

DYNAMIKA BIODEGRADACJI BISFENOLU A W WARUNKACH LABORATORYJNYCH

Tomasz Ciesielczuk¹, Joanna Poluszyńska², Czesława Rosik-Dulewska³

¹ Instytut Inżynierii Środowiska i Biotechnologii, Uniwersytet Opolski,

² Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych o/Opole Sieć Badawcza
Łukasiewicz,

³ Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN Zabrze

Mikrozanieczyszczenia w środowisku człowieka Częstochowa 14-16 września 2022

Wstęp

W przypadku wielu substancji zsyntetyzowanych przez człowieka (w tym produktów ropopochodnych, trwałych zanieczyszczeń organicznych, farmaceutyków), należy podjąć wszelkie działania mające na celu zapobieżenie przedostawania się ich do środowiska na każdym etapie ich cyklu życiowego.

Bisfenol A (BPA) mający zastosowanie w produkcji, antypirenów, tworzyw sztucznych, jest stosowany także do wytwarzania papieru termicznego. Dzięki powszechnemu stosowaniu tego rodzaju papieru do elektronicznych potwierdzeń transakcji gotówkowych lub wydruków paragonów sklepowych, bisfenol A jest przenoszony do środowiska i organizmu ludzkiego, gdzie został zidentyfikowany jako substancja endokrynnie czynna.

Wstęp

Bisfenol A (2,2-bis(4-hydroksyfenylo)propan) jest syntetycznym związkiem organicznym należącym do grupy difenylometanów jako pochodna bisfenoli skrótowo określana jako BPA (Li et al., 2018).

Skala produkcji przedmiotów zawierających BPA jest bardzo duża. Zapotrzebowanie na BPA w Polsce wynosi obecnie ok. 20 tys. Mg/a (Kiedik i Ahmetov 2015).

Z uwagi na swoją strukturę, BPA może ingerować w szlaki metaboliczne żywych organizmów.

Został on zaklasyfikowany jako związek endokrynnie czynny, w tym jako oddziałujący na receptory estrogenów.

Charakterystyka BPA

Pierwsza synteza: 1891

Masa molowa 228,28g/mol

Temp. Topnienia 158°C

Temp. wrzenia 360°C

TDI: 4ug/kg mc

Stężenia:

Wody powierzchniowe: 0,005-410mg/dm³

Osady denne: 0,01-0,16mg/kg sm

Osady ściekowe: 0,004-1,363mg/kg sm

Warzywa z konserw: 0,23-65ug/kg

Charakterystyka BPA

Pierwsza synteza: 1891

Masa molowa 228,28g/mol

Temp. Topnienia 158°C

Temp. wrzenia 360°C

TDI: 4ug/kg

BPA został uznany za związek odgrywający rolę w rozwoju różnych chorób zależnych od hormonów wydzielania wewnętrznego.

Miedzy innymi wpływa negatywnie na płodność kobiet i mężczyzn, wywołuje cukrzycę, otyłość, przedwczesne dojrzewanie oraz rozwój hormonozależnych nowotworów, w tym piersi, prostaty i okrężnicy.

Ponadto powoduje schorzenia, takie jak PCOS - zespół policystycznych jajników (Konieczna et al. 2015).

Gdzie znajduje się BPA?

Z uwagi na jego toksyczny charakter związek ten powinien być możliwie szybko usunięty ze strumienia odpadów.

Wiele tworzyw sztucznych – w tym opakowania stosowane w przemyśle spożywczym, elementy przemysłu samochodowego i zabawkarskiego.

Sz szczególnie wysokie stężenia BPA zostało zanotowane w papierze termicznym wykorzystywanym w drukarkach termosublimacyjnych (paragony, potwierdzenia transakcji z kart płatniczych, bilety wstępu do muzeów itp).

Zawartość bisfenolu A w paragonach jest wysoka i wynosi od 10 do 25 g/kg. Średnio 65ug/cm².

BPA znajduje się we wszystkich elementach środowiska.

Możliwości biodegradacji

grzyb *Phanerochaete sordida* YK-624 (Wang i wsp.
Chemosphere 2013)

grzyb *Sphingonomas* sp. YK5 (Gao i wsp. Sci. Tot. Environ)

bakteria *Ralstonia eutropha* (Babatabar i wsp. J. Biosci.
Bioeng. 2019)

bakteria *Pseudomonas putida* (Kang i Kondo Arch. Environ.
Contam. Toxic. 2002)

bakteria *Bacillus thuringiensis* GIMCC1.817 (Li i wsp. Sci. Tot.
Environ 2018)

The diagram features a horizontal bar at the bottom composed of three layers: a thin red top layer, a thin blue middle layer, and a thick grey bottom layer. Two large red arrows point upwards from the top surface of this bar. The left arrow points towards a green-outlined cloud containing the text 'Biodostępność'. The right arrow points towards the text 'Rozpuszczalność w wodzie'. Below the bar, a list of factors is provided.

Biodostępność

Rozpuszczalność w wodzie

Organizmy

Biogeny

Tlen

Temperatura

Retardanty

Cel pracy

Celem pracy było porównanie możliwości mikrobiologicznej degradacji bisfenolu A (BPA) wchodzącym w skład emulsji termoczutej paragonów kasowych, przez bakterie *Bacillus thuringensis* w teście laboratoryjnym.

Materiał i metody

Paragony (PS) zostały zebrane z różnych sklepów i do czasu eksperymentu, przechowywane były w ciemności w temperaturze pokojowej.

Do celów eksperymentu, zebrane paragony rozdrobniono za pomocą niszczarki biurowej o niesmarowanych ostrzach. Uzyskana około 3kg próbka, została ujednolicona poprzez ręczne mieszanie.

Proces biodegradacji przeprowadzono w kolbach Erlenmayera w ciemności przy temperaturze $25^{\circ}\text{C}(\pm 0,2^{\circ}\text{C})$. Jako medium wykorzystano pożywkę NP oraz LB. Obie pasteryzowane pożywki zaszczepiono komercyjnie dostępnym preparatem bakteryjnym z przetrwalnikami gatunku *Bacillus thuringensis* var. *Kurstaki* szczep ABTS 351.



Ryc. 1. Rozdrobnione niszcarką paragony kasowe

Materiał i metody

Okolo 2 g próbka zrębków z paragonów była inkubowana w 200 cm³ (1 : 100 m/v), pożywki wzbogaconej odważką (1,0g/dm³) proszku bakteryjnego.

NP (NH₄NO₃ 2.6g; 0,52g K₂HPO₄ H₂O do 1dm³; pH 5,15)

LB (trypton 10,0 g; ekstrakt drożdżowy 10,0 g; NaCl 5,0 g; H₂O do 1dm³; pH 7,2)

Inkubację prowadzono w ciemności w temperaturze 25°C zapewniając mieszanie mieszadłem magnetycznym (100 obr/min) przez 1, 3, 5 i 10 dób.

Próby eksperymentalne do oznaczeń podzielono na 2 części: ciekłą (eluat) i stałą (PS). Próbki ciekłe były ekstrahowane metodą ciecz-ciecz wspomaganą ultradźwiękami z 15(+5) mL heksanu.

Materiał i metody

Próbki PS były suszone w temperaturze pokojowej, a następnie bezwodnym siarczanem sodu i ekstrahowane heksanem za pomocą automatycznego ekstraktora fexIKA.

