



วารสาร

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

นกอพยพ



ISSN 0857-7617

ปีที่ 52 ฉบับที่ 166 กันยายน 2547

# CONTENTS



## สารบัญ

### กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400  
โทร. 0 2644 7021 โทรสาร 0 2354 3884  
[http : //www.dss.go.th](http://www.dss.go.th)

### ที่ปรึกษา

นางสาวสุจินดา โชติพานิช

นายชัยวุฒิ เลาวเลิศ

นางอัจฉรา พุ่มฉัตร

#### บรรณาธิการ

นางรุ่งอรุณ วัฒนวงศ์

#### กองบรรณาธิการ

นางสายพิณ สืบสันติกุล

นางอุมาพร สุขม่วง

นางวรรณดา ต.แสงจันทร์

นายมานพ สิทธิเดช

นางสุดาวดี เสริมนอก

นางสาวเบญจภัทร์ จาตุรนต์รัศมี

นางสาวอุรวรรณ อุ่นแก้ว

นางสุพรรณณี เทพอรุณรัตน์

นางธารทิพย์ เกิดในมงคล

นายเทพวิฑูรย์ ทองศรี

### ฝ่ายภาพ

นางสาววิไลวรรณ สะตะมณี

### วารสารรายสี่เดือน

ปีละ 3 ฉบับ

มกราคม, พฤษภาคม, กันยายน

ริงนกอีแอ่นและการตรวจสอบ บังอร บุษบู	1
ผลิตภัณฑ์เคลือบขี้เถ้าเซรามิก วสินต์ อีระพิทยานนท์	5
การวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยโกลวดีสบาร์จออกพติคอลอิมัลชันสเปกโทรเมตร วันดี ลือสาอางค์	8
การนำเต้าลอยลิกไนต์มาใช้ในอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง จรรุญ จินทรสมบุรณ์	15
ผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปจากวันมะพร้าว วรรณดี บินไชย	23
อันตรายของเสียง ชนินทร์ เลิศตคนานิชกุล เทพวิฑูรย์ ทองศรี	26
การหาสภาวะที่ดีที่สุดของวิธีวิเคราะห์ โดยใช้วิธี Simplex Optimization ปัทมา นพรัตน์	31
เปิดโลกความรู้วิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน ร่วมฉลองสมโภช 200 ปี พระบิดาวิทยาศาสตร์ เบญจภัทร์ จาตุรนต์รัศมี อารียา อุตัยรุ่งเรือง จอย ฝ้ายอาด	35
ความผิดพลาดของการวัดปริมาตรที่เกิดจากตำแหน่ง เมนิสคัสของเครื่องแก้วปริมาตร พจมาน ท่าจิน	39



# รังนกอีแอ่น และการตรวจสอบ



เรียบเรียงโดย

บัวอร บุษบู

**รังนก** เป็นผลผลิตจากนกอีแอ่น ซึ่งอาศัยตามถ้ำในเกาะต่างๆ ริมชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทยและทะเลอันดามัน รังนกของประเทศไทยเป็นทรัพยากรทางธรรมชาติที่มีคุณค่าและมีคุณภาพดี เป็นสินค้าส่งออกตั้งแต่สมัยอยุธยาจนถึงปัจจุบัน ซึ่งสร้างรายได้ให้กับประเทศนับเป็นมูลค่าหลายร้อยล้านบาทต่อปี ปริมาณการส่งออกรังนกอยู่ในอันดับรองจากประเทศอินโดนีเซีย แต่รังนกเป็นของหายากและมีราคาแพง จึงมีผู้ทำรังนกปลอมเลียนแบบรังนกแท้จนเกิดเป็นคดีความอยู่เรื่อยๆ

## รังนกคืออะไร

คำว่า “รังนก” หมายถึงรังของนกอีแอ่น ซึ่งเรียกกันหลายอย่างเช่น นกอีแอ่น นกนางแอ่น นกแอ่นกินรัง (edible-nest swiftlet) เป็นต้น นกอีแอ่นเป็นนกขนาดเล็ก มีขนาดลำตัวยาว 3 นิ้วครึ่งถึง 6 นิ้วหนักประมาณ 15-18 กรัม นกชนิดนี้เป็นคนละชนิดกับนกแอ่นบ้าน (barn swallow) ที่เห็นเกาะอยู่ตามสายไฟ ซึ่งสร้างรังด้วยเศษหญ้าและโคลน นกอีแอ่นเป็นนกที่ไม่หยุดพักตามต้นไม้ยกเว้นตอนนอนในถ้ำ สามารถบินโดยไม่หยุดพักได้นานถึง 40 ชั่วโมง และบินเร็วมาก ความเร็วเฉลี่ย 140

กิโลเมตรต่อชั่วโมง อาหารของนกคือแมลงที่บินตามผิวน้ำ รังนกอีแอ่นมีรูปร่างคล้ายขามโคม มีสีขาว สีเหลืองอ่อนและสีแดงขึ้นอยู่กับแหล่งที่อยู่อาศัยของนก ปัจจุบันในภาคใต้ เช่น อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีการสร้างบ้าน หรืออาคารเพื่อให้นกอีแอ่นเข้ามาอาศัย และเก็บรังนกขายเป็นอาชีพที่ทำรายได้ดีมาก รังนกจากบ้านหรืออาคารมีลักษณะขาวสะอาด แต่ขนาดเล็กกว่ารังนกถ้ำ และในการซื้อขาย ตลาดนิยมรังนกถ้ำมากกว่ารังนกบ้าน จึงขายได้ราคาสูงกว่ารังนกถ้ำ

## ตัวอย่างแหล่งรังนกในประเทศไทย

1. อุทยานชุมชนเกาะไข่ ตั้งอยู่ในหมู่ที่ 6 บ้านบ่อเมา ตำบลชุมโค อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร เป็นเกาะที่เงียบสงบ คงความเป็นธรรมชาติ เป็นแหล่งชมปะการังน้ำตื้นนานาชนิด มีถ้ำชมค้างคาว รังนกอีแอ่น และปูไก่ อยู่ห่างจากชายฝั่ง ระยะทาง 4.5 กิโลเมตร
2. เกาะสี่ เกาะห้า เป็นหมู่เกาะหินปูนอยู่ในทะเลสาบสงขลา สภาพภูมิประเทศทั่วไปเป็นเนินเขาเนื้อที่รวมทั้งหมดประมาณ 1,400 ไร่ ปัจจุบันอยู่ในเขตการปกครองของ ตำบลเกาะหมาก อำเภอปากพะยูน



จังหวัดพัทลุง ห่างจากเกาะหมากไปทางทิศตะวันตก ประมาณ 1.6 กิโลเมตร ตามเกาะต่างๆ มีโพรงถ้ำอยู่ มากมาย ถ้ำเหล่านี้เป็นที่อยู่อาศัยของนกกีแอ่น รังนก ถือว่ามีคุณภาพดีที่สุดในประเทศไทย เนื่องจากหมู่เกาะนี้ ตั้งอยู่กลางทะเลสาบ ทำให้รังนกขาวสะอาด และมีขนาดใหญ่ เกาะสี่ เกาะห้า จึงเป็นแหล่งที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ อีกแห่งหนึ่งของประเทศไทย

## กฎหมายควบคุมการเก็บรังนกและผลิตภัณฑ์รังนก

1. พระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535 นกกีแอ่นซึ่งรังกินได้ถือเป็นสัตว์คุ้มครองในกลุ่มของสัตว์ปีก ถูกจัดไว้ในบัญชีสัตว์ป่าคุ้มครอง ลำดับที่ 97

