# **KRÓTKI ŁAŃCUCH ŻYWNOŚCI**

**Projekt:  
Krótki Łańcuch Żywności – pilotaż w Toruniu  
Grupa operacyjna nasze lokalne.pl**

(**znak nr 90-DZFS.081.02.21**)

nr 00045.DDD.6509.00009.2019.02

# **RAPORT**

Wykonawcy:

mgr Grażyna Czeszewska-Rosiak

dr Aleksandra Florkiewicz

dr hab. Magdalena Ligor, prof. UMK

dr hab. Paweł Pomastowski, prof. UMK

dr hab. Katarzyna Rafińska, prof. UMK

dr Joanna Rudnicka

dr hab. Małgorzata Szultka-Młyńska, prof. UMK

dr Justyna Walczak-Skierska

**Zaplecze aparaturowe:**

**Interdyscyplinarne Centrum Nowoczesnych Technologii**

**Wydział Chemii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu**

**Wynajem aparatury badawczej – firma Technolutions Sp. z o.o.**

**Zakres badań chemicznych**

1. Opracowanie metod przygotowania próbek
2. Opracowanie spektroskopowej metody badania zawartości lipidów, białek, zawartości wody oraz spektroskopowych profili molekularnych produktów spożywczych
3. Opracowanie mikrobiologicznej metody identyfikacji mikroorganizmów oraz znaczeniu probiotycznym w produktach spożywczych
4. Wykorzystanie chromatografii gazowej do analizy profilu lotnych związków organicznych produktów spożywczych
5. Wykorzystanie chromatografii cieczowej do analizy związków niskocząsteczkowych w produktach spożywczych

**LISTA PRODUKTÓW**

NABIAŁ 1. Ser podpuszczkowy z kozieradką, bez konserwantów 2. Twaróg z mleka krowiego, bez konserwantów 3. Ser podpuszczkowy firmowy, bez konserwantów 4. Gouda 5. Masło 83% KIEŁBASY, WĘDLINY, SMALEC 1. Boczek długodojrzewający 2. Schab wędzony, parzony 3. Kiełbasa sucha, Polska 4. Smalec domowy 5. Kiełbasa śląska SOKI, ZIOŁA I MĄKA 1. Syrop z owoców czarnego bzu 2. Czarny bez bio 3. BIOsyrop z owoców aronii 4. BIOsyrop z owoców czerwonej porzeczki 5. Szałwia, przyprawa ziołowa 6. Mąka żytnia 7. Mięta pieprzowa, herbatka ziołowa MIODY I PRZETWORY OWOCOWE 1. Miód nektarowy, wielokwiatowy 2. Miód nektarowy, rzepakowy 3. Pyłek pszczeli 4. Powidła z rabarbaru 5. Dżem z borówki amerykańskiej 6. Powidła śliwka węgierka 7. Galaretka z czarnej porzeczki z witaminą C.

**Opracowanie metody badawczej**

Produkty spożywcze pochodzące z Krótkiego Łańcucha Żywności zostały przebadane pod względem chemicznym i mikrobiologicznym w warunkach sterylnych w laboratoriach Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu.

## **EKSTRAKCJA ANALITÓW**

Obraz zawierający butelka, napój bezalkoholowy, Plastikowa butelka, Roztwór

Opis wygenerowany automatycznieW celu wyekstrahowania analitów z badanych próbek nabiału, a także kiełbas, boczku i smalcu domowego do falkonu pobrano ok. 500 mg próbki. Następnie próbkę trzykrotnie ekstrahowano za pomocą 15 ml etanolu 96%, zbierając i łącząc ekstrakty etanolowe. Po zakończeniu ekstrakcji ciecz-ciało stałe, ekstrakty odparowano w celu usunięcia rozpuszczalnika. Próbki poddano dalszej analizie.

**Ryc.** Przykładowa ekstrakcja ciecz-ciało stałe badanych próbek nabiału (**A** i **C**), a także kiełbas oraz wędlin (**B**).

Cel badań to: wykonanie analiz dostarczonych produktów mięsnych, w tym wędlin i ich ocena pod względem występowania lotnych toksyn. Cel pracy realizowano poprzez:

1. opracowanie metody wyodrębniania lotnych związków organicznych (LZO), w tym substancji o właściwościach toksycznych, z wykorzystaniem mikroekstrakcji do fazy stacjonarnej (SPME);
2. opracowanie metody oznaczania wybranych lotnych związków organicznych za pomocą technik chromatograficznych i spektroskopowych (GC-MS);
3. ocenę otrzymanych produktów mięsnych, w szczególności wędlin, pod względem występowania lotnych związków organicznych oraz ewentualnych toksyn.

