

Zastosowanie olejków eterycznych w przetwórstwie mięsa

ŁUKASZ DROZD, KRZYSZTOF SZKUCIK, MONIKA ZIOMEK,
WALDEMAR PASZKIEWICZ, ZBIGNIEW BEŁKOT

Katedra Higieny Żywności Zwierzęcego Pochodzenia, Wydział Medycyny Weterynaryjnej,
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 12, 20-033 Lublin

Otrzymano 24.01.2024

Zaakceptowano 07.02.2024

Drozd Ł., Szkucik K., Ziomek M., Paszkiewicz W., Bełkot Z.

The use of essential oils in meat processing

Summary

Essential oils are natural plant products with rich chemical composition and various properties. They are obtained by extraction from plant parts such as flowers, buds, stems, twigs, seeds, fruits, roots, bark and leaves. They contain over sixty organic compounds with low molecular weight, including: phenolic and terpene compounds, aliphatic alcohols, aldehydes, ketones, acids and isoflavonoids. The composition, concentration and proportions of chemical components in essential oils determine their properties. Essential oils have a significant impact on living organisms, including antiviral, antibacterial, antifungal, antiparasitic, anti-inflammatory and antioxidant properties. Depending on the concentration used, essential oils positively or negatively affect the sensory properties of meat products. It is important to obtain a sensorially acceptable concentration of essential oil in the product, which will also ensure effective antimicrobial activity. By applying several essential oils at the same time or using other preservatives or preservation and packaging methods with them, a synergistic effect can be achieved, thanks to which the concentration of the essential oil in the product can be reduced. Factors that can influence the antimicrobial effect of essential oils in food products include: food structure, composition, pH, storage conditions and the type of saprophytic microbiota in the product. Essential oils can have a positive impact on the microbiological quality of food and can be used in the food industry as a factor inhibiting the growth of saprophytic microorganisms that affect the durability of food and pathogenic bacteria that cause food poisoning.

Keywords: essential oils, meat, meat products, antimicrobial activity

Jedną z najczęstszych metod konserwacji mięsa jest zastosowanie syntetycznych środków konserwujących (32). Szeroka gama dodatków chemicznych wykorzystywana w przemyśle mięsnym, zapewnia poprawę trwałości produktów podczas ich przechowywania w temperaturach chłodniczych (72). Do syntetycznych dodatków często stosowanych w przemyśle mięsnym należą: chlorki, siarczany, azotany, kwas mlekowy, askorbinowy i sorbinowy (19). Tymczasem, niektóre z nich ze względu na działanie toksyczne, a nawet rakotwórcze mogą mieć negatywny wpływ na zdrowie konsumentów. Z tego względu konserwowanie mięsa substancjami chemicznymi staje się niepożądane przez konsumentów ze względu na ich szkodliwe oddziaływanie na zdrowie (81). Obecnie poszukiwane są naturalne substancje pochodzenia roślinnego mogące stanowić alternatywę dla konserwantów syntetycznych (1). Wśród nich szczególną uwagę zwrócono na

olejki eteryczne, które nie tylko mogą stanowić skuteczne i naturalne konserwanty, ale również poprawiają smak i aromat, są hipoalergiczne, działają przeciwutleniająco, a nawet przeciwnowotworowo (6, 66, 68, 81).

Mięso i produkty mięsne ze względu na ich właściwości fizyczne i skład chemiczny są bardzo podatne na rozkład (81, 84). Dodatkowo na trwałość mięsa i produktów mięsnych wpływa wiele czynników środowiskowych oraz warunki higieniczne podczas procesu produkcyjnego, przechowywania i transportu (19, 84). Jakość mikrobiologiczna produktów mięsnych zależy od ilości i jakości pierwotnego zanieczyszczenia surowców, a następnie od rodzaju zastosowanej metody konserwacji.

Rosnąca troska o bezpieczeństwo żywności powoduje wzrost zainteresowania naturalnymi środkami przeciwdrobnoustrojowymi jako konserwantami mającymi istotny wpływ na rozwój zarówno mikroflory

saprofitycznej, jak i patogenów przenoszonych przez żywność (53). Istotne zatem staje się znalezienie naturalnych dodatków do żywności o szerokim zakresie właściwości przeciwdrobnoustrojowych i potencjalnie poprawiających jakość, w tym także cechy sensoryczne, a przede wszystkim trwałość produktów mięsnych (30). Dodatek olejków eterycznych do produktów pochodzenia zwierzęcego może poprawić jakość i bezpieczeństwo mikrobiologiczne tych produktów, i z tego względu mogą one być zastosowane jako skuteczne, naturalne konserwanty (52). Przeprowadzono wiele badań, które wykazały działanie przeciwdrobnoustrojowe olejków eterycznych w mięsie i produktach mięsnych oraz w mleku i rybach (7, 10, 25, 53, 66).

Olejki eteryczne zależnie od zastosowanego stężenia mogą poprawiać właściwości sensoryczne produktów mięsnych i ich ogólną akceptowalność albo wprost przeciwnie, mogą nadawać niepożądany smak lub nawet, w wysokich stężeniach, działać toksyczne (83). Ponieważ zbyt duże stężenie olejków eterycznych może negatywnie wpływać na cechy sensoryczne produktów mięsnych, prowadzone są badania mające na celu rozwiązanie tego problemu. Skuteczne przeciwdrobnoustrojowe działanie niższych stężeń olejków można uzyskać dzięki jednoczesnemu zastosowaniu innych związków przeciwdrobnoustrojowych lub wprowadzając je do folii ochronnych albo jadalnych powłok, w celu uzyskania efektu synergistycznego. Zastosowanie nowych technologii w aplikacji olejków eterycznych zwiększa ich biodostępność oraz ogranicza negatywny wpływ na cechy sensoryczne (23, 26, 56).

