

ตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับการวัดค่าสารโพลาร์ในน้ำมันปาล์มทอดซ้ำสำหรับทอดไก่ด้วยค่าความจุไฟฟ้า

A Mathematical Model of Polar Material Measurement in Reused Chicken-Fried Palm Oil with Electric Capacitance

เกษมสุข เสพศิริสุข^{1*} และนพดล มณีรัตน์²

Kasemsuk Sepsirisuk^{1*} and Noppadol Maneerat²

บทคัดย่อ

การใช้น้ำมันทอดซ้ำในการปรุงอาหารนั้นเป็นอันตรายต่อสุขภาพอย่างยิ่ง เนื่องจากสารโพลาร์ที่พบในน้ำมันทอดซ้ำเป็นสารก่อมะเร็ง การตรวจวัดค่าสารโพลาร์นั้นต้องอาศัยการวิเคราะห์ทางเคมีที่มีขั้นตอนซับซ้อนหรือใช้เครื่องมือที่มีราคาสูง งานวิจัยนี้ได้เสนอการวัดค่าสารโพลาร์ในน้ำมันสำหรับทอดไก่โดยใช้คุณสมบัติความเป็นฉนวนไฟฟ้า ตัวเก็บประจุชนิดแผ่นขนานถูกสร้างขึ้นโดยใช้น้ำมันที่ต้องการตรวจวัดเป็นฉนวนระหว่างกลาง จากผลการทดลองพบว่าค่าความจุไฟฟ้านั้นแปรผันโดยตรงกับค่าสารโพลาร์ในน้ำมัน จากตัวแบบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้าและค่าสารโพลาร์เมื่อนำไปทดสอบในน้ำมันทอดซ้ำพบว่ามีความถูกต้องใกล้เคียงกับเครื่องมือวัดราคาสูง

คำสำคัญ: น้ำมันปาล์ม น้ำมันทอดซ้ำ ค่าสารโพลาร์ ค่าความจุไฟฟ้า

Abstract

A usage of reused edible oil for cooking is harmful for health. Since a polar material contaminated in reused oil is a carcinogen that is an agent directly involved in causing tumor. Measurement of polar material requires complicated chemical analysis or expensive tool. This research proposes a model for measuring polar material in chicken fried palm oil by means of dielectric property. A pair of parallel plate is used for constructing capacitor, in which palm oil is applied as insulator. According to the experimental results, the electric capacitance is proportional to amount of polar material in the oil. The proposed model has an accuracy almost same as an expensive meter.

Keywords: Palm oil, Reused frying oil, Total Polar Material (TPM), Electric capacitance

¹ อาจารย์ ดร., สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังวิทยาเขตชุมพร จุฬพร 86160

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

* Corresponding author: e-mail:kkskasems@kmitl.ac.th Tel. 077-512100

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 23 ปี 2556

บทนำ

คนไทยนิยมรับประทานอาหารประเภททอดกันอย่างมาก โดยจากข้อมูลของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) พบว่ามีการบริโภคน้ำมันพืชปีละกว่า 8 แสนตัน การบริโภคอาหารประเภททอดมาจะมีความเสี่ยงในเรื่องโรคอ้วนแล้วยังมีความอันตรายอื่นอีกหลายอย่าง ซึ่งที่น่ายกย่องคืออันตรายจากการใช้น้ำมันทอดซ้ำ เนื่องจากน้ำมันทอดซ้ำเป็นน้ำมันที่เสื่อมคุณภาพ โดยมีจะพบสารโพลาร์ (Polar compound) ซึ่งก่อให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง และสารโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbons; PAHs) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง นอกจากนี้การสูดดมไอระเหยจากการใช้น้ำมันทอดซ้ำยังก่อให้เกิดโรคมะเร็งเป็นผลกระทบต่อทั้งผู้ขายและผู้บริโภค

