

โครงการวิจัยและพัฒนาวิธีวิเคราะห์ทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์พืชแปรรูป

กิจกรรมวิจัยและพัฒนาวิธีทดสอบด้านเคมี

พัฒนาวิธีทดสอบหาปริมาณเพนตะคลอโรฟีนอลที่ไม่เกรทจากวัสดุที่ใช้สัมผัสอาหารประเภทไขมัน

The Determination of Pentachlorophenol Migrated from Food Contact Material
into Fatty Food

รัชณี ทวีผล และกนกวรรณ พลฉิม

กลุ่มพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพสินค้า สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช

บทคัดย่อ

จากการสำรวจปริมาณเพนตะคลอโรฟีนอลที่ตกค้างในกระดาศที่ใช้สัมผัสอาหารประเภทไขมัน ได้แก่ กระดาศที่ขูดไขมันอาหารทอดกระดาศห่อโรตีส ออาหารทอด ก่องกระดาศลูกฟูกใส่อาหารฟาสฟูตก่องกระดาศเทา-ขาวใส่เบเกอรี่พบเพนตะคลอโรฟีนอลในช่วง 0 – 0.07 mg/kg ตามวิธีทดสอบหาปริมาณเพนตะคลอโรฟีนอลในกระดาศที่ใช้สัมผัสอาหาร (Determination of pentachlorophenol in an aqueous extract, ISO 15320:2003) ซึ่งเป็นข้อมูลยืนยันว่ามีการตกค้างของเพนตะคลอโรฟีนอลในกระดาศที่ใช้ในชีวิตประจำวัน จากสมบัติของเพนตะคลอโรฟีนอลที่สามารถละลายได้ดีในไขมันจึงเป็นที่มาของการศึกษาวิธีทดสอบหาปริมาณเพนตะคลอโรฟีนอลที่ไม่เกรทจากวัสดุที่ใช้สัมผัสอาหารประเภทไขมัน โดยได้วิธีสกัดเพนตะคลอโรฟีนอลจากน้ำมันมะกอกซึ่งเป็นตัวแทนอาหารประเภทไขมัน และสภาวะเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีสำหรับตรวจวัดปริมาณที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิตู้อบเริ่มต้นที่ 50 องศาเซลเซียส คงไว้ 1 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 20 องศาเซลเซียส/นาที จนถึง 180 องศาเซลเซียส คงไว้ 2 นาที แล้วปรับขึ้นด้วยอัตรา 2 องศาเซลเซียส/นาที จนถึง 200 องศาเซลเซียส คงไว้ 1 นาทีอุณหภูมิส่วนฉีดสาร 250 องศาเซลเซียส อุณหภูมิส่วนตรวจวัด 350 องศาเซลเซียส ใช้คาพิลลารีคอลัมน์ เฟสของแข็งชนิด polydimethylsiloxane with 5% phenyl groups ความยาวของคอลัมน์ 30 เมตร ความหนา 0.25 ไมโครเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.32 มิลลิเมตร และทำการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ ซึ่งความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐาน เพนตะคลอโรฟีนอล กับสัญญาณที่ตรวจวัดได้ของเครื่องมือ (peak area) มีค่า R^2 0.997 และได้ค่า LOD เท่ากับ 1.55 $\mu\text{g}/\text{kg}$ และค่า LOQ เท่ากับ 5.15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ สำหรับผลการศึกษา Accuracy และ Precision ผ่านเกณฑ์การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบทางเคมีตาม EURACHEM Guide 1998

