

Oznaczanie laktozy w produktach mlecznych bez laktozy metodą wysokosprawnej anionowymiennej chromatografii z pulsową detekcją amperometryczną

Pranathi Perati, Brian De Borba i Jeffrey Rohrer
Thermo Fisher Scientific, Sunnyvale, CA, USA

Wprowadzenie

Laktoza jest głównym disacharydem występującym w produktach mlecznych i jest katabolizowana do glukozy i galaktozy przez enzym laktazę. U osób z nietolerancją laktozy występuje niedobór laktazy, dlatego laktoza nie jest całkowicie katabolizowana. Choć nietolerancja laktozy nie jest stanem chorobowym stwarzającym niebezpieczeństwo, jej powszechność na całym świecie przyczyniła się do powstania dużego rynku produktów bez laktozy. Dostępne w sprzedaży produkty bez laktozy powstają w wyniku rozkładu laktozy na glukozę i galaktozę metodą hydrolizy enzymatycznej. Jednakże powstałe w ten sposób produkty mleczne zawierają różną ilość resztkowej laktozy. Stworzyło to potrzebę opracowania prostych, niezawodnych i dokładnych metod analitycznych pozwalających na ilościowe oznaczenie laktozy.

Poddanie mleka obróbce cieplnej powoduje zmianę jego struktury i składu chemicznego, przy czym zakres tych zmian zależy od temperatury i czasu podgrzewania. Laktuloza to disacharyd zawierający galaktozę i fruktozę, który nie występuje naturalnie w surowym mleku, ale powstaje w procesie obróbki cieplnej mleka w wyniku izomeryzacji laktozy. Zawartość laktulozy w mleku można wykorzystać do określenia metody sterylizacji mleka. Średnie stężenie laktulozy przy sterylizacji w pojemnikach wynosi 744 mg/l, podczas gdy w mleku poddanym obróbce metodą pasteryzacji w niskiej temperaturze wynosi ono tylko 3,5 mg/l.¹

Obecnie dostępne metody analityczne służące do wykrywania laktozy obejmują detekcję w średniej podczerwieni, fluorometrię, metody fotometryczne, polarymetrię, detekcję grawimetryczną, metody różnicowego pH i oznaczenia enzymatyczne.²⁻⁵ Metody te są czasochłonne ze względu na szeroki zakres przygotowania próbek. Ponadto nie ma możliwości odróżnienia poszczególnych węglowodanów, a pomiary polarymetryczne zakłócają pomiary innych optycznie czynnych składników.

Metoda 984.15 stowarzyszenia AOAC (Association of Official Analytical Chemists) opiera się na enzymatycznej hydrolizie laktozy do glukozy i galaktozy przy pH wynoszącym 6,6 przez β -galaktozydazę. Metoda ta jest jednak czasochłonna i wymaga szerokiego zakresu przygotowań odczynników. Podane granice oznaczalności tej analizy mogą nie pozwalać na oznaczenie laktozy w próbkach niezawierających laktozy.⁶

W pracy opisano czułą i dokładną metodę oznaczania laktozy i laktulozy w produktach mlecznych, w tym w produktach bez laktozy, z wykorzystaniem wysokosprawnej anionowymiennej chromatografii połączonej z pulsową detekcją amperometryczną (HPAE-PAD) w sześciu różnych produktach handlowych. HPAE-PAD to szeroko stosowana technika oznaczania monosacharydów, disacharydów, oligosacharydów, mniejszych polisacharydów, kwasów sialowych i innych kwasów cukrowych. Jako metoda detekcji bezpośredniej HPAE-PAD eliminuje błędy związane z derywatyzacją analitu. Kolumna Thermo Scientific™ Dionex™ CarboPac™ PA20 w połączeniu z technologią PAD umożliwia wysokorozdzielcze rozdzielanie małych i większych węglowodanów z czułą detekcją. Opisaną tutaj metodę zastosowano do oznaczenia niskich stężeń laktozy w kilku produktach dostępnych w sprzedaży — cztery z nich były produktami bez laktozy. W serach Gouda i Havarti bez laktozy nie wykryto laktozy, natomiast w serze twarogowym bez laktozy i mleku bez laktozy oznaczono odpowiednio 2,17 mg/ml i 0,6 mg/ml laktozy.

Urządzenie

System Thermo Scientific Dionex ICS-3000* obejmujący następujące elementy:

- Pompa pojedyncza SP lub pompa podwójna DP z opcją odgazowania
- Moduł detekcyjny DC ze strefą jedno- lub dwutemperaturową
- Detektor elektrochemiczny
- Jednorazowa elektroda robocza AU na PTFE, opakowanie 6 sztuk (z uszczelkami 2 mm w zestawie)
- Elektroda odniesienia pH-Ag/AgCl
- Automatyczny podajnik próbek AS z opcjonalną tacą chłodzącą (zalecane)

Oprogramowanie do systemu danych chromatograficznych (CDS) Thermo Scientific™ Dionex™ Chromeleon™

* Równie dobre lub lepsze wyniki można uzyskać, stosując system Thermo Scientific Dionex ICS-5000+.