Uzyskane eluaty zostały zatężone do objętości około 1cm^3 i poddane analizie metodą chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas (GC-MS/MS)

Użyte rozpuszczalniki o czystości chromatograficznej poddano kontroli pod kątem zawartości BPA.

Wyniki

	TN [mg/dm ³]	TOC [mg/dm ³]	pH	C:N
paragon woda 1 : 100	4,33	275,8	7,18	63,7
NP	942,4	9,95	5,13	0,011
NP+ <i>B.thuringensis</i>	974,6	355,5	5,16	0,365
LB	1713	4281	6,91	2,499
LB+ <i>B.thuringensis</i>	1759	4620	6,88	2,627

BPA



NIST MS Search 2.2 - [Ident, Presearch Default - InLib = -158, 90 spectra]

File Search View Tools Options Window Help

1. 15.109 min, Scan: 931

1 [A] 15.109 min, Scan: 931 2 [L] 15.474 min, Scan: 963 3 [L] 15.409 min, Scan: 959

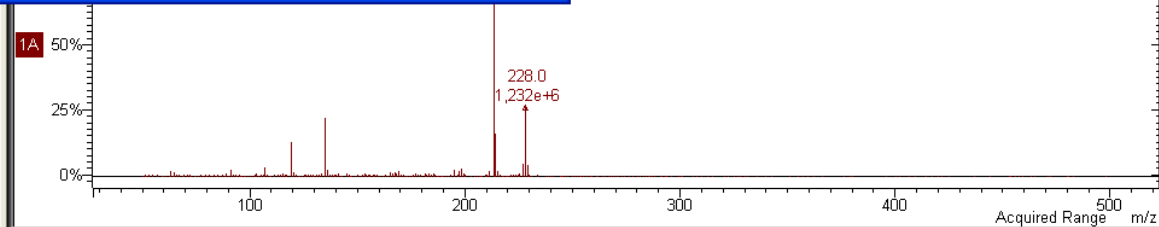
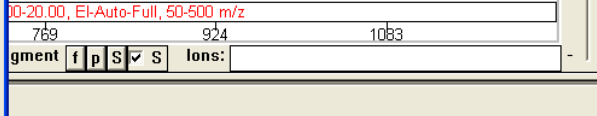
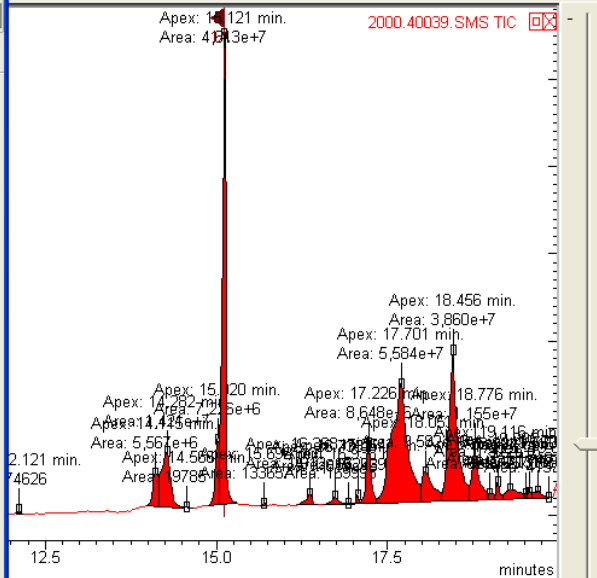
#	Lib.	Match	R.Match	Prob. (%)	RI	Name
1	R	842	846	76.1	2108	Phenol, 4,4'-(1-methylethylidene)bis-
2	R	799	844	16.8	-	Phenol, 2,4-isopropylidenedi-
3	M	738	739	2.92	-	2,2-Bis(p-acetoxophenyl)propane
4	M	718	723	1.33	-	2,2-Bis(4-hydroxyphenyl)butane
5	M	698	702	0.60	-	As-Indacen-1(2H)-one, 3,6,7,8-tetrahy
6	M	684	706	0.37	-	2,2-Bis(4-propionoxyphenyl)propane
7	M	681	741	0.33	-	2H,8H-Benzo[1,2-b:5,4-b']dipyran-2-or
8	M	677	681	0.28	-	4-Methoxy-2-(1-phenylethyl)phenol
9	M	673	771	0.23	1366	2-Trimethylsilyl-3-trimethylsilylamino-1,2
10	M	666	739	0.18	-	Diphenolic acid
11	R	663	799	0.16	2085	2H,8H-Benzo[1,2-b:3,4-b']dipyran-2-or
12	M	653	695	0.11	-	9-Acetyl-5-octahydrophenanthrene
13	M	651	805	0.10	-	phenol, 4,4'-(1-methylbutylidene)bis-
14	M	637	747	0.06	-	2,4-(1H,3H)-Pyrimidinedione, 1,3-dimet
15	M	637	727	0.06	-	2-Hydroxy-4-phenyl-6-acetylpyrimidi
16	M	628	701	0.04	-	3-Chloro-N,N-diethyl-4-nitroaniline
17	M	623	647	0.03	-	1,2,3,4,5-Pentamethoxybenzene
18	M	618	619	0.03	2186	2-Isopropenyl-2,3-dihydrofuro[3,2-g]ch
19	M	616	645	0.02	2792	(S)-8,8-Dimethyl-2-oxo-7,8-dihydro-2H,
20	M	609	753	0.02	-	2,5-bis(trimethylsilyl)thiophene
21	M	604	769	0.01	-	1H-Pyrido(4,3-b)indole, 2,3,4,5-tetrahy
22	R	603	744	0.01	-	4-Hydroxy-γ-(4-hydroxyphenyl)-γ-methy
23	M	600	676	0.01	-	But-2-enoic acid, 2-methyl-, (7R)-dihyd
24	M	595	735	0.01	-	4-Ethyl-2,2,4-trimethyl-1,2,3,4-tetrahyd