**Omówienie wyników:**

Analizy dostarczonych próbek wykonano za pomocą techniki chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas (GC/MS). Jako metodę przygotowania próbki zastosowano SPME. Metodyka SPME-GC/MS polega na wyodrębnieniu lotnych substancji z próbki z jednoczesną możliwością ich zatężania, dzięki czemu zwiększa się czułość i możliwość wykrywania nawet śladowych ilości związków w badanej próbce. Identyfikacja oznaczanych związków przeprowadzona na podstawie analizy porównawczej otrzymanych widm z biblioteką (baza widm MS NIST).

Proces wędzenia jest tradycyjną metodą i należy do najstarszych sposobów utrwalania żywności. Jednak od dawna efekt utrwalający wędzenia zszedł na dalszy plan w związku z rozwojem innych skutecznych metod konserwowania żywności (pasteryzacja, podsuszanie, chłodzenie, zamrażanie). Obecnie zarówno wędzenie tradycyjne jak i wędzenie płynnym dymem wędzarniczym, stosuje się przede wszystkim celem uzyskania cech sensorycznych takich jak barwa, aromat i smak, jednakże wykazuje ono przede wszystkim działanie utrwalające, przeciwutleniające i bakteriostatyczne. Za właściwości dymu wędzarniczego odpowiedzialne są składniki dymu, a są to związki chemiczne powstające podczas pirolizy składników drewna tj. celulozy, hemicelulozy i ligniny. Drewno w zależności od gatunku, zawiera najwięcej celulozy, a mniej hemicelulozy i ligniny, przy czym drewno z drzew iglastych, zawiera więcej hemicelulozy niż z liściastych. Podczas termicznej degradacji drewno zachowuje się jak mieszanina wyżej wymienionych komponentów. Przy czym temperatura rozkładu składników drewna jest różna i wynosi dla: celulozy 280–320°C, hemicelulozy 200–250°C i ligniny 400°C, co wpływa na skład jakościowy i stężenie składników lotnych dymu, którym przypisuje się właściwości aromatyzujące. W wyniku procesu pirolizy celulozy i hemicelulozy powstają pochodne związków karbonylowych, takie jak estry, aldehydy, ketony, pochodne furanów i piranów oraz kwasy. Natomiast w wyniku pirolizy ligniny powstają fenole i estry fenoli, których głównymi przedstawicielami są guajakol (2- metoksyfenol) i syringol (2,6-dwumetoksyfenol). Do najważniejszych grup związków występujących w dymie zalicza się fenole, karbonyle, kwasy, furany, alkohole i estry, laktony oraz wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne. Na podstawie badań stwierdzono, że nośnikiem typowego, pożądanego aromatu są przede wszystkim związki fenolowe między innymi guajakol, eugenol, syringol. Ważną rolę pełnią także inne związki, które zostały zidentyfikowane jako orto-, meta- i para-krezol, fenol i 4-etylofenol. Natomiast uważa się, że związki karbonylowe i kwasy posiadają mniejsze (drugorzędne) znaczenie w tworzeniu aromatu wędzarniczego. Związki karbonylowe pełnią istotną rolę w nadawaniu charakterystycznej złotobrązowej barwy produktom wędzonym, która jest wynikiem reakcji pomiędzy związkami karbonylowymi dymu a wolnymi grupami aminowymi białek produktu. Przeprowadzone badania składu chemicznego i właściwości sensorycznych preparatów dymu wędzarniczego wykazały, że w tworzeniu specyficznej nuty zapachowej żywności wędzonej uczestniczą związki karbonylowe, związki fenolowe (głównie fenol oraz orto- i para-krezol) oraz guajakol i metyloguajakol. Związki fenolowe występujące w dymie, oprócz funkcji aromatyzujących, wykazują właściwości bakteriostatyczne i przeciwutleniające. Należy zwrócić uwagę, że stężenie, przy którym wykazują one efekt bakteriostatyczny i przeciwutleniający, jest zwykle wyższe od stężenia, przy którym akceptowane są cechy smakowo-zapachowe danego produktu poddanemu wędzeniu[[1]](#footnote-1),[[2]](#footnote-2),[[3]](#footnote-3).

Biorąc pod uwagę powyższe, w badanych próbkach stwierdzono obecność typowych składników, charakterystycznych dla przetworów mięsnych (wędlin), które poddano procesowi wędzenia. Lotne związki organiczne (LZO) występujące w badanych próbkach są pochodnymi związków karbonylowych i należą do takich grup związków jak: estry, aldehydy, ketony, pochodne furanów i piranów oraz kwasy organiczne. Niektóre produkty (np. kiełbasa śląska) zawierały wiele terpenów, których źródłem mogło być drewno użyte do wędzenia, a w szczególności jałowiec. Oprócz produktów mięsnych-wędzonych, badaniu poddano próbkę smalcu. Jak wiadomo, ten rodzaj produktu pochodzenia zwierzęcego jest otrzymywany poprzez wytapianie ze słoniny itp. Działanie wysokiej temperatury sprzyja postawaniu LZO, charakterystycznych dla żywności smażonej (reakcje Maillarda), w tym wypadku były to związki z grupy aldehydów.

