การประเมินคุณภาพวัสดุและการศึกษาการละลายของธาตุจากกระทะไฟฟ้าอะลูมิเนียม
Evaluation of material quality and study of released elements from aluminium electric pan

7

ดวงกมล เชาวน์ศรีหมุด[1*], จิตวิไล เวฬุวนารักษ์[1], จิรพรรณ โรมา[1], นุจรินทร์ พลหงษ์[1]
Duangkamol Chaosrimud[1*], Jitwilai Waluvanarak[1], Jirapan Roma[1], Nootjarin Phonhong[1]

บทคัดย่อ

จากข้อสังเกตของประชาชนในสื่อออนไลน์และคำถามจากสำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภคเรื่องการปนเปื้อนของสารอันตรายที่สามารถละลายออกมาจากการใช้กระทะไฟฟ้าขณะปรุงอาหารเนื่องจากสภาพผิวส่วนกระทะของกระทะไฟฟ้าอะลูมิเนียมเปลี่ยนไปหลังใช้ปรุงอาหาร ดังนั้น กรมวิทยาศาสตร์บริการได้สุ่มตัวอย่างกระทะไฟฟ้าประเภทอะลูมิเนียมจากตลาดในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 13 ตัวอย่าง ประกอบด้วย กระทะแบบ 1 จำนวน 9 ตัวอย่างและกระทะแบบ 2 จำนวน 4 ตัวอย่าง เพื่อประเมินคุณภาพของอะลูมิเนียมส่วนกระทะ และศึกษาการละลายของธาตุต่าง ๆ จากกระทะไฟฟ้า โดยใช้ตัวแทนอาหาร 4 ประเภท ได้แก่ น้ำปราศจากไอออน น้ำประปา สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น ร้อยละ 1 และสารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ในสภาวะต้มเดือด นาน 2 ชั่วโมง ผลการประเมินคุณภาพของอะลูมิเนียมส่วนกระทะพบว่าทุกตัวอย่างเป็นวัสดุประเภทอะลูมิเนียมโลหะผสม โดยร้อยละ 55 ของตัวอย่างกระทะไฟฟ้าแบบ 1 ไม่ผ่านเกณฑ์กำหนดตามมาตรฐาน BS EN 602 ขณะที่กระทะแบบ 2 ผ่านเกณฑ์กำหนดทุกตัวอย่าง การศึกษาการละลายของธาตุต่างๆ จากกระทะไฟฟ้าอะลูมิเนียมทั้ง 2 แบบ พบอะลูมิเนียม เหล็ก แมกนีเซียม แมงกานีส และสังกะสี ละลายออกมาปนเปื้อนกับตัวแทนอาหารทั้ง 3 ประเภท (น้ำประปา สารละลายโซเดียมคลอไรด์ และ สารละลายกรดซิตริก) โดยอะลูมิเนียมที่ละลายจากกระทะไฟฟ้าแบบ 1 ทุกตัวอย่างมีปริมาณสูงกว่าค่า specific released limit (SRL) ขณะที่กระทะไฟฟ้าแบบ 2 พบปริมาณอะลูมิเนียม ไม่เกินเกณฑ์ สำหรับเหล็ก แมกนีเซียม แมงกานีส และสังกะสีจากตัวอย่างทั้ง 2 แบบ มีปริมาณน้อยกว่าเกณฑ์กำหนด

Abstract

From observations of social media and a question from Office of Consumer Protection Board (OCPB) about contamination of toxic substances from aluminium electric pan because of a change of surface's appearance after using, Department of Science Service collected 13 aluminium electric pan samples (9 samples of type 1 and 4 samples of type 2) from local markets in Bangkok in order to evaluate material quality and study the released elements from electric pan by using 4 stimulants (DI water, tap water, 1% NaCl and 0.5% citric acid) at boiling condition for 2 hours. Results showed that material of all samples was aluminium alloy and 55 % of type 1 samples did not comply with BS EN 602 standard but all samples of type 2 complied with the standard. The study of released elements from the aluminium electronic pan samples presented that aluminium, iron, manganese, magnesium and zinc released from all samples by using 3 stimulants (tap water, 1% NaCl and 0.5% citric acid). In addition, concentration of released aluminium from all samples of type 1 was higher than specific released limit (SRL), while sample type 2 was less than the limit. In both types, concentrations of iron, magnesium, manganese and zinc were lower than the limit.

