

สารประกอบฟีนอลิก(Phenolic Compound)

ทรงพล รติศพงศ์
กรรณิการ์ บุตรเอก
ชนิษฐา อัสวชัยณรงค์

คำสำคัญ ฟีนอลิก , ฟีนอล , มลพิษ

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารเคมีกลุ่มหนึ่งที่ถูกนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในภาคเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ในภาคอุตสาหกรรมสารประกอบฟีนอลิกถูกนำมาใช้เป็น intermediate ในการผลิตพลาสติก ยา สี เรซิน และอุตสาหกรรมปิโตรเคมี ส่วนในภาคเกษตรพบว่าสารประกอบฟีนอลิกถูกนำมาใช้ในการผลิตยาฆ่าแมลง ยาฆ่าเชื้อรา และยาป้องกันศัตรูพืชและอื่น ๆ ดังนั้นเมื่อมีการใช้สารประกอบฟีนอลิกกันมากขึ้นย่อมเกิดผลกระทบต่อปัญหาทางสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาสิ่งแวดล้อมทางน้ำ เนื่องจากการปล่อยน้ำที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลอย่างยิ่งในการทำลายคุณภาพของน้ำ และมีผลต่อสิ่งมีชีวิต ดังรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไป

ดังนั้นสารประกอบฟีนอลิก จึงถูกจัดเป็นสารมลพิษที่มีอันตรายมากที่สุดประเภทหนึ่งที่ E.P.A. (The US. Environment Protection Agency) ได้เสนอให้มีการควบคุมคุณภาพของน้ำโดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกได้สูงสุดไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของน้ำว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกอยู่ในระดับอันตรายหรือไม่ เพื่อความปลอดภัยในการนำน้ำมาใช้ประโยชน์

พิษของสารประกอบฟีนอลิก

1. ต่อสัตว์น้ำ เช่น ปลา เมื่อปลาได้รับสารพิษจะถูกกระตุ้นให้ระคายเคืองจนขาดการควบคุม ว่ายน้ำไม่มั่นคง ครีบจะสั่นเทา ในที่สุดจะเสียการทรงตัว หมุนรอบ ๆ และตายในที่สุด หรืออาจอยู่ในสภาพไร้ความรู้สึก โดย เฉพาะฟีนอล(Phenol) และครีซอล(Cresol) จะมีผลต่อการรบกวนประสาทอย่างสูง
2. ต่อสัตว์ชั้นสูงอื่น ๆ เช่นในกบ ไช้หลังจะถูกรบกวนให้ระคายเคือง จนทำให้กล้ามเนื้อหดเกร็งอย่างรุนแรง ในที่สุดก็จะเป็นอัมพาต
3. ต่อมนุษย์ ถ้าระดับความเข้มข้นน้อย ๆ จะทำให้รู้สึกคลื่นเหียน วิงเวียน เสียการทรงตัว หายใจไม่สม่ำเสมอ ถ้ามีความเข้มข้นมาก ๆ จะทำให้กล้ามเนื้อเกร็งอย่างรุนแรง และทำให้หัวใจล้มเหลวในที่สุด

คุณสมบัติทางกายภาพของสารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิกเป็นอนุพันธ์ของเบนซินที่มีหมู่ไฮดรอกซิลติดอยู่เป็นหลัก และอาจมีหมู่แทนที่ต่าง ๆ แทนที่ในตำแหน่ง ออโท(orto) เมตา(meta) หรือพารา(para) ได้อีก สารฟีนอลิกตัวพื้นฐานคือ ฟีนอล ประกอบด้วยวงแหวนเบนซิน 1 วง และหมู่ไฮดรอกซิล 1 หมู่ มีมวลโมเลกุล 94.11 เป็นผลึกรูปเข็ม ไม่มีสี เมื่อโดนอากาศจะมีสีชมพูอ่อน ๆ จุดหลอมเหลว 40.85°C จุดเดือด 182°C จุดวาบไฟ 79°C สารละลายของฟีนอลเป็นกรดอ่อน โดยมีค่า pK_a 10.0 ฟีนอลละลายได้ในกลีเซอรอล คาร์บอนไดออกไซด์ ไซลีน อีเธอร์ และคลอโรฟอร์ม สำหรับสารประกอบฟีนอลิกตัวอื่น มีสมบัติทางกายภาพ ดังแสดงในตารางที่ 1

