniża bezpieczeństwo i komfort pracy z kuchenką mikrofalową. Być może rozwój technologii pozwoli na opracowanie naczyń z odpowiednio dobranymi strefami grzewczymi, co zredukuje wspomniane wyżej niedogodności. Nadmienić należy jednak, że uwzględniając niewielki asortyment produktów spożywczych, w których takie rozwiązanie przyniosłoby zauważalne korzyści, tego typu naczynia będą produktem niszowym o niskim potencjale rynkowym.

5.3. Opakowania produktów przeznaczonych do ogrzewania w kuchenkach mikrofalowych

Opakowanie stanowi praktycznie jedyny obszar, w którym można w sposób względnie swobodny wprowadzać zmiany wpływające na właściwości sensoryczne produktów ogrzewanych w kuchenkach mikrofalowych. Sprzyja temu dynamiczny rozwój opakowań i technik pakowania w obszarze różnorodności stosowanych rozwiązań oraz innowacji rynkowych. Dotyczą one głównie: zwiększenia funkcjonalności, walorów ekologicznych, ekonomicznych, ergonomiczności oraz szaty graficznej opakowania. Bazując na dostępnym spektrum materiałów opakowaniowych, wymaganiach producentów oraz konsumentów żywności, uwarunkowaniach ekonomicznych, jak i regulacjach prawnych, producenci opakowań dysponują znaczącym obszarem wprowadzania innowacji w ich konstrukcji. Rozwój w opakowalnictwie przebiega w trzech zasadniczych kierunkach: technologicznym, materiałowym, konstrukcyjnym [Korzeniowski i in., 2011].

Wielkość opakowania, często będącego naczyniem, z którego produkt jest spożywany po nadaniu gotowości kulinarnej w kuchence mikrofalowej, ograniczona jest zwykle do jednej porcji produktu. Kształt powinien być dostosowany do warunków ogrzewania mikrofalowego, wygody spożycia oraz przyzwyczajzeń klientów. Z powyższych względów są to najczęściej tacki, talerze i miseczki. W zakresie stosowanych materiałów wybór determinowany jest przez wiele, często sprzecznych wymagań, do których należą: dopuszczenie materiału do kontaktu z żywnością, przepuszczalność dla mikrofal, odpowiedni zakres temperatur użytkowych, wymagana wytrzymałość mechaniczna, odporność na czynniki biologiczne i klimatyczne, niska masa, łatwość nadawania wymaganego kształtu, przystępna cena, możliwie niskie oddziaływanie na środowisko naturalne. Wśród materiałów opakowaniowych w największym stopniu wymagania te spełniają, oczywiście w różnym

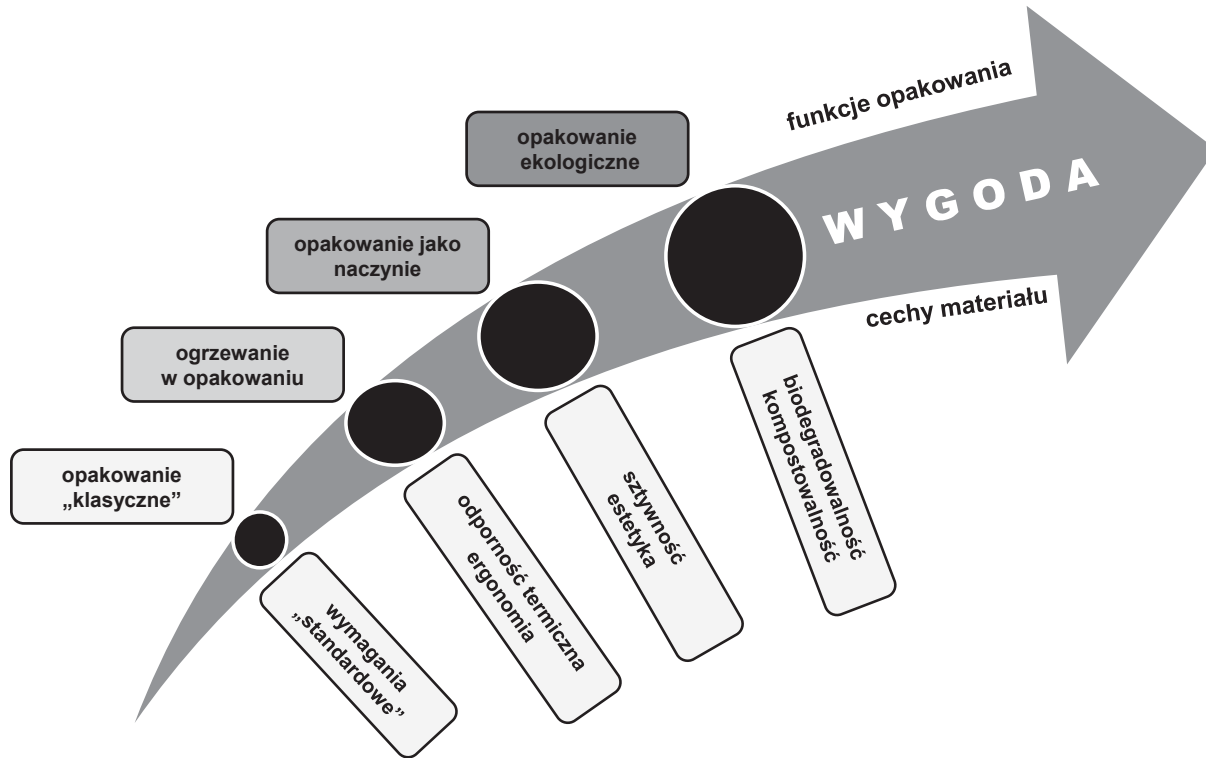
zakresie, tworzywa sztuczne oraz papier, stosowane osobno lub w opakowaniach wielomateriałowych.

Jako że wygoda uważana jest za jedną z najważniejszych zalet kuchenek mikrofalowych, także opakowanie w maksymalny możliwy sposób powinno wspierać funkcje związane z wygodą użytkownika. Podążając za ideą żywności wygodnej, opakowanie wykorzystywane może być nie tylko podczas ogrzewania produktu w mikrofalówce, lecz również jako naczynie, z którego przygotowany posiłek będzie spożywany. Wymaga to zastosowania materiałów oraz rozwiązań konstrukcyjnych zwiększających funkcjonalność, bezpieczeństwo, a także estetykę opakowania-naczynia. Dalsze zwiększenie funkcjonalności opakowania powinno ułatwiać zagospodarowanie zużytego opakowania-naczynia oraz pozostałych w nim resztek posiłku. Jedno z rozwiązań stanowić może zastosowanie opakowań z materiałów kompostowalnych. Możliwość wyrzucenia zużytego opakowania-naczynia bezpośrednio do pojemnika na odpady komunalne przynosi oszczędności: czasu, wody, detergentów, miejsca na odpady segregowane itp. Tego typu rozwiązania wpisują się w nurt zachowań konsumenckich zmierzających do ochrony środowiska naturalnego, stanowiąc wartość dodaną do funkcjonalności żywności wygodnej. Nie bez znaczenia jest także wzrost satysfakcji klienta związany ze świadomością zachowania proekologicznego (rys. 51). O ile pierwsze trzy etapy są lub mogą współcześnie być standardem, o tyle przejście na kolejny, wyższy poziom stanowi poważne wyzwanie.

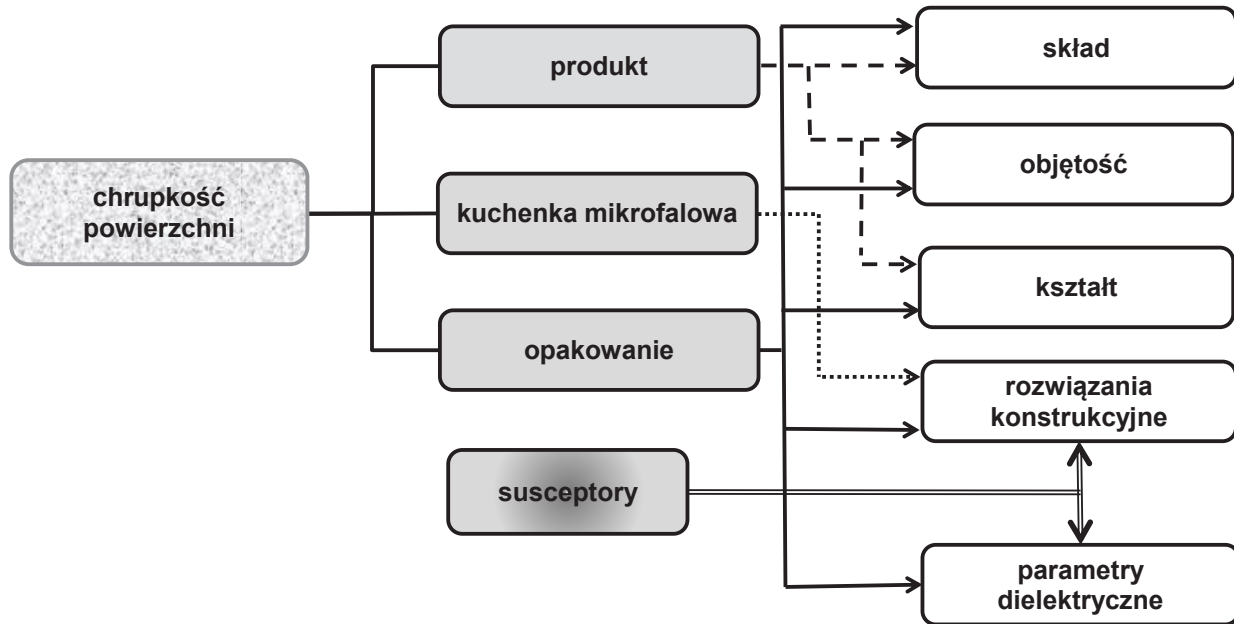
Barier koniecznych do pokonania w drodze do wyznaczonego wyżej celu jest wiele. Warunkiem koniecznym jest zastosowanie materiału kompostowalnego, dla którego właściwość ta została potwierdzona stosownymi badaniami i wydanymi na ich podstawie certyfikatami. Oczywiście materiał taki musi być dopuszczony do kontaktu z żywnością w zakresie temperatur jego użytkowania. Podobnie przedstawia się sprawa właściwości mechanicznych w podwyższonej temperaturze. Jeżeli nawet przyjąć, że maksymalna osiągnięta przez ogrzewany produkt temperatura nie przekracza temperatury wrzenia wody, to ze względu