Charakterystyka olejków eterycznych

Olejki eteryczne to naturalne produkty roślinne o bogatym składzie chemicznym i różnorodnych właściwościach biologicznych. Uważa się, że termin „olejek eteryczny” pochodzi od słów Paracelsusa von Hohenheima, który nazwał w XVI w. skuteczny składnik leku *Quinta essentia* (34). Olejki eteryczne były używane przez ludzi od tysiącleci (9). Stosowano je w Indiach, na Bliskim Wschodzie, w Afryce Północnej i Europie. Początki wykorzystania związków aromatycznych miały miejsce w starożytnych Indiach 7 tys. lat temu. Najstarsze znane dowody na izolację olejków eterycznych z roślin pochodzą sprzed 5 tys. lat. Między 3000 a 2000 r. p.n.e. Egipcjanie wykorzystywali do leczenia chorych intensywnie aromatyczne rośliny. Z kolei Persowie jako pierwsi zastosowali hydrodestylację olejków eterycznych w 1000 r. p.n.e. (64). Substancje aromatyczne były również popularne w starożytnym Rzymie, Grecji, na Bliskim i Dalekim Wschodzie. Terapeutyczne i odstraszające właściwości roślin aromatycznych zostały uznane również w Europie, a badania nad olejkami eterycznymi były prowadzone już w okresie renesansu (82). Szacuje

się, że znane są trzy tysiące różnego rodzaju olejków eterycznych, z których około trzysta ma znaczenie handlowe, jako substancje smakowo-zapachowe (14). Olejki eteryczne występują w postaci płynnej lub stałej w temperaturze pokojowej, mają barwę od jasnożółtej do ciemnobrązowej, a dodatkowo muszą być przechowywane w hermetycznych pojemnikach w ciemności, aby zapobiec zmianom składu (8). Najczęściej są to lotne, aromatyczne, oleiste ciecze, które w środowisku naturalnym chronią rośliny przed różnymi patogennymi mikroorganizmami, odstraszają owady, a nadając roślinom nieprzyjemny smak ograniczają zainteresowanie nimi zwierząt roślinożernych (46). Potwierdzono znaczący wpływ olejków eterycznych na organizmy żywe. Wykazano działania: przeciwwirusowe, przeciwbakteryjne, przeciwgrzybicze, owadobójcze, przeciw pasożytnicze, przeciwzapalne, przeciwmutagenne, przeciwnowotworowe i przeciwutleniające (2, 12, 43, 55).

Do najpowszechniejszych technik ekstrakcji olejków eterycznych z roślin zalicza się: destylację wodną i parową, ekstrakcję rozpuszczalnikiem, tworzenie wywaru oraz fermentację (22, 60). Destylacja z parą wodną jest najczęściej stosowaną metodą komercyjnego wytwarzania olejków eterycznych. Ekstrakcja za pomocą ciekłego dwutlenku węgla w niskiej temperaturze i pod wysokim ciśnieniem daje za to bardziej naturalny profil organoleptyczny, ale jest metodą znacznie droższą (50). Różnica w profilu organoleptycznym wskazuje na możliwą różnicę w składzie olejków otrzymywanych przez ekstrakcję rozpuszczalnikową w przeciwieństwie do destylacji, co może również wpływać na właściwości przeciwdrobnoustrojowe. Olejki ekstrahowane heksanem wykazują większą aktywność przeciwdrobnoustrojową niż te destylowane z parą wodną (54).

Skład olejków eterycznych

Olejki eteryczne to aromatyczna mieszanina lotnych związków lipofilnych, do których należą: związki fenolowe i terpenowe, alkohole alifatyczne, aldehydy, ketony, kwasy i izoflawonoidy. Skład chemiczny olejków eterycznych determinuje ich właściwości, a tym samym sposób oddziaływania na mikroorganizmy (57). Olejki eteryczne są otrzymywane z różnych części roślin, w tym kwiatów, pąków, łodyg, gałązek, nasion, owoców, korzeni, kory i liści (8, 37). Właściwości przeciwdrobnoustrojowe olejków eterycznych zależą w dużej mierze od takich czynników, jak: gatunek rośliny, położenie geograficzne i warunki klimatyczne uprawy, sezon zbiorów oraz czynniki środowiskowe w regionie wzrostu rośliny (3, 45). Również sposób ekstrakcji, rodzaj rozpuszczalnika i zastosowane parametry (temperatura, czas) wpływają na ilość i rodzaj związków chemicznych, jakie będą obecne w olejku eterycznym (57, 76). Z tych względów otrzymywanie

olejków eterycznych o powtarzalnym składzie, a tym samym również właściwościach przeciwdrobnoustrojowych może być trudne (1, 3, 29, 37, 45). Uważa się, że olejki eteryczne wytworzone z roślin zbieranych podczas lub bezpośrednio po kwitnieniu mają najsilniejszą aktywność przeciwdrobnoustrojową (47).

Olejki eteryczne mogą składać się z ponad sześćdziesięciu składników organicznych o niskiej masie cząsteczkowej i dużych różnicach w działaniu przeciwdrobnoustrojowym i przeciwtleniającym (13, 37). Główne grupy związków obecnych w olejkach eterycznych to terpeny i terpenoidy oraz związki aromatyczne (fenylopropanoidy). Terpeny są węglowodorami składającymi się z kilku jednostek izoprenowych, a terpeny zawierające w budowie chemicznej tlen nazywane są terpenoidami. Przykładami terpenów obecnych w olejkach są: p-cymen, terpinen, limonen, sabinen i pinen. Terpenoidy można podzielić na: alkohole, estry, aldehydy, ketony, etery i fenole (11). Przykładami terpenoidów są: eraniol, mentol, linalol, cytronellol, karwon, tymol, karwakrol, octan geranylu i octan eugenylu. Do najważniejszych fenylopropanoidów w olejkach eterycznych zalicza się: aldehyd i alkohol cynamonowy, chawikol, eugenol, estragol, eugenole metylu i cynamonian metylu (4, 37, 39).

Do głównych związków przeciwdrobnoustrojowych zawartych w ekstraktach i olejkach eterycznych należą karwakrol, tymol, cytral, eugenol i ich prekursorzy (21). Im większa ilość związków fenolowych w olejku eterycznym, tym silniejsze będą jego właściwości antybakteryjne wobec drobnoustrojów (15). Wykazano również, że olejki eteryczne o wysokiej zawartości takich związków, jak cytral, eugenol oraz aldehyd cynamonowy również mają silne działanie przeciwdrobnoustrojowe (63, 74).