คำนำ

การปนเปื้อนของเพนตะคลอโรฟินอลในอาหารสาเหตุหนึ่งมาจากวัสดุที่ใช้สัมผัสหรือห่อหุ้มอาหาร เช่น กระดาษ เพนตะคลอโรฟินอลเป็นสารเคมีที่ใช้รักษาเนื้อไม้ และใช้ป้องกันการเกิดเชื้อราของเยื่อกระดาษในกระบวนการผลิต จึงเกิดการตกค้างในกระดาษจากสมบัติของเพนตะคลอโรฟินอลที่สามารถละลายได้ดีในไขมัน เมื่อนำกระดาษมาใช้กับอาหารที่มีไขมัน เช่น อาหารประเภท fast food อาหารทอด เป็นต้น เพนตะคลอโรฟินอลที่ตกค้างอยู่ในกระดาษจะละลายไปสู่อาหารซึ่งเพนตะคลอโรฟินอลเป็นอนุพันธ์หนึ่งของฟินอลที่ถูกระบุอยู่ในบัญชีสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ของ US.EPA. (Environmental Protection Agency) และ IARC (International Agency for Research on Cancer) ได้จัดเพนตะคลอโรฟินอลไว้ในกลุ่ม 2B คือ เป็นสารที่มีศักยภาพก่อให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภคที่นำกระดาษมาใช้สัมผัสหรือห่อหุ้มอาหารจึงควรมีการศึกษาวิธีทดสอบเพนตะคลอโรฟินอลที่ไม่กระทบไปยังอาหารที่มีไขมัน

กฎระเบียบวัสดุสัมผัสอาหารของสหภาพยุโรปได้ระบุไว้ว่า วัสดุบรรจุภัณฑ์และวัสดุที่ใช้สัมผัสกับอาหาร ต้องไม่ถ่ายเทสารลงสู่อาหารในปริมาณที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพหรือเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบ คุณสมบัติของอาหาร และกำหนดให้มีการตรวจสอบย้อนกลับ (Traceability) ว่าจะต้องกระทำได้ในทุกขั้นตอน เพื่อการควบคุมเรียกคืนผลิตภัณฑ์ที่มีปัญหา ให้ข้อมูลแก่ผู้บริโภคและสามารถระบุขอบเขตการรับผิดชอบต่างๆ (European Communities, 2004) และนอกจากนี้ทางสหภาพยุโรปได้มีจัดทำ Resolution AP (2002) On Paper and board materials and articles intended to come into contact with foodstuffs ซึ่งเป็นข้อกำหนดเกี่ยวกับกระดาษที่ใช้เป็นวัสดุสัมผัสอาหาร โดยมีการกำหนดค่าของเพนตะคลอโรฟินอลในกระดาษที่ใช้สัมผัสอาหารไว้ คือ ปริมาณเพนตะคลอโรฟินอลต้องไม่เกิน 0.15 มิลลิกรัม/กิโลกรัมของกระดาษ โดยกระทรวงเกษตร, ประมง และอาหาร (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food: MAFF) ของสหราชอาณาจักร ได้ทำการสำรวจปริมาณเพนตะคลอโรฟินอลในกระดาษที่ใช้เป็นวัสดุสัมผัส จำนวน 32 ตัวอย่าง พบว่าปริมาณเพนตะคลอโรฟินอลที่ตรวจพบในกระดาษแข็ง 7 ตัวอย่าง เกินที่มาตรฐานกำหนดไว้ข้างต้น