คำสำคัญ: กระทะไฟฟ้าอะลูมิเนียม คุณภาพของวัสดุ การละลายของธาตุ
Keywords: Aluminium electric pan, Material quality, Released element

[1] กรมวิทยาศาสตร์บริการ
* Corresponding author E-mail address : dkpoo@dss.go.th

1. บทนำ (Introduction)

กระทะไฟฟ้าประเภทอะลูมิเนียมเป็นเครื่องครัวอย่างหนึ่งที่นิยมใช้กันในปัจจุบัน เนื่องจากราคาถูก ใช้งานสะดวกรวดเร็ว และสามารถปรุงอาหารได้หลากหลาย อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตของประชาชนที่ปรากฏในสื่อออนไลน์และจากประเด็นคำถามของคณะอนุกรรมการพิจารณากลั่นกรองสินค้าและบริการที่อาจเป็นอันตรายแก่ผู้บริโภค สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค สำนักนายกรัฐมนตรี เรื่องการปนเปื้อนของสารอันตรายที่สามารถละลายออกมาจากการใช้กระทะไฟฟ้าขณะปรุงอาหาร เนื่องจากสภาพผิวส่วนกระทะของกระทะไฟฟ้าอะลูมิเนียมเปลี่ยนไปหลังใช้ปรุงอาหารหรือแม้แต่การใช้ต้มน้ำประปา

แม้ว่าผลิตภัณฑ์กระทะไฟฟ้า สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม กำหนดให้ผลิตภัณฑ์นี้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้มาตรฐานบังคับตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทะไฟฟ้า (มอก.1509 – 2547) [1] แต่มาตรฐานดังกล่าว ควบคุมความปลอดภัยเฉพาะด้านไฟฟ้าเท่านั้น ไม่มีการควบคุมความปลอดภัยด้านเคมีของวัสดุที่ใช้โดยเฉพาะส่วนที่สัมผัสกับอาหาร อย่างไรก็ตามมีการศึกษาโดย ดวงกมลและคณะฯ [2] เรื่องการละลายของโลหะต่าง ๆ ที่ละลายออกมาจากภาชนะหุงต้มประเภทอะลูมิเนียม ในสภาวะต้มเดือดนาน 2 ชั่วโมง เมื่อใช้กรดอะซิติกความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นตัวแทนอาหารประเภทกรด พบว่ามีอะลูมิเนียม เหล็ก และสังกะสี ละลายออกมาปนเปื้อนกับอาหารและพบตะกั่วในบางตัวอย่าง โดยธาตุเหล่านี้มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของกรดเพิ่มขึ้น และการศึกษาของ Weidenhamer J.D. และคณะ [3] ได้ทดสอบปริมาณโลหะหนักที่ละลายออกมาจากภาชนะอะลูมิเนียมซึ่งสุ่มเก็บจากประเทศต่าง ๆ พบอะลูมิเนียม และตะกั่วปริมาณสูง ละลายปนเปื้อนออกมา นอกจากนี้ยังพบสารหนูและแคดเมียมในบางตัวอย่างอีกด้วย

กองเคมีภัณฑ์และผลิตภัณฑ์อุปโภค กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้สุ่มตัวอย่างกระทะไฟฟ้าประเภทอะลูมิเนียม จำนวน 13 ตัวอย่าง จากร้านค้าในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามนิยามของ มอก. 1509 ประกอบด้วย 1) กระทะที่ใช้ไฟฟ้าทำความร้อน โดยตัวทำความร้อนรวมอยู่กับตัวกระทะ การศึกษานี้เรียกว่า กระทะไฟฟ้าแบบ1 จำนวน 9 ตัวอย่าง และ 2) กระทะที่มีแท่นให้ความร้อนวางเฉพาะแยกออกจากตัวกระทะ คล้ายหม้อสุกี้ ในการศึกษานี้เรียกว่ากระทะไฟฟ้าแบบ 2 จำนวน 4 ตัวอย่าง