Materiały eksploatacyjne

Kolumna analityczna Dionex CarboPac PA20, 3 × 150 mm

Prekolumna Dionex CarboPac PA20, 3 × 30 mm

Thermo Scientific Dionex OnGuard IIA, wkład 2,5 cm³

Filtry strzykawkowe (0,2 μm)

Jednorazowe moduły filtracyjne Thermo Scientific Nalgene, membrana nylonowa 0,20 μm

Wirówka wyposażona w dziesięciomiejscowy aluminiowy wimik o stałym kącie

Spinchron®, seria GS-6R lub odpowiednik

Odczynniki i roztwory wzorcowe

Woda o czystości odczynnikowej, typ I, o rezystancji 18 MΩ-cm lub lepszej, filtrowana przez filtr 0,2 μm bezpośrednio przed użyciem

Octan sodu, bezwodny

Wodorotlenek sodu Fisher Scientific, 50%

Heksacyjanożelazian (III) potasu, odczynnik ACS, ≥ 99%, proszek

Siarczan cynku, jednowodny

α-laktoza, jednowodna

β-D-glukoza

D-galaktoza

Laktuloza, 4-O-β Galaktopiranozylo-D fruktofuranoza

Sacharoza, α-D-glukopiranozylo-β-D-fruktofuranozyd

Azot; klasa 4,8, 99,998%

Próbki

Twaróg o obniżonej zawartości tłuszczu

Ser Havarti bez laktozy

Ser Gouda bez laktozy

Jogurt light beztłuszczowy

Pełnotłuste mleko

Mleko bez laktozy 1%

Warunki

Kolumny: Kolumna analityczna Dionex CarboPac PA20, 3 × 150 mm
Prekolumna Dionex CarboPac PA20, 3 × 30 mm

Przepływ: 0,4 ml/min

Obj. nastrzyku: 10 μl

Temperatura tacy: 4°C

Detekcja: Zintegrowana amperometria pulsowa, Au na PTFE jednorazowego użytku lub konwencjonalna. Elektrody robocze Au

Kształt fali: Węglowodany (standardowy kwadratowy)

Tło: <20 nC

Szum: od 30 do 80 pC

Temperatura: 30°C

Eluenty: A) Woda dejonizowana
B) 200 mM NaOH
C) 200 mM NaOH, 100 mM octanu sodu
D) 200 mM NaOH, 1 M octanu sodu

Czas (s)	Potencjał (V)	Obszar wzmocnienia*	Zmiana*	Całkowanie
0.00	+0.1	Wyt.	Wł.	Wyt.
0.20	+0.1	Wł.	Wł.	Wł.
0.40	+0.1	Wyt.	Wł.	Wyt.
0.41	-2.0	Wyt.	Wł.	Wyt.
0.42	-2.0	Wyt.	Wł.	Wyt.
0.43	+0.6	Wyt.	Wł.	Wyt.
0.44	-0.1	Wyt.	Wł.	Wyt.
0.50	-0.1	Wyt.	Wł.	Wyt.

* Ustawienia wymagane w przypadku korzystania z urządzeń Dionex ICS-3000 lub Dionex ICS-5000, ale nie w przypadku starszych systemów Thermo Scientific.

Warunki gradientu					
Czas (min)	Przepływ (ml/min)	% A	% B	% C	% D
0.0	0.40	94.0	6.0	0.0	0.0
10.0	0.40	94.0	6.0	0.0	0.0
20.0	0.40	90.0	7.5	2.5	0.0
25.0	0.40	90.0	7.5	2.5	0.0
31.0	0.40	92.5	7.5	0.0	0.0
33.0	0.40	0.0	25.0	0.0	75.0
43.0	0.40	0.0	25.0	0.0	75.0
43.1	0.40	0.0	100.0	0.0	0.0
49.0	0.40	0.0	100.0	0.0	0.0
49.1	0.40	94.0	6.0	0.0	0.0
65.0	0.40	94.0	6.0	0.0	0.0

Przygotowanie roztworów i odczynników 200 mM NaOH

Do kolby miarowej z polipropylenu o pojemności 1 l zawierającej około 800 ml odgazowanej i przefiltrowanej wody dejonizowanej należy przenieść 10,4 ml 50% wodorotlenku sodu za pomocą plastikowej pipety serologicznej. Wymieszać poprzez odwrócenie kolby miarowej i uzupełnić objętość odgazowaną i przefiltrowaną wodą dejonizowaną. Szczegółowe informacje na temat prawidłowego przygotowania, przechowywania i stosowania eluentów do metody HPAE-PAD można znaleźć w nocie technicznej 71.7 Aby zminimalizować zanieczyszczenie węglanami, należy utrzymywać eluent cały czas pod osłoną azotu (lub innego gazu obojętnego) pod ciśnieniem 5–8 psi.