นอกจากนี้ Jean-Marc (2001) ทำการศึกษาปริมาณเพนตะคลอโรฟินอลในผลไม้และผลิตภัณฑ์ที่ขนส่งทางเรือจากประเทศอินเดียไปสู่ประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรปโดยใส่ในลังไม้และเกิดการไมเกรทของเพนตะคลอโรฟินอลจากลังไม้ไปสู่ผลไม้และผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ภายใน พบปริมาณเพนตะคลอโรฟินอลอยู่ในช่วง 0.001-0.277 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ส่วนการศึกษาพิษของเพนตะคลอโรฟีนอลพบว่า ปริมาณต่ำที่สุดของเพนตะคลอโรฟีนอลที่มนุษย์ได้รับเข้าไปแล้วทำให้ตาย (LDLo) มีค่าประมาณ 29 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว (Ahlborg and Thunberg, 1980) เมื่อกลืนสาร ภายในเวลา 2-3 ชั่วโมง จะปรากฏอาการตัวเหลือง โดยเฉพาะบริเวณฝ่ามือทั้งสองข้าง เหงื่อออกมาก ระบายน้ำ คลื่นไส้ อาเจียน อ่อนเพลีย และในบางครั้งพบว่ามีไข้ หัวใจเต้นเร็ว หายใจเร็ว เจ็บหน้าอก มีอาการปวดเกร็งท้อง กล้ามเนื้อกระตุก และอาจมีอาการชักร่วมด้วย จนถึงขั้นหมดสติ หากสารสัมผัสกับผิวหนัง จะก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนัง เป็นผื่น ลมพิษ อาจทำให้ผิวหนังไหม้และอักเสบ หากสารพิษเข้าตา จะมีอาการระคายเคืองตาอย่างรุนแรง ตาแดง มีน้ำตาไหลออกมามาก อาจทำให้กระจกตาขุ่นและสูญเสียการมองเห็นได้ หากสูดดมสารเข้าสู่ร่างกายก่อให้เกิดการระคายเคืองจมูกและลำคอ หายใจลำบาก จามอย่างหนัก ปวดบริเวณยอดอก และเกิดภาวะปอดบวมได้ การได้รับเพนตะคลอโรฟีนอลเป็นเวลานานอาจก่อให้เกิดความผิดปกติในการเผาผลาญของโพรพิริน (Porphyrin) ทำให้เกิดอาการโพรพีเรีย (Porphyria) น้ำหนักตัวลด เพิ่มอัตราการเผาผลาญร่างกายระดับพื้นฐาน การทำงานของตับและไตเปลี่ยนแปลง ในบางรายอาจมีอาการนอนไม่หลับ และเกิดอาการหน้ามืด วิงเวียนศีรษะ หากได้รับในปริมาณสูงอาจเป็นสาเหตุของการขัดขวางระบบการหมุนเวียนในปอด และทำให้หัวใจวาย

วิธีดำเนินการ

วัสดุและอุปกรณ์

1. ตัวอย่างกระดาษที่ใช้สัมผัสอาหารประเภทไขมัน ได้แก่ กระดาษทิชชู (ใช้ซับน้ำมันอาหารทอด) กระดาษห่อ(โรตี่ อาหารทอด)กล่องกระดาษลูกฟูก (พิซซ่า ไข่ทอด)กล่องกระดาษเทา-ขาว (เบเกอรี่)
2. สารเคมี
 - 2.1 แอซีติกแอนไฮไดรด์ (J.T.Baker, สหรัฐอเมริกา)
 - 2.2 โซเดียมคาร์บอเนต (Merck, ประเทศเยอรมนี)
 - 2.3 โพแทสเซียมคาร์บอเนต (Merck, ประเทศเยอรมนี)
 - 2.4 เมทิลแอลกอฮอล์ (Merck, ประเทศเยอรมนี)
 - 2.5 กรดไฮโดรคลอริก (Merck, ประเทศเยอรมนี)
 - 2.6 กรดซัลฟูริก (Merck, ประเทศเยอรมนี)
 - 2.7 นอร์มัลเฮกเซน (Merck, ประเทศเยอรมนี)
 - 2.8 น้ำมันมะกอก (Rectified olive oil)
 - 2.9 สารละลายมาตรฐานเพนตะคลอโรฟีนอล ความเข้มข้น 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Dr. Ehrenstorfer, ประเทศเยอรมนี)
 - 2.10 สารละลายมาตรฐาน 2,3,6-ไตรคลอโรฟีนอล ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร (Dr. Ehrenstorfer, ประเทศเยอรมนี)

3. เครื่องมือและอุปกรณ์

- 3.1 กระบอกฉีดสารขนาด 100 และ 500 ไมโครลิตร (Micro syringe)
- 3.2 ระบบการสกัดด้วยวัฏภาคของแข็ง (Solid phase extraction system)
- 3.3 คอลัมน์พลาสติกบรรจุฟีนิล 500 มิลลิกรัม ความจุ 3 มิลลิลิตร (Phenomenex, สหรัฐอเมริกา)
- 3.4 ขวดใส่ตัวอย่าง ขนาด 1 มิลลิลิตร
- 3.5 เครื่องชั่ง (Sartorius, ประเทศเยอรมนี)
- 3.6 เครื่องเขย่า (New Brunswick, สหรัฐอเมริกา)
- 3.7 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี อิเล็กตรอนแคปเจอร์ดีเทคเตอร์ (Agilent, สหรัฐอเมริกา)