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อประเมินคุณภาพของอะลูมิเนียมส่วนกระทะ และศึกษาการละลายของโลหะต่าง ๆ จากกระทะไฟฟ้า โดยใช้ตัวแทนอาหาร 4 ประเภท ได้แก่ น้ำปราศจากไอออน น้ำประปา สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น ร้อยละ 1 และสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น ร้อยละ 0.5 ในสภาวะต้มเดือด นาน 2 ชั่วโมง

คุณภาพของวัสดุอะลูมิเนียมส่วนกระทะประเมินโดยทดสอบองค์ประกอบทางเคมี แล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์กำหนดตาม BS EN 602 Aluminium and aluminium alloys – wrought products – chemical composition of semi-finished products used for the fabrication of articles for use in contact with foodstuff [4] ซึ่งมาตรฐานดังกล่าวได้แบ่งวัสดุอะลูมิเนียมออกเป็น 2 ชนิด คือ อะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมโลหะผสม โดยมีเกณฑ์กำหนดของธาตุต่าง ๆ ตามตารางที่ 1 นอกจากนี้ยังได้ทดสอบปริมาณตะกั่วและแคดเมียมเพิ่มเติม เนื่องจากเป็นโลหะที่มีความเป็นพิษสูง

ตารางที่ 1 เกณฑ์กำหนดขององค์ประกอบทางเคมี สำหรับวัสดุอะลูมิเนียมที่ใช้สัมผัสอาหารตาม BS EN 602 [4]

ชนิดวัสดุ	ธาตุ	เกณฑ์กำหนด (%)
อะลูมิเนียม	Al	> 99
	Fe + Si	≤ 1.0
	Cu	≤ 0.1 (ถ้า Cr และ/หรือ Mn ≥ 0.05) ≤ 0.2 (ถ้า Cr < 0.05 และ Mn < 0.05)
	Cu, Mg, Mn, Ni, Zn, Ti	≤ 0.1 (แต่ละธาตุ)
อะลูมิเนียม	Al	ส่วนที่เหลือ
	โลหะผสม	สูงสุด 13.5
	Fe	สูงสุด 2.0
	Cu	สูงสุด 0.6
	Mn	สูงสุด 4.0
	Mg	สูงสุด 11.0
	Cr	สูงสุด 0.35
	Ni	สูงสุด 3.0
	Zn	สูงสุด 0.25

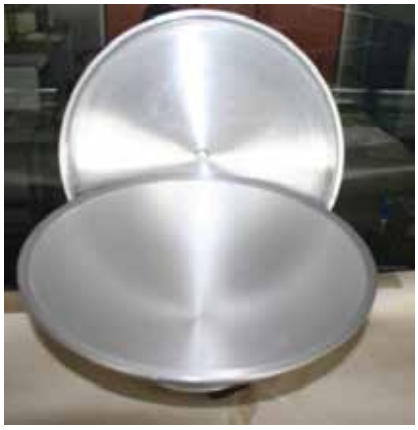
สำหรับการศึกษาการละลายของโลหะต่าง ๆ จากกระทะไฟฟ้า ใช้ตัวแทนอาหาร 4 ประเภท ได้แก่ น้ำปราศจากไอออน น้ำประปาเป็นตัวแทนกรณีข้อสงสัยของประชาชน สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1 เป็นตัวแทนอาหารประเภทน้ำซุป และสารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 เป็นตัวแทนอาหารประเภทกรด โดยตัวแทนอาหารแต่ละชนิดต้มเดือดในกระทะไฟฟ้าตัวอย่างนาน 2 ชั่วโมง

2. วิธีการวิจัย (Experimental)