Cechy organoleptyczne olejków eterycznych

Wiele olejków eterycznych posiada charakterystyczne cechy smakowo-zapachowe, które nie zawsze są akceptowane przez konsumentów. Natężenie cech sensorycznych olejków eterycznych w żywności zależy od ich składu oraz stężenia zastosowanego w produkcie. Ponadto ze względu na interakcję ze związkami zawartymi w żywności, skuteczność olejków eterycznych w badaniach *in vitro* jest wyższa niż w produktach spożywczych, dlatego niezbędne jest stosowanie wysokich stężeń olejków i ich składników, aby uzyskać działanie przeciwdrobnoustrojowe w żywności (8, 57, 71). Jednak zastosowanie wysokich stężeń olejków eterycznych w produktach spożywczych może spowodować negatywne zmiany sensoryczne w żywności, dlatego też zaleca się stosowanie niektórych olejków do pikantnych potraw i produktów mięsnych z dodatkiem ziół i przypraw (33, 37). Skłania to do rozważenia zastosowania olejków eterycznych w połączeniu z substancjami konserwującymi, w celu uzyskania efektu

synergicznego, co pozwoliłoby na osiągnięcie lepszej aktywności przeciwdrobnoustrojowej przy niższym stężeniu i uniknięciu niepożądanych skutków dla cech sensorycznych produktów (56).

Olejki eteryczne jako substancje przeciwdrobnoustrojowe

Skuteczność olejków eterycznych w hamowaniu wzrostu drobnoustrojów jest związana z ich działaniem bakteriostatycznym oraz bakteriobójczym (29). Czynniki wpływające na aktywność przeciwdrobnoustrojową olejków to lipofilowy charakter ich szkieletu węglowodorowego i hydrofilowy charakter ich grup funkcyjnych. Działanie przeciwdrobnoustrojowe danego olejku eterycznego można przypisać jego głównym składnikom. Szczególna aktywność w tym zakresie przypisywana jest składnikom fenolowym, takim jak karwakrol, eugenol i tymol (17, 67). Efekty wywierane przez związki fenolowe zależą od ich stężenia. W niskich stężeniach fenole wpływają na aktywność enzymatyczną, szczególnie enzymów uczestniczących w procesach przemian energetycznych, natomiast w wysokich stężeniach związki te powodują denaturację białek (13). Obecność grup hydroksylowych w związkach fenolowych jest bardzo istotna dla ich działania przeciwdrobnoustrojowego. Aktywność przeciwdrobnoustrojowa składników olejków eterycznych, począwszy od tych najsilniej działających, jest następująca: fenole, aldehydy, ketony, alkohole, etery i węglowodory (41). Pełne olejki eteryczne mają większą aktywność przeciwdrobnoustrojową niż ich główne składniki razem, co sugeruje, iż niektóre składniki, występujące w mniejszej ilości mogą wzmacniać działanie głównych związków chemicznych zawartych w olejkach (49).

Składniki olejków mogą degradować ścianę komórkową, zaburzać podwójną warstwę fosfolipidową błony cytoplazmatycznej i uszkadzać białka błonowe, prowadząc do zwiększonej przepuszczalności błony komórkowej i utraty składników komórkowych. Mechanizmy działania olejków eterycznych obejmują również zmniejszenie siły napędowej protonów, przepływ elektronów, transport aktywny oraz koagulację zawartości komórki (13). Ponadto olejki te mogą osłabiać różne systemy enzymatyczne, jak syntezę ATP oraz innych składników strukturalnych, jak również dezaktywować lub niszczyć materiał genetyczny (13, 72).

Ważną cechą olejków i ich składników jest hydrofobowość, która umożliwia ich przenikanie do lipidów błon komórkowych bakterii i mitochondriów, co z kolei prowadzi do znacznych zmian w funkcjonalności, przepuszczalności, stabilności i składzie błony komórkowej (39, 44). W konsekwencji olejki eteryczne zwiększają przepuszczalność błon komórek bakteryjnych, zakłócają ich normalną aktywność, indu-

kują różne zmiany morfologiczne i fizjologiczne, hamują oddychanie, wymianę składników odżywczych, syntezę białek, aktywność enzymatyczną i zmieniają procesy transportu jonów (18). Rozpad błony bakteryjnej powoduje wyciek i utratę RNA, rybosomów, białek i jonów oraz zakłóca gradient jonowy, który jest kluczowy dla przeżycia komórek drobnoustrojów (5). Chociaż ten ograniczony wyciek jest tolerowany przez bakterie, to wpływa na ich aktywność, a utrata dużej ilości składników komórkowych lub jonów i innych niezbędnych cząsteczek powoduje śmierć komórki (13). Obecny w wysokich stężeniach w komórkach jon potasowy (K^+) jest krytycznym kationem dla bakterii, niezbędnym dla utrzymania równowagi osmotycznej, pH, metabolizmu glukozy, zużycia tlenu i aktywacji enzymów komórkowych. Utrata potasu, spowodowana uszkodzeniem błony komórkowej przez olejki eteryczne, prowadzi do śmierci komórki. Olejki eteryczne destabilizują także strukturę błony komórkowej, zakłócając działanie pompy protonowej, czego następstwem jest niekontrolowany przepływ jonów wodorowych (H^+) skutkujący zakłóceniem wewnątrzkomórkowego pH i hamowaniem zależnego od jonów wodorowych transportu substancji chemicznych (15).

Błona komórkowa bakterii bierze również udział w transdukcji energii. Produkcja i hydroliza ATP zależą od potencjału błony i siły napędowej protonów, a te są redukowane przez lipofilowe składniki olejków eterycznych. Olejki eteryczne powodują zakłócenie syntezy ATP przez uszkodzone błony komórkowe, a także znaczącą utratę ATP przez komórki bakteryjne, co prowadzi do niedoborów energetycznych i śmierci bakterii (4, 31). Olejki eteryczne powodują zmiany w strukturze i składzie błony komórkowej co skutkuje zaburzeniem funkcji niektórych enzymów bakteryjnych, takich jak: ATP-azy, transferazy czy oksydoreduktazy, a także białek kanałowych i innych białek biorących udział w oddychaniu i metabolizmie komórkowym. Składniki olejków eterycznych, takie jak karwakrol, tymol i eugenol koagulują zawartość komórek i hamują enzymy ważne dla przemian metabolicznych zachodzących w bakteriach (1).