วิธีการ

1. แบบและวิธีการทดลอง

1.1 สุ่มเก็บตัวอย่างกระดาษที่นิยมนำมาใช้สัมผัสหรือห่อหุ้มอาหารประเภทไขมันจากท้องตลาด ทดสอบหาปริมาณเพนตะคลอโรฟีนอลที่ตกค้างในกระดาษ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นว่ามีการตกค้างของเพนตะคลอโรฟีนอลในกระดาษที่ใช้สัมผัสอาหารตามวิธีทดสอบ ISO 15320:2003

1.2 ศึกษาวิธีทดสอบหาปริมาณเพนตะคลอโรฟีนอลที่ไม่เกรทจากวัสดุที่ใช้สัมผัสอาหารประเภทไขมัน โดยการศึกษาไม่เกรทชันจะใช้อาหารจำลองที่เป็นตัวแทนอาหารประเภทไขมัน คือ น้ำมันมะกอก (rectified olive oil) และทำการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธี (Validation method)

2. วิธีปฏิบัติการทดลอง

2.1 การสกัดเพนตะคลอโรฟีนอลจากอาหารจำลอง

ชั่งน้ำมันมะกอก 1 กรัม ใส่ลงในหลอดแก้วขนาด 50 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาณ 20 มิลลิลิตร นอร์มัลเฮกเซน 5 มิลลิลิตร และแอสติกแอนไฮไดรต์ 1 มิลลิลิตร ปิดฝาหลอดแล้วเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 30 นาที จนสารละลายแยกชั้น

2.2 การตรวจวัดปริมาณเพนตะคลอโรฟีนอล

นำสารละลายในชั้นของเฮกเซน ปริมาตร 1 ไมโครลิตร ฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานเพนตะคลอโรฟีนอลเพื่อหาปริมาณ

2.3 ตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ

เตรียมตัวอย่างโดยเติมสารละลายมาตรฐานเพนตะคลอโรฟีนอลที่ระดับความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ 5, 10 และ 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ระดับละ 10 ซ้ำ และนำผลที่ได้มาพิสูจน์ยืนยันความใช้ได้ของวิธีดังนี้

2.3.1 ความแม่นยำ (Accuracy) ของผลทดสอบที่ได้จากค่าประสิทธิภาพการเอาสารกลับคืน (%Recovery)

2.3.2 ความเที่ยง (Precision) ของผลทดสอบคำนวณหาค่าเฉลี่ย (X) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) หรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) และใช้เกณฑ์การตัดสินจาก HORRAT (Horwitz Equation)

2.3.3 ค่าปริมาณต่ำสุดที่วิธีสามารถตรวจสอบปริมาณเพนตะคลอโรฟีนอลในตัวอย่างได้ (Limit of Detection: LOD)

2.3.4 ค่าปริมาณต่ำสุดที่สามารถรายงานค่าได้อย่างถูกต้อง (Limit of Quantitation: LOQ)

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ตุลาคม 2555 – กันยายน 2556

ห้องปฏิบัติการเคมีภาชนะบรรจุ กลุ่มพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพสินค้า สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การสำรวจปริมาณเพนตะคลอโรฟีนอลที่ตกค้างในกระดาศที่ใช้สัมผัสอาหารประเภทไขมัน เพื่อเป็นข้อมูลยืนยันว่ามีการตกค้างของเพนตะคลอโรฟีนอลในกระดาศที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ด้วยวิธีทดสอบ ISO 15320:2003 ได้ข้อมูลปริมาณเพนตะคลอโรฟีนอล ดังนี้

ตารางที่ 1: ปริมาณเพนตะคลอโรฟีนอลที่ตกค้างในกระดาศที่ใช้สัมผัสอาหารประเภทไขมัน

ชนิดกระดาศ	จำนวนตัวอย่าง	ปริมาณเพนตะคลอโรฟีนอล (mg/kg paper)
กระดาศทึบ (ใช้จับน้ำมันอาหารทอด)	10	0 –0.01
กระดาศห่อ (โรตี่ อาหารทอด)	2	0 –0.02
กล่องกระดาศลูกฟูก (พิซซ่า ไก่ทอด)	4	0 –0.03
กล่องกระดาศเทา-ขาว (เบเกอรี่)	2	0 –0.07