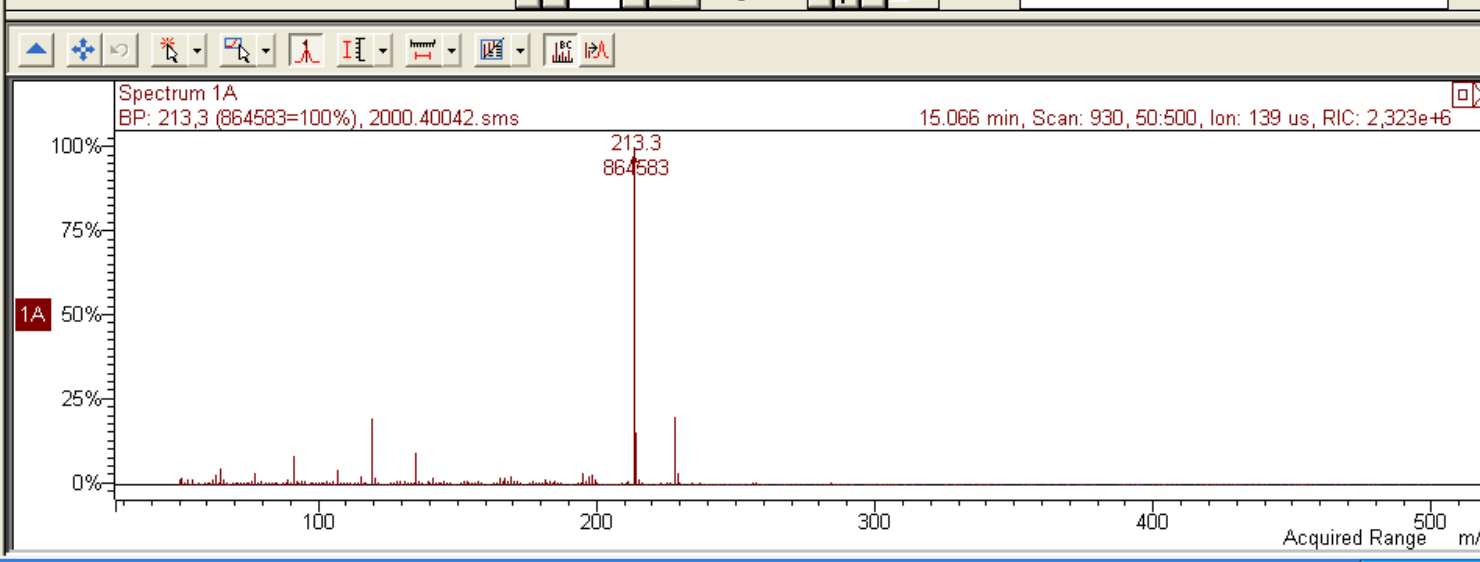
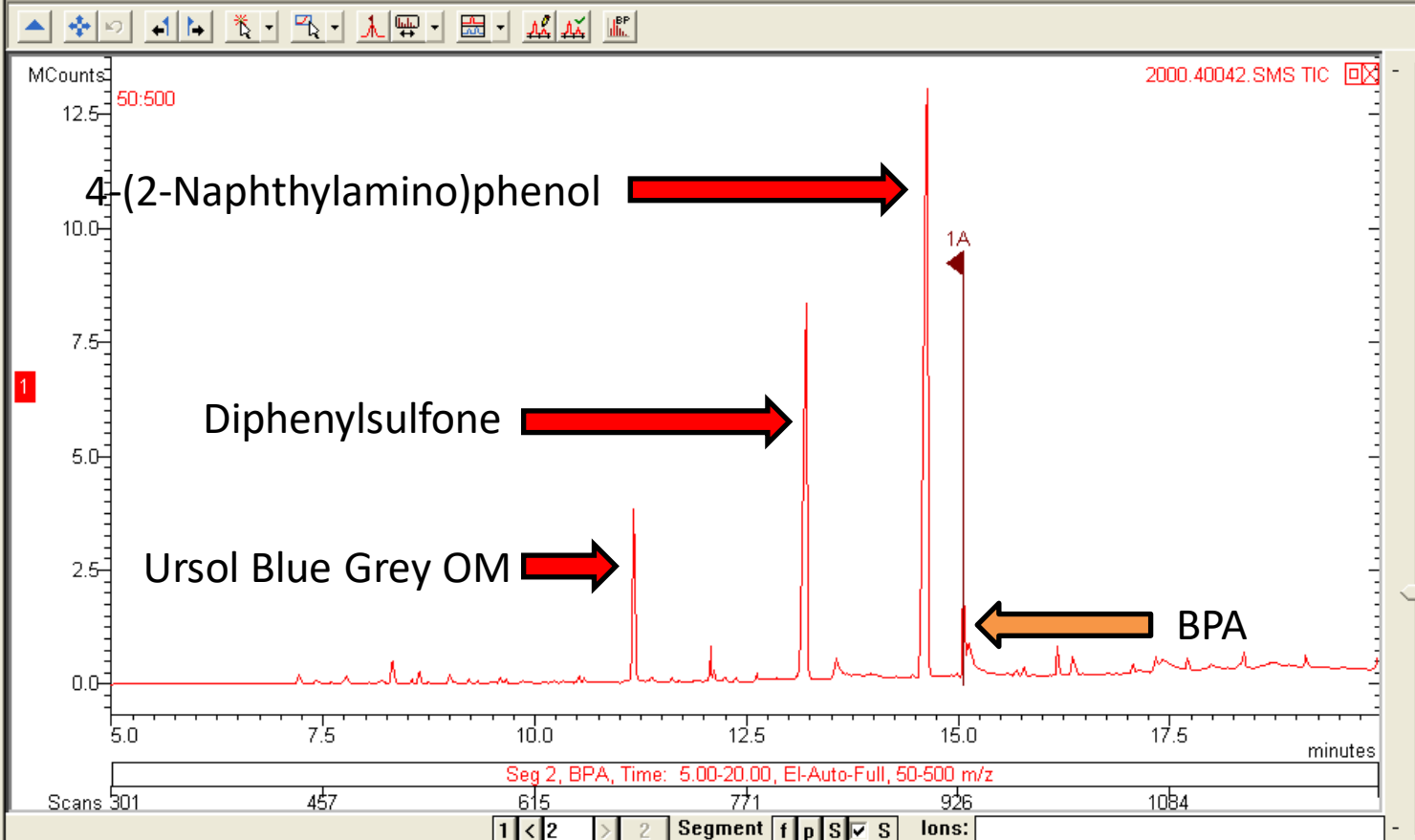
Chemical structure: CC(C)C1=CC=C(C=C1)C2=CC=C(C=C2)C3=CC=C(C=C3)O

10 largest peaks: 213 999 | 228 351 | 119 190 | 214 150 | 91 90 | 229 56 | 65 55 | 39 47 | 99 45 | 107 42 |

Names: 1. Phenol, 4,4'-(1-methylethylidene)bis-
Formula: C₁₅H₁₆O₂
Mw: 228 Exact Mass: 228.115029 CAS#: 90-05-7 NIST#: 2
Other DBs: Fine, TSCA, RTECS, EPA, HODOC, NIH, EINEC
Contributor: Japan AIST/NIMC Database: Spectrum MS-NW
Related CAS#: 137885-53-1; 27360-89-0; 28106-82-3
InChIKey: IISBACLAFKSPIT-UHFFFAOYSA-N Non-steroid

Plot: (rep) Phenol, 4,4'-(1-methylethylidene)bis-
Plot/Text of Hit Plot of Hit





4-(2-Naftylamino)fenol

2000.40043.SM | nocka_zinna2.n

Spectra | PL Pools

Search Integrate Preferences View Window Help

NIST MS Search 2.2 - [Ident, Presearch Default - InLib = -390, 88 spectra]

File Search View Tools Options Window Help

1. 14.595 min, Scan: 900

[A] 14.595 min, Scan: 900 | [L] 13.173 min, Scan: 812 | [L] 11.164 min, Scan: 687