na konieczność przenoszenia naczyń z gorącą zawartością, zachowane muszą też być wysokie parametry mechaniczne w zakresie wytrzymałości i sztywności. Z drugiej strony materiał musi być odporny na niskie temperatury, aby możliwe było przechowywanie i przemieszczanie produktu w stanie schłodzonym lub zamrożonym. Co więcej, materiał taki powinien charakteryzować się dobrymi właściwościami przetwórczymi oraz przystępną ceną. Na tym jednak nie koniec wyzwań. Na przeszkodzie w wyrzucaniu opakowania-naczynia do pojemnika na bioodpady stoją także przepisy, które nie przewidują możliwości wyrzucania zużytych opakowań, choćby wykonane były z materiałów kompostowalnych¹⁹. Co prawda w „Zasadach segregowania odpadów komunalnych” Ministerstwo Klimatu i Środowiska nie wymienia oddzielnej grupy opakowań z tworzyw kompostowalnych, co pozwala je wrzucać do pojemnika żółtego „Plastik” [Ministerstwo Klimatu i Środowiska], jednakże w wielu zaleceniach lokalnych opakowania jednorazowe lub kompostowalne wykazane są jako te, których nie należy gromadzić w żółtych pojemnikach [www.poznan.pl], lecz w pojemnikach na odpady zmieszane [www.warszawa19115.pl; www.gdansk.pl]. Jednym z powodów takiego podejścia do tworzyw biodegradowalnych/kompostowalnych są problemy, jakie stwarzają folie i opakowania z tworzyw sztucznych znajdujące się w strumieniu odpadów przeznaczonych do kompostowania, gdyż ich obecność w strumieniu odpadów „plastikowych” stwarza poważne problemy z ich identyfikacją oraz separacją [Swift, 2015]. Jeżeli natomiast pozostaną w masie tworzywa poddanego przetworzeniu, wpływają negatywnie na jakość reglanulatu oraz wytworzonych z niego produktów.

¹⁹ Ilekroć w ustawie jest mowa o bioodpadach – rozumie się przez to ulegające biodegradacji odpady z ogrodów i parków, odpady spożywcze i kuchenne z gospodarstw domowych, gastronomii, zakładów zbiorowego żywienia, jednostek handlu detalicznego, a także porównywalne odpady z zakładów produkujących lub wprowadzających do obrotu żywność. Jednolity tekst ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz. U. z 2021 r., poz. 779).



Rysunek 51. Rozwój funkcji żywności wygodnej przeznaczonej do ogrzewania w kuchence mikrofalowej w funkcji właściwości opakowania [Barska i in., 2015, s. 82]



Rysunek 52. Wpływ zastosowania susceptorów na właściwości sensoryczne produktów spożywczych ogrzewanych w kuchenkach mikrofalowych [Barska i in., 2015, s. 81]

Odmienne podejście do opakowania produktów przeznaczonych do ogrzewania mikrofalowego – zwłaszcza tych, dla których właściwości sensorycznych bardzo ważna jest chrupka i zarumieniona powierzchnia – prezentują producenci tzw. opakowań aktywnych zawierających susceptory²⁰ oraz producenci produktów spożywczych w nie pakowanych. Idea tego typu opakowań opiera się na wykorzystaniu mikrofal nie tylko do ogrzewania opakowanego produktu, ale także określonych części opakowania. W ten sposób opakowanie stanowi coś w rodzaju miniblachy lub miniproduża, intensywnie dogrzewającego powierzchnię produktu. Wprowadzenie do opakowania tego typu elementu otwiera szerokie pole do zastosowania innowacyjnych rozwiązań konstrukcyjnych, w których uwzględniane jest rozmieszczenie oraz rodzaj susceptora (rys. 52). Ukształtowane w ten sposób parametry dielektryczne opakowania jako całości oraz rozkład mikrofal w trakcie ogrzewania pozwalają na optymalne ogrzanie produktu z podziałem na jego istotne części. Do modyfikacji rozkładu promieniowania mikrofalowego wewnątrz opakowania stosowane mogą też być materiały odbijające mikrofałe – tzw. reflektory. W tym przypadku chodzi o pozostawienie fragmentów produktu/dania w niższej temperaturze niż jego reszta. Rozwiązanie takie stosowane jest w gotowych zestawach obiadowych celem ochrony surówek przed zbytnim ogrzaniem lub drobnych elementów produktu, jak skrzydełka kurcząt.

Wydaje się jednak, że wspomniane wyżej opakowania aktywne pozostaną rozwiązaniem niszowym. Decydującym czynnikiem jest ekonomia. Z jednej strony produkcja tego typu opakowań jest znacznie droższa, ze względu na zastosowanie zaawansowanych technologicznie materiałów i złożonego procesu ich łączenia. Z drugiej strony opakowanie wielomateriałowe, praktycznie niemożliwe do rozseparowania użytych materiałów, obciążone jest stale rosnącymi kosztami związanymi z przeróbką bądź obciążaniem składowisk tego typu odpadami.

²⁰ Susceptorami nazywane są aktywne materiały opakowaniowe nagrzewające się w polu mikrofalowym wskutek absorpcji i zamiany w ciepło części energii mikrofal.

Wysokie koszty opakowania, a przez to samego produktu, stanowią poważną barierę dla zaawansowanych rozwiązań tego typu. Korzyści płynące ze znacznie wyższej jakości gotowego produktu raczej nie zniwelują istotnie wyższych kosztów produktu. Do tego doliczyć należy negatywne oddziaływanie opakowań na środowisko coraz mocniej wpływające na postrzeganie produktu i producenta. Na naszym „polskim podwórku”, jak pokazały prezentowane wyżej wyniki badań, zastosowanie opakowań aktywnych w znacznym stopniu różni się z oczekiwaniami użytkowników kuchenek mikrofalowych.

5.4. Innowacyjne rozwiązania w obrębie kuchenek mikrofalowych

Elementem determinującym przebieg procesu ogrzewania w kuchenkach mikrofalowych jest dotychczas megatron, będący źródłem mikrofal o jednej określonej częstotliwości. Z tego faktu wynikają podstawowe ograniczenia i niedostatki tego typu urządzeń, głównie w postaci tzw. hot-spotów i cold-spotów skutkujących niejednorodnym ogrzaniem produktów. Ostatnimi laty pojawiły się jednak nowe projekty i prototypy kuchenek mikrofalowych, w których megatrony zastąpione zostały układami półprzewodnikowymi wytwarzającymi mikrofałe. Możliwość generowania i wzmacniania sygnałów o częstotliwościach z zakresu mikrofal jest technologią powszechnie stosowaną w nowoczesnej komunikacji bezprzewodowej oraz systemach radiolokacyjnych. Tego typu rozwiązanie pozwala na precyzyjną kontrolę częstotliwości, mocy wyjściowej, fazy i modulacji sygnału, co z kolei pozwala na optymalne dostosowanie parametrów generowanego pola mikrofalowego do ogrzewanego produktu oraz preferencji konsumenta [Brown, 2022; Yang i Chen, 2022]. W tradycyjnej mikrofalówce parametry generowanych mikrofal, a właściwie jedynie interwały czasu pracy megatronu, dobierane są w sposób określony przez wybrany przez użytkownika

program, bez związku z aktualnie ogrzewanym produktem oraz warunkami panującymi wewnątrz komory grzewczej. W nowych rozwiązaniach opartych na półprzewodnikowych generatorach mikrofal istnieje sprzężenie zwrotne pomiędzy układem sterującym parametrami mikrofal i detektorami w komorze grzewczej. Urządzenie emituje fale elektromagnetyczne o zmieniającej się częstotliwości oraz natężeniu, optymalnie dobierając warunki procesu do właściwości ogrzewanego produktu. W trakcie pracy urządzenie pozostaje w swojego rodzaju interakcji z ogrzewaną żywnością poprzez pomiar ilości faktycznie pochłoniętej energii oraz parametrów fal aktualnie występujących w komorze grzewczej, co w połączeniu z informacjami o ogrzewanym produkcie (masa, aktualna temperatura, skład itp.) pozwala odpowiednio dostosować częstotliwość i moc generowanych mikrofal. Niespotykana w megatronach możliwość kształtowania parametrów generowanej fali w szerokim zakresie wartości pozwala na optymalne dopasowanie warunków w komorze grzewczej zarówno pod względem rodzaju, masy, geometrii ogrzewanej porcji, jak i preferencji konsumenta. Lepsze dopasowanie parametrów pracy urządzenia do realizowanego zadania znacząco poprawia efektywność energetyczną procesu, zwiększając tym samym jego efektywność ekonomiczną oraz redukując niekorzystne oddziaływanie na środowisko [Atuonwu i Tassou, 2019].