200 mM NaOH, 100 mM octanu sodu

Rozpuścić 8,204 g bezwodnego octanu sodu o wysokiej czystości w około 800 ml wody dejonizowanej. Przefiltrować roztwór przez filtr próżniowy 0,20 µm, aby usunąć wszelkie cząstki stałe. Przefiltrowany roztwór przelać do plastikowej kolby miarowej o pojemności 1 l i za pomocą plastikowej pipety serologicznej dodać 10,4 ml 50% wodorotlenku sodu. Uzupełnić objętość odgazowaną i przefiltrowaną wodą dejonizowaną. Aby zminimalizować zanieczyszczenie węglanami, należy utrzymywać eluent cały czas pod osłoną azotu (lub innego gazu obojętnego) pod ciśnieniem 5–8 psi.

200 mM NaOH, 1 M octanu sodu

Rozpuścić 82,04 g bezwodnego octanu sodu o wysokiej czystości w około 800 ml wody dejonizowanej. Przefiltrować roztwór przez filtr próżniowy 0,20 µm, aby usunąć wszelkie cząstki stałe. Przefiltrowany roztwór przelać do plastikowej kolby miarowej o pojemności 1 l i za pomocą plastikowej pipety serologicznej dodać 10,4 ml 50% wodorotlenku sodu. Uzupełnić objętość odgazowaną i przefiltrowaną wodą dejonizowaną. Aby zminimalizować zanieczyszczenie węglanami, należy utrzymywać eluent cały czas pod osłoną azotu (lub innego gazu obojętnego) pod ciśnieniem 5–8 psi.

Roztwór Carreza I

Rozpuścić 15,0 g heksacyjanożelazianu (III) potasu w 75 ml wody dejonizowanej i przefiltrować przez filtr 0,20 µm. Przenieść do kolby miarowej o pojemności 100 ml i uzupełnić do odpowiedniej objętości.

Roztwór Carreza II

Rozpuścić 30,0 g jednowodnego siarczanu cynku w 75 ml wody dejonizowanej i przefiltrować przez filtr 0,20 µm. Przenieść do kolby miarowej o pojemności 100 ml i uzupełnić do odpowiedniej objętości.⁸

Roztwory wzorcowe

Wszystkie zatężone roztwory wzorcowe można przechowywać przez maksymalnie 6 miesięcy w temperaturze –40°C. Rozcieńczone roztwory pośrednie są stabilne przez 3 miesiące w temperaturze –40°C, a roztwory robocze i mieszane są stabilne przez dwa tygodnie w temperaturze 2–4°C.

Zatężone roztwory wzorcowe 1000 mg/l

Przygotować roztwór wzorcowy, rozpuszczając odpowiednią ilość węglowodanów (Tabela 1) w około 75 ml wody dejonizowanej i rozcieńczając do 100 ml w kolbie miarowej. Przechowywać roztwór podstawowy w butelce z polietylenu o dużej gęstości lub polipropylenu w temperaturze 4°C.

Tabela 1. Ilości potrzebne do przygotowania zatężonych roztworów wzorcowych (100 ml)

Węglowodan	Waga (g)
α-laktoza	0.360
β-D-glukoza	0.180
D-galaktoza	0.182
Laktuloza	0.342
Sacharoza	0.342

Roztwory robocze i roztwory na potrzeby liniowości metody

Aby przygotować robocze roztwory wzorcowe, za pomocą skalibrowanej pipety odmierzyć odpowiednią objętość podstawowego roztworu wzorcowego 1000 mg/l do kolby miarowej i rozcieńczyć do odpowiedniej objętości wodą dejonizowaną. Do badań liniowości metody zastosowano następujące roztwory wzorcowe laktozy i laktulozy: 100, 50, 25, 15, 10, 7,5, 5, 3, 2, 1, 0,5, i 0,25 mg/l. Wyjątkiem były badania liniowości dotyczące laktulozy, w której przypadku minimalne stężenie wynosiło 0,5 mg/l.

Mieszane roztwory wzorcowe

Aby przygotować mieszane węglowodanowe roztwory wzorcowe, należy połączyć odpowiednie objętości poszczególnych podstawowych węglowodanowych roztworów wzorcowych w kolbie miarowej i rozcieńczyć do odpowiedniej objętości wodą dejonizowaną.