2. พระราชบัญญัติอากรรังนกกีแอ่น พ.ศ. 2540 มีผลบังคับใช้เมื่อ 15 ตุลาคม พ.ศ. 2540 (ยกเลิกพระราชบัญญัติอากรรังนกกีแอ่น พ.ศ. 2482) โดยปรับปรุงให้ราชการส่วนท้องถิ่นเข้ามาดูแลและจัดการการเก็บรังนกกีแอ่นอันเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่นและให้เงินอากรรังนกกีแอ่นตกเป็นรายได้ของท้องถิ่นที่มีรังนกอยู่ และปรับปรุงหลักเกณฑ์และวิธีการที่จะให้เอกชนดำเนินการเก็บรังนกกีแอ่นอย่างเหมาะสม

3. เครื่องดื่มรังนกสำเร็จรูป ต้องขึ้นทะเบียนอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 214 พ.ศ. 2543 เรื่องเครื่องดื่มในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ซึ่งเครื่องดื่มรังนกอยู่ในกลุ่มผลิตภัณฑ์จากสัตว์ ตามคู่มือประชาชนสำหรับการติดต่อขออนุญาตผลิตผลิตภัณฑ์สุขภาพได้แก่ อาหาร ยา เครื่องสำอาง วัตถุอันตราย ต้องส่งตัวอย่างตรวจวิเคราะห์คุณภาพมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขและต้องขออนุญาตใช้ฉลากอาหารจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา

## ผลิตภัณฑ์รังนก

รังนกนิยมนำมาปรุงเป็นอาหารหรือเครื่องดื่มรังนก ปัจจุบันรังนกและผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในหลายรูปแบบ เช่น รังนกแห้ง รังนกแห้งกึ่งสำเร็จรูป รังนกสดพร้อมปรุง เครื่องดื่มรังนกสำเร็จรูป เครื่องดื่มรังนกผสมโสม เครื่องดื่มรังนกสูตรไม่มีน้ำตาล เครื่องดื่มรังนกผสมคอลลาเจน

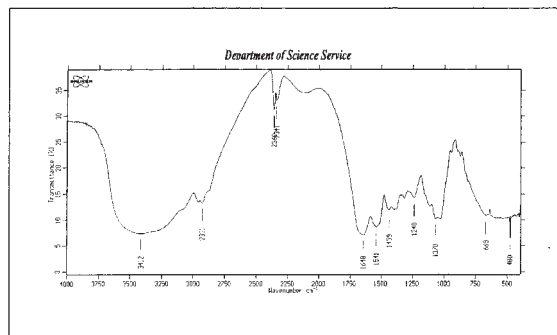
## ส่วนประกอบของรังนก

จากรายงานการสำรวจโรคคิงเมื่อปี พ.ศ. 2473-2474 ของ ดร. คาร์ล ซี. ซิมเมอร์แมน ศาเลาแยกธาตุกระทรวงเศรษฐกิจ ได้รายงานผลการวิเคราะห์ส่วน

ประกอบของรังนกจากจังหวัดชุมพร พบว่า มีเถ้าปนอยู่เป็นจำนวนมาก โปรตีน ร้อยละ 49.8 ความชื้นร้อยละ 16.3 และไขมันร้อยละ 0.06 ซึ่งต่อมาในปี พ.ศ. 2479 บริษัทไทยรังนก ถนนราชวงศ์ กรุงเทพฯ ได้ส่งรังนกให้นักเคมีชาวเยอรมันวิเคราะห์ พบว่ารังนกมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบหลักร้อยละ 53.69 ความชื้นร้อยละ 10.4 ในปี พ.ศ. 2545 กรมวิทยาศาสตร์บริการได้นำรังนกถ้ำจากบริษัทรังนกแหลมทองสยาม ซึ่งได้รับสัมปทานการเก็บรังนกในจังหวัดภาคใต้มาวิเคราะห์ส่วนประกอบอื่นเพิ่มเติม ผลแสดงไว้ในตารางที่ 1 ดังนี้

## การทดสอบรังนก

การทดสอบรังนกในห้องปฏิบัติการ ใช้วิธีทางเคมีและเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Infrared Spectroscopy) เนื่องจากรังนกมีส่วนประกอบหลักเป็นโปรตีน และมีคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบรอง รังนกทุกชนิดมีรูปแบบของลายพิมพ์อินฟราเรดสเปกตรัม (Infrared Spectrum) และส่วนประกอบของกรดอะมิโน (Amino acids profile) ที่มีเอกลักษณ์ ซึ่งแตกต่างจากวัตถุดิบชนิดอื่นอย่างชัดเจน จึงสามารถบ่งชี้ได้ว่าเป็นรังนกแท้หรือไม่



Infrared Spectrum ของรังนก

## รังนกปลอม

จากการที่รังนกหายากจึงทำให้มีราคาแพงมาก ราคาขายของรังนกแห้งจะมีมูลค่าสูงถึงหนึ่งแสนบาทต่อหนึ่งกิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของรังนก และความ ต้องการของตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศ (โดยเฉพาะในกลุ่มชาวจีน) จากความต้องการที่มีมาก ทำให้รังนกแท้มีปริมาณไม่พอเพียงกับความต้องการบริโภคของตลาด จึงได้มีผู้ฉวยโอกาสผลิตรังนกปลอมขึ้น และจำหน่ายสู่ตลาดในราคาที่ต่ำกว่ารังนกแท้ เป็นผลให้ผู้เสียหายที่รับซื้อรังนกปลอมไว้สูญเสียเงินจำนวนหลายแสนบาท



ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์รังนก

รายการ	หน่วย	*รังนก รังสีขาว	**รังนก รังสีแดง	***รังนก รังสีแดง
ความชื้น	ร้อยละ	17.8	18.2	18.1
คาร์โบไฮเดรต (โดยการคำนวณ)	ร้อยละ	22.3	22.7	21.0
โปรตีน	ร้อยละ	52.8	56.9	56.6
ไขมัน	ร้อยละ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
เถ้า	ร้อยละ	7.03	8.08	10.2
กาก	ร้อยละ	0.08	0.08	0.07
โซเดียม	มิลลิกรัม/100กรัม	1 572.1	1 282.5	1 182.9
โพแทสเซียม	มิลลิกรัม/100กรัม	11.5	28.7	60.1
แคลเซียม	มิลลิกรัม/100กรัม	814.0	1 569.4	2 115.2
ฟอสฟอรัส	มิลลิกรัม/100กรัม	9.04	8.50	13.8
เหล็ก	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	11.7	36.8	56.3
ทองแดง	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	3.81	4.52	5.48
สังกะสี	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	1.60	2.58	2.71
ตะกั่ว	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ไม่พบ	0.04	ไม่พบ
สารหนู	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	0.07	0.07	0.21
แมงกานีส	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	1.47	11.6	5.51
แคดเมียม	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