2.1 ตัวอย่าง

ตัวอย่างกระทะไฟฟ้าประเภทอะลูมิเนียมจำนวน 13 ตัวอย่าง ประกอบด้วย

2.1.1 กระทะไฟฟ้าแบบ 1 จำนวน 9 ตัวอย่าง ผิวกระทะเป็นโลหะมันวาวสีเงิน ดังรูปที่ 1 และ 2



รูปที่ 1 ตัวอย่าง I1

รูปที่ 2 ตัวอย่าง Hd

2.1.2 กระทะไฟฟ้าแบบ 2 จำนวน 4 ตัวอย่าง ลักษณะผิวกระทะเป็นโลหะเคลือบด้วยฟิล์มสีดำ เมื่อทดสอบโครงสร้างทางเคมีของฟิล์มสีดำด้วยเครื่อง FT-IR พบว่ามีโครงสร้างใกล้เคียงกับสารประกอบ polytetrafluoroethylene ดังรูปที่ 3 และ 4

รูปที่ 3 ตัวอย่าง M1

รูปที่ 4 ตัวอย่าง O1

2.2 การทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของส่วนกระทะ แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 วิธี ตามชนิดของธาตุ ได้แก่

2.2.1 การทดสอบหาปริมาณ เหล็ก นิกเกิล แมงกานีส โครเมียม ทองแดง สังกะสี และแมกนีเซียมตามมาตรฐาน ASTM B 209-14 [5]

- เตรียมตัวอย่างโดยเจาะตัวอย่างหม้อให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำมาชั่งตัวอย่างละ 0.5 กรัม ย่อยสลายด้วยสารละลายกรดผสมไฮโดรคลอริคและไนตริก อัตราส่วน 1: 1 บนแท่นให้ความร้อนจนเป็นสารละลายใส และทดสอบด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer (ICP-OES)

2.2.2 การทดสอบปริมาณซิลิคอนโดยวิธีตกตะกอนเป็น silicic acid ตาม VOGEL's Textbook of Quantitative Chemical Analysis [6]

- นำตัวอย่างหม้อที่เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วชั่งตัวอย่างละ 0.5 กรัม ย่อยสลายด้วยสารละลายกรดผสมไฮโดรคลอริคและไนตริก อัตราส่วน 1: 1 บนแท่นให้ความร้อนจนเป็นสารละลายใส จากนั้นเติมกรดซัลฟิวริกแล้วนำมาระเหยแห้ง จากนั้นละลายตะกอนด้วยกรดไฮโดรคลอริคเจือจาง แล้วกรองเอาตะกอนมาเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักตะกอนที่ได้ แล้วเติมกรดไฮโดรฟลูออริกละลายจนตะกอนหมด แล้วชั่งน้ำหนักอีกครั้ง ได้เป็นน้ำหนักของซิลิคอนที่หายไป แล้วคำนวณเป็นปริมาณซิลิคอน

2.3 การทดสอบปริมาณโลหะที่ละลายจากกระทะไฟฟ้า ได้แก่ อะลูมิเนียม เหล็ก นิกเกิล แมงกานีส โครเมียม ทองแดง สังกะสี แมกนีเซียม ตะกั่ว และแคดเมียม ในสภาวะต้มเดือดนาน 2 ชั่วโมง เมื่อใช้ตัวแทนอาหารประเภทต่าง ๆ ได้แก่ น้ำปราศจากไอออน น้ำประปา สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 1 และสารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 0.5

2.3.1 ทำความสะอาดตัวอย่างด้วยสารละลายดีเทอร์เจนต์ร้อน เพื่อกำจัดคราบสิ่งสกปรกและไขมัน จากนั้นล้างออกด้วยน้ำประปา และน้ำปราศจากไอออน

2.3.2 ต้มเดือดสารละลายตัวแทนอาหารแต่ละประเภทนาน 2 ชั่วโมง ในตัวอย่างกระทะไฟฟ้า โดยมีลำดับการต้มดังนี้ น้ำปราศจากไอออน น้ำประปา สารละลายโซเดียมคลอไรด์ และสารละลายกรดซิตริก ทั้งนี้หลังจากการต้มสารละลายตัวแทนอาหารแต่ละชนิด กระทะตัวอย่างต้องนำมาทำความสะอาดตามข้อ 2.3.1