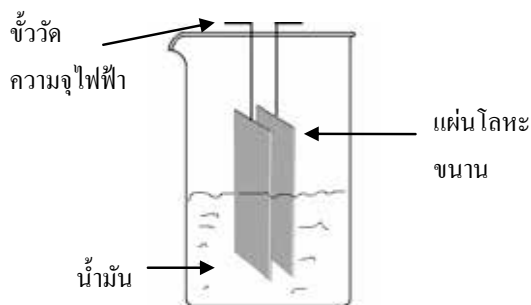
ปัจจุบันกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ได้ผลิตจำหน่ายชุดทดสอบสารโพลาร์ซึ่งมีราคาถูกประมาณ 20 บาท [1] แต่มีจุดด้อยคือวิธีการและขั้นตอนในการตรวจสอบค่อนข้างซับซ้อน จำเป็นต้องผสมสารละลายหลายชนิด ไม่เหมาะสำหรับผู้ใช้งานทั่วไป ทางผู้วิจัยจึงต้องการที่จะพัฒนาการวัดปริมาณสารโพลาร์โดยใช้การวัดค่าความจุไฟฟ้า เนื่องน้ำมันพืชเป็นฉนวนไฟฟ้าหากนำมาใช้เป็นตัวกลางระหว่างแผ่นตัวนำขนานแล้ว สารโพลาร์ที่อยู่ในน้ำมันพืชเมื่อถูกกระตุ้นด้วยสนามไฟฟ้าจะเกิดการเรียงตัวของไดโพลใหม่จากเดิมที่เรียงตัวแบบสุ่ม ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของสนามไฟฟ้าลดลงและเพิ่มค่าความจุไฟฟ้าของแผ่นตัวนำขนานนั้นด้วย

ในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการวัดค่าสารโพลาร์ในน้ำมันปาล์มในการทอดไก่ โดยใช้การวัดค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุที่สร้างขึ้นจากแผ่นตัวนำขนาน โดยจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

วิธีการวิจัย

โครงสร้างตัวเก็บประจุที่ออกแบบ

ในการวิจัยได้ตั้งสมมติฐานว่า การทอดซ้ำที่ทำให้ปริมาณสารโพลาร์ [2] สูงขึ้นนั้นจะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงค่าความจุไฟฟ้าที่วัดจากตัวเก็บประจุแบบแผ่นโลหะขนาน [3] โดยใช้น้ำมันที่วัดทำหน้าที่ยกให้เป็นฉนวนไฟฟ้า โครงสร้างตัวเก็บประจุที่ออกแบบประกอบด้วยแผ่นสแตนเลส 2 แผ่น มีความหนา 1 มม. ขนาดกว้างคูณยาวเท่ากับ 3 x 6 ตร.ซม. จักรวางขนานกันห่าง 0.8 ซม. จุ่มลงในน้ำมันที่จะทดสอบซึ่งบรรจุอยู่ในบีกเกอร์ขนาด 300 มล. ดังแสดงในภาพที่ 1 และใช้เซนเซอร์ AD776 [4] วัดค่าความจุไฟฟ้า โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผล



ภาพที่ 1 โครงสร้างตัวเก็บประจุในการวัด

วิธีการทดลอง

ในการทดลองจะใช้น้ำมันปาล์มปริมาณ 4 ลิตร ทอดปึกไก่ช่วงต้นของปึกจำนวนครั้งละ 2 กิโลกรัม ทำการทอดวันละ 1 ครั้ง ทอดทั้งหมด 9 วันติดต่อกัน โดยหลังทอดเสร็จในแต่ละครั้งจะนำน้ำมันปริมาณ 200 ลบ.ซม. มาทิ้งไว้ให้เย็นลงและวัดค่าขณะที่มีอุณหภูมิประมาณ 55 องศาเซลเซียส และทำการวัดเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัด TESTO-270 เป็นมาตรฐาน

นำค่าที่ได้จากการวัดด้วยเซนเซอร์ AD776 [4] ซึ่งเป็นค่าดิจิตอลอยู่ในช่วง 0 ถึง 255 มาแปลงเป็นค่าความจุไฟฟ้า (C) ดังสมการที่ 1