Names Structures Spec List

#	Lib.	Match	R.Match	Prob. (%)	RI	Name
1	M	734	772	46.2	-	4-Pyridinamine, N-(1-naphthalenylmethyl)-
2	M	672	720	7.90	-	Indole, 2-benzoyl-1-methyl-
3	M	667	752	6.36	-	quinoxalino[2,3-b]quinoxaline, 5,12-dit-
4	M	667	728	6.36	-	pyrido[1',2':1,2]imidazo[4,5-b]quinoxali
5	M	646	677	2.70	-	Benzene, 1,1'-(2-cyclohexen-1-ylidene
6	M	641	665	2.18	-	Quinoxalino[2,3-b]quinoxaline, 5,11-dit-
7	M	640	665	2.09	-	1H-Quinolin-2-one, 3-methyl-4-phenyl-
8	M	638	688	1.93	2446	Benzo[b]naphtho[1,2-d]thiophene
9	M	634	659	1.63	-	5,6,8,9,10,11-Hexahydrobenzo[a]anthr.
10	M	633	665	1.57	-	3-cyclopenten-1-one, 3,4-diphenyl-
11	M	631	655	1.44	-	1H-Quinolin-2-one, 4-methyl-3-phenyl-
12	M	628	666	1.28	-	Bicyclo[3.1.0]hexane, 1,6-diphenyl-
13	M	627	668	1.23	-	4-(4-Methylaminobenzylideneamino)be
14	M	626	758	1.18	-	3-Methoxybenzylamine, N,N-dihexyl-
15	M	624	690	1.09	2359	Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophene
16	M	624	663	1.09	-	1,3,6,8-Tetramethylanthracene
17	M	623	672	1.04	-	Benzo[b]naphtho[2,3-d]thiophene
18	M	623	659	1.04	-	Acetamide, N-tert-butyl-2-(1-methyl-2-f
19	M	622	679	1.00	-	Acetamide, N-cyclohexyl-2-(1-methyl-2-f

Chemical structure: C1=CC=C(C=C1)Nc2ccc(O)cc2

Name: 4-Pyridinamine, N-(1-naphthalenylmethyl)-
Formula: C₁₆H₁₄N₂
MW: 234 Exact Mass: 234.115699 NIST#: 317320 ID#: 20307
Contributor: A.A.Kutin, Moscow, Russia
InChIKey: GGAFDCCQBSECE-UHFFFAQYSA-N Non-stereo
10 largest peaks:
234 999 | 235 175 | 115 146 | 142 125 | 233 103 |
232 45 | 156 32 | 231 28 | 127 25 | 128 21 |
Synonyms:
no synonyms.
Estimated non-polar retention index (n-alkane scale):
Value: 2210 iu
Confidence interval (Nitrogen-containing): 83(50%) 356(95%) iu

2000.40043.SMS TIC

14.50 14.75 15.00 15.25 minutes

BPA, Time: 5.00-20.00, EI-Auto-Full, 50-500 m/z

894 910 925 941 957

Segment f p S S Ions:

Ident Ident

14.595 min, Scan: 900, 50-500, Ion: 30 us, RIC: 9,311e+6

234.2 4.321e+6
235.2 1.302e+6

100% 75% 50% 25% 0%

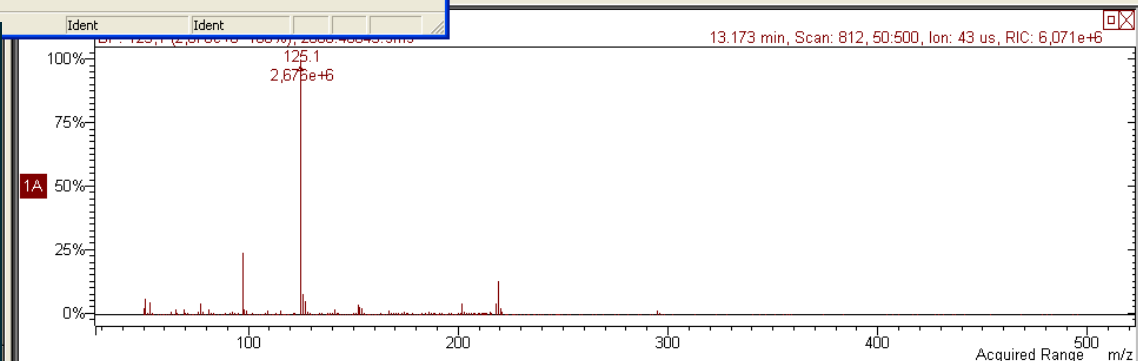
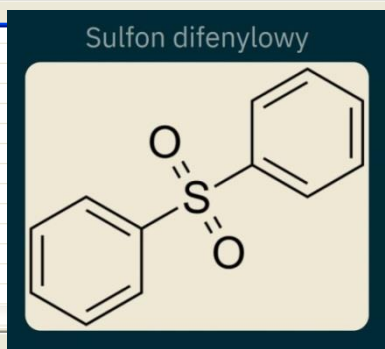
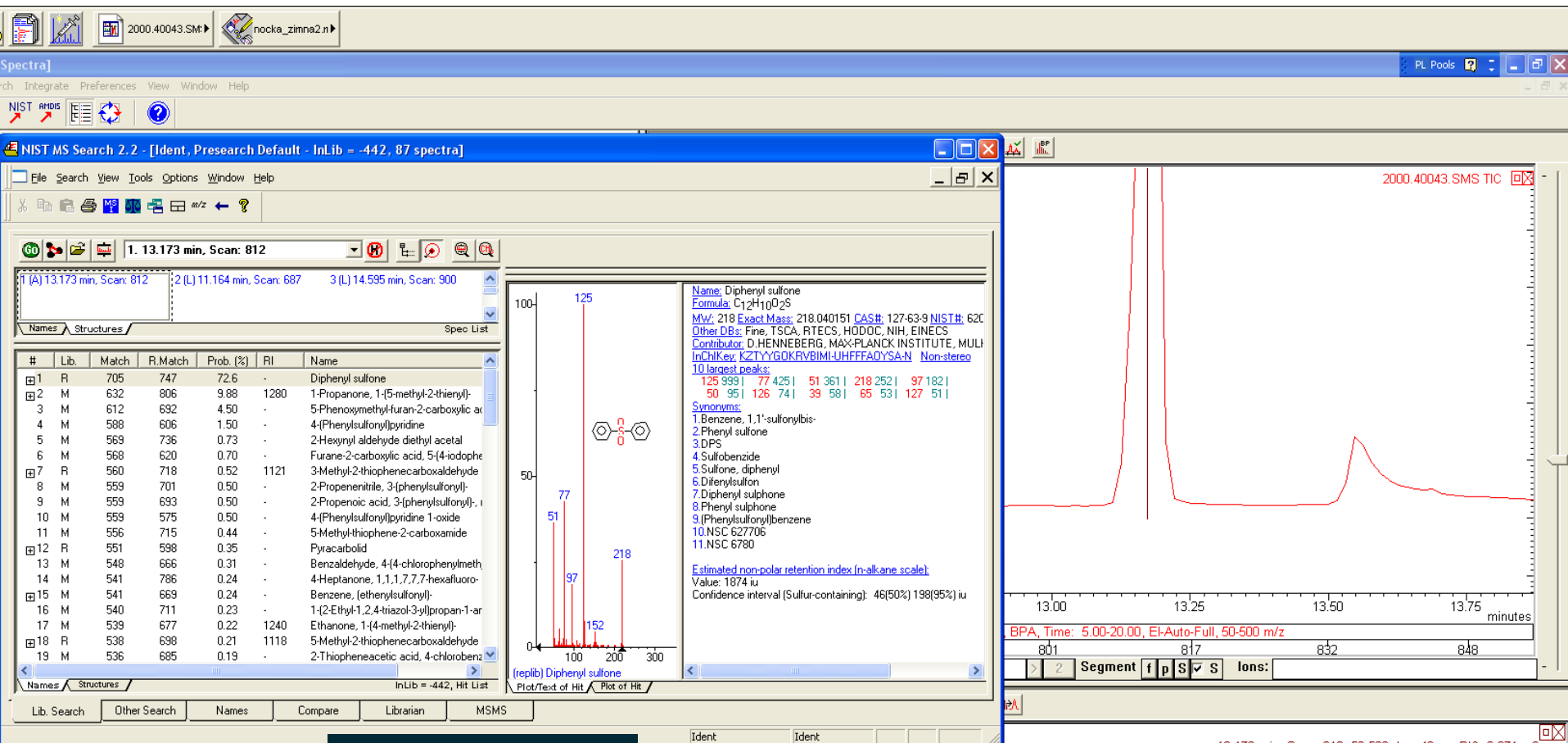
100 200 300 400 500 m/z