2.3.3 นำสารละลายตัวแทนอาหารแต่ละประเภท มาย่อยสลายด้วยสารละลายกรดผสมไฮโดรคลอริคและไนตริก อัตราส่วน 1: 1 บนแท่นให้ความร้อนจนเป็นสารละลายใส

2.3.4 ทดสอบปริมาณโลหะในสารละลายตัวอย่าง ตามข้อ 2.2.1 โดยใช้วิธี Calibration method สร้างกราฟมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างๆ และใช้สารละลายอิตเทรียม (Yttrium,Y) ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นสารละลาย Internal standard

3.2 ทดสอบปริมาณโลหะที่ละลายจากกระทะไฟฟ้าในตัวแทนอาหาร ได้แก่ น้ำปราศจากไอออน น้ำประปา สารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 1 สารละลายกรดซิตริก ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3 และ ตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ปริมาณธาตุ (มก./ลิตร) ที่ละลายจากกระทะไฟฟ้าแบบที่ 1 เมื่อใช้ตัวแทนอาหารประเภทต่าง ๆ ที่สภาวะต้มเดือด นาน 2 ชั่วโมง

ธาตุ	Ha1				Ha2				Ha3			
	น้ำปราศจากไอออน	น้ำประปา	1% NaCl	0.5% citric acid	น้ำปราศจากไอออน	น้ำประปา	1% NaCl	0.5% citric acid	น้ำปราศจากไอออน	น้ำประปา	1% NaCl	0.5% citric acid
Al	ไม่พบ	24.8 ± 1.2	55 ± 1.6	113 ± 2.1	ไม่พบ	ไม่พบ	35 ± 1.5	65.1 ± 1.8	ไม่พบ	1.3 ± 0.7	33.8 ± 1.1	59.9 ± 2.1
Cd	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Cr	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Cu	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.008 ± 0.005	ไม่พบ
Fe	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	5.8 ± 1.2	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	2.7 ± 0.15	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	3.8 ± 0.61
Mg	ไม่พบ	3.3 ± 1.0	ไม่พบ	1.1 ± 0.15	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.06 ± 0.19	ไม่พบ	7.3 ± 0.54	4.91 ± 0.52	2.7 ± 0.38
Mn	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.4 ± 0.04	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.18 ± 0.13	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.21 ± 0.10
Ni	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Pb	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.14 ±
Zn	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.40 ± 0.07	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.06 ± 0.05	ไม่พบ	1.1 ± 0.08	0.55 ± 0.12	0.80 ±0.07
Al	ไม่พบ	46.1 ± 2.1	62.0 ± 1.9	177 ± 2.3	ไม่พบ	48 ± 2.2	59 ± 1.4	138 ± 2.5	1.3 ± 0.28	0.64 ± 0.04	33.3 ± 1.7	73.6 ± 2.3
Cd	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Cr	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Cu	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Fe	ไม่พบ	0.22 ± 0.07	3.0 ± 0.51	10.3 ± 0.69	0.09 ± 0.02	0.41 ± 0.05	2.5 ± 012	7.0 ± 1.1	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	5.9 ± 0.69
Mg	ไม่พบ	10.8 ± 0.50	1.0 ± 0.18	1.4 ± 0.14	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.56 ± 0.08	ไม่พบ	3.3 ± 0.42	1.04 ± 0.23	3.0 ± 0.42
Mn	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.52 ± 0.07	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.38 ± 0.02	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.31 ± 0.04
Ni	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Pb	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.54 ± 0.03	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.07 ± 0.01	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Zn	ไม่พบ	1.2 ± 0.21	ไม่พบ	1.3 ± 0.17	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.68 ± 0.03	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.74 ± 0.05

