

การศึกษารประกอบของสารหนูในผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากสัตว์ทะเล



นางสาวสุธันยา กระจายโกชน์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-3666-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

THE STUDY OF ARSENIC COMPOUNDS IN FERMENTED SEAFOOD PRODUCTS

Miss Suthunya Kajayposh

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Environment Science (Inter-department)**

Graduate School

Chulalongkorn University


Academic Year 2005

ISBN 974-17-3666-5

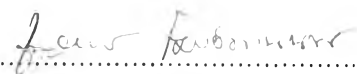
481781

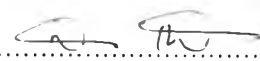
หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาศาสตร์ประกอบของสารหนูในผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากสัตว์ทะเล
โดย	นางสาวสุชนา กระจ่างโกชน์
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สมใจ เฟื่องปรีชา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร.ปารมี เฟื่องปรีชา

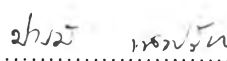
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

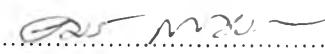
.....  คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ม.ร.ว. กัลยา ดิงศภักดิ์)


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฉมิตานนท์)

.....  อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมใจ เฟื่องปรีชา)

.....  อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.ปารมี เฟื่องปรีชา)

.....  กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อมร เพชรสม)

.....  กรรมการ
(ดร.พองจำ อรัณยกานนท์)

สุธันยา กระจายโกชนัน : การศึกษาสารประกอบของสารหนูในผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากสัตว์ทะเล (ARSENIC COMPOUNDS IN FERMENTED SEAFOOD PRODUCTS) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.สมใจ เฟื่องปรีชา, อ.ที่ปรึกษาร่วม : ดร.ปารมี เฟื่องปรีชา ; 91 หน้า, ISBN974-17-3666-5.

การศึกษาสารประกอบของสารหนูในผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากสัตว์ทะเล โดยใช้เทคนิค HG-AAS สามารถทำการตรวจวัดสารหนูได้ในช่วง 0-50 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่า LOD = 1.79 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีที่ใช้ด้วย CRM DORM-2 (Dogfish muscle) พบสารหนูรวม 17.9 ± 0.9 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความถูกต้อง 99.4% และมีความเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ 5.23 % เมื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูในผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากสัตว์ทะเลชนิดต่างๆ พบว่าปริมาณสารหนูรวมอยู่ในช่วง 0.3-7.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) โดยเป็นน้ำปลา 1.1-2.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) ไตปลา 3.0-7.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) น้ำบูดู 0.9-4.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) และกะปิกุ้ง 2.7-6.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) ระดับของสารหนูอินทรีย์ในอาหารทะเล จากแหล่งอุตสาหกรรมมีปริมาณค่อนข้างสูง โดยพบอยู่ในช่วง 0.4-0.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) ปริมาณสารหนูอินทรีย์ถูกพบในช่วง 0.7-7.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักแห้ง) หรือ 79.7-97.2 % ของสารหนูรวม การหาสารประกอบของสารหนูโดย HPLC-ICP-MS ในตัวอย่างอาหารหมักจากสัตว์ทะเล พบว่าประกอบด้วย AsB, TMA⁺, DMA, MA และ As-sugXI ซึ่งสารประกอบส่วนใหญ่เป็น AsB

สาขาวิชา...วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม(สหสาขาวิชา) ลายมือชื่อนิสิต.....*สุธันยา กระจายโกชนัน*.....

ปีการศึกษา.....2548.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*สมใจ เฟื่องปรีชา*.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....*ปารมี เฟื่องปรีชา*.....

4589177820 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORD : SEAFOOD / ARSENIC / MARINE

SUTHUNYA KAJAYPOSH : THE STUDY OF ARSENIC COMPOUNDS
IN FERMENTED SEAFOOD PRODUCTS. THESIS ADVISOR : ASSOC.
PROF. SOMCHAI PENGPRECHA, Ph.D., THESIS COADVISOR :
PARAMEE PENGPRECHA, Ph.D., 91 pp. ISBN 974-17-3666-5.

