

อลูมิเนียมในปลาทูตัมเค็มที่ปรุงประกอบในหม้ออลูมิเนียม

Aluminium in Stewed Mackerel Fish in Salty Soup Cooked in Aluminium Pot

จันทราทิพย์ คารวะ (Chandratthip Karawa)\* ดร.ธนาศรี สีหะบุตร (Dr.Tanasri Sihabut)\*\*

ดร.ทวัช เพชรไทย (Dr.Tawach Prechthai)\*\*\* ดร.ชัชวาล สิงห์กันต์ (Dr.Chatchawan Singhakarn)\*\*\*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณอลูมิเนียมในปลาทูตัมเค็มที่ปรุงในหม้ออลูมิเนียมใบเดิมที่ใช้ซ้ำกันเป็นจำนวน 4 ครั้ง โดยทำการประกอบอาหารครั้งละ 8 ชั่วโมง ผลการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของอลูมิเนียมในปลาทูตัมเค็มหลังปรุงมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.01$ ) โดยก่อนปรุงพบความเข้มข้นของอลูมิเนียมเฉลี่ย  $4.15 \pm 1.59$  มิลลิกรัมต่อกรัม และหลังปรุงประกอบอาหารเฉลี่ย  $19.56 \pm 11.07$  มิลลิกรัมต่อกรัม นอกจากนี้ ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของอลูมิเนียมในอาหารมีค่าสูงที่สุดจากการปรุงในหม้อที่ใช้ในครั้งแรก ดังนั้นประชาชนจึงควรรับประทานปลาทูตัมเค็มที่ปรุงในหม้ออลูมิเนียมในปริมาณที่เหมาะสมหรือเปลี่ยนมาใช้ภาชนะประเภทอื่นในการปรุงปลาทูตัมเค็มแทนการปรุงในหม้ออลูมิเนียม

ABSTRACT

This study investigated the amounts of aluminium in stewed mackerel fish in salty soup cooked in the same aluminium pot for four times. The duration for cooking took eight hours for each batch. The results showed that the average aluminium concentrations in cooked stewed mackerel fish in salty soup were significantly increased ( $p < 0.01$ ). While the average aluminium concentration of uncooked food was  $4.15 \pm 1.59$  mg/g, cooked food was  $19.56 \pm 11.07$  mg/g. In addition, it was found that the highest amount of aluminium concentration was observed in food cooked in pots used for the first times. Thus, people should be concern about aluminium intake from stewed mackerel fish in salty soup cooked in aluminium pot.

คำสำคัญ: การชะของอลูมิเนียม หม้ออลูมิเนียม

Key Words: Aluminium leaching, Aluminium pot

\* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสุขภาพสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

\*\* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

\*\*\* อาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

**บทนำ**

ออลูมิเนียมเป็นธาตุที่พบได้ทั่วไปทั้งในดิน น้ำ และอากาศ โดยมีกิจกรรมของของมนุษย์เป็นปัจจัยที่ทำให้พบออลูมิเนียมปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมเป็นจำนวนมาก เช่น การทำเหมืองแร่ การผลิตออลูมิเนียม และอัลลอยด์ของออลูมิเนียม การทำโรงงานไฟฟ้าถ่านหิน รวมทั้งเตาเผาขยะ ซึ่งมนุษย์สามารถรับออลูมิเนียมเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งจากการรับประทาน การหายใจ และการสัมผัสทางผิวหนัง โดยปริมาณออลูมิเนียมที่ได้รับจากการบริโภคอาหารต่อสัปดาห์ไม่ควรเกิน 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว (JECFA, 2007) เนื่องจากการได้รับออลูมิเนียมมากเกินไปจะส่งผลให้เกิดโรคเกี่ยวกับสมอง ทำให้สมองเสื่อมสภาพ และอาจเกิดโรคอัลไซเมอร์ได้ (International Programme on Chemical Safety, 1997; Bondy, 2010) นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาถึงผลกระทบของออลูมิเนียมต่อทารกในครรภ์ของสัตว์ ซึ่งพบว่าออลูมิเนียมมีผลต่อการพัฒนาสมองของตัวอ่อนที่อยู่ในครรภ์และในระหว่างให้นมจากแม่อีกด้วย (Gasem et al., 2012)