หมายเหตุ จำนวนครั้งของการทดลอง n = 2

"ไม่พบ" หมายถึง มีค่าน้อยกว่าขีดจำกัดการตรวจหา

ขีดจำกัดการตรวจหา (มก./ลิตร) Al = 0.1, Cd = 0.001, Cr = 0.01, Cu = 0.01, Fe = 0.005, Mg = 0.01, Mn = 0.001, Ni = 0.05, Pb = 0.005, Zn = 0.005

ตารางที่ 4 ปริมาณโลหะ (มก./ลิตร) ที่ละลายจากกระทะไฟฟ้าแบบ 2 เมื่อใช้ตัวแทนอาหารประเภทต่าง ๆ ที่สภาวะต้มเดือด นาน 2 ชั่วโมง

ธาตุ	M1				M2				O1				O2			
	น้ำปราศจากไอออน	น้ำประปา	1% NaCl	0.5% citric acid	น้ำปราศจากไอออน	น้ำประปา	1% NaCl	0.5% citric acid	น้ำปราศจากไอออน	น้ำประปา	1% NaCl	0.5% citric acid	น้ำปราศจากไอออน	น้ำประปา	1% NaCl	0.5% citric acid
Al	ไม่พบ	0.37 ± 0.04	0.35 ± 0.07	0.56 ± 0.06	ไม่พบ	0.51 ± 0.05	ไม่พบ	0.14 ± 0.03	ไม่พบ	0.12 ± 0.04	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.10 ± 0.03	ไม่พบ	ไม่พบ
Cd	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Cr	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Cu	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Fe	ไม่พบ	0.24 ± 0.02	ไม่พบ	0.35 ± 0.04	ไม่พบ	0.56 ± 0.06	0.20 ± 0.01	0.48 ± 0.5	ไม่พบ	0.12 ± 0.01	0.18 ± 0.01	0.27 ± 0.02	ไม่พบ	0.12 ± 0.01	0.20 ± 0.01	0.21 ± 0.02
Mg	ไม่พบ	9.7 ± 0.9	1.2 ± 0.4	1.8 ± 0.3	ไม่พบ	5.0 ± 0.7	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	4.8 ± 0.4	0.31 ± 0.05	0.59 ± 0.08	ไม่พบ	5.2 ± 0.04	ไม่พบ	ไม่พบ
Mn	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.01 ± 0.004	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	0.01 ± 0.006	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Ni	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Pb	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
Zn	ไม่พบ	0.62 ± 0.07	ไม่พบ	0.21 ± 0.03	ไม่พบ	0.16 ± 0.04	ไม่พบ	0.03 ± 0.006	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ จำนวนครั้งของการทดลอง n= 2

"ไม่พบ" หมายถึง มีค่าน้อยกว่าขีดจำกัดการตรวจหา

ขีดจำกัดการตรวจหา (มก./ลิตร) Al = 0.1, Cd = 0.001, Cr = 0.01, Cu = 0.01, Fe = 0.005, Mg = 0.01, Mn = 0.001, Ni = 0.05, Pb = 0.005, Zn = 0.005

จากตารางที่ 3 และตารางที่ 4 ตัวอย่างกระทะไฟฟ้าแบบ 1 และแบบ 2 พบอะลูมิเนียม เหล็ก แมกนีเซียม แมงกานีส โครเมียม ตะกั่ว และสังกะสี ละลายออกมาปนเปื้อนกับตัวแทนอาหารทั้ง 3 ประเภท คือ น้ำประปา สารละลายโซเดียมคลอไรด์ และสารละลายกรดซิตริก ขณะที่ไม่พบทุกธาตุเมื่อใช้น้ำปราศจากไอออน และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณของธาตุแต่ละชนิดที่ละลายจากตัวอย่างแบบ 1 และแบบ 2 พบว่าตัวอย่างแบบ 1 มีปริมาณสูงกว่า ซึ่งเป็นผลมาจากผิวของกระทะแบบ 2 มีฟิล์มเคลือบอยู่จึงสามารถป้องกันการละลายของธาตุต่าง ๆ จากเนื้อของวัสดุได้ [3]