The arsenic compounds in fermented seafood products were studied by HG-AAS technique. The arsenic could be detected in the range of 0-50 ng/ml which having LOD = 1.79 ng/ml. The accuracy of the method was carried out by the analysis of the certified reference material DORM-2 (Dogfish muscle) found to be : 17.9 ± 0.9 mg/kg , accuracy 99.4% and RSD 5.23%. The fermented seafood products from various sources were analysed, the concentration of total arsenic was found from 0.3 to 7.8 mg/kg dry wt. The fish sauce contaminated arsenic 1.1-2.2 mg/kg dry wt, Taipla 3.0-7.8 mg/kg dry wt, Budu 0.9-4.3 mg/kg dry wt, and Shrimp paste 2.7-6.5 mg/kg dry wt, respectively. Level of inorganic arsenic in fermented seafood products from industrial regions were slightly high of 0.4-0.7 mg/kg dry wt. The organic arsenic was found in the range of 0.7-7.5 mg/kg dry wt or 79.7-97.2 % of total arsenic concentration. The arsenic compounds by HPLC-ICP-MS in fermented seafood products were found to be AsB , TMA⁺ , DMA , MA and As-sugXI , which AsB is the main constituent of arsenic compounds in fermented seafood products.

Field of study... Environment Science(Inter-Department)

Academic year.....2005.....

Student's signature.....*Suthunya Kajayposh*.....

Advisor's signature.....*Somchai Pengprecha*.....

Co Advisor's signature.....*Paramee Pengprecha*.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.สมใจ เฟื่องปรีชา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.ปารมี เฟื่องปรีชา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ตลอดจนช่วยเหลือรายละเอียดต่างๆ ในวิทยานิพนธ์ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมทั้งกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โหมยิตานนท์ รองศาสตราจารย์ ดร.อมร เพชรสม และ ดร.พองจำ อรัณยกานนท์ ที่กรุณาสละเวลาอันมีค่ายังเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการเขียนวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร.ปารมี เฟื่องปรีชา และทีมงานจากศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำเกี่ยวกับเครื่อง HG-AAS

ขอขอบพระคุณ Dr.Jorg Feldmann : Analytical and Environmental Chemistry Aberdeen University, Scotland, UK ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-ICP-MS

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้ และเป็นกำลังใจให้เสมอมา จนสำเร็จได้ด้วยดี

ที่สำคัญที่สุด ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่อบรมเลี้ยงดู รวมทั้งส่งเสริมและสนับสนุนการศึกษาเป็นอย่างดีมาตลอด อีกทั้งยังเป็นกำลังใจที่สำคัญ ทำให้สามารถสำเร็จการศึกษาตามเจตนารมณ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูป.....	ฉ
คำอธิบายคำย่อ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 แนวคิดและทฤษฎี.....	5
2.1.1 สารหนู (Arsenic).....	5
2.1.1.1 ประวัติความเป็นมา.....	5
2.1.1.2 คุณสมบัติของสารหนูทางกายภาพ.....	6
2.1.1.3 ประเภทของสารหนู.....	6
2.1.1.4 การนำสารหนูมาใช้ประโยชน์.....	8
2.1.1.5 ความเป็นพิษของสารหนู.....	10
2.1.2 แหล่งกำเนิดและการแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อม.....	15
2.1.2.1 กระบวนการทางธรรมชาติ.....	15
2.1.2.2 กิจกรรมของมนุษย์.....	16
2.1.2.3 สารประกอบของสารหนูในสิ่งแวดล้อม.....	18
2.1.2.4 สารหนูในสิ่งแวดล้อมทางทะเล.....	19
2.1.2.5 เมตาบอลิซึมของสารหนูโดยสิ่งมีชีวิต.....	22
2.1.2.6 ข้อกำหนดของปริมาณสารหนูในอาหารทะเล.....	24