W tym miejscu otwierają się olbrzymie możliwości wprowadzania innowacyjnych rozwiązań pozwalających na „interakcję” urządzenia z ogrzewanym produktem, w szczególności dostarczanie informacji o rodzaju i parametrach ogrzewanego produktu. O ile jednak montowanie złożonych i drogich sensorów w prostym urządzeniu nie ma większego uzasadnienia ekonomicznego, o tyle sprzężenie urządzenia z opakowaniem w celu identyfikacji ogrzewanego produktu wydaje się rozwiązaniem optymalnym. Wymaga ono jednak zastosowania innowacyjnych rozwiązań w zakresie znakowania oraz identyfikacji produktów/opakowań. Drugim obszarem innowacji jest stworzenie odpowiednich algorytmów wiążących parametry pracy urządzenia z pożądanymi

cechami sensorycznymi ogrzewanego produktu. Tu z kolei otwierają się szerokie możliwości tworzenia nowych rozwiązań z zakresu informatyki, z wykorzystaniem nowoczesnych technologii, w tym z obszaru sztucznej inteligencji oraz internetu rzeczy.

Pierwsze komercyjne urządzenia, wykorzystujące technologie półprzewodnikowych generatorów mikrofal, pojawiły się na rynku pod koniec drugiej dekady XXI wieku²¹. Jest wysoce prawdopodobne, że zrewolucjonizują one mikrofalowe ogrzewanie żywności nie tylko ze względu na wyraźne podniesienie jakości sensorycznej ogrzewanych produktów, ale także skokowe zwiększenie efektywności energetycznej oraz trwałości urządzeń. W dobie rosnącej świadomości ekologicznej konsumentów wpływ wspomnianych czynników dla powodzenia ekspansji rynkowej kuchenek mikrofalowych nowej generacji może mieć podstawowe znaczenie.

Podobnie jak na początku funkcjonowania na rynku tradycyjnej kuchenki mikrofalowej, nowe urządzenia są aktualnie bardzo drogie²², ze względu na cenę dostępne jedynie dla dużych obiektów gastronomicznych oraz bardzo zamożnych klientów indywidualnych. Jest wysoce prawdopodobne, że z czasem pojawienie się większej liczby konkurujących ze sobą modeli oraz spadek cen wynikający z efektu skali spowodują upowszechnienie się nowych urządzeń, podobnie jak niegdyś miało to miejsce w wypadku tradycyjnych kuchenek mikrofalowych. Uważa się, że w Stanach Zjednoczonych graniczną ceną, która spowoduje masowe upowszechnienie się nowych „mikrofalówek” jest 1000 USD, co w dzisiejszych warunkach odpowiada 200 USD w połowie lat 70. XX wieku. Wówczas osiągnięcie tej granicy spowodowało gwałtowny wzrost sprzedaży mikrofalówek [Brown, 2022]. Bardzo wysokie nasycenie gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi

²¹ Pierwsze komercyjne urządzenia wykorzystujące technologię półprzewodnikowej generacji mikrofal do ogrzewania żywności w warunkach domowych wprowadziła firma Miele pod marką Dialog, <https://www.mieleexperience.com.au/dialog-oven/> (odczyt: 30.11.2022).

²² Mowa tu o cenie urządzenia rzędu kilkunastu tysięcy dolarów w roku 2022.

w państwach wysoko rozwiniętych oraz współczesne wzorce zachowań konsumpcyjnych ich społeczeństw tworzą potencjalny rynek dla nowych urządzeń wartości wielu miliardów dolarów w skali globu.

Wspomniane wyżej innowacyjne rozwiązania zmierzają do niwelacji podstawowych wad produktów ogrzewanych w kuchenkach mikrofalowych, którymi – w świetle przedstawionych wyżej wyników badań opinii konsumentów – są: niezadawalające walory sensoryczne, głównie smak, równomierność ogrzania oraz jakość struktury. Ich wpływ na drugą grupę krytycznie ocenianych parametrów, czyli właściwości odżywcze i zdrowotne, będzie zapewne niewielki.

6. PODSUMOWANIE

Kuchenki mikrofalowe na szerszą skalę pojawiły się w polskich gospodarstwach domowych przed trzema dekadami. Od dekady obecne są w ponad połowie z nich, stanowiąc stały element wyposażenia kuchni. Jednakże stały nie zawsze znacząco systematycznie wykorzystywane, gdyż podział na gospodarstwa używające kuchenki mikrofalowe codziennie, raz na kilka dni oraz sporadycznie jest mniej więcej równy. Jeżeli uwzględnić relatywnie niskie, jak na standardy Unii Europejskiej, nasycenie gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi, okazuje się, że określenie popularnej mikrofalówki sprzętem AGD codziennego użytku dotyczy ok. ¼ gospodarstw domowych. Co więcej, zdecydowanie dominującym zastosowaniem kuchenki mikrofalowej jest podgrzewanie posiłków, zwykle uprzednio przygotowanych tradycyjnymi metodami, przy zdecydowanie mniejszym zastosowaniu mikrofalówek do ogrzewania gotowych zestawów obiadowych. Jeżeli do tego dodać niemal połowę gospodarstw rozmrażających w mikrofalówkach żywność, otrzymamy obraz kuchenki mikrofalowej jako popularnego i ważnego sprzętu AGD, lecz stanowiącego tylko uzupełnienie tradycyjnych urządzeń grzejnych wykorzystywanych do termicznej obróbki żywności.

Nasuwa się wniosek, że z jednej strony obraz taki jest wyrazem swojego rodzaju tradycjonalizmu polskich rodzin w obszarze zachowań kulinarnych oraz funkcjonowania gospodarstwa domowego. Z drugiej strony, biorąc pod uwagę znacznie mniejsze niż w państwach sąsiednich nasycenie gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi oraz przejmowanie zachodnich wzorców zachowań społecznych konsumentów, wskazuje on na znaczący potencjał rynku, zarówno samych

kuchenek mikrofalowych, jak i żywności przeznaczonej lub przystosowanej do nadania gotowości kulinarnej za pomocą ogrzewania mikrofalowego. Powyższe spostrzeżenie potwierdza relatywnie wyższe wykorzystywanie mikrofalówek do ogrzewania gotowych zestawów obiadowych przez osoby młodsze, do 40. roku życia, oraz osoby żyjące w dużych miastach. Dla nich to właśnie główne deklarowane zalety mikrofalówek – szybkość i wygoda – stanowią podstawową determinantę ich powszechnego wykorzystania. Jeśli zestawić je z wadami, na jakie najczęściej wskazują respondenci: smak przygotowanych posiłków, ich właściwości zdrowotne oraz wartość odżywcza, wyłania się obraz użytkowników kuchenek mikrofalowych jako ludzi, dla których szybkość i wygoda oferowane przez to urządzenie są bardzo ważne. Na tyle ważne, by świadomie zaakceptować nienajlepszy smak wielu z podgrzewanych produktów, a także ich „wątpliwe” właściwości zdrowotne. Należy jednakże podkreślić, że relatywnie wysoka, negatywna ocena właściwości zdrowotnych i odżywczych produktów przygotowanych w kuchence mikrofalowej nie znajduje potwierdzenia w badaniach naukowych. W wielu przypadkach wykazano nawet lepsze właściwości tak przygotowanych produktów. Otrzymane wyniki wskazują na istnienie poważnej luki w wiedzy konsumentów, głównie użytkowników kuchenek mikrofalowych, odnośnie do wpływu ogrzewania mikrofalowego na właściwości ogrzewanych produktów. Zmiana (lub chociażby złagodzenie) negatywnego obrazu powinna stać się celem nie tylko zainteresowanych uczestników rynku, lecz także organizacji konsumenckich oraz społecznych wspierających zdrowe odżywianie i zdrowy tryb życia. Wobec niemal powszechnego postrzegania żywności z mikrofalówki jako mniej zdrowej, walka ze stereotypami, czasem wręcz mitami, nie jest i nie będzie zadaniem łatwym.