**Zidentyfikowane lotne związki organiczne nie są toksyczne, uwzględniając stężenie (zawartość) danego związku w produktach mięsnych poddanych badaniu. Związki karbonylowe i związki fenolowe (głównie fenol i para-krezol) oraz guajakol i metyloguajakol, które wstępują w tych produktach, odpowiadają w głównej mierze za charakterystyczny aromat żywności wędzonej, nadają cechy sensoryczne produktu oraz wykazują działanie utrwalające, przeciwutleniające i bakteriostatyczne.**

**Cel badań:** Celem badań było zidentyfikowanie lotnych związków organicznych warunkujących specyficzny aromat nabiału i serów oraz porównanie profili zapachowych tej grupy produktów spożywczych. Cel pracy realizowano poprzez:

1. opracowanie metody wyodrębniania lotnych związków organicznych (LZO) z nabiału z wykorzystaniem mikroekstrakcji do fazy stacjonarnej (SPME);
2. opracowanie metody oznaczania wybranych LZO w serach i maśle za pomocą GC-MS;
3. ocenę badanych serów i masła, pod względem występowania lotnych związków organicznych oraz ewentualnych toksyn.

**Podsumowanie:**

**Zidentyfikowane w badanych próbkach nabiału lotne związki organiczne nie są toksyczne, uwzględniając stężenie (zawartość) danego związku. Związki, które wstępują w tych produktach są produktami procesu fermentacji mlekowej. W badanych produktach potwierdzono obecność etanolu, aldehydu octowego, acetoiny, biacetylu. Są to najważniejsze produkty procesu fermentacji mlekowej, a ich obecność potwierdza właściwy przebieg procesu.**

**Spektroskopia w podczerwieni ekstraktów produktów spożywczych za pomocą DirectDetect**

Spektroskopia w podczerwieni (IR) jest techniką analityczną, która wykorzystuje zdolność cząsteczek do absorbowania światła w zakresie podczerwieni. Ta absorpcja światła jest związana z drganiami wiązań chemicznych w molekułach.

Głównymi komponentami produktów spożywczych są białka, tłuszcze oraz węglowodany. Spektroskopia w podczerwieni może być stosowana do identyfikacji i ilościowej analizy różnych składników żywności, a także do monitorowania zmian zachodzących podczas przetwarzania i przechowywania żywności. Technika ta może służyć do wykrywania zanieczyszczeń i fałszowania, w tym wykrywaniu obecności niepożądanych substancji lub zanieczyszczeń w żywności, a także w identyfikacji przypadków fałszowania żywności, na przykład przez dodawanie substancji, które nie są deklarowane na etykiecie.

Aminokwasy w białkach są kowalencyjnie połączone wiązaniami amidowymi (peptydowymi). Wiązania amidowe absorbują promieniowanie elektromagnetyczne w wielu obszarach widma średniej podczerwieni, w tym w silnym paśmie 1600-1690 cm-1 („Amid I”). W celu określenia stężenia białek i peptydów spektrometr Direct Detect™ mierzy intensywność (wysokość piku) pasma amidu I, które jest przypisane drganiom rozciągającym C=O wiązania peptydowego (około 80%) z niewielkim udziałem drgań rozciągających C-N (około 20%). Natomiast wykorzystując populację drgań rozciągających symetrycznie C-H w zakresie od 2870 do 2840 cm-1 można oznaczyć zawartości lipidów.

Analiza widm FTIR nie wykazała zafałszowań oraz obecności związków niepożądanych, w tym konserwantów, barwników oraz stabilizatorów, które wpłynęłyby na ilość oraz przesunięcia pasm.

**Identyfikacja lotnych toksyn organicznych izolowanych z nabiału oraz produktów mięsnych, szczególnie wędlin.**

W podanym tekście dot. identyfikacji lotnych toksyn organicznych izolowanych z nabiału oraz produktów mięsnych, szczególnie wędlin autoromawia wyniki analizy lotnych związków organicznych (LZO) obecnych w produktach mięsnych poddanych procesowi wędzenia. Technika wędzenia to stara metoda utrwalania żywności, która obecnie jest wykorzystywana głównie do nadawania produktom cech sensorycznych, takich jak barwa, aromat i smak. Wędzenie działa także utrwalająco, przeciwutleniająco i bakteriostatycznie.

Podczas procesu wędzenia, dym wędzarniczy powstaje w wyniku pirolizy (rozkładu termicznego) składników drewna, takich jak celuloza, hemiceluloza i lignina. Związki powstałe w wyniku tego procesu są odpowiedzialne za charakterystyczne cechy produktów wędzonych. Badanie składu chemicznego dymu wędzarniczego wykazało, że w tworzeniu specyficznej nuty zapachowej żywności wędzonej uczestniczą głównie związki fenolowe, takie jak guajakol, eugenol, syringol, a także orto-, meta- i para-krezol, fenol i 4-etylofenol. Związki te, obok funkcji aromatyzujących, wykazują działanie bakteriostatyczne i przeciwutleniające.