ปฏิกิริยาของสารประกอบฟีนอลิกที่น่าสนใจ

สารประกอบฟีนอลิกสามารถเกิดปฏิกิริยาได้หลายปฏิกิริยา เช่น

1. ปฏิกิริยาการเตรียมแบบวิลเลียมสัน (Williamson synthesis) เตรียมอีเทอร์จากฟีนอลโดยให้ทำปฏิกิริยากับอัลคิลเฮไลด์ (Alkylhalide) ที่สภาวะที่เป็นเบส
2. ปฏิกิริยาการเกิดเอสเทอร์ (Ester formation) โดยฟีนอลทำปฏิกิริยากับแอซิดคลอไรด์ (Acid chloride) หรือแอซิดแอนไฮไดรด์ (Acid anhydride) แล้วให้เอสเทอร์
3. ปฏิกิริยาการแทนที่อิเล็กโตรฟิลิกอะโรมาติก (Electrophilic substitution) จะเกิดการแทนที่ที่ตำแหน่ง ออโท และพารา
4. ปฏิกิริยาไนโตรเซชัน (Nitrosation reaction) จะเกิดการแทนที่ที่ตำแหน่งออโท และพารา
5. ปฏิกิริยาคัปปลิงกับเกลือไดอะโซเนียม (Coupling reaction with diazonium salts)

ตารางที่ 1 แสดงสมบัติทางกายภาพของสารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบ	pKa	จุดหลอมเหลว (°C)	จุดเดือด (°C)
Phenol	10.00	40.85	182
p-Nitrophenol	8.40	113-114	279
o-Nitrophenol	7.23	44-45	214-216
o-Chlorophenol	8.48	7	175-176
2,4-Dinitrophenol	4.00	113	-
2,4-Dimethylphenol	-	27.75	203-225
2,4-Dichlorophenol	-	-	210
4-Chloro-m-cresol	-	66	235
4,6-Dinitro-o-cresol	-	87.5	-
2,4,6-Trichlorophenol	7.39	69	246
Pentachlorophenol	-	190-191	310
o-Cresol	10.26	30	191-192
m-Cresol	10.00	11-12	202
p-Cresol	10.26	35.5	201

วิธีที่ใช้ในการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในน้ำ

1. วิธี Thin layer chromatography เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ง่ายแต่ไม่มีทั้งความไวและความแม่นยำที่ดีในการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก
2. วิธี Gibbs method หลักการของวิธีนี้ เป็นการเกิดสีของไดโบรโมอินโดฟีนอล (Dibromoindophenol) โดยให้ 2,6-ไดโบรโมควิโนน คลอริไมด์ (2,6-Dibromoquinone chlorimide) ทำปฏิกิริยากับสารประกอบฟีนอลิกที่มีตำแหน่งพาราว่างในสารละลายที่เป็นเบส (Buffered alkaline solution) ปรับ pH ให้เท่ากับ 9.4 หลังจากนั้นสีกัดสีที่เกิดขึ้นด้วย นอร์มอลบิวทิลแอลกอฮอล์ (Normal-butyl alcohol) และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโดยใช้สเปกโตรโฟโตเมตร (Spectrophotometry)
3. วิธีไนโตรโซฟีนอล (Nitrosophenol method) เป็นวิธีที่ใช้หาปริมาณฟีนอลที่มีหมู่แทนที่ในตำแหน่งออร์โท เมตา และพารา วิธีการนี้อาศัยปฏิกิริยาระหว่างสารประกอบฟีนอลิกที่อยู่ใน

สารละลายอะซิเตทบัฟเฟอร์ (Acetate buffer) ที่ประกอบด้วยกรดกลูซิอิก (Glacial acetic acid) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide) 10% และน้ำ กับกรดไนตรัส (Nitrous acid) ที่เกิดขึ้นจากการเติมโซเดียมไนเตรท (Sodium nitrate) ลงในสารละลายบัฟเฟอร์ ที่มีสารละลายตัวอย่างอยู่ ตามด้วยกรดซัลฟูริก (Sulfuric acid) จะได้ไนโตรฟินอล (Nitrophenol) เมื่อทำให้เย็นด้วยน้ำแข็ง แล้วเติมอัลกอฮอล์แอมโมเนียไฮดรอกไซด์ (Alcoholic ammonium hydroxide) จะเปลี่ยนเป็นเกลือควินอยด์ (Quinoid salt) หลังจากนั้นหาปริมาณสารประกอบฟินอลิก โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงของเกลือควินอยด์ (Quinoid salt)