\* รังนกรังสีขาว จังหวัดชุมพร

\*\* รังนกรังสีแดง จังหวัดชุมพร

\*\*\* รังนกรังสีแดง จังหวัดสงขลา

กรมวิทยาศาสตร์บริการได้ให้ความร่วมมือกับเจ้าหน้าที่ตำรวจพิสูจน์วัตถุตัวอย่างของกลางคดีเหล่านั้น และสรุปว่าเป็นวัตถุที่สร้างขึ้นจากแป้งข้าวเจ้า ยางคารายา และน้ำมันปาล์ม โดยทำรูปร่างให้คล้ายรังนกซึ่งมีขนอ่อนของนกปะปนอยู่ด้วย นอกจากนี้การตรวจสอบตัวอย่างเครื่องดื่มรังนกที่ร้านขายเครื่องดื่มนานาชาติริมบาทวิถี รวมทั้งเครื่องดื่มรังนกในร้านค้าสหกรณ์จำกัด ร้านค้าปลีกสะดวกซื้อหลายแห่งในเขตกรุงเทพฯ พบว่า เป็นของปลอมทั้งหมด ยกเว้นผลิตภัณฑ์ของบริษัทที่มีชื่อเสียงเป็นที่รู้จักกันดีในตลาด รังนกปลอมกลุ่มนี้ส่วนใหญ่ได้มาจากยางคารายา ซึ่งเป็นยางจากไม้ยืนต้น *Sterculia urens* ซึ่งมีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศอินเดีย ยางคารายามีสีขาว สีเหลืองอมชมพู จนถึงสีน้ำตาลเข้ม มีรูปร่างไม่แน่นอนและมีกลิ่นคล้ายน้ำส้มสายชู ยางคารายาไม่ละลายน้ำแต่ดูดซับน้ำและพองตัวคล้ายรังนก ยางคารายาเป็นวัตถุดิบใช้ในอุตสาหกรรมหลายชนิดเช่น การทำพื้น ยา อาหาร สิ่งทอ กระดาษ ยางชนิดนี้ใช้ในอาหารได้ปลอดภัย เมื่อย่อยด้วยกรดจะได้

กรดกาแลคทีวโรนิก (galacturonic acid) น้ำตาลกาแลคโทส (galactose) น้ำตาลแรมโนส (rhamnose) การปลอมรังนกอาจทำในรูปแบบของรังนกพร้อมปรุงมีลักษณะเป็นเส้นสีขาว เกะก้านเป็นแผ่นแต่เปราะบาง ผู้ไม่เคยพบอาจเข้าใจผิดคิดว่าเป็นของแท้ แต่ผลการตรวจสอบทำจากยางคารายาเช่นเดียวกัน การผลิตเครื่องดื่มรังนกปลอมอาจถูกดำเนินการตามพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 หมวด 4 การควบคุมอาหาร มาตรา 25(2) ห้ามมิให้ผู้ใดผลิต นำเข้าเพื่อจำหน่ายหรือ อาหารปลอม จำหน่าย ซึ่งถ้ามิได้มีการฟ้องร้อง ผู้อนุญาตอาจสั่งทำลายหรือปฏิบัติการอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น ถูกสั่งพักใบอนุญาตครั้งละไม่เกิน 120 วันเมื่อมีการพิสูจน์เป็นที่แน่นอนว่าเป็นอาหารปลอม

### ข้อแนะนำการเลือกซื้อ

การซื้อรังนกและเครื่องดื่มรังนกเพื่อบริโภคหรือเป็นของเยี่ยมผู้ป่วย ควรซื้อจากร้านค้าที่ค้าขายรังนกเป็น



อาชีพหรือเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัทที่มีชื่อเสียง ไม่ควรเลือกซื้อรังนกราคาถูกที่ขายตามบาทวิถีหรือร้านค้าทั่วไปซึ่งราคาถูก เพราะรังนกเป็นผลิตภัณฑ์ราคาแพง ย่อมเป็นไปได้ที่จะขายในราคาไม่กี่สิบบาทต่อขวด หากสงสัยว่าเป็นรังนกหรือไม่ อาจส่งตัวอย่างมาให้กรมวิทยาศาสตร์บริการช่วยตรวจพิสูจน์ก่อนตกลงซื้อขายเพื่อมั่นใจว่าเป็นรังนกจริง

### สรุป

รังนกเป็นทรัพยากรทางธรรมชาติที่สร้างรายได้ให้กับประเทศไทย เพื่อให้อุตสาหกรรมรังนกและผลิตภัณฑ์สามารถอยู่ได้อย่างยั่งยืน ทุกฝ่ายจึงควรร่วมมือกันโดยช่วยกันรักษาสภาพแวดล้อมของระบบนิเวศน์ให้ดีและเหมาะสมเพื่อเป็นแหล่งให้หนักอึ้งแน่นเข้ามาพักพิงอาศัย

โดยเฉพาะผู้ที่ได้รับสัมปทานการเก็บรังนก ควรปฏิบัติตามกฎหมายอย่างเคร่งครัดเพื่อรักษาจำนวนประชากรของนกให้ขยายพันธุ์และเพิ่มจำนวนมากขึ้น นอกจากนี้ชุมชนหรือจังหวัดไม่ควรส่งเสริมการจำหน่ายผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มรังนกที่ไม่ได้มาตรฐานให้ผู้บริโภค โดยเฉพาะเป็นผลิตภัณฑ์รังนกปลอม ที่ไม่มีฉลาก เลขทะเบียน อย. ไม่แสดงชื่อผู้ผลิต รวมทั้งวันเดือนปีที่ผลิตและหมดอายุ ผู้ส่งออกต้องสร้างความเชื่อถือในคุณภาพรังนกและเครื่องดื่มรังนก เพื่อรักษาตลาดต่างประเทศและชื่อเสียงที่ดีตลอดไป

หากสนใจต้องการรายละเอียดหรือข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อโครงการวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 โทร. 0 2201 7183-4



## เอกสารอ้างอิง

- Adrian, Y. Edible bird's nest industry in Malaysia. 2004. [online ] [cited 21 July 2004]., available from <http://www.tradezone.com/tradesites/birdsnest.html>.
- Davidson, Robert L. **Handbook of water-soluble gums and resins**. New York : McGraw-Hill, 1980, p 2-13.
- Thai Swallow Bird's nest Co.Ltd. **Certificate of analysis edible bird's nests**. Ref.no 8701/90/36 /92/3 Issued by Schaller, R. dated June 10, 1954. Bangkok : Laboratory and Office, 1954.
- กระทรวงเศรษฐกิจ. ศาลาแยกชาติ. อาหารและชนิดของอาหาร เรียบเรียงโดยนาย คาล ซี ซิมเมอร์แมน รายงานสำรวจโลกกิจตามชนบทประเทศสยาม พ.ศ. 2473-2474 ระบุว่าที่ 6, เมษายน, 2473 ถึงมีนาคม 2474, พระนคร : โรงพิมพ์บางกอกไทม์ จำกัด, 2474, หน้า19-20.
- เกาะสี เกาะห้า. 2004. [ออนไลน์] [อ้างถึงวันที่ 14 กรกฎาคม 2547] เข้าถึงได้จาก [http://www.deqp.go.th/data\\_env/coastline/gulf\\_thai/putalung/put\\_tour15.html](http://www.deqp.go.th/data_env/coastline/gulf_thai/putalung/put_tour15.html).
- ความสัมพันธ์ ไทย-จีน. 2004. [ออนไลน์] [อ้างถึงวันที่ 14 กรกฎาคม 2547] เข้าถึงได้จาก <http://www.thai-d.com/siam-chaina/neu/th-ch.htm>.
- คู่มือประชาชนสำหรับการติดต่อขออนุญาตผลิตผลิตภัณฑ์สุขภาพ ได้แก่ อาหาร ยา เครื่องสำอาง วัตถุอันตราย. 2004. [ออนไลน์] [อ้างถึงวันที่ 22 กรกฎาคม 2547] เข้าถึงได้จาก<http://www.fda.moph.go.th/fda-net/html/product/other/kbs3/premarketing.pdf>.
- บัญชีสัตว์ป่าคุ้มครอง สัตว์ปีก พระราชบัญญัติสงวนและคุ้มครองสัตว์ป่า พ.ศ. 2535. 2004. [ออนไลน์] [อ้างถึงวันที่ 17 กรกฎาคม 2547] เข้าถึงได้จาก [http://www.zoothailand.org/animals/protection\\_list\\_th.asp](http://www.zoothailand.org/animals/protection_list_th.asp).
- สำนักคณะกรรมการอาหารและยา, พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 พร้อมกฎกระทรวงและประกาศกระทรวงสาธารณสุข. กรุงเทพมหานคร : ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, 2545. หน้า 1,7,11,355.
- อุทยานชุมชนเกาะไข่, 2004. [ออนไลน์], [อ้างถึงวันที่ 19 กรกฎาคม 2547] เข้าถึงได้จาก <http://www.thaitambon.com/tambon/ttrvplist.asp?ID=860504&page=14>.