Acquired Range

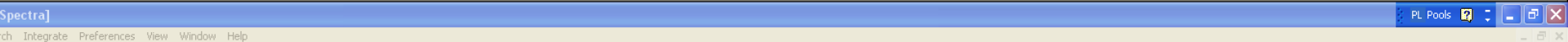
c:\VarianWSNP_W_P.RCL Recent

Verwisselbare schijf (G:) NIST MS Search 2.2 ... 15:17

Sulfon difenylowy



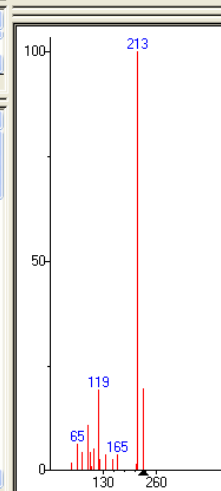
LB



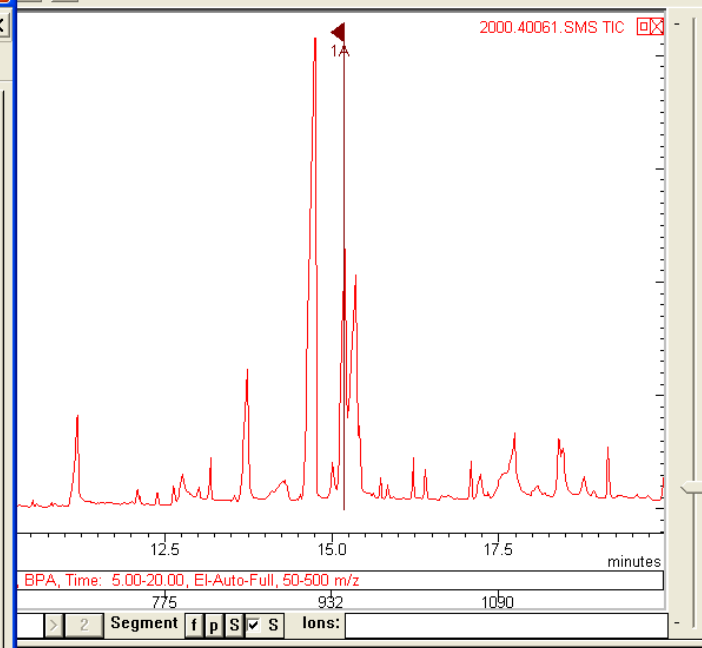
1. 15.184 min, Scan: 944

1 (A) 15.184 min, Scan: 944 2 (L) 15.184 min, Scan: 944 3 (L) 15.187 min, Scan: 945

#	Lib.	Match	R.Match	Prob. (%)	RI	Name
1	R	798	908	72.8	2108	Phenol, 4,4'-(1-methylethylidene)bis-
2	R	758	827	16.9	-	Phenol, 2,4'-isopropylidenedi-
3	M	726	760	4.51	-	2,2-Bis(4-propionyloxyphenyl)propane
4	M	704	796	1.78	-	2H,8H-Benzo[1,2-b:5,4-b']dipyran-2-ol
5	M	697	715	1.36	-	2,2'-Bis(p-acetoxyphenyl)propane
6	R	678	829	0.66	2085	2H,8H-Benzo[1,2-b:3,4-b']dipyran-2-ol
7	M	668	695	0.46	-	As-Indacen-1(2H)-one, 3,6,7,8-tetrahy
8	M	655	677	0.30	-	2,2-Bis(4-hydroxyphenyl)butane
9	M	647	754	0.22	1366	2-Trimethylsilyl-3-trimethylsilylamino-1,2
10	M	629	650	0.11	-	4-Methoxy-2-(1-phenylethyl)phenol
11	M	627	696	0.10	-	9-Acetyl-5-octahydrophenanthrene
12	M	618	708	0.07	-	Diphenolic acid
13	M	615	722	0.06	-	2-Hydroxy-4-phenyl-6-acetylpyrimidi
14	M	613	708	0.06	-	But-2-enoic acid, 2-methyl-, (7,8-dihy
15	M	610	740	0.05	-	2,4-(1H,3H)-Pyrimidinedione, 1,3-dimet
16	M	609	651	0.05	2792	(S)-8,8-Dimethyl-2-oxo-7,8-dihydro-2H,
17	M	603	704	0.04	-	2-Butenoic acid, 2-methyl-, 9,10-dihy
18	M	601	784	0.03	-	phenol, 4,4'-(1-methylbutylidene)bis-
19	M	599	763	0.03	-	1H-Pyrido(4,3-b)indole, 2,3,4,5-tetrahy



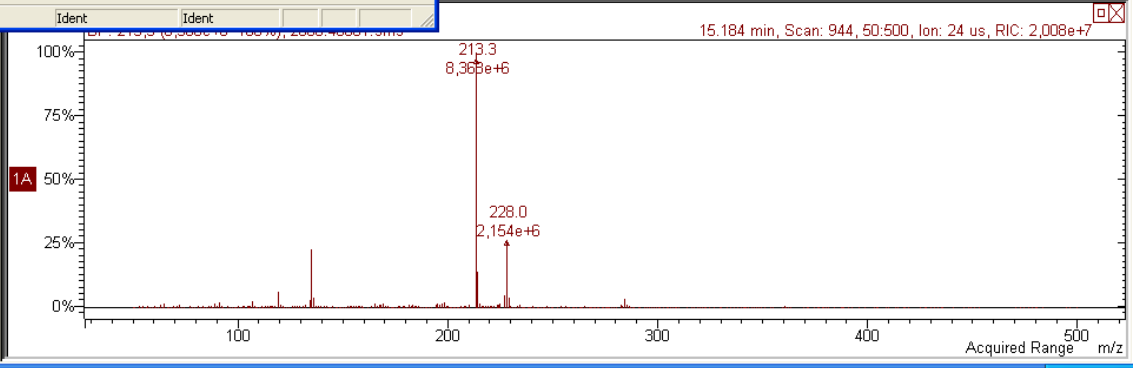
Name: Phenol, 4,4'-(1-methylethylidene)bis-
Formula: C₁₅H₁₆O₂
Mw: 228 Exact Mass: 228.115029 CAS#: 80-05-7 NIST#: 2
Other DBs: Fine, TSCA, RTECS, EPA, HODOC, NIH, EINEC
Contributor: A. Pleshkova, Nesmeyanov Inst. Org. Elem. Cpds.
Related CAS#: 137885-53-1; 27360-89-0; 28106-82-3
InChIKey: IISBACLAFKSPIT-UHFFFAOYSA-N Non-stereo
10 largest peaks:
213 999 | 228 193 | 119 190 | 214 127 | 91 107 |
65 60 | 107 49 | 77 42 | 99 42 | 135 36 |
Synonyms:
1. Phenol, 4,4'-isopropylidenedi-
2. p,p'-isopropylidenebisphenol
3. p,p'-isopropylidenediphenol
4. Bisphenol A
5. Bisphenol A
6. Dian
7. Dian
8. Diphenylolpropane
9. Parabis A
10. Phenol, (1-methylethylidene)bis-
11. Pluacol 245
12. 2,2-Bis(hydroxyphenyl)propane
13. 2,2-Bis(p-hydroxyphenyl)propane
14. 2,2-Bis(4-hydroxyphenyl)propane
15. 4,4'-isopropylidenebis(phenol)
16. 4,4'-isopropylidenediphenol
17. Bis(4-hydroxyphenyl) dimethylmethane
18. p,p'-Dihydroxydiphenyl dimethylmethane
19. 4,4'-Dihydroxydiphenyl dimethylmethane