มนุษย์สามารถรับออลูมิเนียมเข้าสู่ร่างกายจากการรับประทานอาหาร โดยเฉพาะอาหารจำพวกผักผลไม้ และเนื้อสัตว์ นอกจากนี้การดื่มน้ำที่ปรับปรุงคุณภาพด้วยออลูมิเนียมซัลเฟต การใช้เครื่องสำอางชนิด การใช้สารระงับเหงื่อ (antiperspirants) การรับประทานยา เช่น ยาลดกรด และยาแอสไพรินที่อยู่ในรูปของค่าง (buffered aspirin) รวมทั้งการหายใจก็สามารถรับออลูมิเนียมที่ปนเปื้อนอยู่เข้าสู่ร่างกายได้อีกด้วย (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2008) อย่างไรก็ตาม กว่าร้อยละ 90 ถึง 95 เป็นการรับสัมผัสมาจากรับประทานอาหาร ซึ่งในอาหารที่ผ่านการปรุงแล้วมักจะมีออลูมิเนียมปนเปื้อนอยู่มากกว่าในอาหารสด เพราะภาชนะปรุงประกอบอาหารสามารถปล่อยออลูมิเนียมออกมาขณะปรุงอาหารได้ (International Programme on Chemical Safety, 1997) ทั้งนี้ปริมาณที่ปล่อยออกมาจะขึ้นอยู่กับสภาวะกรดของอาหาร อุณหภูมิ และระยะเวลาการทำอาหาร

(Essam et al., 2011; Robert et al., 1998; Vargel et al., 2004)

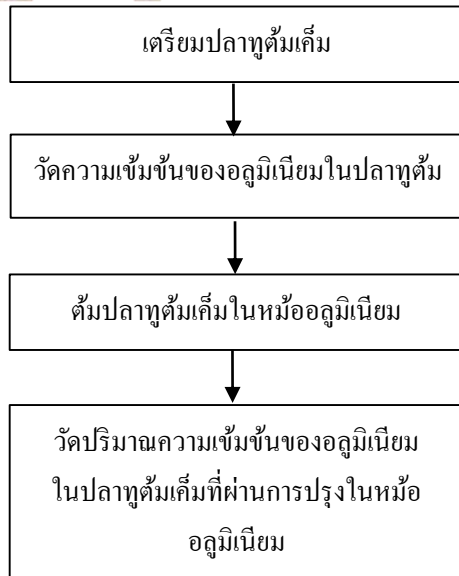
ปลาทุ้มเค็มเป็นอาหารที่มีค่าพีเอชต่ำ เนื่องจากมีน้ำมะขามเปียกเป็นส่วนประกอบ และยังใช้ระยะเวลาในการประกอบอาหารนาน จึงมีปัจจัยที่สามารถทำให้เกิดการชะของออลูมิเนียมหากมีการใช้ภาชนะที่ไม่เหมาะสม ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงต้องการศึกษาการชะของออลูมิเนียมลงสู่ปลาทุ้มเค็มจากการใช้หม้อออลูมิเนียมใบเดิมซ้ำกันหลายครั้ง

**วัตถุประสงค์การวิจัย**

ศึกษาปริมาณการชะของออลูมิเนียมลงสู่ปลาทุ้มเค็มจากการใช้หม้อออลูมิเนียมใบเดิมซ้ำกันหลายครั้ง

**วิธีการวิจัย**

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยขั้นแรกจะทำการเตรียมตัวอย่างปลาทุ้มเค็มแล้วจึงนำตัวอย่างที่ได้มาบดเป็นเนื้อเดียวกัน ทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อนำไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของออลูมิเนียมในปลาทุ้มเค็มก่อนปรุงในหม้อออลูมิเนียม จากนั้นนำปลาทุ้มเค็มที่เตรียมไว้ไปต้มในหม้อออลูมิเนียมเป็นเวลา 8 ชั่วโมง แล้วสุ่มตัวอย่างอีกครั้งเพื่อนำไปการวิเคราะห์ความเข้มข้นของออลูมิเนียมในปลาทุ้มเค็มหลังปรุงในหม้อออลูมิเนียม ซึ่งขั้นตอนการทดลองแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำการทดลอง

### การเตรียมปลาทุ้มเค็ม

ดวงส่วนประกอบที่ใช้ในการทำปลาทุ้มเค็มที่ซื้อจากตลาดสด โดยมีส่วนประกอบดังแสดงในตารางที่ 1 แล้วนำส่วนประกอบทั้งหมดมาบดและรวมให้เป็นเนื้อเดียวกันเพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบที่ใช้ในการทำปลาทุ้มเค็ม

ส่วนประกอบ	ปริมาณ
ปลาทุ้มสดคั่วได้ ( <i>Restrelliger neglectus</i> )	1000 กรัม
รากผักชี ( <i>Coriandrum sativum</i> Linn.)	7 กรัม
หอมแดง ( <i>Allium sativum</i> Linn. Alliaceae)	30 กรัม
พริกไทดำ ( <i>Piper nigrum</i> Linn.)	1 กรัม
มะขามเปียก ( <i>Tamarindus indica</i> Linn.)	100 กรัม
น้ำตาลปีบ	375 กรัม
ซีอิ้วดำ	60 กรัม
เกลือ	45 กรัม
น้ำประปา	4 ลิตร

### การปรุงปลาทุ้มเค็มในหม้ออูมิเนียม

นำส่วนผสมปลาทุ้มเค็มที่ได้ไปต้มในหม้ออูมิเนียมขนาดใหญ่ที่นิยมใช้ในร้านค้า ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 45 เซนติเมตร ลึก 20 เซนติเมตร และหนา 0.16 เซนติเมตร โดยใช้เตาแก๊สในการให้ความร้อน ต้มปลาทุ้มเค็มจนเดือดและอุ่นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลารวม 8 ชั่วโมง ทำการทดลองซ้ำในหม้อใบเดิมจำนวน 4 ครั้ง เพื่อศึกษาแนวโน้มการชะของอูมิเนียม การทดลองนี้จะทำทั้งหมด 3 ซ้ำ

### การวิเคราะห์ความเข้มข้นของอูมิเนียมในปลาทุ้มเค็ม

สุ่มตัวอย่างปลาทุ้มเค็มที่บดให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วทั้งก่อนและหลังปรุงในหม้ออูมิเนียมตัวอย่างละ 2 กรัม จำนวน 3 ซ้ำ จากนั้นนำตัวอย่างไปย่อยด้วยกรดตามวิธีการของ USEPA METHOD 3050B ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เติมกรดไนตริก ที่อัตราส่วน 1:1 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร รีฟลักซ์เป็นเวลา 10 นาที
2. เติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร รีฟลักซ์เป็นเวลา 30 นาที เติมกรดไนตริกเข้มข้นและรีฟลักซ์ซ้ำจนกระทั่งการย่อยสมบูรณ์
3. ระบายน้ำออกจนเหลือปริมาตร 5 มิลลิลิตร รอให้เย็นแล้วเติมน้ำปราศจากไอออน 2 มิลลิลิตรและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30 เปอร์เซ็นต์ 3 มิลลิลิตร และเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพ็งครั้งละ 1 มิลลิลิตร จนกว่าจะหมดฟอง
4. ระบายน้ำออกจนเหลือปริมาตร 5 มิลลิลิตรแล้วเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 10 มิลลิลิตร รีฟลักซ์เป็นเวลา 15 นาที รอให้เย็น
5. ตัวอย่างที่ได้ไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ที่มีความพรุนเท่ากับ 2.5 ไมครอน
6. นำส่วนใสที่ผ่านการกรองแล้วไปปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

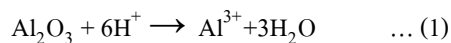
เมื่อย่อยเสร็จตามกระบวนการแล้วจึงนำตัวอย่างไปทดสอบความเข้มข้นของอลูมิเนียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ชนิด Flame atomic absorption spectrophotometer (FAAS) รุ่น SpectrAA 220 FS โดยกำหนดความยาวคลื่นที่ 309.3 MHz และใช้ก๊าซผสมระหว่าง N<sub>2</sub>O และ acetylene