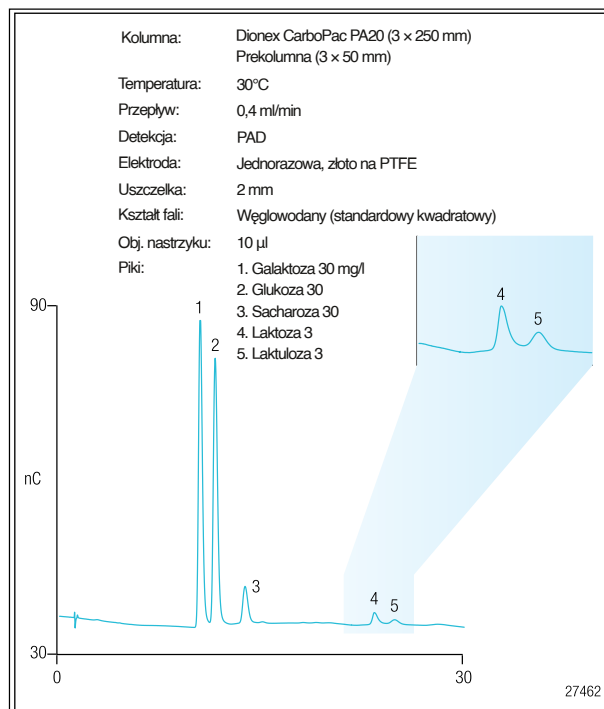
Przygotowywanie próbek

Odważyć 1 g próbki i dodać do niej 10 ml wody dejonizowanej. Do mieszaniny dodać 200 µl roztworu Carreza I i 200 µl roztworu Carreza II, wstrząsając ją po dodaniu każdego z nich. Przenieść mieszaninę do kolby miarowej o pojemności 100 ml i uzupełnić objętość do 100 ml. Odwirować część tej próbki przy 3000 obr./min. Odessać supernatant i przefiltrować przez filtr 0,20 µm. Przygotować wkład Thermo Scientific™ Dionex™ OnGuard™ IIA o pojemności 2,5 cm³, przepłukując go 15 ml wody dejonizowanej przy szybkości przepływu mniejszej niż 2 ml/min, a następnie usuwając zebraną ciecz. Załadować 8 ml próbki, wyrzucić pierwsze 6 ml do pojemnika na odpady i zebrać kolejne 2 ml do analizy. Próbkę można przechowywać w temperaturze -4°C przez okres do 2 tygodni. Przed nastrzykiem należy przefiltrować próbkę przez filtr strzykawkowy klasy IC.

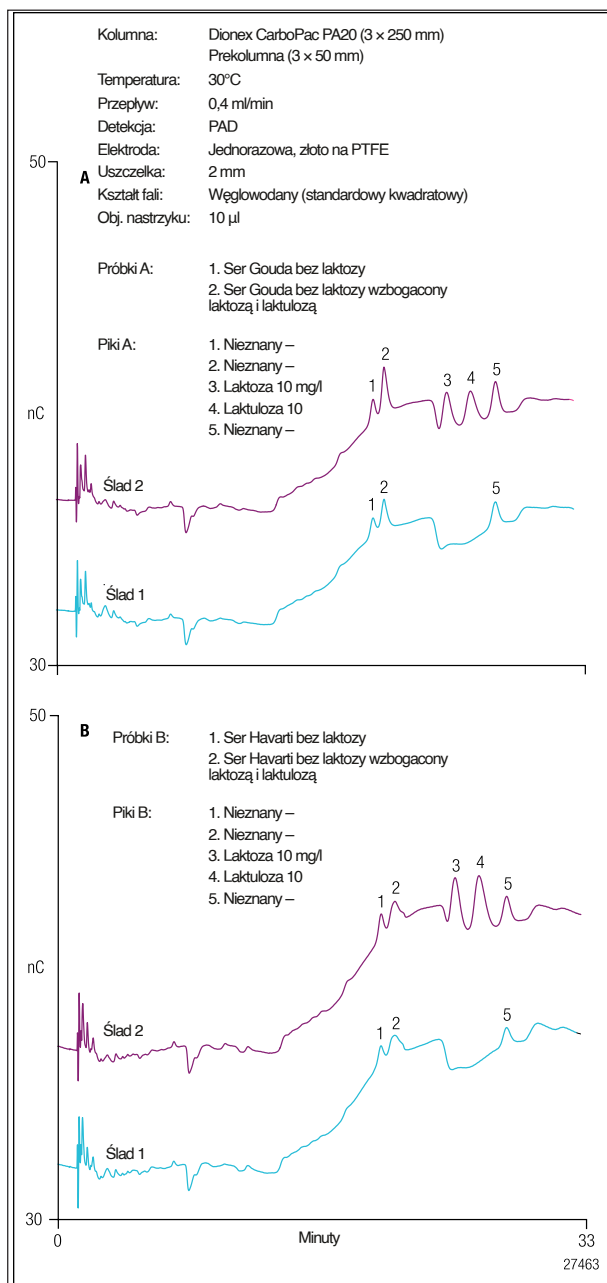
Wyniki i omówienie

Chromatografia i badania interferencyjne

Aby zoptymalizować rozdzielanie laktozy i laktulozy przy obecności w próbce oczekiwanych węglowodanów, przygotowano zmieszany węglowodanowy roztwór wzorcowy. Rysunek 1 przedstawia chromatogram zmieszanego węglowodanowego roztworu wzorcowego z zastosowaniem zoptymalizowanego gradientu umożliwiającego rozdzielanie laktozy i laktulozy. Czasy retencji galaktozy, glukozy, sacharozy, laktozy i laktulozy wynoszą odpowiednio 9,63, 10,65, 13,79, 22,98 i 24,36 min. Wszystkie węglowodany są od siebie dobrze oddzielone, łącznie z laktozą i laktulozą.



Rysunek 1. Rozdzielenie roztworu wzorcowego zmieszanych węglowodanów, zawierającego laktozę i laktulozę.