4. วิธี 4-อะมิโนแอนติไพรีน (4-Aminoantipyrine, 4-AAP method) วิธีนี้อาศัยหลักการเกิดสีของแอนติไพรีน (Antipyrine dye) โดยให้สารละลายตัวอย่างฟินอลทำปฏิกิริยากับ 4-AAP ในสารละลายที่มีตัวออกซิไดซ์เป็นเบส (Alkaline oxidizing agent) เช่น โพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ (Potassium ferrocyanide) ซึ่ง 4-AAP นี้จะทำปฏิกิริยาที่เฉพาะเจาะจงกับฟินอล แล้วเกิดสีของแอนติไพรีน (Antipyrine dye) หลังจากนั้นสกัดสีด้วยคลอโรฟอร์ม (Chloroform) วัดการดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่น 460 นาโนเมตร
5. วิธีอินฟราเรด (Infared method) ใช้หลักการอาศัยการทำสารประกอบฟินอลิกให้เป็นอนุพันธ์ของโบรมีนโดยใช้ปฏิกิริยาโบรมิเนชัน (Bromination) ของสารตัวอย่างที่ทำให้เป็นกรด แล้วสกัดอนุพันธ์ของโบรมีนที่เกิดขึ้นด้วยคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon tetrachloride) นำสารละลายที่ได้จากการสกัดนี้มาหาปริมาณสารประกอบฟินอลิกโดยใช้อินฟราเรดสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Infared spectrophotometer)
6. วิธีอุลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet method) ใช้หลักการของบาโทโครมิกชิฟต์ (Bathochromic shift) สารประกอบฟินอลิกที่แตกตัวแล้วจะแสดงแถบการดูดกลืนแสงเลื่อนไปในทางที่มีความยาวคลื่นเพิ่มขึ้นเมื่อมี pH เพิ่มขึ้น คำนวณหาปริมาณสารประกอบฟินอลิกได้จากกราฟระหว่างผลต่างของค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้น
7. วิธี 3-Methyl-2-benzo-thiazolione hydrazone (MBTH) อาศัยหลักการเช่นเดียวกับวิธี 4-AAP แต่ให้สารประกอบฟินอลิกทำปฏิกิริยากับ MBTH ในสภาวะที่เป็นกรด โดยมีซีริกแอมโมเนียซัลเฟต (Ceric ammonium sulphate) เป็นตัวออกซิไดซ์ แล้วหาปริมาณสารประกอบฟินอลิกในรูปของสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสี โดยใช้สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer)
8. วิธีการวิเคราะห์โดยใช้ High Performance Liquid Chromatography , HPLC การวิเคราะห์โดย HPLC และใช้ดีเทคเตอร์ชนิด UV detector จะให้ความไวที่ไม่ดีและมีผลของสิ่งเจือปนอื่น ๆ รบกวนในการวิเคราะห์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนสารประกอบฟินอลิกให้อยู่ในรูปของอนุพันธ์ (Derivative)

โดยใช้ 3-Methyl-2-benzo-thiazolione hydrazone และ p-Nitrobenzene diazonium tetrafluoroborate เพื่อปรับปรุง resolution ของสารประกอบที่มีค่า retention time ใกล้เคียงกันมาก ๆ และเพื่อเพิ่มความไวในการตอบสนองของดีเทคเตอร์ต่อสารปริมาณน้อย (Trace component)

9. วิธีวิเคราะห์โดยใช้ Gas Chromatography (Gas Chromatography method) การวิเคราะห์โดยวิธีนี้ถ้าใช้ดีเทคเตอร์ชนิด Flame Ionization Detector , FID จะมีขอบเขตของความไวในการวิเคราะห์สารตัวอย่างที่มีความเข้มข้นมากกว่า 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อเป็นการปรับปรุงความไวของการวิเคราะห์และสามารถเลือกใช้ดีเทคเตอร์อื่นที่เหมาะสม เช่น Electron Capture Detector , ECD และ Nitrogen Phosphorous Detector ,NPD ได้โดยที่ไม่ต้องแยกสารออกจาก Matrix จึงได้มีการทำสารประกอบพีนอลิกให้อยู่ในรูปของอนุพันธ์ โดยใช้ Heptafluorobutyric anhydride และสามารถใช้อดีเทคเตอร์ชนิด ECD ได้

ในส่วนของ โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และพลังงานสามารถให้บริการการวิเคราะห์หาปริมาณพีนอลในท่อโพลีเอทีลีน(HDPE)ความหนาแน่นสูง สำหรับใช้เป็นท่อน้ำดื่มโดยใช้วิธีที่ 4 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ซึ่งกำหนดไว้ว่าปริมาณสารพีนอลที่สกัดได้จากท่อนั้นไม่ควรจะมีปริมาณเกิน 0.001 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

เอกสารอ้างอิง

1. A. Betti, C. Bigli, F.Dondi and G.Blo, *J. Chromatogr.*, 1983, v. 257,p.69
2. C.C. Ruchhoff and M.B. Ettinger, *Anal. Chem.*, 1948, v.20, p.1191
3. C.D. Chriswell, J.S. Fritz and R.C. Chang, *Anal. Chem.*, 1975, v.47, p.1325
4. D.E. Ott, F.A. Gunther and H.O. Fristad, *Anal.Chem.*, 1969,v.41,p.1750
5. D.N. Armentrout, J.D. Mclean, and M.W. Long, *Anal. Chem.*,1979, v.51, p.1039
6. J.J. Comor, M.M Kopecni, M.V Tarana and S.P. Cupic , *J. Chromatogr*,1989, v.462, p.392
7. M.J. Murry, *Anal Chem.*,1949, v.21,p.941
8. M. Uebori, K. Kuwata and Y. Yamazaki, *Anal. Chem.*, 1980, v.52, p.857

โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม

โทร. 0-2201-7162

15 ตุลาคม 2546

e-mail : recka065@hotmail.com