# ผลิตภัณฑ์ เคลือบซีเถ้าเซรามิก

เรียบเรียงโดย

วสันต์ ธีระพิทยานนท์

## ผลิตภัณฑ์

เคลือบซีเถ้าเซรามิกเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาประเภทหนึ่ง ซึ่งเคลือบทำจากเถ้าที่เป็นวัสดุเหลือใช้ได้จากเศษไม้และแกลบ หรือจากการเผาฟางข้าว ต้นอ้อ เปลือกถั่วลิสง ใบหูกวาง ผักตบชวา เถ้าแต่ละชนิดมีคุณลักษณะแตกต่างกันตามแหล่งที่ได้เกิดเคลือบที่มีสีหลากหลาย เช่น สีเขียว สีน้ำเงิน สีน้ำตาล เป็นต้น ทำให้ผลิตภัณฑ์เซรามิกมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว มีความสวยงาม โดดเด่น และมีมูลค่าสูง

ความเป็นมาของผลิตภัณฑ์เคลือบซีเถ้าเซรามิกมีมายาวนานมากนับตั้งแต่สมัยของพ่อขุนรามคำแหงมหาราช ได้มีการติดต่อค้าขายกับประเทศจีน มีช่างจีนเข้ามาสร้างเตาเผาที่เมืองสุโขทัย เมื่อมีการใช้วัตถุดิบที่บ้านเกาะน้อยเมืองศรีสัชนาลัย ซึ่งได้เปลี่ยนชื่อเป็นเมืองสวรรคโลกในสมัยกรุงศรีอยุธยา จึงเรียกเครื่องเคลือบดินเผาที่ว่า “สังคโลก” และเข้าใจว่าจะเป็นแหล่งเดียวกับที่ใช้ผลิตเครื่องถ้วยชะเลียง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ดั้งเดิมสมัยสุโขทัย ภายหลังที่พ่อขุนรามคำแหงได้นำช่างจีนเข้ามาในประเทศไทย ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจึงมีรูปแบบที่เปลี่ยนไป และวิธีการเผาเปลี่ยนไปด้วย ซึ่งได้รับอิทธิพลจากประเทศจีน เครื่องเคลือบดินเผาสังคโลกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. ผลิตภัณฑ์เคลือบสีเขียวไข่กา หรือที่เรียกกันว่าเซลาดอน(ceradon) ส่วนใหญ่ใช้ทำเป็นภาชนะใส่อาหารประเภทถ้วยและจาน เป็นต้น
2. ผลิตภัณฑ์เคลือบสีน้ำตาลซึ่งมีลวดลายส่วนใหญ่ใช้ทำตลับกลมมีฝาพร้อมที่จับ จานใบใหญ่ และโถชา เป็นต้น



ผลิตภัณฑ์สังคโลก

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์เซลาดอนเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายและมีแหล่งผลิตหลายแห่งในภาคเหนือ โดยเฉพาะอำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ นอกจากนี้ยังมีการผลิตผลิตภัณฑ์เซลาดอนที่มีลวดลายสวยงามและคงเอกลักษณ์แบบดั้งเดิมไว้ หรือที่เรียกว่าผลิตภัณฑ์เวียงกาหลงซึ่งมีแหล่งผลิตอยู่ที่อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย



### ส่วนประกอบทางเคมีของเถ้า(ash)

เมื่อนำเถ้ามาวิเคราะห์ทางเคมีจะพบว่าเถ้าที่ได้จากเศษไม้และแกลบมีส่วนประกอบไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนใหญ่มีส่วนประกอบที่เป็นสารทำให้เกิดแก้ว คือ ซิลิกา ( $\text{SiO}_2$ ) และมีสารช่วยหลอมละลาย (flux) เช่น แคลเซียมออกไซด์ ( $\text{CaO}$ ) โพแทสเซียมออกไซด์ ( $\text{K}_2\text{O}$ ) และแมกนีเซียมออกไซด์ ( $\text{MgO}$ ) นอกจากนั้นส่วนประกอบ

ของอะลูมินา ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ซึ่งทำให้เกิดความหนืด และ ทนไฟ รวมทั้งสารที่ให้สีคือเหล็กออกไซด์ซึ่งต่างกันไปตามชนิดของพืช ทำให้มีผลต่อสีของเคลือบซีเถ้า อย่างไรก็ตามสีของเคลือบซีเถ้ายังขึ้นอยู่กับวิธีการเผาและอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา ส่วนประกอบทางเคมีของเถ้าได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบทางเคมีของเถ้าชนิดต่างๆ

ชนิด	CaO	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MnO	TiO <sub>2</sub>
เถ้าไม้แข็ง	47.71	34.60	3.93	4.38	0.49	5.99	2.51	0.06	0.33	-
เถ้าไม้สน	39.79	24.39	2.78	9.17	3.41	4.45	8.98	3.77	2.74	-
เถ้าแกลบ	0.48	96.00	0.02	1.00	0.04	0.22	0.90	0.26	0.19	0.16
เถ้าฟาง	3.07	40.00	2.51	1.13	0.26	1.38	3.57	0.77	0.30	-
เถ้าไม้เบญจพรรณ	32.60	12.80	5.80	1.90	1.10	5.30	10.20	1.10	-	0.10
เถ้าไม้ยาง	36.00	14.50	2.40	1.40	0.90	6.50	13.80	-	0.50	0.10

### กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เคลือบซีเถ้า

การผสมน้ำเคลือบซีเถ้าสามารถทำได้โดยใช้เถ้าของพืชชนิดใดชนิดหนึ่งในท้องถิ่นนั้น การเผาเถ้าควรเผาบนพื้นที่ปูด้วยอิฐทนไฟเพื่อป้องกันมิให้มีเศษดินหรือทรายติดปนเข้าไปกับเถ้า และควรเลือกเผาในที่ที่ไม่มีลมโกรก เพราะลมจะพัดพาเอาเถ้าปลิวไปหมด หรือควรเผาในภาชนะรองรับ เถ้าส่วนมากจะมีสีเทาหรือสีเนื้อ ส่วนที่มีสีดำคือถ่าน ฉะนั้นการเผาพืชให้เป็นเถ้า ถ้าเผาในสถานที่ที่โล่งแจ้งธรรมดา ต้องนำเถ้าไปล้างก่อนนำไปใช้งาน เพื่อขจัดส่วนที่เป็นถ่านและสิ่งเจือปนอื่นออกไป พวกทรายและสิ่งเจือปนหนักจะตกตะกอนอยู่ชั้นล่าง และถ่านหรือบางส่วนที่ยังเผาไหม้ไม่หมดจะลอยอยู่บนผิวน้ำ เมื่อทิ้งไว้ให้ตกตะกอนได้ที่แล้วจึงรินน้ำทิ้งและล้างใหม่ ทำเช่นนี้หลายๆ ครั้งจนน้ำใส ไม่มีฟุ้งหรือเศษถ่านลอยอยู่ด้านบนเป็นอันใช้ได้ แต่ถ้าเป็นเถ้าที่เผาในที่โล่งแจ้ง ให้นำเถ้าบรรจุใส่จ้อหรือภาชนะที่เป็นดินเผา (ไม่เคลือบผิว) ปิดฝาให้มิดชิดแล้วนำไปเผาดิบ (ประมาณ 650-850 องศาเซลเซียส) อีกครั้งหนึ่ง จะได้เถ้าที่ใช้ทำเคลือบได้เลยโดยไม่ต้องล้าง เพราะเมื่อเผาอุณหภูมิช่วงนี้แล้วจะไม่มีถ่านหลงเหลืออยู่เลย วิธีนี้เหมาะสำหรับผลิตเถ้าในจำนวนไม่มากนัก หรือในโรงงานขนาดเล็ก แม้จะสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงบ้างแต่ก็ประหยัดเวลาในการล้างได้มากทีเดียว และ

ในโรงงานขนาดใหญ่จะซื้อเถ้าจากชาวบ้านโดยตรงเพราะต้องการลดเชื้อเพลิงและประหยัดเวลา จากนั้นนำเถ้าผสมกับน้ำดินเลนในสัดส่วนที่เหมาะสม แล้วนำน้ำดินที่ผ่านตะแกรงขนาด 120 เมช ไปกรอง จะได้น้ำยาเคลือบซีเถ้าสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ดิน น้ำยาเคลือบซีเถ้าจะไม่มีสี แต่อาจมีสีน้ำตาลอ่อนได้เนื่องจากมีสิ่งเจือปนอยู่ในเถ้า ผลิตภัณฑ์เคลือบซีเถ้าอาจแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับการเผาทั้งแบบมีอากาศมาก (oxidation) และแบบมีอากาศน้อย (reduction) รวมทั้งที่อุณหภูมิต่างๆ กัน (ระหว่าง 1,050 - 1,200 องศาเซลเซียส)



ผลิตภัณฑ์สังคโลกในลักษณะของเคลือบเซลาดอน





ผลิตภัณฑ์เคลือบซีเถ้าในปัจจุบัน

การใช้วัสดุเหลือใช้จากพืชชนิดต่างๆ นอกจากนำมาทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มขึ้นแล้ว ยังทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีลักษณะงานเรียบง่ายและไม่ฉูดฉาด ซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว

ถึงแม้ผลิตภัณฑ์เคลือบซีเถ้าจะมีสีสันทที่สวยงามก็ตาม แต่เป็นเคลือบราน จึงไม่เหมาะสำหรับใช้บรรจุใส่อาหารเพราะจะทำความสะอาดได้ยาก

ผลิตภัณฑ์เคลือบซีเถ้าสามารถพัฒนาให้มีสีสันทสวยสะอาดตา น่าซื้อน่าใช้และมีคุณค่าทางศิลปะเพิ่มขึ้นได้ โดยการเติมออกไซด์ที่ทำให้เกิดสีเข้าไปในส่วนผสม เช่น เหล็กออกไซด์ เป็นต้น เหล็กออกไซด์เป็นเคมีภัณฑ์ที่มีราคาไม่แพง มีจุดหลอมละลายต่ำ จึงเหมาะที่นำมาใช้กับน้ำยาเคลือบซีเถ้า สำนักเทคโนโลยีชุมชน (ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก) กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้ดำเนินการศึกษาการผลิตน้ำยาเคลือบซีเถ้ามาเป็นเวลานาน ผู้ประกอบการและผู้สนใจสามารถขอข้อมูลและคำแนะนำจากกรมวิทยาศาสตร์บริการ เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์เคลือบซีเถ้าของตนให้มีความสวยงามและมีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น



## เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์บริการ. ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา : เคลือบสีเหล็กออกไซด์ในน้ำยาเคลือบซีเถ้า. ใน รายงานกิจกรรมกรมวิทยาศาสตร์บริการ. ปีงบประมาณ 2531. ฉบับที่ 46. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, 2533. หน้า 31.
- กรมวิทยาศาสตร์บริการ. ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา : สังคโลกปัจจุบัน. ใน รายงานกิจกรรมกรมวิทยาศาสตร์บริการ. ปีงบประมาณ 2526. ฉบับที่ 41. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สำนักข่าวพาณิชย์, 2527. หน้า 44-45.
- ลดา พันธุ์สุชมธนา และชลัย ศรีสุข. ตามมาดู การพัฒนาเคลือบซีเถ้า. เซรามิก(Ceramic Journal). กันยายน - ธันวาคม 2546, ปีที่ 7, ฉบับที่ 17, หน้า 59.
- บรรษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. เครื่องปั้นดินเผาและเครื่องเคลือบกับการพัฒนาการทางเศรษฐกิจและสังคมของสยาม. บรรณาธิการโดย สุจิตต์ วงษ์เทศ. กรุงเทพมหานคร : ม.ป.พ. 2528. หน้า 93-95. (โครงการศิลปวัฒนธรรมไทย ชุดที่ 1)
- สุรศักดิ์ โกสิยพันธ์. น้ำเคลือบเครื่องปั้นดินเผา(Ceramic glazes). กรุงเทพมหานคร : บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, 2531. หน้า 32-35.



# การวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยโกลดิสซาร์จออปติกอลอิมิสซันสเปกโทรเมตรี (Glow Discharge Optical Emission Spectrometry, GD-OES)

เรียบเรียงโดย

วันดี ลือสายวงศ์

**ปัจจุบัน** เทคนิคสำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างในสภาพที่เป็นของแข็งได้พัฒนาไปอย่างต่อเนื่อง ข้อดีของการวิเคราะห์ตัวอย่างของแข็งต่างๆ เช่น โลหะ แก้ว เซรามิก ในสภาพที่ไม่ต้องถูกทำลายคือ

1) สามารถลดปริมาณการใช้สารเคมีและกรดต่างๆ ในขั้นตอนของการเตรียมตัวอย่างให้อยู่ในสภาพของสารละลายเพื่อการวิเคราะห์โดยเครื่องมือพิเศษ (instrumental analysis) เช่น อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรเมตรี

2) สามารถลดเวลาที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ทดสอบ และ

3) ทำให้ปริมาณมลภาวะที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ตัวอย่างของเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาค่าประกอบทางเคมีของของแข็ง ตัวอย่างโดยตรงเช่น เอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์ (X-ray Fluorescence, XRF) และสปาร์กอิมิสซันสเปกโทรเมตรี (Spark Emission Spectrometry) นอกจากนี้แล้ว เทคโนโลยีด้านเครื่องมือได้พัฒนาไปอย่างมาก ทำให้เกิดเทคนิคใหม่ๆ สำหรับการวิเคราะห์ของแข็งเพื่อหาค่าประกอบทางเคมี