Analiza próbek produktów mięsnych wykazała obecność tych typowych składników, a także innych związków pochodzących od związków karbonylowych, takich jak estry, aldehydy, ketony, pochodne furanów i piranów oraz kwasy organiczne. W niektórych produktach, np. kiełbasie śląskiej, zidentyfikowano wiele terpenów, których źródłem mogło być drewno użyte do wędzenia, a w szczególności jałowiec.

Analiza dostarcza ważnych informacji o składzie produktów mięsnych i potwierdza, że proces wędzenia wpływa na ich charakterystyczne cechy sensoryczne. Wyniki są ważne dla producentów żywności, którzy mogą dostosować procesy wędzenia do preferencji konsumentów i wymagań jakościowych.

Podczas procesu wędzenia, jedzeniem otacza się dymem, który zawiera wiele związków chemicznych. Niektóre z tych związków mogą mieć właściwości prozdrowotne, takie jak właściwości przeciwutleniające i bakteriostatyczne, ale niektóre mogą również mieć właściwości kancerogenne.

**Prozdrowotne związki:**

1. Fenole i estry fenoli: Te związki powstają w wyniku pirolizy ligniny. Głównymi przedstawicielami są guajakol (2- metoksyfenol) i syringol (2,6-dwumetoksyfenol). Związki fenolowe wykazują silne właściwości przeciwutleniające, co oznacza, że mogą neutralizować szkodliwe wolne rodniki w organizmie. Dodatkowo, związki fenolowe mają właściwości bakteriostatyczne, co oznacza, że mogą zahamować wzrost bakterii.
2. Związki karbonylowe: Związki karbonylowe powstają w wyniku pirolizy celulozy i hemicelulozy i obejmują estry, aldehydy, ketony, pochodne furanów i piranów oraz kwasy. Związki te przyczyniają się do charakterystycznego aromatu i barwy wędzonej żywności, ale mogą również mieć działanie utrwalające.

**Związki o potencjalnie szkodliwych, kancerogennych właściwościach:**

1. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA): WWA są znanymi karcinogenami i mogą powstawać podczas procesu wędzenia. Należą do nich na przykład benzo[a]piren i inne podobne związki. WWA powstają w wyniku niepełnego spalania materiałów organicznych i są obecne w dymie wędzarniczym. Są one szczególnie niebezpieczne, ponieważ mogą powodować mutacje w DNA, co prowadzi do rozwoju komórek nowotworowych.
2. Aldehydy: Niekiedy aldehydy, które są rodzajem związków karbonylowych, mogą być szkodliwe dla zdrowia. Na przykład formaldehyd i akroleina są klasyfikowane jako karcinogenne dla ludzi przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem (IARC).

Warto zauważyć, że ryzyko związane z konsumpcją wędzonej żywności zależy od wielu czynników, w tym od rodzaju używanego drewna, temperatury i czasu wędzenia, a także od ilości spożywanej wędzonej żywności.

Wędliny mają charakterystyczny profil smaku i zapachu, który jest w dużej mierze wynikiem specyficznych związków chemicznych powstających podczas procesu wędzenia.

Wybrane związki, które są uważane za markery wędlin, mogą obejmować:

1. **Guajakol**: Związek ten ma charakterystyczny dymny zapach i jest głównym składnikiem dymu wędzarniczego.
2. **Syryngol**: Podobnie jak guajakol, syringol jest obecny w dymie wędzarniczym i ma charakterystyczny aromat.
3. **Krezole**: Związki te są również obecne w dymie wędzarniczym i mogą przyczyniać się do charakterystycznego zapachu wędlin.
4. **Aldehydy, takie jak aldehyd wanilinowy i syringaldehyd**: Te związki dają wędlinom słodki, waniliowy zapach.
5. **Furan i jego pochodne**: Są to związki o charakterystycznym, korzennym aromacie, które mogą przyczyniać się do smaku wędlin.
6. **Karbonyle, takie jak aceton i acetaldehyd**: Związki te mają ostrą, alkoholową nutę zapachową, która przyczynia się do charakterystycznego profilu smakowego wędlin.
7. **Kwasy karboksylowe, takie jak kwas octowy i kwas propionowy**: Związki te mają kwasowy, octowy smak, który może być obecny w niektórych wędlinach.
8. **Związki azotowe, takie jak amoniak i aminy**: Te związki mogą przyczyniać się do nieco gorzkiego smaku niektórych wędlin.
9. **Związki siarkowe, takie jak disiarczek dimetylu i trisiarczek dimetylu**: Związki te mają bardzo silny, charakterystyczny zapach i mogą przyczyniać się do charakterystycznego smaku wędlin.
10. **Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)**: WWA, takie jak benzo[a]piren, są często obecne w wędzonym mięsie i mogą służyć jako markery procesu wędzenia, mimo że są potencjalnie szkodliwe dla zdrowia.