2. ศึกษาวิธีสกัดเพนตะคลอโรฟีนอลที่ไม่เกรทไปยังน้ำมันมะกอก (ใช้เป็นตัวแทนอาหารประเภทไขมัน) เมื่อมีการใช้กระดาศที่มีเพนตะคลอโรฟีนอลตกค้างอยู่สัมผัสกับอาหารประเภทไขมัน

2.1 ใช้วิธี ISO 15320:2003 ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการหาปริมาณเพนตะคลอโรฟีนอลที่ตกค้างในกระดาศ พบว่าในขั้นตอนการกำจัดสารปนเปื้อนออกด้วย Solid phase extract (SPE) ที่บรรจุฟีนอลนั้นไม่เหมาะสมที่จะ

นำมาใช้ในการสกัดเพนตะคลอโรฟีนอลที่อยู่ในไขมัน เนื่องจากสารสกัดที่มีไขมันจะไม่ซึมผ่านสารแพ็คในคอลัมน์ SPE

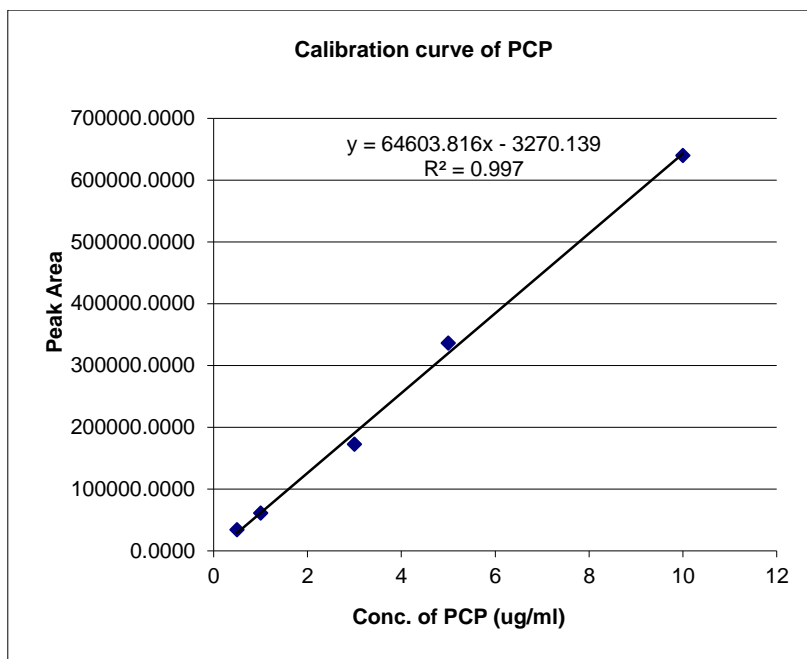
2.2 ศึกษาวิธีสกัดเพนตะคลอโรฟีนอลในน้ำมันมะกอกโดยไม่ผ่าน SPE ตามวิธีของ Journal of AOAC International, 2001 ซึ่งใช้ในการสกัดเพนตะคลอโรฟีนอลที่ไม่เกรทไปยังผลไม้และน้ำผลไม้ โดยใช้เฮกเซน 5 มิลลิลิตร สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.1 โมลาร์ 20 มิลลิลิตร แล้วทำปฏิกิริยากับแอซิติค-แอนไฮไดรต์ 1 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่า 30 นาที เมื่อสารละลายแยกชั้นนำสารละลายในชั้นเฮกเซนไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีสามารถตรวจพบเพนตะคลอโรฟีนอลที่เวลา 10.94 นาที นำวิธีสกัดนี้ดำเนินการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีต่อไป

3. ศึกษาสถานะของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณเพนตะคลอโรฟีนอลที่ไม่เกรทไปสู่ น้ำมันมะกอก โดยใช้คาพิลลารีคอลัมน์ เฟสของแข็งชนิด polydimethylsiloxane with 5% phenyl groups ความยาวของคอลัมน์ 30 เมตร ความหนา 0.25 ไมโครเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.32 มิลลิเมตร ได้สภาวะที่เหมาะสมดังนี้