2.1.2.7 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารหนูในอาหารทะเล.....	26
2.1.2.8 แนวโน้มของอาหารหมักกับเศรษฐกิจไทย.....	27
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	30
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการศึกษา.....	31
3.1 ขั้นตอนการศึกษา.....	31
3.2 สารเคมี.....	32
3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือวิจัย.....	32
3.3.1 อุปกรณ์.....	32
3.3.2 เครื่องมือวิจัย.....	33
3.4 วิธีดำเนินการวิจัย.....	34
3.4.1 การเตรียมการทดลอง.....	34
3.4.1.1 การเตรียมสารละลาย.....	34
3.4.2 การศึกษาความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารหนูโดยใช้ HG-AAS.....	37
3.4.2.1 การศึกษาช่วงการตรวจวัดปริมาณสารหนูที่เหมาะสม.....	37
3.4.2.2 การหา Limit of Detection (LOD).....	37
3.4.2.3 การหาค่าความแม่นยำ (Precision) ในรูปของค่าเบี่ยงเบน มาตรฐานสัมพัทธ์(RSD).....	37
3.4.3 การทดสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์.....	38
3.4.4 การศึกษาปริมาณสารหนูในผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากสัตว์ทะเล.....	38
3.4.4.1 การกำหนดสถานที่เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากสัตว์ทะเล.....	38
3.4.4.2 การเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากสัตว์ทะเล.....	38
3.4.4.3 การวิเคราะห์หาสารหนูรวมในผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากสัตว์ทะเล.....	39
3.4.4.4 การวิเคราะห์หาสารหนูอนินทรีย์ในผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากสัตว์ ทะเล.....	39
3.4.4.5 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารหนูในกระบวนการผลิตอาหารหมัก.....	40
3.4.4.6 การวัดปริมาณสารหนูในผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากสัตว์ทะเล.....	41
3.4.4.7 การคำนวณหาปริมาณสารหนู.....	42

3.4.5 การหาสารประกอบของสารหนูในผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากสัตว์ทะเล.....	42
3.4.5.1 การสกัดตัวอย่าง.....	42
3.4.5.2 การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-ICP-MS.....	42
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล.....	43
4.1 ผลการศึกษาลักษณะทั่วไปของอาหารหมัก pH และ %น้ำ.....	44
4.2 ผลของการตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์สารหนูโดยใช้ HG-AAS.....	45
4.2.1 ช่วงการตรวจวัดปริมาณสารหนูที่เหมาะสมโดยใช้ HG-AAS.....	45
4.2.2 Limit of Detection (LOD).....	47
4.2.3 ความแม่นยำและความถูกต้องของสารหนูรวม.....	48
4.2.4 การศึกษาความใช้ได้ของวิธีการสกัด เพื่อแยกสารหนูอนินทรีย์กับ สารหนูอินทรีย์.....	49
4.2.5 ผลการวิเคราะห์หาค่าความแม่นยำ ของการสกัดสารหนู.....	50
4.3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูรวมในผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากสัตว์ทะเล โดยใช้ HG-AAS.....	52
4.4 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูอนินทรีย์ และสารหนูอินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ อาหารหมักจากสัตว์ทะเล.....	56
4.5 ผลการศึกษการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการหมักระยะต่างๆในน้ำปลา และไตปลา.....	61
4.5.1 กระบวนการหมักระยะต่างๆในน้ำปลา.....	61
4.5.2 กระบวนการหมักระยะต่างๆในไตปลา.....	64
4.6 การศึกษาการแยกสารประกอบของสารหนูใช้เทคนิคการแยกด้วย HPLC-ICP-MS...66	
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ.....	69
5.1 สรุปผลการศึกษา.....	69
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	73
รายการอ้างอิง.....	74
ภาคผนวก.....	78
ภาคผนวก ก ตัวอย่างโครมาโตแกรม.....	79
ภาคผนวก ข ข้อมูลดิบของตัวอย่าง.....	81