อะลูมิเนียม เป็นองค์ประกอบหลักของวัสดุ จึงสามารถตรวจพบปริมาณอะลูมิเนียมที่สามารถละลายออกมาจากตัวอย่างทั้งแบบ 1 และแบบ 2 เมื่อใช้ตัวแทนอาหารทั้ง 3 ประเภท คือ น้ำประปา สารละลายโซเดียมคลอไรด์ และสารละลายกรดซิตริก โดยปริมาณอะลูมิเนียมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ

เกณฑ์กำหนด Provisional Tolerable Weekly Intake (PTWI) หรือปริมาณสารที่ร่างกายสามารถทนรับได้ต่อสัปดาห์แล้วไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ โดย WHOกำหนดให้ PTWI ของอะลูมิเนียมมีค่าเท่ากับ 2 มก./น้ำหนักตัว [7] ถ้าน้ำหนักตัวเท่ากับ 70 กก. นั่นคือใน 1 สัปดาห์จะสามารถรับปริมาณอะลูมิเนียมได้เท่ากับ 140 มก.หรือ 20 มก./วัน โดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย หรือจาก Metals and alloys used in food contact materials and article. A practical guide for manufactures and regulators [8] กำหนด Specific released limit (SRL) ของอะลูมิเนียม เท่ากับ 5 มก./กก. (กรณีภาชนะที่สามารถเติมตัวแทนอาหารได้ ใช้ปริมาตรของตัวแทนอาหาร 1 ลิตร เท่ากับน้ำหนักอาหาร 1 กก. เพื่อเปรียบเทียบได้) จากผลการทดสอบพบว่ากระทะไฟฟ้าแบบ 1 ทุกตัวอย่างมีปริมาณอะลูมิเนียมที่ละลายออกมาในตัวแทน

อาหารทั้ง 3 ประเภท สูงกว่าเกณฑ์กำหนด ขณะที่กระทะไฟฟ้าแบบ 2 พบอะลูมิเนียมไม่เกินเกณฑ์ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอะลูมิเนียมที่ละลายจากตัวอย่างกระทะไฟฟ้าทั้งสองประเภท พบว่าอะลูมิเนียมที่ละลายออกมาจากกระทะ แบบ 1 มีปริมาณสูงกว่ากระทะแบบ 2 ประมาณ 300 เท่า (เปรียบเทียบอะลูมิเนียมปริมาณสูงสุดของกระทะแบบ 1 ตัวอย่าง I1 เท่ากับ 177 มก./ลิตร เมื่อใช้สารละลายกรดซิตริก และกระทะแบบ 2 ตัวอย่าง M1 เท่ากับ 0.56 มก./ลิตร เมื่อใช้ตัวแทนอาหารเดียวกัน)

สำหรับธาตุอื่นๆ ได้แก่ เหล็ก สังกะสี แมงกานีส และแมกนีเซียม ผลการทดสอบพบว่า ปริมาณสูงสุดของเหล็ก และสังกะสี เท่ากับ 10.3 และ 1.3 มก./ลิตร ตามลำดับ จากกระทะแบบ 1 ตัวอย่าง I1 และ ปริมาณสูงสุดของแมงกานีสเท่ากับ 0.77 มก./ลิตร จากกระทะแบบ 1 ตัวอย่าง HD อย่างไรก็ตามธาตุดังกล่าว มีปริมาณได้ไม่เกินเกณฑ์เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์กำหนด SRL (เหล็ก เท่ากับ 40 มก./กก. สังกะสี เท่ากับ 5 มก./กก. และแมงกานีส เท่ากับ 1.8 มก./กก.) ขณะที่ตัวอย่างแบบ 2 มีปริมาณธาตุทั้ง 3 ชนิด ไม่เกินเกณฑ์กำหนดเช่นเดียวกัน กรณีแมกนีเซียมตาม practical guide ไม่มีการกำหนดค่า SRL เนื่องจากแมกนีเซียมเป็นธาตุที่มีอยู่ทั่วไป ปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายออกมาจากภาชนะ เมื่อเทียบกับที่มีในอาหารแล้วถือว่าน้อยมากจึงไม่จำเป็นต้องกำหนดค่าSRL