และหาความหนา/ลึก (quantitative depth profiling) อันเนื่องมาจากการเคลือบ ชุบ หรือการสึกกร่อนของผิวตัวอย่างได้ ตัวอย่างของเทคนิคที่สามารถใช้ในการวิเคราะห์พื้นผิว (surface analysis) เช่น เซคันดารีไอออนแมสสเปกโทรเมตรี (Secondary Ion Mass Spectrometry, SIMS) เอกซ์เรย์โฟโตอิเล็กตรอนสเปกโทรเมตรี (X-ray Photoelectron Spectrometry, XPS) และโกลดิสซาร์จสเปกโทรเมตรี (Glow Discharge Spectrometry, GDS) เป็นต้น

สำหรับบทความนี้จะกล่าวถึงหลักการโดยย่อของโกลดิสซาร์จและเน้นเฉพาะโกลดิสซาร์จออปติกอลอิมิสซันสเปกโทรเมตรี (Glow Discharge Optical Emission Spectrometry) ซึ่งเป็นเทคนิคที่สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างเพื่อหาค่าประกอบทางเคมีและ/หรือความหนาของการเคลือบ การชุบ หรือการสึกกร่อนได้อย่างถูกต้อง แม่นยำและรวดเร็ว เทคนิคนี้สามารถใช้ในการตรวจสอบธาตุส่วนใหญ่ในตารางธาตุทั้งที่เป็นโลหะและไม่เป็นโลหะ หลักการทำงานของเครื่อง

ค่อนข้างง่าย ผู้ปฏิบัติการจึงไม่จำเป็นต้องมีทักษะและความชำนาญสูง นอกจากนี้แล้วค่าใช้จ่ายในการลงทุนและการบำรุงรักษาก็ค่อนข้างต่ำ ด้วยเหตุผลเหล่านี้ทำให้มีการศึกษาวิจัยเพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคนี้กับชนิดของตัวอย่างต่างๆ มากมาย ทั้งในการหาค่าประกอบทางเคมีและการวิเคราะห์พื้นผิวหาความหนา/ลึก ซึ่งผลจากการวิจัยดังกล่าวทำให้เทคนิคนี้เป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวางในแวดวงของนักวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์พื้นผิว ในปัจจุบันโกลดิสซาร์จออปติกอลอิมิสซันสเปกโทรสโคปีจึงเป็นเทคนิคที่ได้รับการยอมรับว่ามีประสิทธิภาพสูงสำหรับการวิเคราะห์พื้นผิว

## ประวัติความเป็นมา

โกลดิสซาร์จ (Glow Discharge หรือเรียกอย่างย่อว่า “GD”) ถูกค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1852 โดย W.R. Grove ซึ่งรายงานถึงแคโทดิสซัปเตอริง (cathodic sputtering) ในโกลดิสซาร์จเซลล์ ซึ่งเป็นการปลดปล่อยอะตอมของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์จากผิวของแคโทด



ทำให้มีการคิดออกแบบเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ครั้งใหญ่ หลายทศวรรษต่อมาความสนใจในเทคนิคนี้เน้นในด้านฟิสิกส์อะตอม (atomic physics) มากกว่าการวิเคราะห์ทางสเปกโทรเคมี (spectrochemical analysis) อุปกรณ์โกลวดิสชาร์จชิ้นแรกที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายสำหรับการวิเคราะห์ทางสเปกโทรเคมีคือแหล่งกำเนิดซอลโลวแคโทด (hollow cathode source) ที่ถูกนำมาใช้ในปี ค.ศ. 1947 แหล่งกำเนิดแสงซอลโลวแคโทดนับว่าเป็นหนึ่งในอุปกรณ์ที่สำคัญมากในสเปกโทรเคมี (spectrochemistry) โดยเฉพาะสำหรับเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโทรเมตรี (atomic absorption spectrometry, AAS) ต่อมาในปี ค.ศ. 1967 W. Grimm ได้ตีพิมพ์ผลงานของเขาในการสร้างแหล่งกำเนิดโกลวดิสชาร์จ และนำไปสู่การสร้างเครื่องโกลวดิสชาร์จ-ออฟทิกคอลอิมิสชันสเปกโตรมิเตอร์เครื่องแรกในปลายปี ค.ศ. 1970 ต่อมาได้มีผู้สนใจศึกษาถึงสมบัติพื้นฐานและความสามารถในการวิเคราะห์ของเทคนิคนี้โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความเป็นไปได้ในการวิเคราะห์ที่สามารถแสดงผลในรูปแบบของความหนา (depth-profiling analysis) ซึ่งเป็นสิ่งที่ดึงดูดความสนใจสำหรับนักวิจัยหลายท่านในช่วงต่อมา นักวิจัยทั้งในยุโรปและสหรัฐอเมริกาได้รายงานถึงความสามารถของโกลวดิสชาร์จในการวิเคราะห์พื้นผิว (surface analysis) เพื่อหาความหนาของการเคลือบหรือการชุบ จนกระทั่งปี ค.ศ. 1978 W. Grimm ได้ร่วมมือกับบริษัท

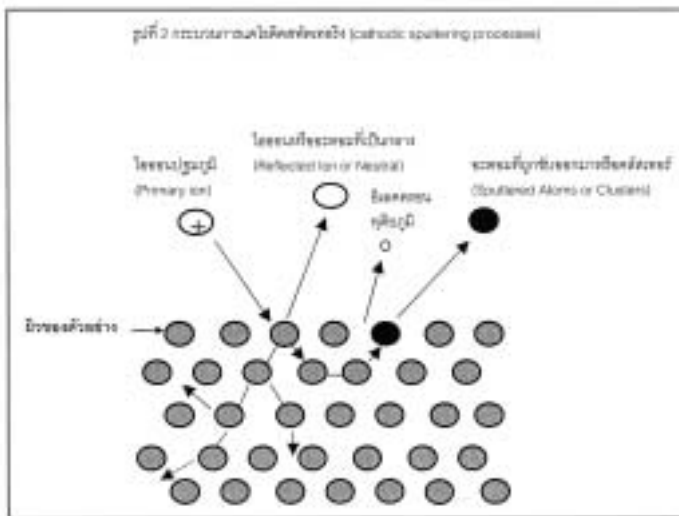
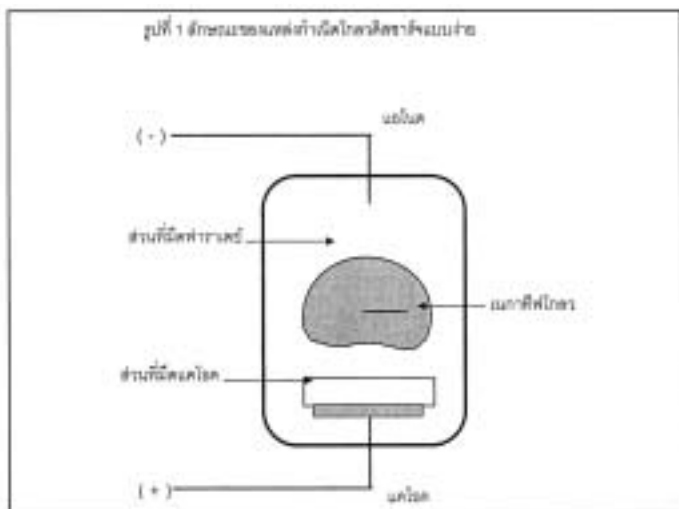
ผลิตเครื่องโกลวดิสชาร์จออฟทิกคอลอิมิสชันสเปกโตรมิเตอร์เครื่องแรกเพื่อจำหน่าย เครื่องมือนี้เป็นที่นิยมสำหรับอุตสาหกรรมโลหะและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโลหะโดยเฉพาะในประเทศเยอรมนี ฝรั่งเศส และญี่ปุ่น ปัจจุบันการศึกษาทางทฤษฎีเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในโกลวดิสชาร์จและการประยุกต์เพื่อใช้กับการวิเคราะห์ตัวอย่างที่ถูกผลิตด้วยเทคโนโลยีใหม่ๆ ยังเป็นไปอย่างต่อเนื่อง เป็นสิ่งที่พิสูจน์ว่าเทคนิคนี้มีศักยภาพสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการวิเคราะห์พื้นผิว