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....91

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การนำสารหนูมาใช้ประโยชน์.....	8
2.2 Lethal Dose 50 of some arsenic compounds.....	10
2.3 ปริมาณความเข้มข้นของสารหนูในน้ำที่จากกิจกรรมประเภทต่างๆ.....	17
2.4 ปริมาณสารหนูที่ปล่อยออกสู่อากาศจากกิจกรรมประเภทต่างๆ.....	17
2.5 ความเข้มข้นของชนิดสารหนูที่พบในสิ่งมีชีวิตในทะเล.....	20
2.6 แสดงปริมาณและมูลค่าการบริโภคและส่งออกน้ำปลาภายในประเทศและต่างประเทศ.....	28
3.1 สภาวะการใช้เครื่อง HG-AAS.....	41
4.1 การวิเคราะห์ลักษณะของอาหารหมัก การหา %น้ำ และ pH ของอาหารหมัก.....	44
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารหนูกับค่าการดูดกลืนแสง(peak area).....	45
4.3 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของPeak area และ SD (n=6).....	46
4.4 ผลการวิเคราะห์ค่า LOD.....	47
4.5 ค่าความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์สำหรับสารหนูรวม(%).....	48
4.6 วิธีการหาความใช้ได้ของการสกัด DORM-2 (Dogfish muscle).....	49
4.7 ค่าความแม่นยำของวิธีการวิเคราะห์สำหรับสารหนูอนินทรีย์ (%).....	50
4.8 ปริมาณสารหนูในผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากสัตว์ทะเล(น้ำหนักรับแยก).....	52
4.9 ปริมาณสารหนูในผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากสัตว์ทะเล(น้ำหนักแห้ง).....	53
4.10 การเปลี่ยนแปลงของสารหนูในกระบวนการผลิตน้ำปลา ก่อนกรองและหลังกรอง ด้วยกระดาษกรอง Whatman.....	62
4.11 การแยกสารประกอบของสารหนู โดยใช้ column ต่างชนิด.....	66
4.12 สารประกอบของสารหนูที่พบในตัวอย่างอาหารหมัก และ CRM.....	67
4.13 ปริมาณของสารประกอบสารหนูในตัวอย่างน้ำปลาระยะต่างๆ.....	68

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 วัฏจักรของสารหนู.....	14
2.2 แสดงสูตร โครงสร้างของสารประกอบสารหนูในสิ่งแวดล้อมทางทะเล.....	20
2.3 จุลินทรีย์เปลี่ยนแปลงสารหนูเป็นสารประกอบ methylarsenic.....	21
2.4 A possible pathway for the biogenesis of arsenobetaine from trimethylate arsenosugars.....	22
2.5 ตลาดส่งออกหลักของน้ำปลาไทย.....	27
4.1 แสดงสมการเส้นตรงของความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของสารหนูกับค่าเฉลี่ยการดูดกลืนแสง(peak area)จากตารางที่ 4.3.....	46
4.2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูรวมในตัวอย่างน้ำปลา กะปิ น้ำบูดู และไตปลา(n=3).....	54
4.3 การวิเคราะห์หาปริมาณสารหนูอนินทรีย์ และสารหนูอินทรีย์ในตัวอย่างน้ำปลา กะปิ น้ำบูดู และไตปลา.....	57
4.4 ผลการเปลี่ยนแปลงของสารหนูรวมในกระบวนการผลิตน้ำปลา.....	61
4.5 ผลการหาปริมาณสารหนูอนินทรีย์ในกระบวนการหมักน้ำปลา.....	63
4.6 การเปลี่ยนแปลงของสารหนูอนินทรีย์ในกระบวนการผลิตไตปลา.....	64

คำอธิบายคำย่อ

HG-AAS	= Hydride Generation-Atomic Absorption Spectrometry
HPLC	= High Performan Liquid Chromatography
ICP-MS	= Inductive Coupled Plasma-Mass Spectrometry
As(3+)	= Arsenite
As(5+)	= Arsenate
MA	= Methylarsonic acid
DMA	= Dimethylarsinic acid
TMAO	= Trimethylarsine oxide
TMA ⁺	= Tetramethylarsonium ion
As-SugX	= Arsenosugar
AsC	= Arsenocholine
AsB	= Arsenobetaine