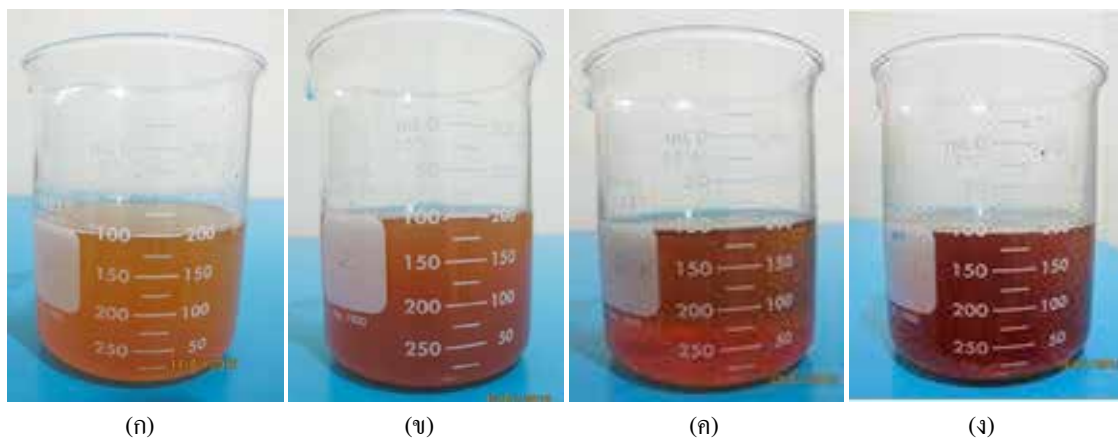
$$C = \left(\frac{\text{sensor}}{255} \times 8pF \right) + 13pF \quad (1)$$

แล้วทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้ากับปริมาณสารโพลาร์ที่ได้จากการวัดมาตรฐาน นำตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ได้ไปทดสอบกับตัวอย่างน้ำมันชุดใหม่

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ลักษณะสีของน้ำมันปาล์มทอดซ้ำ

จากการทดลองทอดไก่โดยใช้น้ำมันทอดซ้ำจำนวน 9 ครั้งจะพบว่าสีของน้ำมันจะเปลี่ยนแปลงโดยมีลักษณะเข้มขึ้นดังภาพที่ 2 และในการทอดซ้ำครั้งที่ 9 น้ำมันจะมีลักษณะเป็นสีดำมาก



ภาพที่ 2 ลักษณะสีของน้ำมันตามจำนวนการทอด (ก) ถึง (ง) จากการทอด 1, 2, 4 และ 8 ครั้งตามลำดับ

การวัดค่าด้วยเซนเซอร์ตัวเก็บประจุและจากเครื่อง TESTO-270

ในการวัดแต่ละครั้งจะทำการทดสอบที่อุณหภูมิน้ำมันประมาณ 55 องศาเซลเซียส โดยจากการวัดค่าความจุด้วยตัวเก็บประจุที่ออกแบบจะได้ผลลัพธ์แสดงในตารางที่ 1 และทำการวัดค่าด้วยเครื่อง TESTO-270 ได้ค่าร้อยละสารโพลาร์ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งจะพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามจำนวนครั้งของการทอดซ้ำ และเมื่อนำค่าเฉลี่ยจากตารางที่ 1 ไปแปลงเป็นค่าความจุไฟฟ้าตามสมการ (1) จะได้ผลลัพธ์ดังภาพที่ 3 โดยหลังการทอดซ้ำครั้งที่ 9 น้ำมันมีสีดำมากจากการไหม้ของสิ่งเจือปน ทำให้ค่าความจุไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้นกว่าการทอดในครั้งที่ 7 และ 8 อย่างเห็นได้ชัด

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 23 ปี 2556

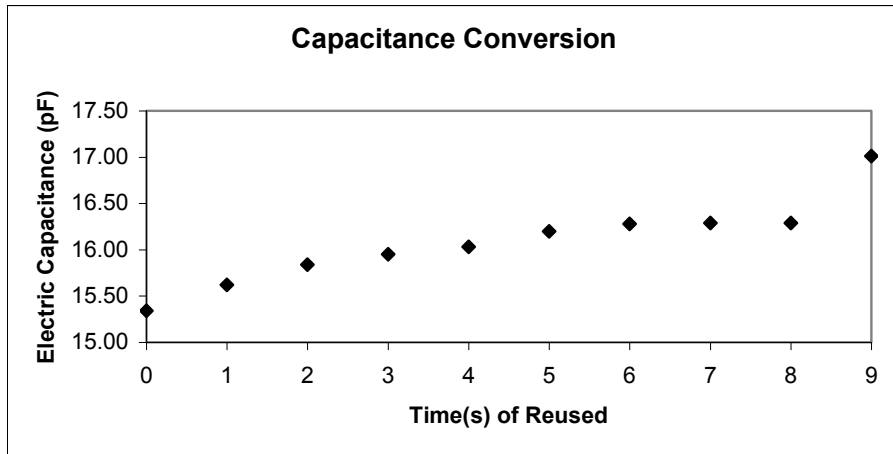
ตารางที่ 1 ค่าที่วัดได้จากเซนเซอร์ตัวเก็บประจุ