อุณหภูมิตู้อบ: (Oven temperature)	เริ่มต้นที่ 50 °C คงไว้ 1 นาที ปรับอุณหภูมิเพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 20 °C/นาที จนถึง 180 °C คงไว้ 2 นาที แล้วปรับขึ้นด้วยอัตรา 2 °C/นาที จนถึง 200 °C คงไว้ 1 นาที
อุณหภูมิส่วนฉีดสาร: (Injector temperature)	250 องศาเซลเซียส
ปริมาณในการฉีด: (Injection)	1 ไมโครลิตร
อุณหภูมิส่วนตรวจวัด (ECD): (Detector temperature)	350 องศาเซลเซียส
อัตราการไหลของแก๊สตัวพา: (Carrier gas flow)	1 มิลลิลิตร/นาที
Run time:	20 นาที
Retention time:	10.94

4. การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ (Method Validation)

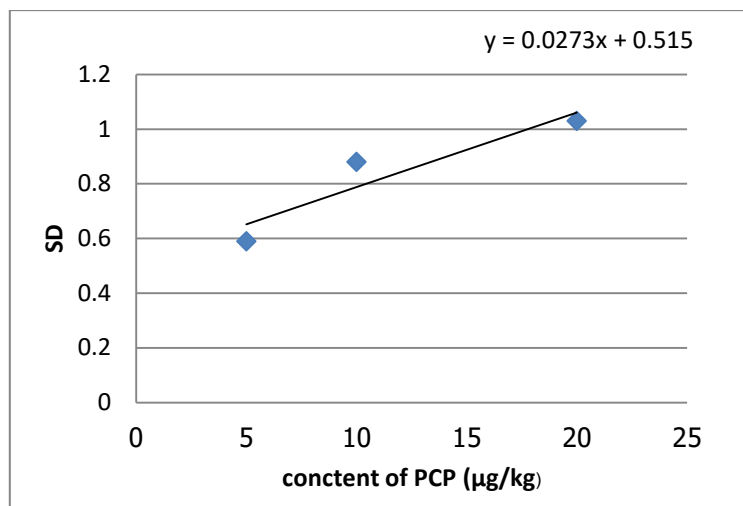
จากศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linearity) ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานเพนตะคลอโรฟีนอล กับสัญญาณที่ตรวจวัดได้ของเครื่องมือ (peak area) ที่ระดับ 0.5 – 10.00 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งได้ค่า R^2 0.997 โดยเกณฑ์การยอมรับอยู่ที่ 0.995



ภาพที่ 1:แสดงกราฟมาตรฐานของเพนตะคลอโรฟินอล

จากการศึกษาความแม่นยำ (Accuracy) และความเที่ยง(Precision) ของวิธีทดสอบ โดยเติมสารละลายมาตรฐานเพนตะคลอโรฟินอลลงในน้ำมันมะกอกที่ระดับความเข้มข้น 5 10 และ 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม ระดับละ 10 ซ้ำนำผลทดสอบที่ได้คำนวณค่าประสิทธิภาพการเอาสารกลับคืน(%Recovery)ค่าเฉลี่ย (X) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV) หรือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ทำการประเมินค่าโดยใช้ HorwitzEquation ดังแสดงในตารางที่ 2

สร้างกราฟหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารมาตรฐานเพนตะคลอโรฟินอลแต่ละระดับ กับค่า SD เพื่อหาค่าจุดตัดแกน y (S_0) แล้วนำไปคำนวณค่า LOD และ LOQ โดยที่ $LOD = 3S_0$ และ $LOQ = 10S_0$ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเพนตะคลอโรฟินอลที่ 5 10 และ 20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (แกน X) กับ SD (แกน Y)

จากกราฟในภาพที่ 2 จุดตัดแกน y (S_0) มีค่าเท่ากับ 0.515 ดังนั้นจึงได้ค่า LOD เท่ากับ 1.55 µg/kg และค่า LOQ เท่ากับ 5.15 µg/kg