Warto zauważyć, że choć te związki mogą być obecne w wędlinach, ich obecność i stężenia mogą znacznie różnić się w zależności od użytej metody wędzenia, rodzaju drewna i innych czynników.

**Oznaczanie ogólnej zawartości izotiocyjanianów w przeliczeniu na sulforafan, metodą cyklokondensacji z 1,2-beznzenoditiolem**

Raport badawczy dotyczy oznaczania ogólnej zawartości izotiocyjanianów w ekstrakcie z zakwasu z brokułu, metodą cyklokondensacji z 1,2-beznzenoditiolem.

1. **O metodzie**: Izotiocyjaniany są zdolne do reagowania z 1,2-benzenoditiolem, co prowadzi do powstania cyklicznego tiokarbonylu oraz wolnych amin. Produkt tej reakcji, 1,3-benzenoditiolo-2-tion, ma zdolność do absorbowania światła ultrafioletowego, co pozwala na ilościowe oznaczanie izotiocyjanianów.
2. **O przygotowaniu próbki**: Zakwas z brokułu został poddany ekstrakcji ciecz-ciecz z eterem dietylowym. Następnie otrzymany ekstrakt odparowano do sucha, a pozostałość rozpuszczono w metanolu i przefiltrowano. W tak przygotowanym ekstrakcie metanolowym oznaczono zawartość izotiocyjanianów.
3. **O wynikach**: Średnie stężenie izotiocyjanianów w badanym ekstrakcie wyniosło 302,30 ± 30,38 μg/ml. Biorąc pod uwagę objętość próbki wziętej do badań, można określić, że całkowita zawartość izotiocyjanianów w 500 ml produktu wynosi 0,605 mg.
4. **O wykorzystaniu wyników**: Wyniki te mogą posłużyć jako podstawa do dalszego doskonalenia metod badawczych, co zwiększa ich wartość nie tylko dla nauki, ale także dla przemysłu spożywczego, który może wykorzystać te informacje do optymalizacji procesów produkcyjnych i kontrolowania jakości produktów.

W badaniu nie podano jednak szczegółów na temat potencjalnych zastosowań wyników, ani nie podano kontekstu, w jakim te wyniki mogą być szczególnie użyteczne. Mogą one mieć jednak znaczenie w kontekście badań nad korzyściami zdrowotnymi wynikającymi z spożycia brokułu, ponieważ izotiocyjaniany mają udowodnione właściwości przeciwnowotworowe.

Izotiocyjaniany są jednymi z kluczowych markerów zawartych w brokułach, które są powszechnie rozpoznawane jako silne antyoksydanty i związki mające potencjalne właściwości przeciwnowotworowe. Są to produkty rozpadu glukozynolanów, które są naturalnie obecne w wielu roślinach z rodziny krzyżowych, w tym w brokułach. Najbardziej znanym izotiocyjanianem jest sulforafan, który jest szczególnie obecny w brokułach.

Z punktu widzenia badania, które omawiamy, analiza izotiocyjanianów w ekstraktach z brokułów jest istotna dla oceny korzyści zdrowotnych płynących z konsumpcji tych warzyw. Uzyskane wyniki pokazują, że w 500 ml zakwasu z brokułu jest obecne 0,605 mg izotiocyjanianów. Ponieważ izotiocyjaniany są niestabilne i mogą być łatwo utracone podczas obróbki termicznej czy procesu przechowywania, metody takie jak ta użyta w badaniu, mogą być istotne dla monitorowania i optymalizacji procesów przetwarzania i przechowywania, tak aby jak najwięcej tych cennych związków zachować w końcowym produkcie spożywczym.

Jednocześnie, wyniki takie jak te mogą być wykorzystane w badaniach naukowych na temat korzyści zdrowotnych związanych ze spożyciem brokułów oraz innych warzyw z rodziny krzyżowych, co ma duże znaczenie w kontekście promocji zdrowego stylu życia i prewencji chorób przewlekłych.

Podsumowując, izotiocyjaniany, a szczególnie sulforafan, są kluczowymi markerami w brokułach, których obecność może być monitorowana za pomocą technik analitycznych, takich jak ta przedstawiona w omawianym badaniu. Uzyskane w ten sposób informacje mogą być bardzo cenne zarówno dla przemysłu spożywczego, jak i dla nauki medycznej i żywieniowej.

**Badania mikrobiologiczne**

Podane informacje dotyczą przeprowadzenia badań mikrobiologicznych na różnych produktach spożywczych - nabiału (serach i maśle), kiełbasach, wędlinach i smalcu.

Wszystkie próbki były rozmrażane w temperaturze pokojowej, a następnie przeprowadzane były z nimi odpowiednie rozcieńczenia w sterylnej, buforowanej wodzie peptonowej. Do tego procesu używano około 1 g każdej próbki produktu spożywczego. Wymienione produkty były testowane na różnych podłożach hodowlanych, takich jak Schaedler Agar, Mueller Hinton Agar, Bromocresol Purple Lactose Agar, Tryptic Soy Agar, Brain Heart Infusion Agar i MacConkey Agar.