จำนวน ทอดซ้ำ (ครั้ง)	ค่าจิตตอลที่ได้จากการวัดด้วยเซนเซอร์										เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	
น้ำมันใหม่	73	75	76	75	74	73	74	75	76	74	74.50
1	84	85	86	86	84	82	81	86	82	80	83.60
2	89	90	91	92	89	92	91	90	93	88	90.50
3	93	95	96	97	94	92	93	94	92	94	94.00
4	97	95	96	98	97	95	96	98	98	96	96.60
5	101	103	102	102	103	104	102	103	101	100	102.10
6	105	103	102	106	105	107	104	103	104	105	104.40
7	105	104	106	105	104	104	106	105	106	104	104.90
8	107	105	103	104	102	105	104	105	106	107	104.80
9	130	125	129	127	131	126	128	127	130	125	127.80

ตารางที่ 2 ผลการวัดค่าสารโพลาร์ในน้ำมันทอดซ้ำด้วยเครื่องวัด TESTO-270

จำนวน ทอดซ้ำ (ครั้ง)	ค่าสารโพลาร์ (%TPM)										เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	
น้ำมันใหม่	8	7.5	8.5	7.5	8	7.5	8	8.5	8.5	8	8.00
1	10	12	10.5	9.5	12.5	9.5	10.5	11.5	11	12.5	10.95
2	14.5	15	13	15.5	13.5	15	15.5	16	13.5	14.5	14.60
3	20	15.5	16	15.5	14.5	16	15	15.5	15	15.5	15.85
4	17	16.5	18	15.5	19	17	16.5	18	18.5	17	17.30
5	17	16.5	21	23.5	20	22.5	19.5	18	18.5	17	19.35
6	19	19	19.5	18.5	19	22.5	23	19	19.5	22.5	20.15
7	22.5	23	23.5	23	22.5	19.5	20.5	20	19.5	19	21.30
8	23	23.5	22.5	23	23.5	22.5	23	23.5	23	22.5	23.00
9	25+	25+	25+	25+	25+	25+	25+	25+	25+	25+	25.00+

หมายเหตุ ค่า 25+ เป็นการแสดงค่าของเครื่อง TESTO-270 หมายถึงมีค่าสูงเกิน 25%

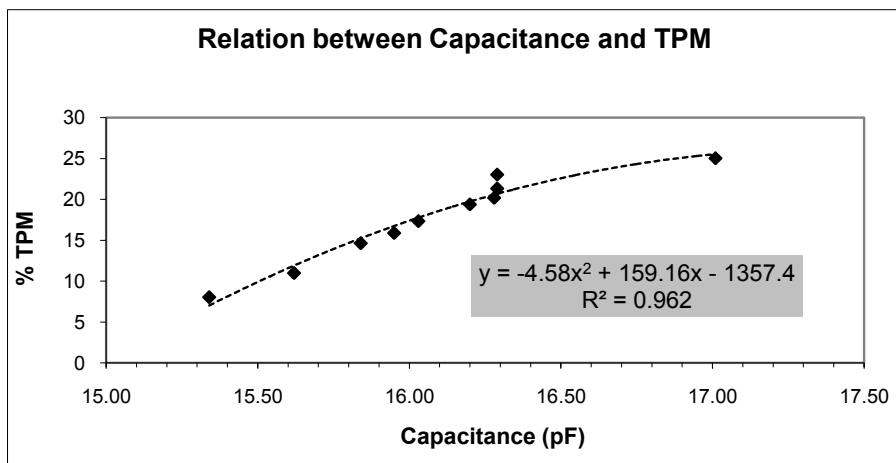


ภาพที่ 3 ค่าความจุไฟฟ้าที่คำนวณจากการวัดด้วยเซนเซอร์ตัวเก็บประจุ

ตัวแบบการวัดค่าสารโพลาร์และผลการทดสอบความถูกต้อง

เมื่อนำค่าความจุไฟฟ้าและค่าร้อยละ TPM มาสร้างกราฟหาความสัมพันธ์แบบพหุนามอันดับที่ 2 ระหว่างค่าในภาพที่ 3 กับค่าเฉลี่ยในตารางที่ 2 จะได้ดังภาพที่ 4 โดยมีค่าโดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความแม่นยำในการทำนาย (Coefficient of determination: R^2) เท่ากับ 0.96 ดังสมการที่ 2 โดยค่า x คือค่าความจุไฟฟ้า