Skuteczność olejków eterycznych w hamowaniu wzrostu drobnoustrojów zależy także od etapu rozwoju komórki bakteryjnej, dzielące się komórki są bardziej podatne na działanie olejków ze względu na zwiększoną przepuszczalność ich błon komórkowych (15).

Czynniki wpływające na przeciwdrobnoustrojowe działanie olejków eterycznych

Czynnikiem wpływającym na działanie przeciwdrobnoustrojowe olejków eterycznych w produktach spożywczych są: struktura żywności, skład, pH, warunki przechowywania oraz rodzaj mikrobioty saprofitycznej (75). Interakcja olejków eterycznych ze składnikami żywności może zmniejszać ich skuteczność

(1, 40, 69). Woda, tłuszcz, węglowodany, białko i sole mają istotny wpływ na działanie olejków eterycznych w żywności. Większa dostępność składników odżywczych w produktach mięsnych umożliwia bakteriom szybszą naprawę uszkodzonych komórek (42).

Wysoki poziom tłuszczu i białka w produktach mięsnych chroni bakterie przed działaniem olejków eterycznych, które rozpuszczając się w fazie lipidowej produktów spożywczych, mają mniejszy wpływ na bakterie obecne w fazie wodnej produktu (75, 79). Duże ilości tłuszczu i białka mają szczególny wpływ na zmniejszenie właściwości przeciwdrobnoustrojowych olejków, ponieważ wiążą lotne składniki olejków eterycznych (73). Z kolei niższa zawartość wody w produktach spożywczych w porównaniu z warunkami *in vitro* pomaga zapobiegać przenikaniu przeciwbakteryjnych składników olejków eterycznych w kierunku obszaru docelowego w komórce bakteryjnej (39, 69).

Ponadto czynniki fizyczne, takie jak: pH, aktywność wody (a_w), temperatura, a nawet rodzaj opakowania pełnią istotną rolę w utrzymaniu właściwej jakości produktów spożywczych, jak również mają wpływ na działanie olejków eterycznych (37, 39, 40). Wrażliwość bakterii na olejki eteryczne wzrasta wraz ze spadkiem pH, ilości tlenu i temperatury (69). Przy niskim pH hydrofobowość olejków eterycznych wzrasta, dzięki czemu łatwo rozpuszczają się w warstwie lipidowej błony komórkowej bakterii (13, 39).

Skuteczność działania olejków eterycznych zależy również od stopnia zanieczyszczenia mikrobiologicznego oraz rodzaju drobnoustrojów występujących w produkcie (39). Stosowanie środków przeciwdrobnoustrojowych może ograniczyć lub wyeliminować określone mikroorganizmy, ale może również stworzyć korzystne warunki dla innych mikroorganizmów (70).

Część badań nad wpływem olejków eterycznych na drobnoustroje powodujące rozkład żywności i bakterie patogenne w produktach spożywczych wskazuje, że substancje te mogą mieć nieco większy wpływ na bakterie Gram-dodatnie niż na bakterie Gram-ujemne (13). Zasadniczo ściana komórkowa bakterii Gram-ujemnych jest bardziej odporna na działanie olejków eterycznych i ich składników. Bakterie Gram-ujemne posiadają zewnętrzną błonę otaczającą ścianę komórkową, która ogranicza wnikanie cząsteczek hydrofobowych przez warstwę liposacharydową (78). Jednak nie wszystkie badania wykazują, że bakterie Gram-ujemne są mniej wrażliwe na działanie olejków eterycznych (20). Olejki eteryczne z oregano, goździka i cynamonu mają jednakowe działanie przeciwdrobnoustrojowe na obie grupy bakterii (13). Różne składniki olejków eterycznych działają w różnym stopniu na bakterie Gram-dodatnie i Gram-ujemne. Stopień aktywności wobec bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych zależy od składu danej partii olejku eterycznego (24). Takie składniki, jak karwakrol i tymol są w stanie uszkodzić

zewnątrzną błonę bakterii Gram-ujemnych uwalniając liposacharydy i zwiększając przepuszczalność błony cytoplazmatycznej dla ATP (36).

Zastosowanie olejków eterycznych w konserwacji mięsa i produktów mięsnych

Ze względu na swoje właściwości przeciwdrobnoustrojowe olejki eteryczne mogą być z powodzeniem stosowane w konserwacji mięsa i produktów mięsnych (51). W zależności od zastosowanego stężenia olejki eteryczne pozytywnie lub negatywnie wpływają na cechy organoleptyczne produktów mięsnych. Istotne jest, aby w produkcie uzyskać takie stężenie olejku, które będzie akceptowalne organoleptycznie, a jednocześnie zapewni skuteczne działanie przeciwdrobnoustrojowe. Dzięki jednoczesnemu zastosowaniu kilku olejków eterycznych lub zastosowania wraz z nimi innych konserwantów lub metod utrwalania i pakowania można uzyskać efekt synergiczny, a dzięki temu zmniejszyć stężenie olejku w produkcie (13, 74). Synergizm pomiędzy składnikami olejków obserwuje się, gdy efekt połączonych substancji jest większy niż suma efektów indywidualnych, podczas gdy brak interakcji definiuje się jako działanie obojętne (41). Obecnie badane są różne metody zastosowania olejków eterycznych w celu poprawy jakości mikrobiologicznej oraz cech sensorycznych produktów spożywczych (39). Aktywność przeciwdrobnoustrojowa olejków eterycznych w mięsie i produktach mięsnych jest uwarunkowana aktywnością ich składników.

Stwierdzono działanie synergiczne pomiędzy takimi składnikami olejków eterycznych, jak karwakrol i jego prekursor p-cymen. P-cymen posiada bardzo słabe właściwości przeciwdrobnoustrojowe, ale powoduje wzrost przepuszczalności komórkowej bakterii i w ten sposób wspomaga transport karwakrolu do komórki (77). Tymol, karwakrol i eugenol również wykazywały działanie synergiczne. Karwakrol i tymol poprzez uszkodzenie błony komórkowej ułatwiał eugenolowi wnikanie do wnętrza komórki i działanie toksyczne (28).