Lib. Search Other Search Names Compare Librarian MSMS

Ident Ident

c:\Varian\SNP_W_P.RCL Recent



NP

2000.40035.SM nocka_zimna.2 Generate standard reports for Data Files using drag-and-drop interface.

Spectra PL Pools

NIST MS Search 2.2 - [Ident, Presearch Default - InLib = -484, 89 spectra]

1. 15.187 min, Scan: 945

1 (A) 15.187 min, Scan: 945 2 (L) 14.595 min, Scan: 900 3 (L) 13.173 min, Scan: 812

#	Lib.	Match	R.Match	Prob. (%)	RI	Name
1	R	769	800	63.4	2108	Phenol, 4,4'-(1-methylethylidene)bis-
2	R	731	814	15.2	-	Phenol, 2,4'-isopropylidenedi-
3	M	726	767	12.2	-	2,2-Bis(4-propionyphenyl)propane
4	M	702	723	4.10	-	2,2'-Bis(p-acetoxypheyl)propane
5	M	673	768	1.16	-	2H,8H-Benzo[1,2-b:5,4-b']dipyran-2-or
6	M	669	699	0.98	-	As-Indacen-1(2H)-one, 3,6,7,8-tetrahy
7	M	652	758	0.53	1366	2-Timethylsilyl-3-trimethylsilylamino-1,2
8	M	652	678	0.53	-	4-Methoxy-2-(1-phenylethyl)phenol
9	M	645	671	0.41	-	2,2-Bis-(4-hydroxyphenyl)-butane
10	R	644	806	0.39	2085	2H,8H-Benzo[1,2-b:3,4-b']dipyran-2-or
11	M	617	704	0.11	-	Diphenolic acid
12	M	612	722	0.09	-	2-Hydroxy-4-phenyl-6-acetylpyrimidi
13	M	606	659	0.07	-	1,2,3,4,5-Pentamethoxybenzene
14	M	604	747	0.06	-	4-Ethyl-2,2,4-trimethyl-1,2,3,4-tetrahyd
15	M	603	731	0.06	-	2,4(1H,3H)-Pyrimidinedione, 1,3-dimet
16	M	598	616	0.05	2186	2-Isopropenyl-2,3-dihydrofuro[3,2-g]ch
17	M	597	789	0.05	-	phenol, 4,4'-(1-methylbutylidene)bis-
18	M	595	645	0.04	2792	(S)-8,8-Dimethyl-2-oxo-7,8-dihydro-2H-
19	M	594	713	0.04	-	But-2-enoic acid, 2-methyl-, (7R,8-dihyd

Names Structures InLib = -484, Hit List

Lib. Search Other Search Names Compare Librarian MSMS

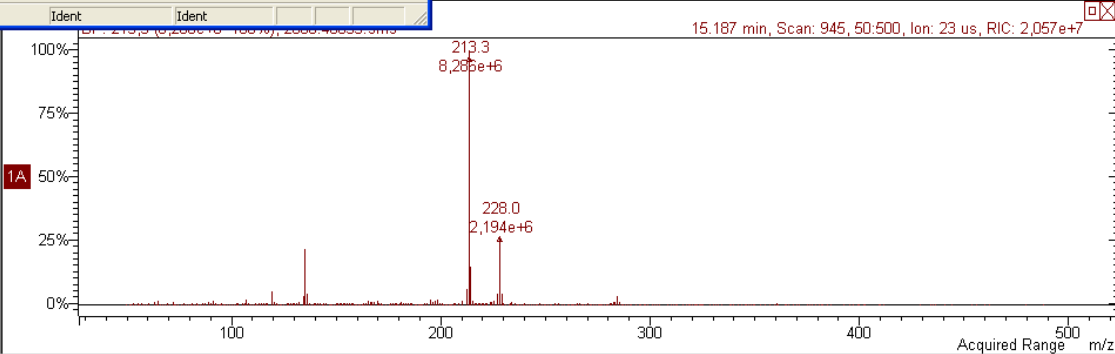
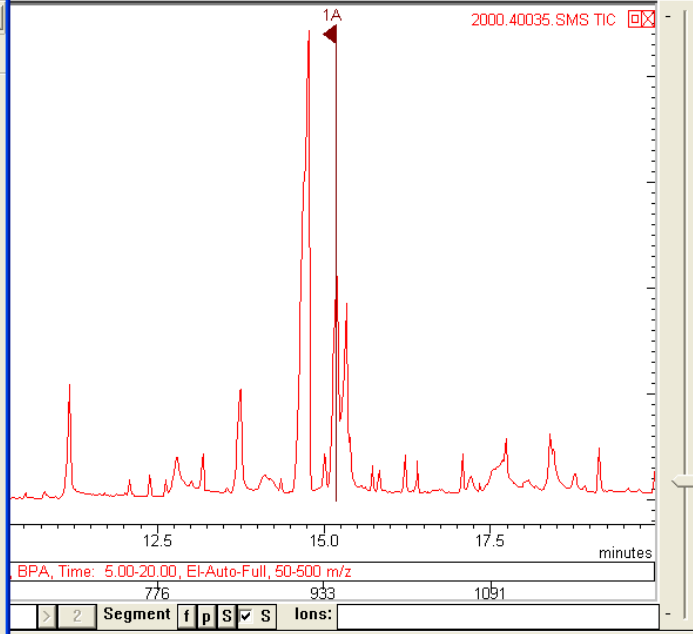
100 213 119 165