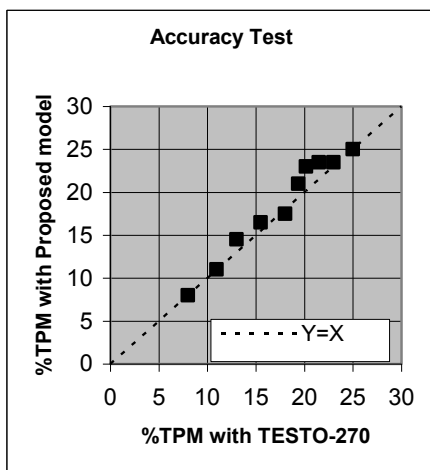
$$\%TPM = -4.58x^2 + 159.16x - 1357.4 \quad (2)$$



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้าและค่าร้อยละสารโพลาร์

จากการนำตัวแบบที่สร้างขึ้นไปทดสอบกับน้ำมันชุดใหม่โดยทำการทดสอบซ้ำในลักษณะเดิมดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โดยมีการเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากเครื่องวัด TESTO-270 และเมื่อนำไปวาดกราฟเทียบเทียบจะได้ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 5 โดยจะเห็นว่าค่าที่วัดได้มีความใกล้เคียงกันโดยมีแนวโน้มอยู่ในเส้นตรง $Y = X$

จากงานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 23 ปี 2556



ภาพที่ 5 ผลการทดสอบความถูกต้องของตัวแบบที่ออกแบบเทียบกับเครื่องวัด TESTO-270

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการวัดค่าสารโพลาร์ในน้ำมันปาล์มที่ใช้ทอดสำหรับทอดไก่ โดยพัฒนาเซนเซอร์จากหลักการตัวเก็บประจุ และนำค่าความจุไฟฟ้าที่วัดได้มาสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ จากผลการทดลองพบว่าค่าที่วัดได้จากตัวแบบที่ออกแบบไว้มีความสัมพันธ์กับค่าที่วัดได้จากเครื่องวัดมาตรฐาน ซึ่งผู้วิจัยจะได้นำผลจากการวิจัยนี้ไปพัฒนาเครื่องวัดค่าสารโพลาร์ ที่ใช้งานได้เหมือนเครื่องวัดพกพาที่นำเข้าจากต่างประเทศแต่มีราคาถูก ซึ่งจะช่วยให้ผู้ผลิตอาหารทอดนั้นสามารถตรวจสอบคุณภาพน้ำมันที่ใช้ให้อยู่ในเกณฑ์ตามที่กฎหมายกำหนดได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนเครื่องมือและสถานที่จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ขอขอบคุณ คุณพงษ์ธร ทองมา คุณศุภวัชร ส่งแสงและคุณอรรมณีย์ รัตนะ ที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. วิทยาศาสตร์การแพทย์สู่การพัฒนาชุมชน. สืบค้นเมื่อ 14 พฤษภาคม 2555 จาก <http://www.dmsc.moph.go.th/webroot/secretary/Homepage/news49/september/3.html>
- [2] Zainal and H.D. Isengard, "Determination of total polar material in frying oil using accelerated solvent extraction", *Lipid Technology*, 22: 134–136. doi: 10.1002/lite.201000019
- [3] เกษมสุข เสพศิริสุข และศักดิ์กษณ์ คัล้ายดอกจันทร์, "การศึกษาการวัดค่าสารโพลาร์ในน้ำมันปาล์มทอดมันฝรั่งโดยการวัดค่าความจุไฟฟ้า". การประชุมวิชาการวไลยลักษณ์วิจัย ครั้งที่ 4, หน้า131-132, 21 มิถุนายน 2555.
- [4] Analog Devices, **AD7746: 24-bit, 2 Channel Capacitance to Digital Converter**, Retrieved May 14, 2012, from <http://www.analog.com/en/analog-to-digital-converters/capacitance-to-digital-converters/ad7746/products/product.html>