Wielopłaszczyznowość zagadnień związanych z postrzeganiem kuchenki mikrofalowej, ogrzewanej w niej żywności, jak i samych mikrofal skutkuje dużym zróżnicowaniem opinii w zakresie pozytywnej lub negatywnej oceny kolejnych aspektów użytkowania kuchenki

mikrofalowej – bezpieczeństwa, higieny oraz ekologii, przy czym oceny te są ściśle skorelowane z wiekiem respondentów oraz posiadaniem w gospodarstwie domowym kuchenki mikrofalowej. Ogólnie jednak rozkład opinii w trzech wspomnianych wyżej kategoriach potwierdza obraz użytkowników, którzy dla oszczędności czasu i wygody, w sposób mniej lub bardziej świadomy, narażają swoje bezpieczeństwo, higienę przygotowania posiłków oraz środowisko naturalne. Oddzielną kwestię, wymagającą przeprowadzenia pogłębionych badań, stanowi zgodność tych poglądów z aktualnym stanem wiedzy.

W zakresie kuchenek z klasycznym generatorem mikrofal w postaci megatrony zbliżono się do kresu możliwości rozwoju. Niekwestionowane wady ogrzewanej mikrofalowo żywności, przede wszystkim jej smak i tekstura, od wielu lat spędzają sen z powiek zarówno producentom kuchenek mikrofalowych, jak i przeznaczonej do ogrzewania w nich żywności. Dotyczy to zwłaszcza państw wysoko rozwiniętych o znacznym nasyceniu gospodarstw domowych tymi urządzeniami (ponad 80%), w których dominującymi operacjami jest podgrzewanie gotowych zestawów obiadowych oraz przekąsek. Jak wykazały prezentowane wyżej badania, dotyczy to w znacznie mniejszym stopniu Polski. Nie zmienia to faktu, że najważniejsi gracze globalnego rynku usilnie pracują nad innowacyjnymi rozwiązaniami, które pojawią się zapewne w najbliższej przyszłości, także na polskim rynku.

Wprowadzane ostatnio na rynek pierwsze kuchenki, w których megatrony zastąpione zostały układami półprzewodnikowymi generującymi mikrofałe, stwarzają szansę na niespotykaną w historii kuchenek mikrofalowych rewolucję sprzętową. Konkurencja między producentami oraz efekt skali dają nadzieję na spadek cen innowacyjnych urządzeń do akceptowalnego przez szerokie rzesze konsumentów poziomu w ciągu najbliższych kilku, kilkunastu lat. Bardziej klasycznym elementem poprawy jakości ogrzewanych produktów jest postęp w zakresie zaawansowanych opakowań i naczyń w aktywny sposób poprawiających parametry ogrzewania, a co za tym idzie – finalną jakość ogrzanego produktu.

Istotnymi ograniczeniami w tym obszarze są wysokie koszty jednostkowe tego typu opakowań i naczyń oraz problemy z zagospodarowaniem, zwykle wielomateriałowych odpadów opakowaniowych.

Droga polskiego społeczeństwa do poziomu wykorzystania kuchenek mikrofalowych charakterystycznego dla wysoko rozwiniętych państw Unii Europejskiej, USA czy Japonii jest jeszcze długa. Patrząc na jej dotychczasowy przebieg, wyraźnie widać, że liczne czynniki o charakterze społecznym, kulturowym czy ekonomicznym kształtują ją w sposób znacznie odbiegający od modelu występującego we wspomnianej wyżej grupie państw oraz w państwach sąsiednich. Fakt ten stawia poważne, specyficzne dla polskiego konsumenta, wyzwania przed uczestnikami rynku kuchenek mikrofalowych, żywności przeznaczonej do ogrzewania mikrofalowego oraz opakowań. Relatywnie niskie nasycenie gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi, niski stopień zastosowania ich do ogrzewania wysokoprzetworzonej, w warunkach przemysłowych, żywności oraz duża populacja czynią ten rynek wysoce atrakcyjnym, choć bardzo wymagającym.

7. LITERATURA

- Ahrens M. (2017), *Home Fires Involving Cooking Equipment*, National Fire Protection Association, Quincy, Massachusetts.
- Alin J., Hakkarainen M. (2011), *Microwave Heating Causes Rapid Degradation of Antioxidants in Polypropylene Packaging, Leading to Greatly Increased Specific Migration to Food Simulants As Shown by ESI-MS and GC-MS*, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(10), s. 5418–5427.
- Atemimi A., Aziz S.N., Al-Hilphy A.R.S. Lakhssassi N., Watson D.G., Ibrahim S.A. (2019), *Critical review of radio-frequency (RF) heating applications in food processing*, *Food Quality and Safety*, 3, s. 81–91. DOI:10.1093/fqsafe/fyz002.
- An N., Li D., Wang L., Wang Y. (2022), *Factors affecting energy efficiency of microwave drying of foods: an updated understanding*, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Sep 22. DOI: 10.1080/10408398.2022.2124947.
- Atuonwu J.C., Tassou S.A. (2019), *Energy issues in microwave food processing: A review of developments and the enabling potentials of solid-state power delivery*, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(9), s. 1392–1407. DOI: 10.1080/10408398.2017.1408564.
- Augustyńska-Prejsnar A., Ormian M., Tobiasz-Salach R. (2019), *Quality of broiler chicken meat during frozen storage*, *Italian Journal of Food Science*, 31 (3), s. 531–541.
- Bagirathan S., Rao K., Al-Benna S., O’Boyle C.P. (2016), *Facial burns from exploding microwaved foods: Case series and review*, *Burns*, 42 s. e9–e12.

- Barska A., Brzeska J., Kozak W., Lach T., Melski K., Wasilewski T., Wyrwa J., Zalewski R. (2015), *Towaroznawstwo 2.0 w działaniu na rzecz jakości innowacji*, wyd. 1, Komisja Nauk Towaroznawczych PAN, Poznań.
- Bernaś E., Jaworska G. (2014), *Effect of microwave blanching on the quality of frozen Agaricus bisporus*, Food Science and Technology International, 21(4), s. 245–255.
- Bertrand K. (2005), *Microwavable Foods Satisfy Need for Speed and Palatability*, Food Technology, 59(1), s. 30–34.
- Bhunja K., Sablani S.S., Tang J., Rasc B. (2013), *Migration of Chemical Compounds from Packaging Polymers during Microwave, Conventional Heat Treatment, and Storage*, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12, s. 523–545.
- Bijlard E., Ketharanathan N., Cochiuș S., Mooyaart A.L., van Nieuwenhoven Ch. (2022), *Direct microwave burns in an infant: Description of burn characteristics, management and outcome*, Burns Open, 6, s.152–155
- Bloomfield L.A. (2013), *How things work. The physics of everyday life*, Wiley.
- Brown E.F. (2022), *The next-generation consumer microwave oven: a review*, Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, 56(2), s. 82–86. DOI: 10.1080/08327823.2022.2066772.
- Brown E.F., Gonzalez R.R., Burkman T., Perez T., Singh I., Reimers K.J., Birla S.L. (2020), *Comparing nutritional levels in a commercially-available single-serve meal using microwave versus conventional oven heating*, Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, 54(2), s. 99–109.
- Chandrasekaran S., Ramanathan S., Basak T. (2013), *Microwave food processing – A review*, Food Research International, 52(1), s. 243–261.

- Chen H., Tang J., Liu F. (2008), *Simulation model for moving food packages in microwave heating processes using conformal FDTD method*, Journal of Food Engineering, 88, s. 294–305.
- Chen Z., Li Y., Wang L., Liu S., Wang K., Sun J., Xu B. (2016), *Evaluation of the possible non-thermal effect of microwave radiation on the inactivation of wheat germ lipase*, J. Food Process Eng., 40(4), s. 1–11.
- Czarniecka-Skubina E., Trafiałek J., Kocon D., Pielak M. (2016), *Wykorzystanie kuchenek mikrofalowych do przygotowania potraw w polskich gospodarstwach domowych*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 6(109), s. 140–151.
- Datta A.K., Rakes V. (2013), *Principles of Microwave Combination Heating*, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12, s. 24–39.
- Deng X., Huang H., Huang S., Yang M., Wu J., Ci Z., He Y., Wu Z., Han L., Zhang D. (2022), *Insight into the incredible effects of microwave heating: Driving changes in the structure, properties and functions of macromolecular nutrients in novel food*, Frontiers Innutrition. DOI 10.3389/fnut.2022.941527.
- Dincov D.D., Parrott K.A., Pericleous K.A. (2004), *Heat and mass transfer in two-phase porous materials under intensive microwave heating*, Journal of Food Engineering, 65(3), s. 403–412.
- Dixon J.J., Burd D.A.R., Roberts D.G. (1997), *Severe burns resulting from an exploding teat on a bottle of infant formula milk heated in a microwave oven*, Burns 23(3), s. 268–269.
- Electronic Communications Committee (ECC) within the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT), *The European table of frequency allocations and applications in the frequency range 8.3 kHz to 3000 GHz (eca table)*, <https://www.ecodocdb.dk/download/2ca5fcbd-4090/ERCREP025.pdf> (dostęp: grudzień 2019).