Kolonie bakteryjne, które wyrosły po inkubacji w temperaturze 37°C przez 3 dni w warunkach tlenowych i beztlenowych, były poddawane identyfikacji. Techniki identyfikacji obejmowały spektrometrię mas MALDI-TOF, używając platformy MALDI Biotyper 3.0, oraz platformy EXS2600 firmy Zybio Inc.

Do ekstrakcji analitów z badanych próbek wykorzystano proces ekstrakcji ciecz-ciało stałe, przy czym etanol 96% służył jako rozpuszczalnik. Po zakończeniu ekstrakcji ekstrakty odparowano, aby usunąć rozpuszczalnik, a następnie próbki poddano dalszej analizie.

Choć nie podano tu konkretnych wyników badań, opisane procesy są standardowymi metodami stosowanymi w badaniach mikrobiologicznych, służącymi do identyfikacji i analizy mikroorganizmów obecnych w badanych produktach spożywczych. Wyniki tych badań mogą dostarczyć cennych informacji na temat bezpieczeństwa i jakości tych produktów, co jest kluczowe dla przemysłu spożywczego i służby zdrowia.

Badania mikrobiologiczne produktów spożywczych są przeprowadzane, aby zidentyfikować różne rodzaje bakterii i innych mikroorganizmów, które mogą wpływać na bezpieczeństwo żywności i zdrowie konsumentów. Oto niektóre z typowych bakterii, które można znaleźć w badanych produktach:

1. **Nabiał**:
   * **Lactobacillus**: Są to bakterie fermentacji mlekowej, które przekształcają laktozę w kwas mlekowy, nadając produktom mleczarskim ich charakterystyczny smak.
   * **Staphylococcus aureus**: To potencjalnie patogenne bakterie, które mogą powodować zatrucia pokarmowe.
   * **Listeria monocytogenes**: To patogeny żywnościowe, które mogą powodować poważne infekcje, szczególnie u osób o obniżonej odporności, starszych osób i kobiet w ciąży.
   * **Escherichia coli**: Niektóre szczepy mogą powodować zatrucia pokarmowe.
2. **Kiełbasy, wędliny, smalec**:
   * **Clostridium perfringens**: Bakterie te mogą powodować zatrucia pokarmowe, szczególnie w produktach mięsnych.
   * **Salmonella**: To jedne z najczęstszych patogenów przenoszonych przez żywność, które mogą powodować salmonellozę, chorobę znaną z gorączki, bólów brzucha i biegunek.
   * **Campylobacter**: Jest to najczęściej zgłaszany bakterialny patogen przenoszony przez żywność, który może powodować campylobacteriozę, chorobę znaną z gorączki, bólów brzucha i biegunek.

Różne typy podłoży hodowlanych są używane do identyfikacji różnych typów bakterii - na przykład, MacConkey Agar jest używany do izolacji i identyfikacji bakterii Gram-ujemnych, a Schaedler Agar jest często używany do hodowli bakterii beztlenowych. Technika MALDI-TOF MS jest używana do precyzyjnej identyfikacji bakterii na podstawie ich unikalnych "odcisków palców" białkowych.

Nie wszystkie bakterie są szkodliwe. Wiele z nich jest niezbędnych do produkcji niektórych rodzajów żywności, takich jak sery i kiszonki. Celem badań mikrobiologicznych jest identyfikacja potencjalnie szkodliwych bakterii, aby zapewnić bezpieczeństwo żywności.

W produkcji różnych rodzajów żywności, takiej jak sery, jogurty, kiszonki czy niektóre rodzaje wędlin, wykorzystuje się specyficzne bakterie, które nie tylko poprawiają smak i teksturę produktów, ale też mają pozytywny wpływ na nasze zdrowie. Oto kilka z nich:

1. **Lactobacillus acidophilus**: Ta bakteria jest często używana w produkcji jogurtów i innych produktów mlecznych. Znana jest z korzystnego wpływu na zdrowie jelit, wspierając równowagę mikrobioty jelitowej i pomagając w ochronie przed niektórymi patogenami.
2. **Bifidobacterium bifidum**: Ta bakteria jest jednym z najczęstszych składników suplementów probiotycznych i jest często dodawana do produktów mlecznych. B. bifidum ma korzystny wpływ na zdrowie jelit i systemu immunologicznego.
3. **Lactobacillus casei**: Jest to bakteria stosowana w produkcji serów i jogurtów. L. casei pomaga w utrzymaniu zdrowia układu pokarmowego i jest badana pod kątem potencjalnych korzyści dla układu immunologicznego.
4. **Lactococcus lactis**: Ten gatunek bakterii jest kluczowy w produkcji wielu serów, a także niektórych produktów fermentowanych, takich jak kiszone warzywa. L. lactis jest również badany pod kątem jego potencjalnych korzyści dla zdrowia ludzi.
5. **Streptococcus thermophilus**: Ta bakteria jest często stosowana wraz z Lactobacillus bulgaricus w produkcji jogurtu. S. thermophilus pomaga w trawieniu mleka i ma korzystny wpływ na zdrowie jelit.
6. **Lactobacillus rhamnosus**: Jest to bakteria probiotyczna, która jest często dodawana do jogurtów i innych produktów mlecznych. L. rhamnosus jest badany pod kątem wielu korzyści zdrowotnych, w tym poprawy funkcji jelit, ochrony przed infekcjami układu moczowego i wsparcia układu immunologicznego.
7. **Pediococcus acidilactici**: Jest to bakteria kwasu mlekowego używana w produkcji niektórych serów i kiszonych warzyw. P. acidilactici jest badany pod kątem jego potencjalnych korzyści dla zdrowia, w tym ochrony przeciwko niektórym patogenom pokarmowym.
8. **Leuconostoc mesenteroides**: Ta bakteria jest używana w produkcji niektórych produktów fermentowanych, takich jak kiszona kapusta i kiszone ogórki. L. mesenteroides pomaga w utrzymaniu zdrowej mikroflory jelitowej.

Każda z tych bakterii może być markerem wysokiej jakości żywności, jeśli jest obecna w odpowiedniej ilości i w odpowiednich warunkach. Niektóre z nich mogą również pomóc w walce z niepożądanymi mikroorganizmami, poprawiając bezpieczeństwo żywności.

Bakterie kwasu mlekowego (Lactic Acid Bacteria - LAB) i bakterie probiotyczne mają wiele markerów, które mogą być wykorzystane do identyfikacji ich obecności i ilości w żywności. Oto 10 markerów, które mogą być wykorzystane do identyfikacji tych bakterii:

1. **16S rRNA**: Jest to uniwersalny marker, który jest często używany do identyfikacji i klasyfikacji bakterii, w tym bakterii kwasu mlekowego i probiotycznych.
2. **Sekwencje genów recA i pheS**: Są to geny kodujące białka niezbędne dla bakterii i są często używane do identyfikacji konkretnych gatunków bakterii kwasu mlekowego.
3. **Polisacharydy ściany komórkowej**: Niektóre bakterie probiotyczne produkują specyficzne polisacharydy, które mogą służyć jako markery.
4. **Białko S-layer**: Niektóre bakterie kwasu mlekowego, jak Lactobacillus acidophilus, mają charakterystyczne białko S-layer na powierzchni komórki, które może służyć jako marker.
5. **Zdolność do produkcji kwasu mlekowego**: Produkcja kwasu mlekowego jest podstawowym markerem bakterii kwasu mlekowego.
6. **Geny odporności na antybiotyki**: Niektóre bakterie probiotyczne posiadają geny odporności na antybiotyki, które mogą służyć jako markery.
7. **Zdolność do produkcji bakteriocyn**: Niektóre bakterie kwasu mlekowego i probiotyczne mają zdolność do produkcji bakteriocyn, białek o działaniu przeciwbakteryjnym, które mogą służyć jako markery.
8. **Geny związane z adhezją do komórek gospodarza**: Niektóre bakterie probiotyczne mają geny, które są związane z adhezją do komórek gospodarza, co jest kluczowe dla ich funkcji probiotycznej.
9. **Geny związane z syntezą witamin**: Niektóre bakterie kwasu mlekowego mogą syntetyzować witaminy, takie jak witaminy z grupy B, a geny związane z tą syntezą mogą służyć jako markery.
10. **Geny związane z metabolizmem błonnika**: Niektóre bakterie probiotyczne mogą fermentować błonnik, co jest korzystne dla zdrowia jelit, a geny związane z tym procesem mogą służyć jako marker

Zarówno obecność szkodliwych, jak i korzystnych bakterii może dostarczyć istotnych informacji na temat jakości i naturalności żywności.

Szkodliwe bakterie, takie jak E. coli, Listeria monocytogenes czy Salmonella, mogą wskazywać na zanieczyszczenia produktu żywnościowego i niewłaściwe praktyki sanitarne podczas produkcji czy przechowywania. Obecność takich patogenów jest jednym z głównych wskaźników niskiej jakości żywności. Analiza bakteriologiczna produktów spożywczych jest więc kluczowym elementem w procesie kontroli jakości.

Z drugiej strony, obecność pozytywnych bakterii, takich jak Lactobacillus, Bifidobacterium, Streptococcus czy Pediococcus, może wskazywać na wysoką jakość i naturalność produktu żywnościowego. Te bakterie są często wykorzystywane w procesach fermentacyjnych, które mają kluczowe znaczenie w produkcji wielu tradycyjnych produktów spożywczych, takich jak sery, jogurty, kiszonki. Dlatego obecność tych bakterii może świadczyć o naturalności procesu produkcji.