Wstępna analiza próbek

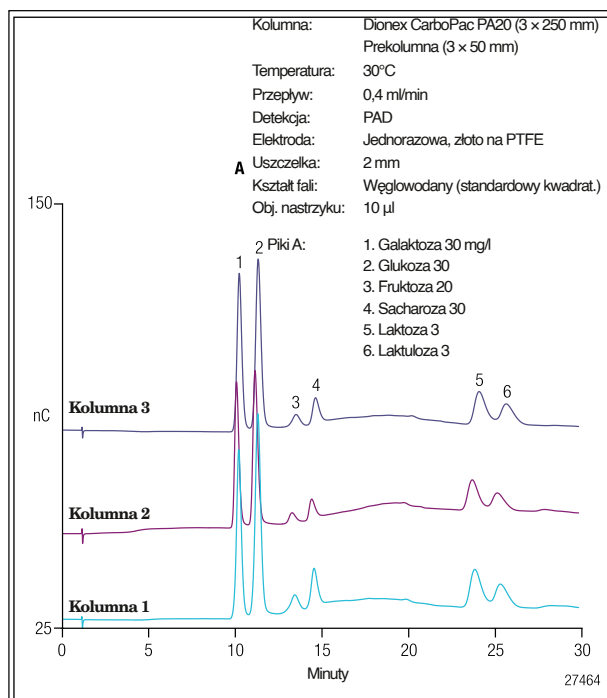
Zoptymalizowane rozdzielanie zastosowano do dwóch matryc próbek: sera Gouda bez laktozy i sera Havarti bez laktozy. Rysunek 2A przedstawia nałożone na siebie chromatogramy wzbogaconych i niewzbogaconych próbek sera Gouda. Ślad 1 przedstawia rozdzielanie niewzbogaconej próbki sera bez wykrywalnej zawartości laktozy. Ślad 2 przedstawia rozdzielanie próbki sera Gouda wzbogaconej o laktozę i laktulozę (po 10 mg/l w obu przypadkach). Chromatogram ten pokazuje, że laktoza i laktuloza są dobrze rozdzielone od siebie i od substancji zakłócających związanych z matrycą.

Rysunek 2B przedstawia nałożone na siebie chromatogramy wzbogaconych i niewzbogaconych próbek sera Havarti. Ślad 1 przedstawia rozdzielanie niewzbogaconej próbki sera Havarti, w której nie wykryto laktozy. Ślad 2 przedstawia rozdzielanie próbki sera Havarti wzbogaconej o laktozę i laktulozę (po 10 mg/l w obu przypadkach). Chromatografia jest podobna do tej przedstawionej na rysunku 2A.

Powtarzalność w przypadku poszczególnych kolumn

Ze względu na bliskie wymywanie laktozy i laktulozy, odporność metody oceniono poprzez sprawdzenie rozdzielania na trzech kolumnach z trzech różnych partii. Rysunek 3 pokazuje, że laktoza i laktuloza są wyraźnie rozdzielone na każdej kolumnie.

Rysunek 2. A) Rozdzielenie węglowodanów we wzbogaconych i niewzbogaconych próbkach sera Gouda bez laktozy. B) Rozdzielenie węglowodanów we wzbogaconych i niewzbogaconych próbkach sera Havarti bez laktozy.



Rysunek 3. Nałożenie wyników rozdzielania laktozy i laktulozy na kolumny z trzech różnych partii.

Tabela 2. Ilości potrzebne do przygotowania załadowanych roztworów wzorcowych (100 ml)

Analit	Stęż. (mg/l)	RSD		
		Czas Ret.	Obszar piku	Wysokość piku
Galaktoza	30	0,15	1,03	1,01
Glukoza	30	0,14	1,30	1,08
Sacharozza	30	0,16	1,51	1,37
Laktoza	3	0,13	3,70	5,74
Laktuloza	3	0,12	5,06	5,42

n = 30 nastrzyków.

Tabela 3. Liniowość i wartości MDL w odniesieniu do laktozy i laktulozy

Węglowodan	Zakres mg/l	r^2	Roztwór wzorcowy MDL (mg/l)	*Obliczone wartości MDL (mg/l)
Laktoza	0,25–100	0,9966	0,5	0,12
Laktuloza	0,5–100	0,9942	1,0	0,23

* Granice oznaczalności metody (MDL) w odniesieniu do laktozy i laktulozy określono, wykonując siedem nastrzyków roztworu o niskim stężeniu wzbogaconego laktozą i laktulożą w stężeniu od 3 do 5 razy wyższym od szacowanej wartości MDL.

Krótkoterminowa powtarzalność

Tabela 2 przedstawia powtarzalność w ciągu dnia mierzoną poprzez wykonanie 30 kolejnych nastrzyków roztworów wzorcowych mieszanych węglowodanów zawierających po 30 mg/l galaktozy, glukozy i sacharozę; po 3 mg/l laktozy i laktulozy; oraz 20 mg/l fruktozy. Metoda wykazała dobrą powtarzalność krótkoterminową; wartości względnego odchylenia standardowego czasu retencji w ciągu dnia wahały się od 0,12 dla laktulozy do 0,16 dla sacharozę, a wartości względnego odchylenia standardowego obszaru piku od 1,03 dla galaktozy do 5,07 dla laktulozy.