Działanie przeciwdrobnoustrojowe olejków eterycznych zwiększa się w obecności takich substancji, jak: chlorek sodu, azotyn sodu lub nizyna (75, 84). Wykazano działanie synergiczne między eugenolem i chlorkiem sodu, a mechanizm ten oparty jest prawdopodobnie na wzroście przepuszczalności błony komórkowej bakterii przez eugenol i zwiększonym przenikaniu chlorku sodu do komórki, który z kolei upośledza działanie enzymów wewnątrzkomórkowych (80). Jednoczesne zastosowanie olejków eterycznych z azotynem sodu skutecznie hamuje wzrost beztlenowych bakterii zarodnikujących, co może wynikać z faktu, iż obie substancje wpływają negatywnie na rozwój przetrwalników tych bakterii (38). Efekt synergii nizyny z olejkiem eterycznym z tymianku

może być związany z rozpadem błony komórkowej bakterii powodowanym przez karwakrol, który jest istotnym składnikiem tego olejku, co z kolei prowadzi do zwiększonej wrażliwości na nizynę (72, 78). Jak wykazali Periago i wsp. (59), efektywność jednoczesnego zastosowania nizyny z karwakrolem i tymolem była uzależniona od temperatury, a najlepsze efekty uzyskano w temperaturze 30°C.

Silniejszy wpływ olejków eterycznych na hamowanie wzrostu drobnoustrojów w mięsie i produktach mięsnych ma miejsce w warunkach niskiego pH, niskiej aktywności wodnej, niskiej zawartości tlenu. Również techniki konserwacji, takie jak: łagodna obróbka cieplna, wysokie ciśnienie hydrostatyczne wspomagają działanie hamujące olejków eterycznych (13, 69). Wykazano także, że połączenie tymolu lub aldehydu cytrynowego z niskimi temperaturami daje efekt synergistyczny w hamowaniu wzrostu drobnoustrojów w żywności (28).

Olejki eteryczne działają na ogół bardziej skutecznie, gdy wchodzi w bezpośredni kontakt z drobnoustrojami zawartymi w mięsie i produktach mięsnych (69), co jednak może wpływać na jego właściwości organoleptyczne poprzez powstające interakcje strukturalne i chemiczne. Olejki eteryczne nawet przy niskich stężeniach mają intensywny aromat, który może być nieakceptowalny przez konsumentów. Bezpośrednie aplikowanie olejków do produktów mięsnych może powodować problemy z uzyskaniem odpowiedniego stężenia oraz ich równomiernego rozmieszczenia w całym produkcie. Nie bez znaczenia są uwarunkowania ekonomiczne, bowiem zastosowanie olejków eterycznych na większą skalę jest dość kosztowne. Stąd dobrą alternatywą wydaje się zastosowanie aktywnego opakowania, w którym środki konserwujące mogą być włączone do opakowania, a następnie dyfundować do mięsa lub też mogą być uwalniane przez odparowanie do przestrzeni między opakowaniem a mięsem (69).

Skuteczne hamowanie wzrostu drobnoustrojów można uzyskać poprzez wprowadzenie olejków eterycznych do folii lub powłok jadalnych oraz poprzez kapsułkowanie olejków w polimerach jadalnych, biodegradowalnych powłokach lub w nanoemulsjach (23, 58, 65). Dodatek olejków eterycznych do jadalnych folii i powłok zapobiega rozwojowi bakterii, a dodatkowo poprawia właściwości sensoryczne żywności (26, 48, 62). Folie jadalne to cienkie folie przygotowane z materiału jadalnego, które stanowią barierę dla czynników zewnętrznych i tym samym chronią produkt, przedłużając jego trwałość i poprawiając jakość. Folie jadalne mogą kontrolować poziom wilgoci, tlenu oraz dwutlenku węgla (26). Olejki eteryczne można włączyć do opakowania, powlekając powierzchnię folii lub dodając do opakowania szaszetkę z lotnymi substancjami przeciwdrobnoustrojowymi, zamkniętą we wnętrzu opakowania lub przymocowaną do niego (27).

Przenikanie olejku eterycznego do żywności można osiągnąć poprzez bezpośredni kontakt lub dyfuzję (61). Również pakowanie żywności w zmodyfikowanej atmosferze (MAP) z dodatkiem olejków eterycznych z oregano i tymianku skutecznie wydłuża okres przydatności do spożycia produktów mięsnych (35, 74). W wyniku tych połączonych procesów dochodzi do poprawy jakości mikrobiologicznej oraz sensorycznej mięsa i produktów mięsnych (84). Dodatkowo, wykazano, iż dzięki łącznemu zastosowaniu technologii MAP i tymolu zmniejsza się ogólna liczba drobnoustrojów, co sugeruje możliwość zastosowania technologii MAP w połączeniu z dodatkiem olejków eterycznych w celu lepszej konserwacji produktów mięsnych (16).

Olejki eteryczne mogą być zastosowane w przemyśle spożywczym jako czynnik hamujący wzrost drobnoustrojów saprofitycznych, które decydują o trwałości żywności oraz bakterii chorobotwórczych wywołujących zatrucia pokarmowe. Potencjalne zastosowanie olejków eterycznych do konserwacji żywności zależy od użycia odpowiedniego stężenia zapewniającego uzyskanie bezpiecznej żywności oraz odpowiednich akceptowalnych przez konsumentów właściwości organoleptycznych. Potrzebne są jednak dalsze badania w celu uzyskania danych dotyczących skuteczności działania olejków eterycznych w hamowaniu wzrostu różnego rodzaju drobnoustrojów podczas przechowywania żywności w warunkach chłodniczych. Również cenne wydają się badania mające na celu określenie działania przeciwdrobnoustrojowego różnych stężeń olejków eterycznych w produktach mięsnych oraz w połączeniu z innymi metodami konserwacji, głównie takimi, jak chłodzenie i obróbka termiczna (7).