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

งานวิจัยนี้ใช้วิธีการทดสอบสมมติฐานการวิจัยด้วยสถิติ paired t-test แบบ dependent เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอลูมิเนียมก่อนและหลังต้มปลาตุ้มเค็มในหม้ออลูมิเนียม โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ p < 0.01

**ผลการวิจัย**

จากการทดสอบพิเศษของปลาตุ้มเค็มพบว่า ทั้งก่อนและหลังประกอบอาหารในหม้ออลูมิเนียม ปลาตุ้มเค็มมีค่าพีเอชอยู่ในช่วงที่เป็นกรด จึงเป็นไปได้ว่าปลาตุ้มเค็มสามารถทำให้เกิดการกัดกร่อนของหม้ออลูมิเนียมได้ เนื่องจากโปรตอนจะถูกใช้ในการจับกับชั้นออกไซด์ (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ที่ปกคลุมหม้ออลูมิเนียมอยู่ ซึ่งสอดคล้องกับสมการที่ 1 (Vargal, 2004)



**ตารางที่ 2** แสดงค่า pH ของปลาตุ้มเค็มก่อนและหลังปรุงในหม้ออลูมิเนียม

ต้มครั้งที่	pH	
	ก่อนปรุง	หลังปรุง
1	4.53	5.29
2	4.18	5.19
3	4.31	5.44
4	4.11	5.24

จากการศึกษาความเข้มข้นของอลูมิเนียมในปลาตุ้มเค็มที่ปรุงในหม้ออลูมิเนียมพบว่า ก่อนปรุงมีความเข้มข้นของอลูมิเนียมอยู่ในช่วง 2.17-6.00 มิลลิกรัมต่อกรัม ในขณะที่หลังปรุงในหม้ออลูมิเนียมเป็นเวลา 8 ชั่วโมง ความเข้มข้นของอลูมิเนียมมีค่าอยู่ในช่วง 12.71-37.38 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งจะเห็นได้ว่าหลังต้มความเข้มข้นของอลูมิเนียมมีค่าสูงกว่าก่อนต้ม โดยการต้มครั้งแรกจะมีการชะออกมามากที่สุด คือ 37.38 ± 5.89 มิลลิกรัมต่อกรัม ดังแสดงในตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของอลูมิเนียมก่อนและหลังต้ม

ต้มครั้งที่	ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของอลูมิเนียม (mg/g)	
	ก่อนต้ม	หลังต้ม
1	3.92 ± 0.29	37.38 ± 5.89
2	4.50 ± 0.87	13.70 ± 0.58
3	2.17 ± 1.04	12.71 ± 1.46
4	6.00 ± 0.87	14.42 ± 0.63
Total	4.15 ± 1.59	19.56 ± 11.07

เมื่อทดสอบข้อมูลโดยใช้ Pair t-test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของอลูมิเนียมในอาหารก่อนและหลังปรุงในหม้ออลูมิเนียม พบว่าความเข้มข้นของอลูมิเนียมในปลาตุ้มเค็มมีปริมาณเพิ่มขึ้นหลังจากปรุงประกอบอาหาร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p < 0.01) ดังแสดงในตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** เปรียบเทียบความเข้มข้นของอลูมิเนียมในปลาตุ้มเค็มก่อนและหลังปรุงในหม้ออลูมิเนียม

Pair	Mean	Std. Deviation	t	p-value*
Cooked food- Uncooked food	15.42917	11.22074	4.763	.001

หมายเหตุ

\*P-value จากการวิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติ Pair t-test