0 130 260

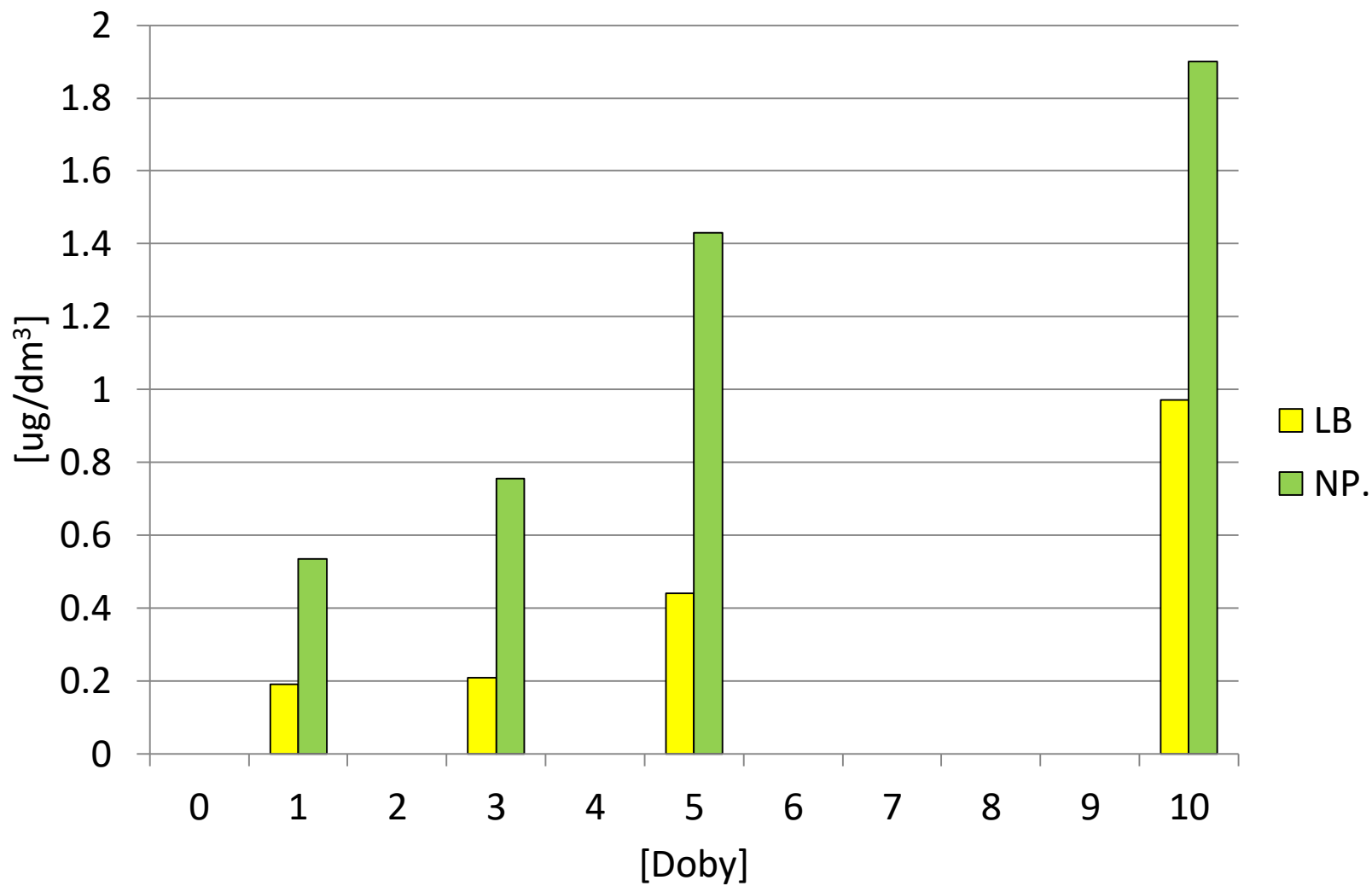
(replib) Phenol, 4,4'-(1-methylethylidene)bis-

Plot/Text of Hit Plot of HR

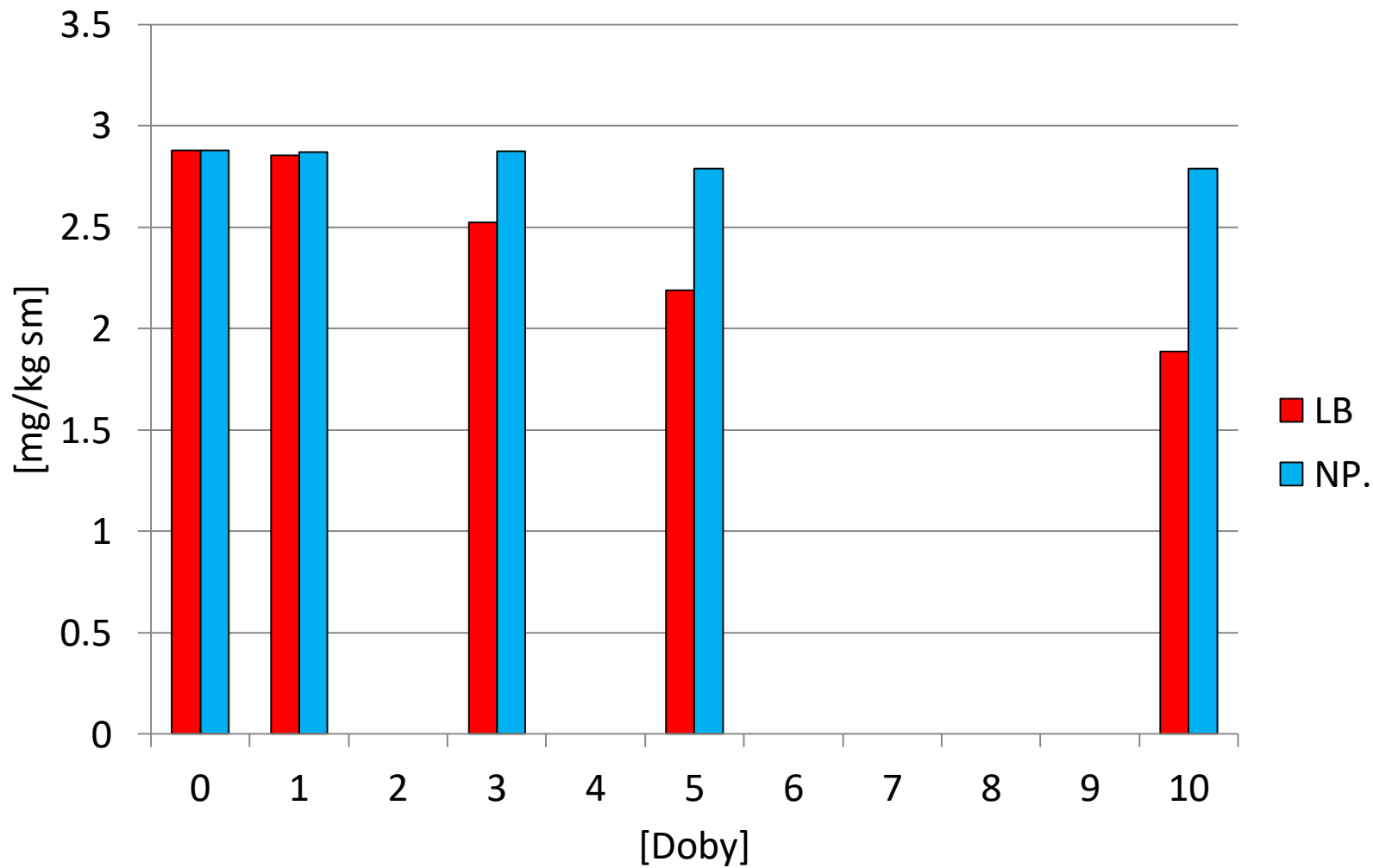
Name: Phenol, 4,4'-(1-methylethylidene)bis-
Formula: C₁₅H₁₆O₂
Mw: 228 Exact Mass: 228.115029 CAS#: 80-05-7 NIST#: 2
Other DBs: Fine, TSCA, RTECS, EPA, HODOC, NIH, EINEC
Contributor: Japan AIST/NIMC Database: Spectrum MS-Nw
Related CAS#: 137885-53-1; 27360-89-0; 28106-82-3
InChIKey: UBSACLAFKSPIT-UHFFFAOYSA-N Non-stereo
10 largest peaks:
213 9991 | 228 351 | 119 190 | 214 150 | 91 90 |
229 56 | 65 55 | 39 47 | 99 45 | 107 42 |
Synonyms:
1. Phenol, 4,4'-isopropylidenedi-
2. p,p'-isopropylidenebisphenol
3. p,p'-isopropylidenediphenol
4. Bisphenol A
5. Bisphenol A
6. Dian
7. Dian
8. Diphenylpropane
9. Parabis A
10. Phenol, (1-methylethylidene)bis-
11. Pluracol 245
12. 2,2-Bis(hydroxyphenyl)propane
13. 2,2-Bis(p-hydroxyphenyl)propane
14. 2,2-Bis(4-hydroxyphenyl)propane
15. 4,4'-Isopropylidenebis[phenol]
16. 4,4'-Isopropylidenediphenol
17. Bis(4-hydroxyphenyl) dimethylmethane
18. p,p'-Dihydroxydiphenyldimethylmethane
19. 4,4'-Dihydroxydiphenyldimethylmethane