- Erle U., Pesheck P., Lorence M. (red.) (2020), *Development of Packaging and Products for Use in Microwave Ovens*, Woodhead Publishing.
- Eskicioglu C., Terzianb N., Kennedy K.J., Droste R.L., Hamoda M. (2007), *Athermal microwave effects for enhancing digestibility of waste activated sludge*, *Water Research*, 41, s. 2457–2466.
- Euromonitor International, <https://www.euromonitor.com> (dostęp: lipiec 2020 – listopad 2021).
- Galema S.A. (1997), *Microwave Chemistry*, *Chem. Soc. Rev.*, 26, s. 233–238.
- Guzik P., Szymkowiak A., Kulawik P., Zając M., Migdał W. (2022), *The confrontation of consumer beliefs about the impact of microwave-processing on food and human health with existing research*, *Trends in Food Science & Technology*, 119, s. 110–121.
- Hanus G., *Wpływ wybranych czynników ekonomicznych, demograficznych i społeczno-kulturowych na zachowania żywieniowe konsumentów – przegląd literatury*, *Studia Ekonomiczne. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*, 330, 2017, s. 66–75.
- Hasan M.U., Malik A.U., Ali S., Imtiaz A., Munir A., Amjad W., Anwar R. (2019), *Modern drying techniques in fruits and vegetables to overcome postharvest losses: A review*, *J Food Process Preserv.*, 43:e14280. DOI: 10.1111/jfpp.14280.
- Hayward G. (1996), *Risk of injury per hour exposure to consumer products*, *Accident Analysis & Prevention*, 28(1), s. 115–121.
- Higgins K.T. (2015), *Microwave inches toward mainstream*, *Food Processing*, 3, s. 57–63.
- Hsu E.L. (2015), *The slow food movement and time shortage: Beyond the dichotomy of fast or slow*, *Journal of Sociology*, 51(3), s. 628–642. DOI: 10.1177/1440783313518250.
- Huang C-C., Yabiku S.T., Kronenfeld J.J. (2015), *The Effects of Household Technology on Body Mass Index among Chinese Adults*, *Population Research and Policy Review*, 34, s. 877–899. DOI 10.1007/s11113-015-9371-z.

- International Telecommunication Union (ITU), *Radio Regulations Articles, CHAPTER II – Frequencies, ARTICLE 5 Frequency allocations, Section IV – Table of Frequency, Allocations*, Edition of 2016.
- Jabłońska K., Sobieraj A. (2013), *Metodyka dobierania próby badawczej w naukach społecznych*, *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*, 32 (4), s. 31–36. DOI:10.12845/bitp.32.4.2013.3.
- Janowicz M., Ciurzyńska A., Zielińska M., Lenart A. (2018), „Wygodne”, *warzywne dania gotowe w ocenie konsumentów*, *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2, s. 38–43.
- Janus P., Radziejewska-Kubzdela E. (2007), *Porównanie zużycia energii, zawartości witaminy C oraz barwy kostki ziemniaczanej podczas blanszowania wodnego i mikrofalowego*, *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 17, 2, s. 58–61.
- Jeevitha G.C., Anto A., Chakkaravarthi A., Hebbar H.U. (2014), *Application of electromagnetic radiations and superheated steam for enzyme inactivation in green bell pepper*, *J. Food Process. Preserv.*, 39, 784–792. DOI: 10.1111/jfpp.12288.
- Jelodar G., Beyzaee M. (2010), *The effects of radiation leakage of microwave oven on body weight, cortisol, thyroid hormones and lipid profile in immature mice*, *Tehran University Medical Journal*, 68(3), s. 141–146.
- Jiang H., Liu Z., Wang S. (2018), *Microwave processing: Effects and impacts on food components*, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(14), s. 2476–2489. DOI: 10.1080/10408398.2017.1319322.
- Kaatze U. (1995), *Microwave dielectric properties of liquids*, *Radiation Physics and Chemistry*, 45(4), s. 549–566.
- Kesbi O.M., Rajabipour A., Omid M., Goldansaz S.H. (2018), *Determination of electric field intensity during microwave heating of selected vegetables and fruits*, *Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 52(4), s. 276–286.
- Klinbun W., Rattanadecho P. (2019), *Effects of power input and food aspect ratio on microwave thawing process of frozen food in commercial*

- oven*, Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, 53(4), s. 225–242. DOI: 10.1080/08327823.2019.1677430.
- Komarov V.V. (2012), *Handbook of Dielectric and Thermal Properties of Materials at Microwave Frequencies*, Artech House, Boston.
- Komarov V., Wang S., Tang J. (2005), *Permittivity and measurements*, w: Chang K. (red.), *Encyclopedia of RF and microwave engineering*, John Wiley and Sons, New York.
- Korzeniowska-Ginter R., Tkacz K. (2015), *Wykorzystanie kuchni mikrofalowych w gospodarstwach domowych*, Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 54(5), s. 257–258.
- Korzeniowski A., Ankiel-Homa M., Czaja-Jagielska N. (2011). *Innowacje w opakowalnictwie*, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań.
- Kozera A., Głowicka-Wołoszyn R., Stanisławska J. (2014), *Niedobory konsumpcji w gospodarstwach domowych rolników po wstąpieniu Polski do Unii Europejskiej*, Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, 16(6).
- Ku H.S., Siores E., Taube A., Ball J.A.R. (2002), *Productivity improvement through the use of industrial microwave technologies*, Computers & Industrial Engineering, 42, s. 281–290.
- Kubo M., Siguemoto E., Funcia E., Augusto P., Curet S., Boillereaux L., Sastry S., Gut J. (2020), *Non-thermal effects of microwave and ohmic processing on microbial and enzyme inactivation: a critical review*, Current Opinion in Food Science, 35, s. 36–48.
- Lassen A., Ovesen L. (1995), *Nutritional effects of microwave cooking*, Nutrition & Food Science, 4, s. 8–10.
- Lee D.S., Shin D-H., Yam K.L. (2002), *Improvement of temperature uniformity in microwave-reheated rice by optimizing heat/hold cycle*, Food Service Technology, 2(2), s. 87–93.
- Lu L., Tang J., Ran X. (1999), *Temperature and moisture changes during microwave drying of sliced food*, Drying Technology, 17(3), s. 414–431. DOI: 10.1080/07373939908917543.

- Luan D., Wang Y., Tang J., Jain D. (2017), *Frequency Distribution in Domestic Microwave Ovens and Its Influence on Heating Pattern*, Journal of Food Science, 82(2) s. 429–436.
- Mariańska M., Aniołczyk H., Mamrot P. (2017), *Kuchenki mikrofalowe – kontrola emisji i ekspozycji na pole elektromagnetyczne*, Bezpieczeństwo Pracy: Nauka i Praktyka, 12, s. 8–12.
- Melski K. (2000), *Opakowania do kuchenek mikrofalowych*, Packaging Polska, cz. 1(3), s. 36–37; cz. 2(5), s. 54–56.
- Melski K. (2007), *Release volatile substances from plastic packaging materials during microwave heating*, Towaroznawcze Problemy Jakości – Polish Journal of Commodity Science, 2, s. 53–56.
- Melski K. (2008), *Changes of microwave oven application in polish households – survey studies*, IGWT Conference – Achieving Commodity & Service Excellence in the Age of Digital Convergence, t. 2, Yong-Hak Lee, Hojung Shin – Suwon (red.), The University of Suwon, s. 573–575.
- Melski K. (2012), *Towaroznawcza ocena opakowań żywności stosowanych w technice mikrofalowej*, Wydawnictwo UEP w Poznaniu, Poznań.
- Melski K., Zalewski R. (2004), *Survey studies on application of microwaves oven in polish households*, IGWT Conference – Focusing New Century: Commodity – Trade – Environment, Rang W., Changju Y., Min J., Jianghua L., Xuzhe F., Liqin L. (red.), China Agriculture Press, Benjing, s. 563–569.
- Melski K. (2016), *Innowacje opakowaniowe potencjalnym źródłem sukcesu żywności ogrzewanej mikrofalowo*, w: H.M. Baranowska, M. Piątek (red.), *Nowoczesne technologie produkcji żywności*, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Poznań, s. 15–23.
- Ministerstwo Klimatu i Środowiska, *Zasady segregowania odpadów komunalnych*, <https://www.gov.pl/web/klimat/zasady-segregowania-odpadow-komunalnych> (odczyt: 12.04.2022).