Piśmiennictwo

- Aminzare M., Hashemi M., Hassanzad Azar H., Hejazi J.: The use of herbal extracts and essential oils as a potential antimicrobial in meat and meat products; A Review. *J. Hum. Environ. Health Promot.* 2016, 1, 63-74.
- Azzouz M. A., Bullerman L. B.: Comparative antimycotic effects of selected herbs, spices, plant components and commercial antifungal agents. *J. Food Prot.* 1982, 45 (14), 1298-1301.
- Badi H. N., Yazdani D., Ali S. M., Nazari F.: Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris* L. *Ind. Crops Prod.* 2004, 19, 231-236.
- Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., Idaomar M.: Biological effects of essential oils – a review. *Food Chem. Toxicol.* 2008, 46, 446-475.
- Ballal A., Basu B., Apte S. K.: The Kdp-ATPase system and its regulation. *J. Biosci.* 2007, 32, 559-568.
- Ballester-Costa C., Sendra E., Fernández-López J., Pérez-Álvarez J. A., Viuda-Martos M.: Assessment of antioxidant and antibacterial properties on meat homogenates of essential oils obtained from four *Thymus* species achieved from organic growth. *Foods* 2017, 6 (8), 59.
- Barbosa L. N., Rall V. L. M., Fernandes A. A. H., Ushimaru P. I., Probst I. S., Fernandes Jr. A.: Essential oils against foodborne pathogens and spoilage bacteria in minced meat. *Foodborne Pathog. Dis.* 2009, 6 (6), 725-728.
- Bassolé I. H. N., Juliani H. R.: Essential oils in combination and their antimicrobial properties. *Molecules* 2012, 17, 3989-4006.
- Bauer K., Garbe D., Surburg H.: Common fragrance and flavor materials: Preparation, properties and uses. Wiley-VCH, Weinheim 2001, 293.
- Beldean B. V., Chis M. S., Muste S., Bordean M. E., Muresan I. E., Mateescu M. A., Szanto L., Fostoc G.: Basil (*Ocimum basilicum* L.) chemical compositions and applications in food processing. *Hop Med. Plants* 2020, 1-2, 22-31.
- Bertoli A., Çirak C., Teixeira da Silva J. A.: *Med. Arom. Plant Sci. Biotech.* 2010, 5, 29-47.
- Bishop C. D.: Antiviral activity of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (Maiden and Betche) Cheel (tea tree) against tobacco mosaic virus. *J. Essent. Oil Res.* 1995, 7, 641-644.
- Burt S.: Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – a review. *Int. J. Food Microbiol.* 2004, 94 (3), 223-253.
- Braak S. A. A. J., van de Leijten G. C. J. J.: Essential oils and oleoresins: A survey in the Netherlands and other Major Markets in the European Union. CBI, Centre for the Promotion of Imports from Developing Countries, Rotterdam 1999, 116.
- Chivandi E., Dangarembizi R., Nyakudya T. T., Kennedy H. E.: Use of Essential Oils as a Preservative of Meat, [w:] Preedy V. R. (red.): *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. Academic Press, 2016, s. 85-91.
- Chouliara E., Karatapanis A., Savvaidis I. N., Kontominas M. G.: Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of fresh chicken breast meat stored at 4°C. *Food Microbiol.* 2007, 24, 607-617.
- Cosentino S., Tuberoso C. I. G., Pisano B., Satta M., Mascia V., Arzede E., Palmas F.: In vitro antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian *Thymus* essential oils. *Lett. Appl. Microbiol.* 1999, 29, 130-135.
- Cristani M., D'Arrigo M., Mandalari G., Castelli F., Sarpietro M. G., Micieli D., Venuti V., Bisignano G., Saija A., Trombetta D.: Interaction of four monoterpenes contained in essential oils with model membranes: implications for their antibacterial activity. *J. Agric. Food Chem.* 2007, 55, 6300-6308.
- Dave D., Ghaly A. E.: Meat spoilage mechanisms and preservation techniques: a critical review. *Am. J. Agric. Biol. Sci.* 2011, 6 (4), 486-510.
- Deans S. G., Ritchie G.: Antibacterial properties of plant essential oils. *Int. J. Food Microbiol.* 1987, 5, 165-180.
- Delamare A. P. L., Moschen-Pistorello I. T., Artico L., Atti-Serafini L., Echeverrigaray S.: Antibacterial activity of the essential oils of *Salvia officinalis* L. and *Salvia triloba* L. cultivated in South Brazil. *Food Chem.* 2007, 100, 603-608.
- Dima C., Dima S.: Essential oils in foods: extraction, stabilization, and toxicity. *Current Opinion In Food Sci.* 2015, 5, 29-35.
- Donsi F., Annunziata M., Sessa M., Ferrari G.: Nanoencapsulation of essential oils to enhance their antimicrobial activity in foods. *Food Sci. Technol.* 2011, 44, 1908-1914.
- Dorman H. J. D., Deans S. G.: Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *J. Appl. Microbiol.* 2000, 88, 308-316.
- Drozd L., Szkucik K., Ziomek M., Najda A., Knysz P., Belkot Z.: Właściwości przeciwdrobnoustrojowe olejków eterycznych z majeranku ogrodowego oraz tymianku właściwego w drobiowych kulach mięsnych. *Med. Weter.* 2023, 79 (9), 484-488.
- Du W.-X., Avena-Bustillos R. J., Woods R., Breksa A. P., McHugh T. H., Friedman M., Levin C. E., Mandrell R.: Sensory evaluation of baked chicken wrapped with antimicrobial apple and tomato edible films formulated with cinnamaldehyde and carvacrol. *J. Agric. Food Chem.* 2012, 60, 7799-7804.
- Emiroğlu Z. K., Yemi G. P., Coskun B. K., Candogan K.: Antimicrobial activity of soy edible films incorporated with thyme and oregano essential oils on fresh ground beef patties. *Meat Sci.* 2010, 86, 283-288.
- Faleiro M. L.: The mode of antibacterial action of essential oils, [w:] Méndez-Vilas A. (red.): *Science against Microbial Pathogens: Communicating Current Research and Technological Advances*, Formatex Research Center, Badajoz 2011, s. 1143-1156.
- Falleh H., Ben Jemaa M., Saada M., Ksouri R.: Essential oils: a promising ecofriendly food preservative. *Food Chem.* 2020, 330, 127268.
- Fratianni F., Martino L. D., Melone A., Feo V. D., Coppola R., Nazzaro F.: Preservation of chicken breast meat treated with thyme and balm essential oils. *J. Food Sci.* 2010, 75 (8), 528-535.
- Guarda A., Rubilar J. F., Miltz J., Galotto M. J.: The antimicrobial activity of microencapsulated thymol and carvacrol. *Int. J. Food Microbiol.* 2011, 146, 144-150.
- Gutierrez J., Barry-Ryan C., Bourke P.: Antimicrobial activity of plant essential oils using food model media: efficacy, synergistic potential and interaction with food components. *Food Microbiol.* 2009, 26, 142-150.
- Gutierrez J., Barry-Ryan C., Bourke P.: The antimicrobial efficacy of plant essential oil combinations and interactions with food ingredients. *Int. J. Food Microbiol.* 2008, 124 (1), 91-97.
- Günther E.: The essential oils: History and origin in plants production analysis. Krieger Publishing, New York 1948, 235-240.
- Hasapidou A., Savvaidis I. N.: The effects of modified atmosphere packaging, EDTA and oregano oil on the quality of chicken liver meat. *Food Res. Int.* 2011, 44, 2751-2756.
- Helander I. M., Alakomi H.-L., Latva-Kala K., Mattila-Sandholm T., Pol I., Smid E. J., Gorris L. G. M., Von Wright A.: Characterization of the action of