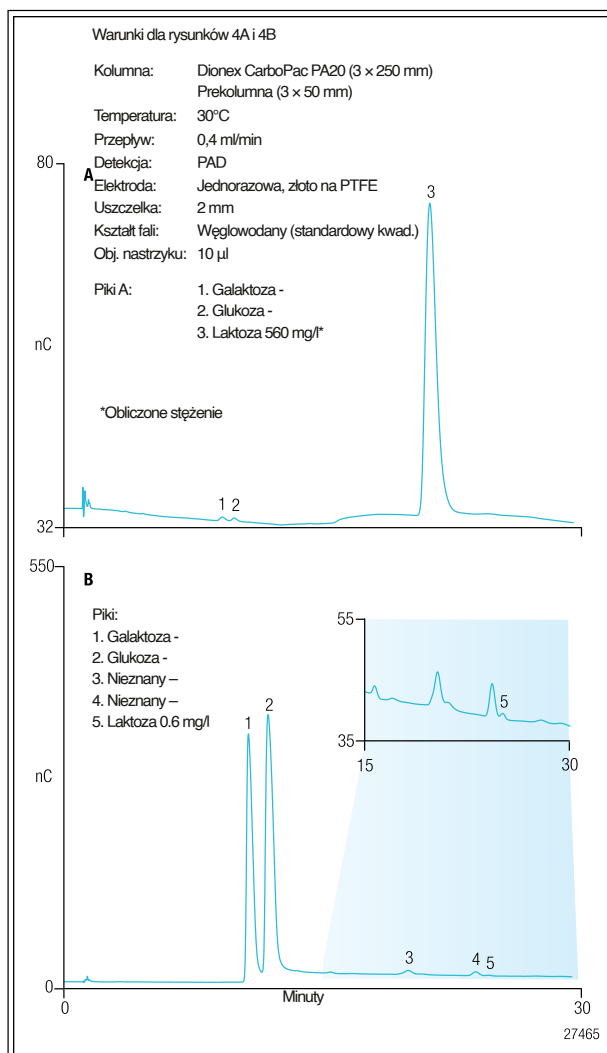
Oznaczanie liniowości w odniesieniu do laktozy i laktulozy

Roztwory wzorcowe do kalibracji przygotowano w wodzie dejonizowanej. W tabeli 3 podsumowano dane kalibracyjne dotyczące krzywej kalibracyjnej uzyskanej poprzez nastrzyknięcie roztworów wzorcowych do kalibracji o stężeniu laktozy 0,25–100 mg/l. W tabeli 3 podsumowano również dane kalibracyjne dotyczące laktulozy przy użyciu tych samych roztworów wzorcowych do kalibracji, z wyjątkiem roztworu wzorcowego 0,25 mg/l. Krzywa kalibracyjna dla obu związków miała charakter liniowy, a współczynnik korelacji (r^2) wynosił odpowiednio 0,9966 dla laktozy i 0,9942 dla laktulozy.

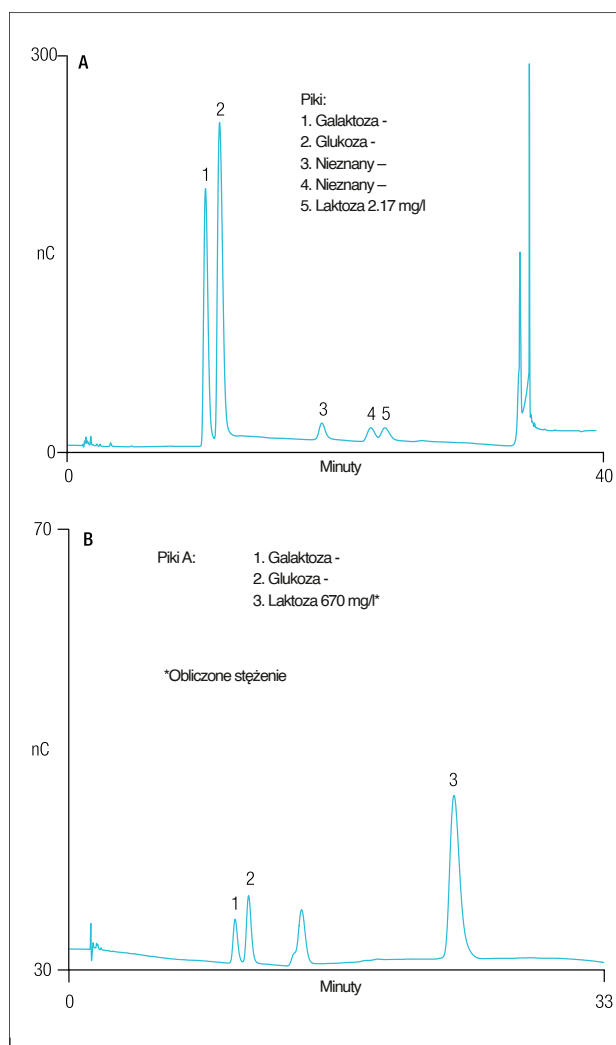
Wartości MDL w odniesieniu do laktozy i laktulozy

Wartości MDL definiuje się jako minimalne stężenie analitu, które można zidentyfikować, zmierzyć i zgłosić w sprawozdaniu z 99% pewnością, że stężenie analitu jest większe od zera. Zasadniczo jest to miara precyzji przygotowywania i analizowania roztworów wzorcowych o niskich poziomach stężeń zgodnie z daną metodą. Wartości MDL odnoszące się do laktozy i laktulozy określono, wykonując siedem nastrzyków roztworu o niskim stężeniu wzbogaconego laktożą i laktulożą w ilości od 3 do 5 razy wyższej niż szacowana wartość MDL. Wartości MDL obliczono przy użyciu krzywej kalibracyjnej.