#### หลักการโดยย่อของโกลวดิสชาร์จ

ความจริงแล้วปรากฏการณ์ของโกลวดิสชาร์จไม่ใช่เรื่องแปลกใหม่ อย่างที่ทราบกันว่าโดยทั่วไปก๊าซมีสมบัติเป็นฉนวนและมีความเสถียร อย่างไรก็ตามปรากฏการณ์การแตกตัว (breakdown phenomena) ของก๊าซก็สามารถพบเห็นได้ในสภาวะที่มีไฟฟ้ากำลังสูง เช่น ในกรณีของฟ้าผ่า ฟ้าแลบ หรือประกายที่เกิดจากไฟฟ้ลัดวงจร โกลวดิสชาร์จที่ความดันต่ำ (low pressure glow discharges) ที่กำลังกล่าวถึงนี้เป็นลักษณะของปรากฏการณ์การแตกตัวอย่างหนึ่งในสภาวะที่ก๊าซแตกตัวเป็นไอออน ทำให้สามารถนำไฟฟ้าได้ โกลวดิสชาร์จสามารถถูกสร้างอย่างง่ายโดยใช้หลอดแก้วปลายปิดที่มีขั้วไฟฟ้า (electrode) ทั้งสองข้าง เมื่อทำให้สภาพในหลอดแก้วเป็นสุญญากาศแล้วปล่อยก๊าซเฉื่อยเช่นอาร์กอนที่ความดันต่ำระดับมิลลิทอร์ไปจนถึงความดันบรรยากาศเข้าไป และให้

ความต่างศักย์ระหว่างขั้วไฟฟ้าทั้งสองในระดับร้อยโวลต์ไปจนถึง 200-300 กิโลโวลต์ทำให้เกิดพลาสมาภายในหลอดแก้วนี้ซึ่งเรียกว่าโกลวดิสชาร์จเซลล์ ทำให้หลอดแก้วมีแสงเปล่งออกมาซึ่งเป็นที่มาของคำว่า “glow”

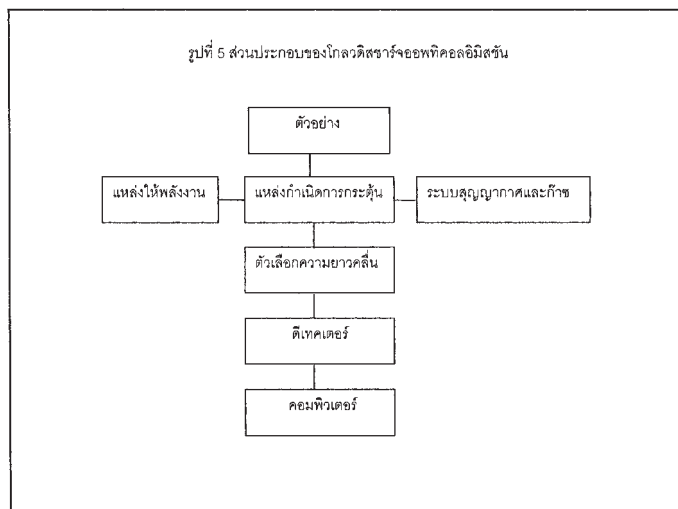
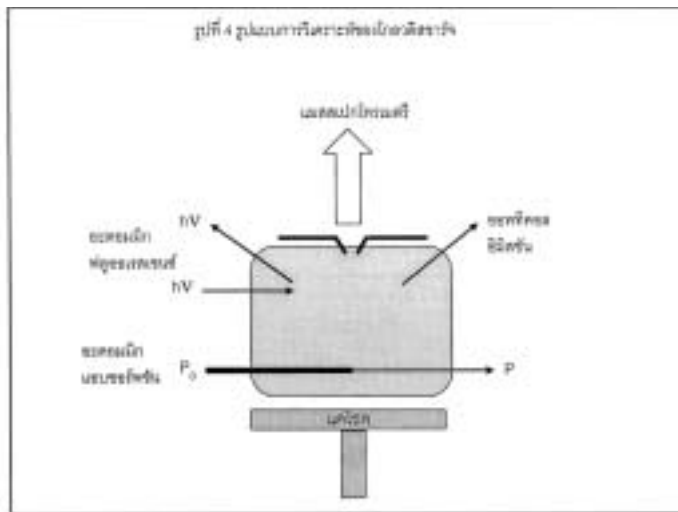
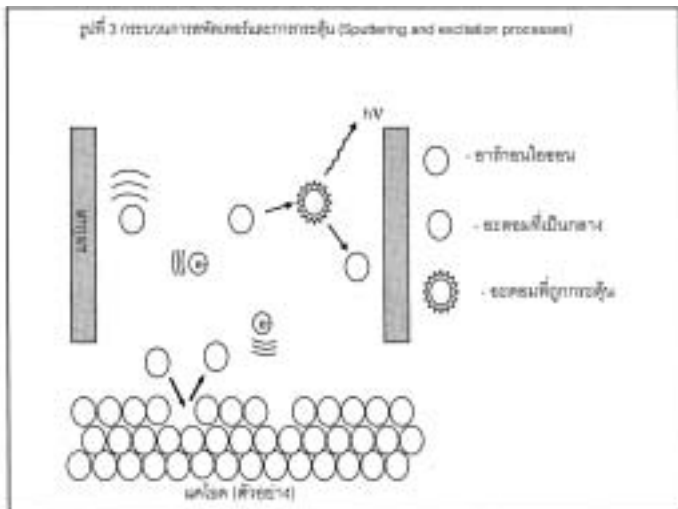
สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้เทคนิคนี้ โดยทั่วไปใช้ความต่างศักย์ชนิดกระแสตรง (direct current (dc) voltage) เป็นแหล่งให้พลังงาน อย่างไรก็ตามความต่างศักย์ชนิดคลื่นความถี่วิทยุ (radio frequency (rf) voltage) ก็สามารถใช้ได้ดีในการประยุกต์ใช้กับตัวอย่างบางประเภท วิธีที่ง่ายที่สุดในการอธิบายถึงโกลวดิสชาร์จสามารถทำได้โดยใช้หลักการพื้นฐานของการปล่อยประจุชนิดกระแสตรง (dc discharge) ก่อน แล้วจึงอธิบายถึงการปล่อยประจุชนิดคลื่นความถี่วิทยุ (rf discharge) ซึ่งใช้หลักการพื้นฐานเช่นเดียวกัน แหล่งกำเนิดโกลวดิสชาร์จ (glow discharge source) ชนิดง่ายสำหรับการประยุกต์ใช้ทางการวิเคราะห์ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญดังแสดงในรูปที่ 1 จากรูปจะเห็นว่าแหล่งกำเนิดทำหน้าที่เป็นขั้วแอโนดและตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ทำหน้าที่เป็นขั้วแคโทด เมื่อเกิดดิสชาร์จหรือพลาสมาขึ้น ในพลาสมาจะประกอบด้วยส่วนสำคัญสามส่วนคือ ส่วนที่มีดบริเวณแคโทด (cathode dark space, CDS) เนกาทีฟโกลว (negative glow, NG) และส่วนที่มีดฟาราเดย์ (Faraday dark space, FDS) เนกาทีฟโกลวเป็นส่วนที่มีการเปล่งแสงที่สว่างจึงเป็น