- selected essential oil components on Gram-negative bacteria. J. Agric. Food Chem. 1998, 46, 3590-3595.
37. Hyldegaard M., Mygind T., Meyer R. L.: Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in Microbiology* 2012, 3 (12), 1-24.
 38. Ismaiel A. A., Pierson M. D.: Effect of sodium nitrite and origanum oil on growth and toxin production of *Clostridium botulinum* in TYG broth and ground pork. *J. Food Prot.* 1990, 53 (11), 958-960.
 39. Jayasena D. D., Jo C.: Essential oils as potential antimicrobial agents in meats and meat products: a review. *Trends Food Sci. Technol.* 2013, 34 (2), 96-108.
 40. Juven B. J., Kanner J., Sched F., Weisslowicz H.: Factors that interact with the antibacterial action of thyme essential oil and its active constituents. *J. Appl. Bacteriol.* 1994, 76, 626-631.
 41. Kalembe D., Kunicka A.: Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Curr. Med. Chem.* 2003, 10 (10), 813-829.
 42. Klein G., Ruben C., Upmann M.: Antimicrobial activity of essential oil components against potential food spoilage microorganisms. *Curr. Microbiol.* 2013, 67, 200-208.
 43. Konstantopoulou I., Vassilopoulou L., Mavragani-Tsipidou P., Scouras Z. G.: Insecticidal effects of essential oils. A study of the effects of essential oils extracted from eleven Greek aromatic plants on *Drosophila auraria*. *Experientia* 1992, 48 (6), 616-619.
 44. Liolios C. C., Gortzi O., Lalas S., Tsaknis J., Chinou I.: Liposomal incorporation of carvacrol and thymol isolated from the essential oil of *Origanum dictamnus* L. and in vitro antimicrobial activity. *Food Chem.* 2009, 112, 77-83.
 45. Loziene K., Vaiciuene J., Venskutonis P. R.: Chemical composition of the essential oil of different varieties of thyme (*Thymus pulegioides*) growing wild in Lithuania. *Biochem. Syst. Ecol.* 2003, 31, 249-259.
 46. Macwan S., Bhumika D., Aparnathi K., Prajapati J.: Essential oils of herbs and spices: Their antimicrobial activity and application in preservation of food. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci.* 2016, 5 (5), 885-901.
 47. Marino M., Bersani C., Comi G.: Antimicrobial activity of the essential oils of *Thymus vulgaris* L. measured using a bioimpedometric method. *J. Food Prot.* 1999, 62 (9), 1017-1023.
 48. Matan N.: Antimicrobial activity of edible film incorporated with essential oils to preserve dried fish (*Decapterus maruadsi*). *Int. Food Res. J.* 2012, 19, 1733-1738.
 49. Mourey A., Canillac N.: Anti-*Listeria monocytogenes* activity of essential oils components of conifers. *Food Control* 2002, 13, 289-292.
 50. Moyler D.: CO₂ extraction and other new technologies: an update on commercial adoption. *International Federation of Essential Oils and Aroma Trades – 21st International Conference on Essential Oils and Aroma's. IFEAT, Londyn* 1998, 33-39.
 51. Mucha W., Witkowska D.: The applicability of essential oils in different stages of production of animal-based foods. *Molecules* 2021, 26, 3798.
 52. Nehme R., Andrés S., Pereira R. B., Ben Jemaa M., Bouhallab S., Ceciliani F., López S., Rahali F. Z., Ksouri R., Pereira D. M., Abdennebi-Najar L.: Essential oils in livestock: From health to food quality. *Antioxidants* 2021, 10, 330.
 53. Omara S. T., Abd El-Moez S., Mohamed A.: Antibacterial Effect of *Origanum majorana* L. (Marjoram) and *Rosmarinus officinalis* L. (Rosemary) essential oils on food borne pathogens isolated from raw minced meat in Egypt. *Glob. Vet.* 2014, 13, 1056-1064.
 54. Packiyasothy E. V., Kyle S.: Antimicrobial properties of some herb essential oils. *Food Aust.* 2002, 54 (9), 384-387.
 55. Pandey R., Kalra A., Tandon S., Mehrotra N., Singh H. N., Kumar S.: Essential oil compounds as potent source of nematicidal compounds. *J. Phytopathol.* 2000, 148 (7-8), 501-502.
 56. Pateiro M., Barba F. J., Domínguez R., Sant'Ana A. S., Mousavi Khaneghah A., Gavahian M., Gómez B., Lorenzo J. M.: Essential oils as natural additives to prevent oxidation reactions in meat and meat products: a review. *Food Res. Int.* 2018, 113, 156-166.
 57. Pateiro M., Munekata P. E. S., Sant'Ana A. S., Domínguez R., Rodríguez-Lázaro D., Lorenzo J. M.: Application of essential oils as antimicrobial agents against spoilage and pathogenic microorganisms in meat products. *Int. J. Food Microbiol.* 2021, 16 (337), 108966.
 58. Pelissari F. M., Grossmann M. V. E., Yamashita F., Pined E. A. G.: Antimicrobial, mechanical, and barrier properties of cassava starch-chitosan films incorporated with oregano essential oil. *Journal of Agricultural and Food Chem.* 2009, 57, 7499-7504.
 59. Periago P. M., Moezelaar R.: Combined effect of nisin and carvacrol at different pH and temperature levels on the variability of different strains of *Bacillus cereus*. *Int. J. Food Microbiol.* 2001, 68, 141-148.
 60. Putnik P., Lorenzo J. M., Barba F. J., Roohinejad S., Režek Jambrak A., Granato D., Montesano D., Bursać Kovačević D.: Novel food processing and extraction technologies of high-added value compounds from plant materials. *Foods* 2018, 7 (7), 106.