Obliczone wartości MDL w wodzie dejonizowanej uzyskane tą metodą wynoszą 0,12 mg/l w przypadku laktozy i 0,23 mg/l w przypadku laktulozy. Tabela 3 podsumowuje dane dotyczące tego oznaczenia.



Rysunek 4. Dwupanel pokazujący następujące chromatogramy: A) rozdzielanie węglowodanów w mleku pełnotłustym i B) rozdzielanie węglowodanów w mleku odtłuszczonym bez laktozy.



Rysunek 5. Dwupanel pokazujący następujące chromatogramy: A) rozdzielanie węglowodanów w serze twarogowym o obniżonej zawartości tłuszczu bez laktozy i B) rozdzielanie węglowodanów w rozcieńczonym w stosunku 1:20 jogurcie o niskiej zawartości tłuszczu.

Analiza próbek

Oceniono zawartość laktozy i laktulozy w kilku produktach na bazie mleka. Rysunek 4A przedstawia rozdzielanie węglowodanów w mleku pełnotłustym. Przygotowaną próbkę mleka rozcieńczono w stosunku 1:10, aby zapobiec nadmiarowi laktozy. Rozcieńczona próbka mleka wykazała obecność galaktozy i glukozy oraz duże ilości laktozy. Rysunek 4B przedstawia rozdzielanie węglowodanów w mleku bez laktozy. Chromatogram pokazuje, że mleko bez laktozy zawiera wysokie stężenia galaktozy i glukozy oraz śladowe ilości laktozy (0,6 mg/l, 0,00006%). Produkt ten wykazał najniższe stężenie laktozy wśród ocenianych produktów.

Rysunek 5A przedstawia rozdzielanie węglowodanów w serze twarogowym bez laktozy. W próbce stwierdzono wysokie stężenia galaktozy i glukozy, 21,7 mg/l (0,00217%) laktozy i nieznane piki. Rysunek 5B przedstawia rozdzielanie węglowodanów w odtłuszczonym jogurcie. Chromatogram pokazuje, że jogurt odtłuszczony zawiera galaktozę, glukozę i 33,5 mg/l (0,00335%) laktozy.

Duplikat każdej próbki przed przygotowaniem próbki wzbogacono znaną ilością laktozy i laktulozy. Odzyski obliczono po przeprowadzeniu analizy próbek naturalnych i wzbogaconych. Odzysk laktozy i laktulozy w przypadku wszystkich matryc wynosił od 86 do 100% (Tabela 4).

Tabela 4. Odzysk laktozy i laktulozy w różnych matrycach

Matryca	Dodana ilość (mg/l)	Odzysk laktozy (%) n=3	Odzysk laktulozy (%) n=3
Mleko pełne (rozcieńczone w stosunku 1:10)	10	85.3	98.1
Mleko bez laktozy o obniżonej zawartości tłuszczu	10	97.6	94.5
Ser Gouda bez laktozy	10	90.1	100.8
Ser Havarti bez laktozy	10	99.7	93.2
Ser twarogowy bez laktozy	10	102.0	86.0
Jogurt o obniżonej zawartości tłuszczu (rozcieńczony w stosunku 1:20)	10	89.9	97.0

Podsumowanie

W pracy opisano czułą i dokładną metodę ekstrakcji, rozdzielania i oznaczania ilościowego laktozy i laktulozy w produktach na bazie mleka. Metoda wykorzystuje kolumnę Dionex CarboPac PA20 z PAD do ilościowego oznaczania laktozy i laktulozy w czasie rozdzielania krótszym niż 30 minut. Zastosowanie jednorazowych złotych elektrod zapewnia korzyść w postaci wysokiej powtarzalności w przypadku poszczególnych elektrod i szybkiego równoważenia po instalacji.

Środki ostrożności

Heksacyjanożelazian potasu jest czerwonym krystalicznym ciałem stałym, które może być szkodliwe. Może powodować podrażnienie dróg oddechowych w przypadku wdychania. Ponadto może być szkodliwy, jeśli zostanie wchłonięty przez skórę lub połknięty, a także może powodować podrażnienie oczu. Dodatkowe informacje można znaleźć w karcie charakterystyki heksacyjanożelazianu potasu. Heksacyjanożelazian potasu należy przechowywać w szczelnie zamkniętych pojemnikach w suchym i dobrze wentylowanym miejscu. Nie należy go przechowywać w pobliżu kwasów. Heksacyjanożelazianu potasu nie należy wylewać do kanalizacji. Należy skontaktować się z firmą zajmującą się utylizacją odpadów o odpowiednich uprawnieniach, aby mieć pewność, że wszystkie operacje utylizacji odbywają się zgodnie z obowiązującymi federalnymi, stanowymi i miejscowymi przepisami dotyczącymi ochrony środowiska.