ตารางที่ 2: สรุปผลการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบ

พารามิเตอร์	ปริมาณเพนตะคลอโรฟินอล			เกณฑ์การยอมรับ	สรุปผล
	5 µg/kg	10 µg/kg	20 µg/kg		
% Recovery	75.20 – 108.20	79.60 – 106.90	86.15 – 104.40	60 – 115	ผ่าน
SD	0.59	0.88	1.03	HORRAT _≤ 2	ผ่าน
RSD (%)	12.13	9.27	5.29		
RSD Predicted	11.8	10.63	9.58		
HORRAT (Horwitz Equation)	1.03	0.87	0.55		
LOD (µg/kg)	1.55				
LOQ (µg/kg)	5.15				

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาวิธีสกัดเพนตะคลอโรฟีนอลในน้ำมันมะกอกซึ่งใช้เป็นตัวแทนอาหารประเภทไขมัน และสถานะเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณเพนตะคลอโรฟีนอล และทำการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบตามหลักเกณฑ์ของ EURACHEM พบว่าวิธีทดสอบมีความถูกต้องและแม่นยำ เพราะมีค่า %Recovery อยู่ในเกณฑ์กำหนด คือ 60 – 115 มีค่า Precision ผ่านตามเกณฑ์กำหนดโดยประเมินจากค่า HORRAT (Horwitz Equation) ≤ 2 และมีค่า $R^2 > 0.995$ นอกจากนี้ได้ปริมาณต่ำสุดที่วิธีสามารถตรวจสอบปริมาณเพนตะคลอโรฟีนอลในได้ (Limit of Detection: LOD) เท่ากับ $1.55\mu\text{g}/\text{kg}$ และปริมาณต่ำสุดที่สามารถรายงานค่าได้อย่างถูกต้อง (Limit of Quantitation: LOQ) เท่ากับ $5.15\mu\text{g}/\text{kg}$

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ใช้เป็นวิธีทดสอบหาปริมาณเพนตะคลอโรฟีนอลที่ไม่เกรงจากวัสดุที่ใช้สัมผัสอาหารประเภทไขมัน ภายในห้องปฏิบัติการเคมีภาชนะบรรจุ สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช กรมวิชาการเกษตร และเป็นการเตรียมความพร้อมของห้องปฏิบัติการเพื่อขอการรับรองตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2542. เพนตะคลอโรฟีนอล.กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2547. เพนตะคลอโรฟีนอล.เอกสารข้อมูลความปลอดภัย. แหล่งที่มา:

<http://www.chemtrack.org/MSDSSG/Trf/msdse/msdse87-86-5.pdf>, 5 มกราคม 2553.

นัยทัศน์ ภู่อรัมย์.มปป. จุลินทรีย์กับอุตสาหกรรมกระดาษ.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในอุตสาหกรรมเกษตรเบื้องต้น.

แหล่งที่มา:http://www.agro.cmu.ac.th/e_books/602120/E-learning/

[Pdf/paper%20industry%20micro.pdf](http://www.agro.cmu.ac.th/e_books/602120/E-learning/Pdf/paper%20industry%20micro.pdf), 11 พฤศจิกายน 2552.

Ahlborg, U.G., and Thunberg, T.M. 1980. Chlorinated phenols: occurrence toxicity, metabolism, and environment impact. CRC Crit Rev Toxicol 7: 1-35.

Anonymous. 1993. Pentachlorophenol.Available Source:

<http://pmp.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/metiram-propoxur/pentachlorophenol-ext.html>, January 3, 2010.

AOAC. 2013.Guidelines for Single-Laboratory Validation of Chemical Methods for Dietary Supplements and Botanicals.

EURACHEM Guide.1998. The Fitness for Purpose of Analytical Methods. A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics.

International Organization for Standardization. 2003. Pulp, paper and board - Determination of pentachlorophenol in an aqueous extract.ISO 15320:2003.

Jean-MarcDiserens. 2001. Rapid Determination of Nineteen Chlorophenols in Wood, Paper, Cardboard, Fruits and Fruit Juices by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. Journal of AOAC International 84 (3): 853-860.

Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.1997.Survey of pentachlorophenol in paper and board packaging used for retail foods. MSFF UK Food Surveillance Information Sheets 139.