BPA w eluatach



BPA w paragonach



Dyskusja

Dane literaturowe wskazują na znaczną efektywność procesu degradacji wynoszącą 85%/24 h przy zastosowaniu roztworu 1uM (Li i wsp. 2018).

Degradacja BPA w warunkach tu przeprowadzonego eksperymentu (bez wstępnego namnażania i izolacji komórek), zachodziła powoli, co wskazuje na optymalizacji warunków procesu.

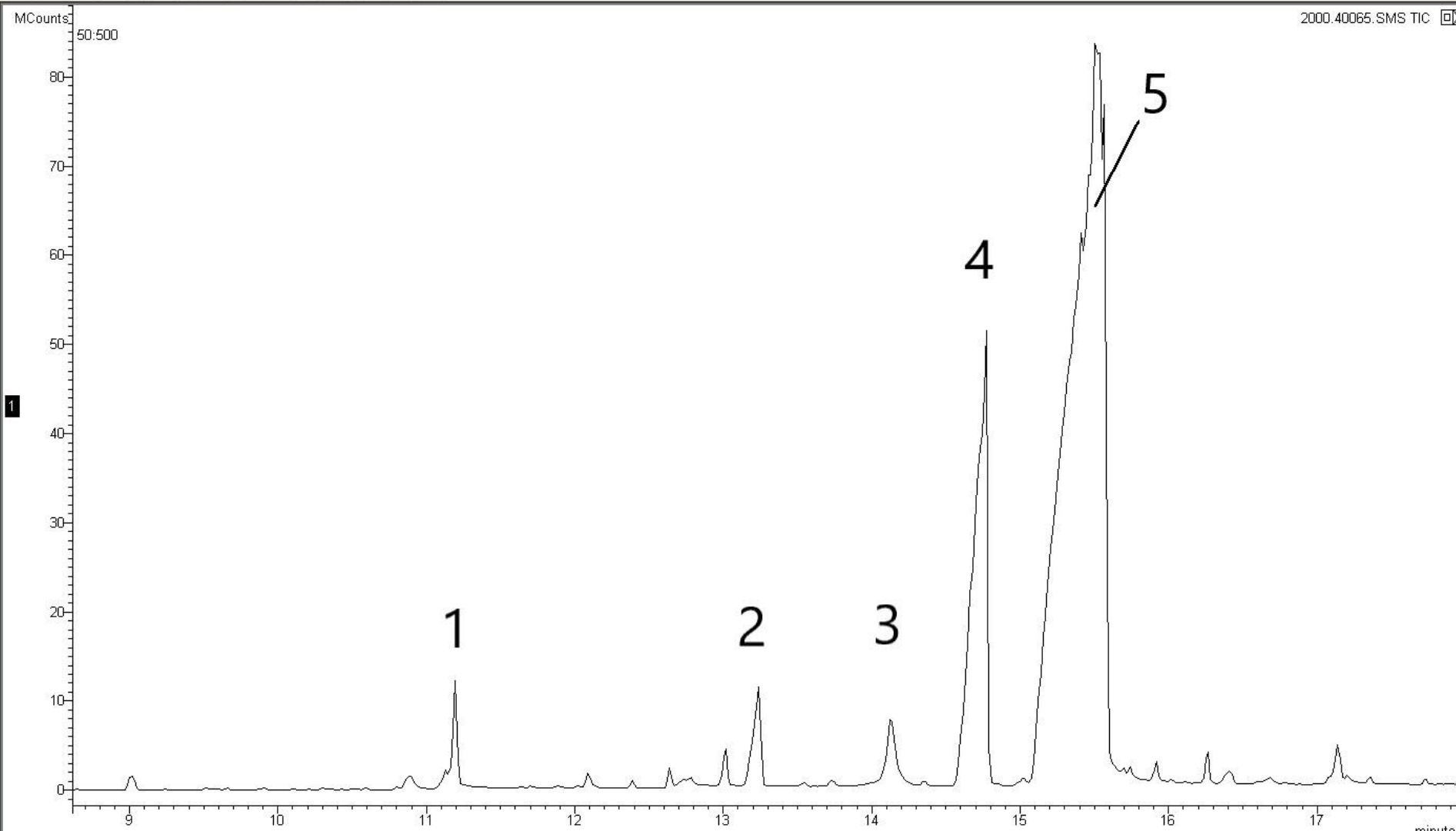
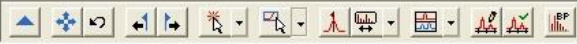
Być może znaczne stężenia związków towarzyszących mogły być przyczyną retardacji procesu biodegradacji BPA.

Obecnie (od 1.01.2020) BPS w papierze termicznym został zastąpiony podobnym związkiem – bisfenolem S (BPS).

Wnioski

1. Zanotowane stężenie BPA w testowanym materiale była niższa od oczekiwanej, prawdopodobnie w wyniku długiego przechowywania.
2. Uzyskane wyniki wskazują na degradację BPA w przypadku zastosowanej pożywki LB, jednak po 10 dniach inkubacji nie przekroczyła ona 65% całkowitej zawartości tego związku w testowanych paragonach.
3. Nie wykazano procesu rozkładu bisfenolu A przy zastosowaniu pożywki NP, prawdopodobnie w wyniku niewłaściwych warunków ograniczających rozwój bakterii.
4. Najlepszym rozwiązaniem byłoby przejście na paragony elektroniczne przesyłane na adres klienta, jednak ograniczeniem jest dostęp do usług internetowych.

Dziękuję za uwagę



1