- Modelski J.W. (2014), *Mikrofale – co przyniosły naszej cywilizacji?* Wykład z okazji nadania tytułu doktora honoris causa Politechniki Łódzkiej, <https://docplayer.pl/4024517-Mikrofale-co-przyniosly-naszej-cywilizacji.html> (odczyt: 23.11.2019).
- Nawirska-Olszańska A., Stępień B., Biesiada A., Kolniak-Ostek J., Oziembłowski M. (2017), *Rheological, chemical and physical characteristics of golden berry (*Physalis peruviana* L.) after convective and microwave drying*, *Foods*, 6(8), 60. DOI: 10.3390/foods6080060.
- Nerin C., Acosta D., Rubio C. (2002), *Potential migration release of volatile compounds from plastic containers destined for food use in microwave ovens*, *Food Additives & Contaminants*, 19(6), s. 594–601. DOI: 10.1080/02652030210123887.
- Niewczas-Dobrowolska M. (2020), *Jakość i bezpieczeństwo żywności: systemy – postawy – konsumenci*, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Kraków.
- Nowacka M., Śledź M., Wiktor A., Witrowa-Rajchert D. (2012), *Fizyczne i chemiczne właściwości produktów spożywczych suszonych z wykorzystaniem mikrofal*, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 6(85), s. 5–20.
- Park S.H., Yang J., Choi H.J., Kim K.H. (2017), *Effective Thermal Inactivation of the Spores of *Bacillus cereus* Biofilms Using Microwave*, *J. Microbiol. Biotechnol.*, 27(7), s. 1209–1215.
- Parosa R. (2007), *Mikrofale w przemyśle spożywczym*, *Przemysł Spożywczy*, (1), s. 15–19.
- Perek A., Dolata W. (2009), *Zastosowanie mikrofal do obróbki cieplnej żywności*, *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2, s. 103–108.
- Pesheck P., Lorence M. (2009), *Development of Packaging and Products for Use in Microwave Ovens*, Elsevier.
- Peyre F., Datta A., Seyler C. (1997), *Influence of the Dielectric Property on Microwave Oven Heating Patterns: Application to Food Materials*,

- Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, 32(1), s. 3–15. DOI: 10.1080/08327823.1997.11688318.
- Ptak S., Źarski S., Kapuśniak J. (2020), *Aspekty technologiczne, ekonomiczne i zdrowotne zastosowania promieniowania mikrofalowego w obróbce żywności*, Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 27, 1(122), s. 47–62.
- Piskiewicz L., Radziukiewicz M. (2018), *Zasoby dóbr trwałych w gospodarstwach domowych*, Wiadomości Statystyczne, 10(689) s. 37–55.
- Pitchai K., Birla S.L., Jones D., Subbiah J. (2012), *Assessment of heating rate and non-uniform heating in domestic microwave ovens*, Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, 46(4), s. 229–240.
- Poovarodom N., Junsrisuriyawong K., Sangmahamad R., Tangmongkollert P. (2014), *Effects of microwave heating on the migration of substances from melamine formaldehyde tableware*, Food Additives & Contaminants: Part A, 31(9), s. 1616–1624. DOI: 10.1080/19440049.2014.947638.
- Raffo A., Moneta E., Nicoli S.F., Paoletti F., (2020), *GC-olfactometric characterisation of off-odours in commercially packaged rocket leaves*, Food Packaging and Shelf Life, (25) 100540. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100632>.
- Ramesh M.N., Wolf W., Tevini D., Bognar A. (2002), *Microwave Blanching of Vegetables*, Journal of Food Science, 67(1), s. 390–398. DOI:10.1111/j.1365-2621.2002.tb11416.x.
- Ranjan S., Dasgupta N., Walia N., Chand C.T., Ramalingam C. (2017), *Microwave blanching: an emerging trend in food Engineering and its effects on Capsicum Annuum L*, Journal of Food Process Engineering, 40: e12411; VC 2016 Wiley Periodicals Inc.
- Rao M.A., Rizvi S.S.H., Datta A.K. (red.) (2014), *Engineering properties of foods*, CRC Press.
- Regier M., Knoerzer K., Shubert H. (red.) (2017), *The Microwave Processing of Foods*, wyd. II, Woodhead Publishing.

- Robinson M.R., O'Connor A., Wallace L., Connell K., Tucker K., Strickland J., Taylor J., Quinlan K., Kyran P., Gottlieb L.J. (2011), *Behaviors of Young Children Around Microwave Ovens*, *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*, 71(5), s. S534–S536.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2020 (2020), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2019 (2019), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2019 (2019), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2018 (2018), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2017 (2017), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2016 (2016), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2015 (2015), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2014 (2014), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2013 (2013), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2012 (2012), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2010 (2010), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2009 (2009), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2008 (2008), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2007 (2007), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.

- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2005 (2005), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2004 (2004), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2003 (2003), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2002 (2002), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2000 (2000), Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Sacharow S., Schiffmann R.F. (1995), *Microwave Packaging*, Pira Int., Chippenham.
- Safko L., Brake D.K. (2009), *The Social Media Bible: Tactics, Tools, and Strategies for Business Success*, John Wiley & Sons.
- Saikia S., Mahnot N.K., Mahanta C.L. (2015), *A comparative study on the effect of conventional thermal pasteurisation, microwave and ultrasound treatments on the antioxidant activity of five fruit juices*, Food Science and Technology International, 22(4), s. 288–301. DOI: 10.1177/1082013215596466.
- Shazman A., Mizrahi S., Cogan U., Shimoni E. (2007), *Examining for possible non-thermal effects during heating in a microwave oven*, Food Chemistry, 103, s. 444–453.
- Schiffmann R.F. (2013), *Microwave Ovens and Food Safety: Preparation of Not-Ready-to-Eat Products in Standard and Smart Ovens*, Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, 47 (1), s. 46–62.
- Sikorowski B. (1998), *Kuchenka mikrofalowa – budowa, zasada działania*, Serwis Elektroniki, 4, s.17–20.
- Silberman M., Jeanmonod R. (2013), *Aerodigestive Tract Burn from Ingestion of Microwaved Food*, Case Reports in Emergency Medicine, Article ID 781809, 3 pages. DOI: org/10.1155/2013/781809.
- Słownik Języka Polskiego*, PWN, 2019, <https://sjp.pwn.pl/> (dostęp: grudzień 2019).

- Sosa-Morales M.E., Valerio-Junco L., López-Malo A., García H.S. (2010), *Dielectric properties of foods: Reported data in the 21st Century and their potential applications*, LWT – Food Science and Technology, 43, s. 1169–1179.
- Stawska J. (2014), *Konkurencyjność polskiej gospodarki w kontekście ostatniego kryzysu finansowego*, Przedsiębiorczość i Zarządzanie, t. XV, z. 10, cz. I, s. 373–388.
- Surówka K. (1994), *Mikrofałe i ich zastosowanie w technologii żywności*, Żywność, Technologia, Jakość, 1, s. 13–21.
- Swift G. (2015), *Degradable polymers and plastics in landfill sites*, w: *Encyclopedia of polymer science and technology*, Wiley (publikacja online).
- Tang J., Hong Y-K, Inanoglu S., Liu F. (2018), *Microwave pasteurization for ready-to-eat meals*, Current Opinion in Food Science, 23, s. 133–141.
- Tatoń G., Kuterba P., Lisowski B., Rok T., Rokita E. (2019), *Nadwrażliwość elektromagnetyczna w Polsce – badania ankietowe*, Przegląd Elektrotechniczny, 95(12).
- Thambiraj D.F., Chounthirath T., Smith G.A. (2013), *Microwave oven-related injuries treated in hospital EDs in the United States, 1990 to 2010*, The American Journal of Emergency Medicine, 31(6), s. 958–963.
- Thansandote A., Lecuyer D.W., Gajda G.B. (2000), *Radiation leakage of before-sale and used microwave ovens*, Microwave World, 21(1), s. 4–8.
- Thanakkasaranee S., Sadeghi K., Seo J. (2022), *Packaging materials and technologies for microwave applications: a review*, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, Jan 31, s. 1–20. DOI: 10.1080/10408398.2022.2033685.
- Thostenson E.T., Chou, T.-W. (1999), *Microwave processing: fundamentals and applications*, Composites: Part A, 30, s. 105–1071.

- Tinga W.R., Eke K. (2012), *Combination microwave ovens: an innovative design strategy*, Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy, 46(4), s. 192–205.
- Ulusoy S., Üçok Alakavuk D., Mol S., Coşansu S. (2019), *Effect of microwave cooking on foodborne pathogens in fish*, J Food Process Preserv., 2019;43:e14045, wileyonlinelibrary.com. DOI: 10.1111/jfpp.14045.
- Vadivambal R., Jayas D.S. (2010), *Non-uniform Temperature Distribution During Microwave Heating of Food Materials – A Review*, Food Bioprocess Technol., 3, s. 161–171.
- Valero A., Cejudo M., García-Gimeno R.M. (2014), *Inactivation kinetics for Salmonella Enteritidis in potato omelet using microwave heating treatments*, Food Control, 43, s. 175–182.
- Venkatesh M.S., Raghavan G.S.V. (2004), *An overview of microwave processing and dielectric properties of agri-food materials*, Biosystems Engineering, 88(1), s. 1–18.
- Vollmer M. (2004), *Physics of the microwave oven*, Physics Education, 39, 1, s. 74–81.
- Wałęga A. (2010), *Wyposażenie w przedmioty trwałego użytkowania a spójność ekonomiczna gospodarstw domowych*, Nierówności Społeczne a Wzrost Gospodarczy, 17, s. 465–475.
- Wasilewska K. (2015), *Zaangażowanie seniorów w zakresie technologii informacyjno-komunikacyjnych na tle umiejętności młodszego pokolenia*, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektroniki i Informatyki Politechniki Koszalińskiej, 7, s. 101–109.
- Wolf Y., Adler N., Hauben D.J. (2001), *Exploding microwaved eggs – revisited*, Burns, 27, s. 853–855.
- www.gdansk.pl, *Zasady segregowania odpadów w Gdańsku*, https://www.czystemiasto.gdansk.pl/ZDiZGdanskFiles/file/Wrzucam_nie_wrzucam2.pdf (odczyt: 12.04.2022).