**อภิปรายและสรุปผลการวิจัย**

ปลาทุ้มเค็มเป็นอาหารมีค่าพีเอชต่ำ โดยก่อนปรุงมีค่าพีเอชเฉลี่ยเท่ากับ  $4.28 \pm 0.18$  และหลังปรุงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $5.29 \pm 0.11$  ซึ่งค่าพีเอชดังกล่าวอยู่ในช่วงที่มีผลต่อการกักตัวของหม้ออลูมิเนียม (Anil et al., 2006) โดยพบว่าหลังปรุงความเข้มข้นของอลูมิเนียมมีค่าสูงกว่าก่อนปรุง กล่าวคือการปรุงปลาทุ้มเค็มในหม้ออลูมิเนียมทำให้เกิดการชะของอลูมิเนียมออกมาประมาณ  $15.43 \pm 11.22$  มิลลิกรัมต่อกรัม ดังแสดงในตารางที่ 4 และเกิดการชะออกมามากที่สุดในครั้งแรกคือ  $37.38 \pm 5.89$  มิลลิกรัมต่อกรัม และลดลงอย่างเห็นได้ชัดในครั้งที่ 2, 3 และ 4 ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งคล้ายกับผลการทดลองของ Amornrat (2013) ที่พบว่าการทำต้มแซบซึ่งมีพีเอชต่ำ (pH 3.92-3.99) ในภาชนะอลูมิเนียมจะทำให้เกิดการชะของอลูมิเนียมลงสู่อาหารได้ และแม้ว่าปลาทุ้มเค็มมีค่าพีเอชสูงกว่า (pH 4.11-4.53) ต้มแซบแต่กลับมีปริมาณการชะสูงกว่าต้มแซบ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากการปรุงอาหารสำหรับปลาทุ้มเค็มต้องใช้เวลาจนถึง 8 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Anil และคณะ (2006) ที่พบว่าระยะเวลาที่ใช้ในการประกอบอาหารมีผลต่อการกักตัวของภาชนะอลูมิเนียม

ด้วยเหตุนี้ประชาชนจึงควรหลีกเลี่ยงการใช้หม้ออลูมิเนียมในการปรุงปลาทุ้มเค็ม โดยเปลี่ยนมาใช้ภาชนะชนิดอื่นที่มีการชะของอลูมิเนียมต่ำ เช่น หม้อสแตนเลส หม้อแก้ว หรือหม้อ เพื่อเป็นการป้องกันโรคที่อาจเกิดขึ้นจากการได้รับอลูมิเนียมในปริมาณที่มากเกินไป

**กิตติกรรมประกาศ**

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนาศรี สีหะบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และภาควิชาวิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

**เอกสารอ้างอิง**

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for Aluminum. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service; 2008.

Anil D Semwal, A Padmashree, Mohammed A Khan, Gopal K Sharma, Amrinder S Bawa. Leaching of aluminium from utensils during cooking of food. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2006; 86(14): 2425-2430.

Bondy SC. The neurotoxicity of environmental aluminum is still an issue. *NeuroToxicology* 2010; 31(5): 575-81.

Dokmaikaw A. Leaching of aluminium from auminium pot and basin into Tom Zab and boiled corn [Master Thesis in Environmental Sanitation]. Bangkok: Faculty of graduate student, Mahidol University; 2013

Essam A. H. Al Zubaidy, Fathia. S. Mohammad and Ghada Bassioni. Effect of pH, salinity and temperature on aluminum cookware leaching during food preparation. *Int. J. Electrochem. Sci* 2011; 6: 6424-6441.

Gasem M. Abu-Taweel, Jamaan S. Ajarem, Mohammad Ahmad. Neurobehavioral toxic effects of perinatal oral exposure to aluminum on the developmental motor reflexes, learning, memory and brain neurotransmitters of mice offspring. *Pharmacol Biochem Behav*; 2012; 101(1): 49-56.

International Programme on Chemical Safety. Aluminium. Geneva: World Health Organization; 1997.

JECFA. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food

Additives [online] 2011 [cited 2015 Jan 4].

Available from: <http://www.who.int/foodsafety/chem/jecfa/about/en/index.html>.

Robert C. Massey, Taylor D. Aluminium in Food and

Environment. London: The Royal Society of Chemistry; 1998.

Vargel C, Jacques M, Schmidt MP. Corrosion of

Aluminium. Amsterdam: Elsevier; 2004.