4. สรุป (Conclusion)

การประเมินคุณภาพของวัสดุส่วนกระทะ พบว่า ประมาณ 55 % (5 จาก 9 ตัวอย่าง) ตัวอย่างกระทะไฟฟ้าแบบ 1 ไม่ผ่านเกณฑ์กำหนดตามมาตรฐาน BS EN 602 นอกจากนี้ยังพบปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง 0.01 – 0.17 % ขณะที่กระทะไฟฟ้าแบบ 2 ผ่านเกณฑ์กำหนดทุกตัวอย่าง

การศึกษาการละลายของธาตุต่าง ๆ จากกระทะไฟฟ้าอะลูมิเนียมทั้ง 2 แบบ พบอะลูมิเนียม เหล็ก แมกนีเซียม แมงกานีส และสังกะสี ละลายออกมาปนเปื้อนกับตัวแทนอาหารทั้ง 3 ประเภท คือ น้ำประปา สารละลายโซเดียมคลอไรด์ และสารละลายกรดซิตริก โดยอะลูมิเนียมที่ละลายจากกระทะไฟฟ้าแบบ 1 ทุกตัวอย่างมีปริมาณสูงกว่าเกณฑ์กำหนด ขณะที่กระทะไฟฟ้าแบบ 2 พบปริมาณธาตุต่าง ๆ ไม่เกินเกณฑ์ เนื่องจากมีฟิล์มเคลือบผิวซึ่งทำหน้าที่ป้องกันการละลายออกมาของธาตุต่าง ๆ จากวัสดุ

ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษานี้คือ มาตรฐานกระทะไฟฟ้าตามมอก.1509 – 2547 ที่ควบคุมความปลอดภัยเฉพาะด้านไฟฟ้าอาจยังไม่ครอบคลุมเพื่อสร้างความมั่นใจในความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงควรมีการควบคุมความปลอดภัยด้านเคมีของวัสดุที่ใช้โดยเฉพาะส่วนที่สัมผัสกับอาหารเพิ่มเติม

5. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ สำรวจและประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์สำหรับเด็กและเครื่องใช้ในครัวเรือนภายในประเทศ สนับสนุนโดยกรมวิทยาศาสตร์บริการ

6. เอกสารอ้างอิง (References)

[1] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มอก.1509-2547. *มาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทะไฟฟ้า.*

[2] ดวงกมล เชาวน์ศรีหมุด วรรณภา ตันยืนยงค์ และจิตวิไล เวหุวนารักษ์. เรื่องเล่าคนเข้าครัว: ภาชนะอะลูมิเนียมในบ้านเรา. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ.* 2556. 61(193), 14-17.

[3] WEIDENHAMER JEFFREY D., et.al. Metal exposures from aluminium cookware: An unrecognized public health risk in developing countries, *Science of the Total Environment.* 2017, 579, 805-813.

[4] BRITISH STANDARD INSTITUTION. BS EN 602, 2004. *Aluminium and aluminium alloys - wrought products - chemical composition of semi-finished products used for the fabrication of articles for use in contact with foodstuff.*

[5] ASTM INTERNATIONAL. ASTM B209-14. *Standard specification for aluminum and aluminum-alloy sheet and plate.*

[6] JEFFERY G.H., J. BASSETT, J. MENDHAM and R.C. DENNEY. Vogel's textbook of quantitative chemical analysis. 5th ed. New York : Wiley, 1989, pp. 486-490.

[7] WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Evaluations of the joint FAO/WHO Expert committee on food additives: Al* [online]. [viewed 24 march 2017]. Available from: http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=298

[8] EUROPEAN DIRECTORATE FOR THE QUALITY OF MEDICINE & HEALTHCARE COUNCIL OF EUROPE. *Metals and alloys used in food contact materials and article : A practical guide for manufactures and regulators.* 2013.