- www.poznań.pl, *Jak prawidłowo segregować odpady?*
<https://www.poznan.pl/mim/wos/-,p,4043,4050,17728.html> (odczyt: 12.04.2022).
- www.warszawa19115.pl, *Jak segregować odpady komunalne w Warszawie?* <https://warszawa19115.pl/documents/20184/3718487/Plakat+jak+segregowa%C4%87+odpady+w+Warszawie+2023.pdf> (odczyt: 12.04.2022).
- Yang R., Chen J. (2022), *Dynamic solid-state microwave defrosting strategy with shifting frequency and adaptive power improves thawing performance*, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 81, October 2022, 103157.
- Yang R., Li Q, Hu, Q. (2020), *Physicochemical properties, microstructures, nutritional components, and free amino acids of Pleurotus eryngii as affected by different drying methods*, *Sci Rep* 10, 121. DOI: 0.1038/s41598-019-56901-1.
- Yang Y., Achaerandio I., Pujolà M. (2016), *Effect of the intensity of cooking methods on the nutritional and physical properties of potato tubers*, *Food Chem.*, 197, s. 1301–1310.
- Zalega T. (2010), *Uwarunkowania zaspokojenia potrzeb w zakresie mieszkania i jego wyposażenia w gospodarstwach domowych wysoko dochodowych*, *Master of Business Administration*, 18(4), s. 57–78.
- Zalega T. (2012), *Zmiany w wyposażeniu gospodarstw domowych w dobra trwałego użytku w okresie kryzysu*, *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej*, nr 98, s. 91–108.
- Zarein M., Samadi S.H., Ghobadian B. (2015), *Investigation of microwave dryer effect on energy efficiency during drying of apple slices*, *J. Saudi Soc. Agric. Sci.*, 14(1), s. 41–47.
- Zhang W., Xu T., Yang R. (2019), *Effect of Roasting and Grinding on the Processing Characteristics and Organoleptic Properties of Sesame Butter*, *European Journal of Lipid Science & Technology*, 121(7), 121. DOI: 10.1002/ejlt.201800401.

Zhu X., Li F., Qiu Z.Z., Huang J.W. (2017), *Migration of DEHP from plastic to food simulants under microwave heating*, International Symposium on Resource Exploration and Environmental Science, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 64, 012050, s. 1–6. DOI:10.1088/1755-1315/64/1/012050.

8. ANEKS

Aneks A1. Kwestionariusz ankiety

ANKIETA – CZĘŚĆ WŁAŚCIWA

1. Czy posiada Pani/Pan w swoim gospodarstwie domowym kuchenkę mikrofalową?

Tak Nie*

* – W przypadku udzielenia odpowiedzi „Nie” proszę przejść do pytania nr 12.

2. Od jakiego czasu posiada Pani/Pan kuchenkę mikrofalową?

Poniżej 1 roku 2–3 lata 4–5 lat Powyżej 5 lat

3. Jakiej firmy kuchenkę mikrofalową Pani/Pan posiada?

Daewoo Electrolux LG Panasonic
 Samsung Whirlpool Zanussi Innej (jakiej?)

.....

4. Czy Pani/Pana kuchenka posiada sterowanie elektroniczne?

Tak Nie Nie wiem

5. Jaka moc mikrofal dysponuje Pani/Pana kuchenka?

700 W 750 W 800 W 850 W
 900 W 1000 W Nie wiem Inną (jaką?)

.....

6. Jakie funkcje posiada Pani/Pana kuchenka?

(Proszę zaznaczyć dowolną liczbę odpowiedzi)

- Grill
- Rozmrażanie
- Termoobieg
- Utrzymanie posiłku w stanie ciepłym
- Opiekanie „na chrupko”
- Inne (jakie?)

7. Jak często korzysta Pani/Pan z kuchenki mikrofalowej?

- Więcej niż trzy razy dziennie
- Dwa, trzy razy dziennie
- Raz dziennie
- Raz na dwa, trzy dni
- Sporadycznie

8. Do jakich zadań wykorzystuje Pani/Pan kuchenkę mikrofalową?

(Proszę zaznaczyć dowolną liczbę odpowiedzi)

- Gotowanie posiłków
- Rozmrażanie żywności
- Podgrzewanie uprzednio przygotowanych posiłków
- Podgrzewanie gotowych zestawów obiadowych
- Przygotowywanie przekąsek typu *fast food*
- Inne(jakie?).....

9. W jakiego rodzaju pojemnikach ogrzewa Pani/Pan żywność w kuchence mikrofalowej?

(Proszę zaznaczyć dowolną liczbę odpowiedzi)

- Naczynia metalowe
- Naczynia szklane
- Naczynia z tworzyw sztucznych
- Opakowania metalowe (w tym folia Al)
- Opakowania szklane
- Opakowania z tworzyw sztucznych
- Inne (jakie?).....

10. Jak często używa Pani/Pan w kuchence mikrofalowej wielokrotnie tych samych opakowań jednorazowych?

- Bardzo często
- Często
- Sporadycznie
- Nie używam

11. Jak często przy zakupie żywności przeznaczonej do kuchenki mikrofalowej zwraca Pani/Pan uwagę na informacje zawarte na opakowaniu?

- Zawsze
- Bardzo często
- Często
- Sporadycznie
- Nigdy

12. Które z wymienionych cech uważa Pani/Pan za zalety płynące z użytkowania kuchenek mikrofalowych?

(Proszę zaznaczyć maksymalnie trzy odpowiedzi)

- Bezpieczeństwo eksploatacji kuchenki
- Ekologia
- Higiena
- Smak przygotowanych posiłków
- Szybkość przyrządzenia posiłków
- Wartość odżywcza posiłków
- Właściwości zdrowotne posiłków
- Wygoda
- Inne (jakie?).....

13. Które z wymienionych cech uważa Pani/Pan za wady płynące z użytkowania kuchenek mikrofalowych?

(Proszę zaznaczyć maksymalnie trzy odpowiedzi)

- Bezpieczeństwo eksploatacji kuchenki
- Ekologia
- Higiena
- Smak przygotowanych posiłków
- Szybkość przyrządzenia posiłków
- Wartość odżywcza posiłków
- Właściwości zdrowotne posiłków
- Wygoda
- Inne (jakie?).....

14. W którym z zakresów fal elektromagnetycznych umieścił(a)by Pan(i) mikrofałe?

- Fale akustyczne
- Fale ultradźwiękowe
- Fale radiowe
- Promieniowanie podczerwone
- Promieniowanie widzialne
- Promieniowanie ultrafioletowe
- Promieniowanie rentgenowskie
- Nie wiem

15. W którym z podanych urządzeń znalazły zastosowane mikrofałe?

(Proszę zaznaczyć dowolną liczbę odpowiedzi)

- Ekspres do kawy
- Komputer
- Kuchenka mikrofalowa
- Radar
- Radio
- Telefon komórkowy
- Telewizja
- W innym urządzeniu (jakim?).....
- Nie wiem

16. Jaki Pani/Pana zdaniem jest wpływ mikrofal na organizm ludzki?

- Silnie szkodliwy
- Szkodliwy
- Obojętny

- Niekorzystny
- Korzystny
- Nie mam zdania

17. Czy interesuje się Pani/Pan badaniami na temat wpływu żywności ogrzewanej mikrofalowo na zdrowie człowieka?

- Tak
- Sporadycznie
- Nie

18. Jaki wpływ według Pani/Pana opinii ma na zdrowie konsumenta rodzaj tworzywa sztucznego, w którym ogrzewa on żywność?

- Bardzo duży
- Znaczący
- Znikomy
- Żaden
- Nie mam zdania

METRYCZKA

- Kobieta Mężczyzna

- | Wiek | Miejsce zamieszkania | Wykształcenie |
|---|--|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 20–29 lat | <input type="checkbox"/> wieś | <input type="checkbox"/> podstawowe |
| <input type="checkbox"/> 30–39 lat | <input type="checkbox"/> miasto poniżej 10 tys. | <input type="checkbox"/> zawodowe |
| <input type="checkbox"/> 40–50 lat | <input type="checkbox"/> miasto 10–200 tys. | <input type="checkbox"/> średnie |
| <input type="checkbox"/> powyżej 50 lat | <input type="checkbox"/> miasto powyżej 200 tys. | <input type="checkbox"/> wyższe |

Liczba osób w gospodarstwie domowym:

Aneks A2. Struktura próby badanej

Płeć	N	Wiek (lata)	N	Miejsce zamieszkania	N
kobieta	313	20–29	44	wieś	19
				miasto < 10 tys. mieszkańców	3
				miasto 10–200 tys. mieszkańców	14
				miasto >200 tys. mieszkańców	9
		30–39	60	wieś	26
				miasto < 10 tys. mieszkańców	4
				miasto 10–200 tys. mieszkańców	19
				miasto > 200 tys. mieszkańców	11
		40–50	60	wieś	26
				miasto < 10 tys. mieszkańców	4
				miasto 10–200 tys. mieszkańców	19
				miasto > 200 tys. mieszkańców	11
		50+	150	wieś	64
				miasto < 10 tys. mieszkańców	8
				miasto 10–200 tys. mieszkańców	47
				miasto > 200 tys. mieszkańców	29
mężczyzna	287	20–29	46	wieś	20
				miasto < 10 tys. mieszkańców	3
				miasto 10–200 tys. mieszkańców	15
				miasto > 200 tys. mieszk.	9
		30–39	61	wieś	26
				miasto < 10 tys. mieszkańców	4
				miasto 10–200 tys. mieszkańców	19
				miasto > 200 tys. mieszkańców	12