Warto jednak pamiętać, że obecność tych "pozytywnych" bakterii musi być równoważona. Chociaż są one generalnie korzystne dla zdrowia, zbyt duża liczba nawet "dobrych" bakterii może prowadzić do problemów, takich jak zaburzenia równowagi mikrobioty jelitowej. Dlatego kontrola liczby tych bakterii jest również ważna.

Również niektóre z tych "dobrych" bakterii mogą przetrwać jedynie w odpowiednich warunkach, co stanowi dodatkowy marker jakości. Na przykład, bakterie probiotyczne muszą być zdolne do przetrwania i rozmnażania się w układzie pokarmowym po spożyciu, aby przynieść korzyści zdrowotne. Jeśli produkt żywnościowy zawiera żywe, zdolne do rozmnażania bakterie probiotyczne, może to wskazywać na jego wysoką jakość.

Dlatego analiza mikrobiologiczna, obejmująca zarówno patogeny, jak i pozytywne bakterie, może stanowić prosty, ale skuteczny test do klasyfikacji jakości i naturalności żywności.

**Opracowanie kompleksowej metody analizy produktów żywnościowych za pomocą ATR-FTIR**

Interpretacja danych z analizy ATR-FTIR jest złożonym procesem, który zazwyczaj wymaga zaawansowanych umiejętności analitycznych i głębokiej wiedzy na temat spektroskopii podczerwieni. W twoim pytaniu podano informacje na temat identyfikacji pasm charakterystycznych dla różnych składników żywności, takich jak białka, tłuszcze i woda.

Analizując wyniki, naukowcy byli w stanie zidentyfikować typowe pasma dla białek, tłuszczy i wody w próbkach testowych sera i wędlin. Na przykład, pasmo około 1650-1550 cm⁻¹ jest typowe dla struktur amido białek. Podobnie, pasmo około 1740-1735 cm⁻¹ jest charakterystyczne dla estrowych wiązań tłuszczowych, a pasma około 3700-3500 cm⁻¹ i 1650-1600 cm⁻¹ są związane z drganiami grup O-H wody.

Analiza statystyczna planowana na dalszym etapie ma na celu ilościowe określenie poszczególnych składników w próbkach. Dodatkowo, widma IR będą porównane z próbkami produktów dostępnych komercyjnie, aby zidentyfikować ewentualne różnice, takie jak obecność konserwantów, mykotoksyn i pestycydów.

To jest jedynie ogólna interpretacja tych wyników. Aby uzyskać pełną interpretację, należałoby przeprowadzić bardziej szczegółową analizę, uwzględniając konkretne widma IR, które niestety nie zostały tutaj przedstawione.

Spektroskopia podczerwieni z transformacją Fouriera (FTIR) jest potężnym narzędziem, które pozwala na identyfikację i analizę różnych składników w produktach spożywczych. Poniżej znajdują się przykładowe markery, które mogą być oznaczane za pomocą tej techniki:

1. **Białka**: FTIR może identyfikować białka na podstawie charakterystycznych pasm, takich jak pasmo amido (1650-1550 cm⁻¹) i pasma peptydowe (1650-1550 cm⁻¹).
2. **Tłuszcze**: FTIR może identyfikować tłuszcze na podstawie charakterystycznych pasm, takich jak pasmo estrowe (1740-1735 cm⁻¹) i pasma wiązań C-H (3000-2800 cm⁻¹ i 1460-1375 cm⁻¹).
3. **Woda**: FTIR może identyfikować wodę na podstawie charakterystycznych pasm, takich jak pasmo wolnej wody (3700-3500 cm⁻¹) i pasmo związanej wody (1650-1600 cm⁻¹).
4. **Pestycydy i Herbicydy**: FTIR może pomóc w identyfikacji śladów pestycydów i herbicydów w produktach spożywczych na podstawie ich charakterystycznych pasm.
5. **Mykotoksyny**: FTIR może również pomóc w identyfikacji mykotoksyn, które są toksycznymi substancjami produkowanymi przez pleśnie.
6. **Metale ciężkie**: FTIR może pomóc w identyfikacji metali ciężkich w produktach spożywczych na podstawie ich charakterystycznych pasm.
7. **Dodatki do żywności**: FTIR może pomóc w identyfikacji różnych dodatków do żywności, takich jak konserwanty i barwniki.
8. **Witaminy i Antyoksydanty**: FTIR może pomóc w identyfikacji witamin i antyoksydantów w produktach spożywczych.
9. **Falszerstwa żywności**: FTIR może pomóc w identyfikacji falszerstw żywności, takich jak podrobione oleje, alkohole czy mleko.
10. **Struktura białek**: FTIR może również pomóc w identyfikacji struktury białek, na przykład alfa-helisy (1650-1660 cm⁻¹) i beta-struktury (1630-1640 cm⁻¹).

1. [↑](#footnote-ref-1)
2. [↑](#footnote-ref-2)
3. [↑](#footnote-ref-3)