 61. Ramos M., Beltran A., Valdes A., Peltzer M. A., Jimenez A., Garrigos M. C., Zaikov G. E.: Carvacrol and thymol for fresh food packaging. *J. Bioequivalence Bioavailab.* 2013, 5, 154-160.
 62. Ravishankar S., Zhu L., Olsen C. W., McHugh T. H., Friedman M.: Edible apple film wraps containing plant antimicrobials inactivate foodborne pathogens on meat and poultry products. *J. Food Sci.* 2009, 74 (8), 440-445.
 63. Reichling J., Schnitzler P., Suschke U., Saller R.: Essential oils of aromatic plants with antibacterial, antifungal, antiviral, and cytotoxic properties – an overview. *Complement. Med. Res.* 2009, 16 (2), 79-90.
 64. Romane A., Harrak R., Bahri F.: Use thyme essential oils for the prevention of salmonellosis, [w:] Barakat S. M. Mahmoud (red.): *Salmonella – A dangerous foodborne pathogen*, InTech – Open Access Company, Rijeka 2012, s. 305-332.
 65. Sanchez-Gonzalez L., Vargas M., Gonzalez-Martinez C., Chiralt A., Chafer M.: Use of essential oils in bioactive edible coatings: a review. *Food Eng. Rev.* 2011, 3, 1-16.
 66. Sandulachi E., Macari A., Ghendov-Mosan A., Cojocari D., Sturza R.: Antioxidant and antimicrobial activity of basil, thyme and tarragon used in meat products. *J. Adv. Microbiol.* 2021, 11, 591-606.
 67. Seydim A. C., Sarikus G.: Antimicrobial activity of whey protein based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils. *Food Res. Int.* 2006, 39, 639-644.
 68. Sharafati-Chaleshtori R., Rokni N., Rafieian-Kopaei M., Drees F., Salehi E.: Antioxidant and antibacterial activity of basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil in beef burger. *J. Agric. Sci. Technol.* 2015, 17, 817-826.
 69. Skandamis P. N., Nychas G.-J. E.: Development and evaluation of a model predicting the survival of *Escherichia coli* O157:H7 NCTC 12900 in home-made eggplant salad at various temperatures, pHs, and oregano essential oil concentrations. *Appl. Environ. Microbiol.* 2000, 66, 1646-1653.
 70. Škrinjar M. M., Nemet N. T.: Antimicrobial effects of spices and herbs essential oils. *Acta Period. Technol.* 2009, 40, 195-209.
 71. Smid E. J., Gorris L. G. M.: Natural antimicrobials for food preservation, [w:] Rahman M. S. (red.): *Handbook of Food Preservation*. Marcel Dekker, New York 1999, s. 285-308.
 72. Solomakos N., Govaris A., Koidis P., Botsoglou N.: The antimicrobial effect of thyme essential oil, nisin and their combination against *Escherichia coli* O157:H7 in minced beef during refrigerated storage. *Meat Sci.* 2008, 80, 159-166.
 73. Sultanbawa Y.: Plant antimicrobials in food applications: Minireview, [w:] Méndez-Vilas A. (red.): *Science against microbial pathogens: Communicating current research and technological advances*. Formatex Research Center, Badajoz 2012, s. 1084-1093.
 74. Tajkarimi M. M., Ibrahim S. A., Cliver D. O.: Antimicrobial Herb and Spice Compounds in Food. *Food control* 2010, 21 (9), 1199-1218.
 75. Tassou C., Drosinos E. H., Nychas G.-J. E.: Effects of essential oil from mint (*Mentha piperita*) on *Salmonella enteritidis* and *Listeria monocytogenes* in model food systems at 4°C and 10°C. *J. Appl. Bacteriol.* 1995, 78, 593-600.
 76. Tavakolpour Y., Moosavi-Nasab M., Niakousari M., Haghighi-Manesh S., Hashemi S. M. B., Mousavi Khaneghah A.: Comparison of four extraction methods for essential oil from *Thymus daenensis* Subsp. *Lancifolius* and chemical analysis of extracted essential oil. *J. Food Process. Preserv.* 2017, 41, e13046.
 77. Ultee A., Bennink M. H. J., Moezelaar R.: The phenolic hydroxyl group of carvacrol is essential for action against the food-borne pathogen *Bacillus cereus*. *Appl. Environ. Microbiol.* 2002, 68 (4), 1561-1568.
 78. Vaara M.: Agents that increase the permeability of the outer membrane. *Microbiol. Rev.* 1992, 56 (3), 395-411.
 79. Veldhuizen E. J. A., Creutzberg T. O., Burt S. A., Haagsman H. P.: Low temperature and binding to food components inhibit the antibacterial activity of carvacrol against *Listeria monocytogenes* in steak tartare. *J. Food Prot.* 2007, 70, 2127-2132.
 80. Wendakoon C. N., Sakaguchi M.: Combined effect of sodium chloride and clove on growth and biogenic amine formation of *Enterobacter aerogenes* in mackerel muscle extract. *J. Food Prot.* 1993, 56 (5), 410-413.
 81. Yadav A. S., Singh R. P.: Natural preservatives in poultry meat products. *Nat. Prod. Radiance* 2004, 3 (4), 300-303.
 82. Zdrojewicz Z., Minczakowska K., Klepacki K.: The role of aromatherapy in medicine. *Fam. Med. Prim. Care Rev.* 2014, 16, 387-391.
 83. Zhai H., Liu H., Wang S., Wu J., Kluever A. M.: Potential of essential oils for poultry and pigs. *Anim. Nutr.* 2018, 4, 179-186.
 84. Zhou G. H., Xu X. L., Liu Y.: Preservation technologies for fresh meat – A review. *Meat Sci.* 2010, 86 (1), 119-128.

Autor korespondencyjny: dr Łukasz Drozd, Katedra Higieny Żywności Zwierzęcego Pochodzenia, Wydział Medycyny Weterynaryjnej, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 12, 20-033 Lublin; e-mail: lukasz.drozd@up.lublin.pl