Płeć	N	Wiek (lata)	N	Miejsce zamieszkania	N
mężczyzna	287	40–50	60	wieś	26
				miasto < 10 tys. mieszkańców	4
				miasto 10–200 tys. mieszkańców	19
				miasto > 200 tys. mieszkańców	12
		50+	119	wieś	50
				miasto < 10 tys. mieszkańców	7
				miasto 10–200 tys. mieszkańców	38
				miasto > 200 tys. mieszkańców	23

9. SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1. Pasma spektrum fal elektromagnetycznych	13
Rysunek 2. Przybliżone wartości głębokości wnikania d_c dla wybranych materiałów przy częstotliwości 2,45 GHz, w temp. 20°C – jeśli nie podano inaczej	17
Rysunek 3. Zależność względnej przenikalności elektrycznej wody od temperatury	19
Rysunek 4. Mechanizm ogrzewania mikrofalowego	21
Rysunek 5. Budowa kuchenki mikrofalowej	24
Rysunek 6. Nasycenie gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi w latach 1998–2019	40
Rysunek 7. Nasycenie gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi w wybranych krajach w roku 2019	41
Rysunek 8. Dynamika nasycenia gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi w wybranych państwach w latach 2005– 2019	43
Rysunek 9. Dynamika nasycenia gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi w wybranych państwach Europy Zachodniej w latach 2005–2019	44
Rysunek 10. Dynamika nasycenia gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi w wybranych państwach byłego Bloku Wschodniego w latach 2005–2019	45
Rysunek 11. Dynamika zmian nasycenia gospodarstw domowych kuchenkami mikrofalowymi w latach 1998–2019	47

Rysunek 12. Odsetek gospodarstw domowych posiadających kuchenkę mikrofalową z podziałem ze względu na główne źródło dochodów w latach 1998–2019	49
Rysunek 13. Odsetek respondentów deklarujących posiadanie kuchenki mikrofalowej w swoim gospodarstwie domowym z podziałem na miejsce zamieszkania	56
Rysunek 14. Okres posiadania kuchenki mikrofalowej w gospodarstwach domowych respondentów	57
Rysunek 15. Częstość użytkowania kuchenki mikrofalowej w gospodarstwach domowych respondentów	58
Rysunek 16. Podstawowe operacje kulinarne prowadzone w kuchenkach mikrofalowych	60
Rysunek 17. Rozkład podstawowych operacji kulinarnych prowadzonych w kuchenkach mikrofalowych w zależności od płci respondentów	61
Rysunek 18. Rozkład podstawowych operacji kulinarnych prowadzonych w kuchenkach mikrofalowych w odniesieniu do średniej wartości wskazań danego parametru w zależności od wieku respondentów; σ – odchylenie standardowe od średniej wartości wskazanych parametrów	63
Rysunek 19. Rozkład podstawowych operacji kulinarnych prowadzonych w kuchenkach mikrofalowych w odniesieniu do średniej wartości wskazań danego parametru w zależności od wieku respondentów; σ – odchylenie standardowe od średniej wartości wskazanych parametrów	64
Rysunek 20. Zalety kuchenek mikrofalowych z podziałem na osoby posiadające i nieposiadające kuchenki mikrofalowej w gospodarstwie domowym	69
Rysunek 21. Zalety kuchenek mikrofalowych z podziałem na miejsce zamieszkania respondentów	71
Rysunek 22. Zalety kuchenek mikrofalowych z podziałem na wiek respondentów	72

Rysunek 23. Odsetek negatywnych ocen smaku produktów przygotowywanych w kuchence mikrofalowej z podziałem na wiek respondentów	74
Rysunek 24. Odsetek negatywnych ocen smaku produktów przygotowywanych w kuchence mikrofalowej z podziałem na miejsce zamieszkania respondentów	75
Rysunek 25. Najczęściej wskazywane wady ogrzewania mikrofalowego żywności	79
Rysunek 26. Ocena bezpieczeństwa użytkowania kuchenki mikrofalowej	84
Rysunek 27. Ocena higieny użytkowania kuchenki mikrofalowej.....	87
Rysunek 28. Wypadkowa ocena higieny użytkowania kuchenki mikrofalowej w zależności od intensywności użytkowania	88
Rysunek 29. Ocena ekologii użytkowania kuchenki mikrofalowej....	91
Rysunek 30. Naczynia (N) i opakowania (O) stosowane w mikrofalówkach	96
Rysunek 31. Ponowne wykorzystanie opakowań do mikrofalowego ogrzewania żywności.....	97
Rysunek 32. Odsetek respondentów posiadających kuchenki mikrofalowe, którzy deklarują kupowanie żywności przeznaczonej do ogrzewania w kuchence mikrofalowej, z podziałem na płeć.....	99
Rysunek 33. Odsetek respondentów posiadających kuchenki mikrofalowe, którzy deklarują kupowanie żywności przeznaczonej do ogrzewania w kuchence mikrofalowej, z podziałem na grupy wiekowe.....	100
Rysunek 34. Częstość zwracania uwagi na informacje dotyczące ogrzewania mikrofalowego zawarte na opakowaniu produktów przez osoby kupujące produkty z tego asortymentu w zależności od miejsca zamieszkania	101
Rysunek 35. Częstość zwracania uwagi na informacje dotyczące ogrzewania mikrofalowego na opakowaniu produktów przez osoby kupujące produkty z tego asortymentu	103

Rysunek 36. Wpływ płci konsumentów na częstość zwracania uwagi na informacje dotyczące ogrzewania mikrofalowego zawarte na opakowaniu produktów	104
Rysunek 37. Wpływ wieku konsumentów na częstość zwracania uwagi na informacje dotyczące ogrzewania mikrofalowego zawarte na opakowaniu produktów	105
Rysunek 38. Ocena wpływu rodzaju tworzywa sztucznego, z którego wykonane są opakowania używane w ogrzewaniu mikrofalowym na zdrowie konsumenta	106
Rysunek 39. Zakres fal, w którym mieszczą się mikrofałe w opinii respondentów (pominięto odpowiedzi „nie wiem”, które stanowiły 37,1%)	111
Rysunek 40. Wskazania mikrofał jako fal radiowych w zależności od wieku respondentów	112
Rysunek 41. Wskazania mikrofał jako fal radiowych w zależności od miejsca zamieszkania.....	113
Rysunek 42. Wskazania mikrofał jako fal radiowych w zależności od wykształcenia respondentów	114
Rysunek 43. Urządzenia wykorzystujące mikrofałe wskazane przez respondentów	116
Rysunek 44. Urządzenia wykorzystujące mikrofałe wskazane przez respondentów	117
Rysunek 45. Cztery najczęściej wskazywane urządzenia wykorzystujące mikrofałe, podział w zależności od wieku respondentów	119
Rysunek 46. Cztery najczęściej wskazywane urządzenia wykorzystujące mikrofałe, podział w zależności od miejsca zamieszkania respondentów	120
Rysunek 47. Cztery najczęściej wskazywane urządzenia wykorzystujące mikrofałe, podział w zależności od wykształcenia respondentów	121

Rysunek 48. Ocena wpływu promieniowania mikrofalowego na organizm ludzki	123
Rysunek 49. Ocena wpływu promieniowania mikrofalowego na organizm ludzki w zależności od posiadania kuchenki mikrofalowej w gospodarstwie domowym	124
Rysunek 50. Czynniki wpływające na właściwości sensoryczne produktów spożywczych ogrzewanych w kuchenkach mikrofalowych.....	127
Rysunek 51. Rozwój funkcji żywności wygodnej przeznaczonej do ogrzewania w kuchenke mikrofalowej w funkcji właściwości opakowania	133
Rysunek 52. Wpływ zastosowania susceptorów na właściwości sensoryczne produktów spożywczych ogrzewanych w kuchenkach mikrofalowych	134

10. SPIS TABEL

Tabela 1. Orientacyjne wartości względnej przenikalności elektrycznej wybranych materiałów (2,45 GHz, 25°C)	15
Tabela 2. Orientacyjne wartości względnej przenikalności elektrycznej wybranych produktów spożywczych (2,45 GHz, 20–25°C)	15

Dr hab. inż. Krzysztof Melski

Profesor UEP, kierownik Katedry Przyrodniczych Podstaw Jakości w Instytucie Nauk o Jakości Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu. Absolwent Wydziału Towaroznawstwa Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, obecnie Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, z którym związany jest od początku lat 90. XX w.

Autor lub współautor ponad sześćdziesięciu prac naukowych, głównie z zakresu wykorzystania kuchenek mikrofalowych, opakowań produktów przeznaczonych do ogrzewania mikrofalowego, oddziaływania promieniowania jonizującego z materiałami opakowaniowymi, a także biodegradowalnych materiałów opakowaniowych.

Exante Wydawnictwo Naukowe

WWW: exante.com.pl

ISBN 978-83-66187-97-9 (PDF)

ISBN 978-83-66187-96-2 (oprawa miękka)