Elektroda odniesienia musi być cały czas nawilżona i nie wolno dopuścić do jej wyschnięcia, zwłaszcza gdy cela jest włączona. Jeśli nie przewidujemy korzystania z systemu, należy zmniejszyć przepływ eluentu do 0,25 ml/min. W przypadku długoterminowego przechowywania, trwającego ponad tydzień, należy rozmontować celę, wyjąć elektrodę odniesienia i umieścić ją w nasyconym roztworze KCl.

www.thermofisher.com/chromatography

© 2016 Thermo Fisher Scientific Inc. Wszelkie prawa zastrzeżone. Wszystkie znaki towarowe są własnością spółki Thermo Fisher Scientific i jej spółek zależnych. Informacja ta została przedstawiona jako przykład możliwości produktów Thermo Fisher Scientific. Celem dokumentacji nie jest zachęcać do korzystania z tych produktów w żaden sposób, który mógłby naruszać prawa własności intelektualnej innych osób. Specyfikacje, warunki i ceny mogą ulec zmianie. Nie we wszystkich krajach są dostępne wszystkie produkty. Prosimy skontaktować się z lokalnym przedstawicielem handlowym, aby uzyskać dalsze informacje na ten temat.

Afryka +43 1 333 50 34 0
Australia +61 3 9757 4300
Austria +43 810 282 206
Belgia +32 53 73 42 41
Brazylia +55 11 3731 5140
Kanada +1 800 530 8447
Chiny 800 810 5118 (Bezpłatne pol. krajowe)
 400 650 5118

Dania +45 70 23 62 60
Europa – inne kraje +431 333 50340
Finlandia +358 9 3291 0200
Francja +33 1 60 92 48 00
Niemcy +49 6103 408 1014
Indie +91 22 6742 9494
Włochy +39 02 950 591

Japonia +81 6 6885 1213
Korea +82 2 3420 8600
Ameryka Łacińska +1 561 688 8700
Bliski Wschód +43 1 333 50 34 0
Holandia +31 76 579 55 55
Nowa Zelandia +64 9 980 6700
Norwegia +46 8 556 468 00

Rosja/WNP +43 1 333 50 34 0
Singapur +65 6289 1190
Szwecja +46 8 556 468 00
Szwajcaria +41 61 716 77 00
Tajwan +886 2 8751 6655
Wielka Brytania/Irlandia +44 1442 233555
USA +1 800 532 4752

Literatura

- Marconi, E.; Messia, C.M.; Amine, A.; Mascone, D.; Vernazza, F.; Stocchi, F.; i Pallechi, G. Heat-Treated Milk Differentiation by a Sensitive Lactulose Assay. [Różnicowanie mleka poddanego obróbce cieplnej za pomocą czułej analizy laktulozy.] 2004, 447–450.
- Luzzana, M.; Agnellini, D.; Cremonesi, P.; Caramenti, G.; i DeVita S. Milk Lactose and Lactulose Determination by the Differential pH Techniques. [Oznaczenie laktozy i laktulozy w mleku metodą różnicowego pH.] 2003, 409–416.
- Guan, R.; Liu, D.; Ye, X.; Yang, K. Use of Fluorometry for Determination of Skim Milk Powder Adulteration in Fresh Milk. [Zastosowanie fluorometrii do określania zafałszowań dotyczących odtłuszczonego mleka w proszku w świeżym mleku.] 2005, (11), 1101–1106.
- Monica, R.G.; Mar, V.; i Rosina, L.F. Effect of Homogenization on Protein Distribution and Proteolysis during Storage of Indirectly Heated UHT Milk. [Wpływ homogenizacji na dystrybucję białek i proteolizę podczas przechowywania pośrednio podgrzewanego mleka UHT.] 2002, 589–599.
- Moscone, D.; Bernado, R.A.; Marconi, E.; Amine, A.; i Pallechi, G. Rapid Determination of Lactulose in Milk by Microdialysis and Biosensors. [Szybkie oznaczanie laktulozy w mleku metodą mikrodializy i biosensorów.] 1999, 325–329.
- Lynch, J.M.; Barbano, D.M. Determination of Lactose Content of Fluid Milk by Spectroscopic Enzymatic Analysis Using Weight Additions and Path Length Adjustment: Collaborative Study. [Oznaczenie zawartości laktozy w mleku płynnym metodą spektroskopowej analizy enzymatycznej z wykorzystaniem dodatków wagowych i regulacji długości ścieżki: Badania kooperacyjne.] 2007, 196–216.
- Dionex Corporation (obecnie część Thermo Fisher Scientific). Nota techniczna 71, LPN 1932, 2009, Sunnyvale, Kalifornia.
- 481 North Frederick Avenue, Suite 500, Gaithersburg, Maryland 20877-2417 USA, 1984, 67, 637.

Thermo
 SCIENTIFIC

A Thermo Fisher Scientific Brand