ที่มาของชื่อเทคนิค การเปล่งแสงในช่วงคลื่นที่สามารถมองเห็นได้นี้เป็นผลมาจากการชนกันที่มีการแลกเปลี่ยนพลังงาน กล่าวคือการชนที่มาจาก การกระตุ้นในสถานะก๊าซและการแตกตัวเป็นไอออน ในส่วนทั้งหมดที่กล่าวมานี้มีเพียงส่วนที่มีบริเวณแคโทด (CDS) และเนกาทีฟโกลว (NG) ที่ปรากฏอยู่ระหว่างขั้วทั้งสองในอุปกรณ์ทางการวิเคราะห์ของโกลวดิสชาร์จ (analytical GD devices) เพราะส่วนทั้งสองในโกลวดิสชาร์จพลาสมาเป็นส่วนที่ให้ข้อมูลที่มีประโยชน์มากที่สุดสำหรับการวิเคราะห์

เมื่อให้ความต่างศักย์ที่เป็นลบที่ขั้วแคโทด (ตัวอย่าง) จะเกิดปรากฏการณ์ที่ทำให้อิเล็กตรอนถูกส่งออกมาจากแคโทดโดยการเปล่งรังสีทุกทิศทาง (omnipresent cosmic radiation) ด้วยความเร็วสูงเพื่อเคลื่อนที่ผ่านพลาสมาไปยังอีกขั้วหนึ่งที่มีความต่างศักย์เป็นบวก ระหว่างการเคลื่อนที่ผ่านพลาสมา อิเล็กตรอนเหล่านี้จะชนกับอาร์กอน ไอออนที่เป็นบวกที่เกิดจากอาร์กอนอะตอม ไอออนบวกของอาร์กอนเหล่านี้จะถูกดึงดูดโดยขั้วที่เป็นลบที่ซึ่งมันจะเข้าชนด้วยพลังงานที่มากพอที่จะทำให้อะตอมที่ผิวของแคโทด

หลุดออกมาดังแสดงในรูปที่ 2 กระบวนการนี้เป็นที่รู้จักกันในชื่อของแคโทดสปีดเทอริง (cathodic sputtering processes) ซึ่งถือว่าเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดอะตอม (atomization) ในโกลวดิสชาร์จเมื่ออะตอมที่ถูกขับออกมาจากผิวของแคโทดเคลื่อนที่เข้าไปยังส่วนของพลาสมา มันจะถูกกระตุ้นโดยการชนกับอิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงกว่าหรือชนกับอาร์กอนอะตอมกึ่งเสถียร (metastable argon atoms) ที่ถูกกระตุ้นแล้ว จากนั้นอะตอมที่ถูกกระตุ้นเหล่านี้จะกลับลงสู่สภาวะปกติโดยการเปล่งแสงที่มองเห็นได้ (optical emission) ดังแสดงในรูปที่ 3 กระบวนการนี้คือที่มาของชื่อเฉพาะ "โกลวดิสชาร์จ" การเปล่งแสงของอะตอมที่ถูกกระตุ้นเพื่อกลับลงสู่สภาวะปกติเป็นสมบัติเฉพาะตัวตามความยาวคลื่นของแต่ละธาตุ โดยการคำนวณสัญญาณที่ความยาวคลื่นเหล่านี้ เราสามารถคำนวณจำนวนของอะตอมแต่ละประเภทที่มาจากแคโทด นอกจากการชนที่ทำให้เกิดการกระตุ้น ยังมีการชนกันที่ทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออน (ionization collisions) ทำให้มีคู่ของไอออนกับอิเล็กตรอน (ion-electron pairs) กระบวนการนี้เกิดเนื่องจากไอออนถูกเร่งด้วยความเร็วออกจากแคโทด (ดูรูปที่ 2) ที่ซึ่งมันปลดปล่อยอิเล็กตรอนทุติยภูมิ (secondary electrons) อิเล็กตรอนเหล่านี้จะถูกเร่งด้วยความเร็วออกจากแคโทดเช่นกัน และสามารถทำให้เกิดการชนกันที่ทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนมากขึ้น กระบวนการ



เปล่งแสงของอิเล็กตรอนทุติยภูมิที่แคโทดและการแตกตัวเป็นไอออนในก๊าซนี้ทำให้พลาสมาสามารถคง

อยู่ได้ (self-sustained plasma) รูปแบบของการวิเคราะห์สามารถทำได้โดยอาศัยแหล่งกำเนิด

โวลต์สสารจ่อ แสดงในรูปที่ 4 เนื่องจากสปีชีส์ (species) ส่วนใหญ่ที่ถูกขับออกมาจากผิวตัวอย่างโดยโวลต์สสารจ่อพลาสมาเป็นอะตอมที่มีสภาวะที่เป็นกลาง (ground state neutrals) ธาตุเหล่านี้สามารถวิเคราะห์โดยอะตอมมิกแอ็บซอร์พชันสเปกโตรเมตรี ถ้าธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ถูกกระตุ้นโดยแหล่งกำเนิดโฟตอนภายนอก ธาตุเหล่านี้สามารถวิเคราะห์โดยอะตอมมิกฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรเมตรี เมื่อสปีชีส์ที่ถูกทำให้ออกมาจากตัวอย่างเคลื่อนที่เข้าไปในส่วนของเนกาทีฟโวลต์ มันจะผ่านกระบวนการชนในแบบต่างๆ ทำให้สปีชีส์ถูกกระตุ้น (excited species) เกิดการเปล่งแสงของโฟตอนที่เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละธาตุขึ้น ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้โดยใช้ออฟทิกคอลอิมิสชันสเปกโตรเมตรี สำหรับสปีชีส์ที่ผ่านกระบวนการชนที่มีพลังงานมากจะทำให้เกิดเป็นไอออนซึ่งสามารถตรวจวัดได้โดยแมสสเปกโตรเมตรี

### โวลต์สสารจ่อออฟทิกคอลอิมิสชันสเปกโตรมิเตอร์

โดยทั่วไปโวลต์สสารจ่อออฟทิกคอลอิมิสชันสเปกโตรมิเตอร์ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดโวลต์สสารจ่อออฟทิกคอลอิมิสชันสเปกโตรมิเตอร์ที่เชื่อมต่อกับโฟโตมัลติไฟเออร์ (photomultipliers) ระบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการอ่านสัญญาณและคอมพิวเตอร์สำหรับการประมวลผลและบันทึกข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 5 เนื่องจากโวลต์สสารจ่อเป็นพลาสมาที่ความดันต่ำจึงจำเป็นต้องมีปั๊มสุญญากาศเพื่อทำให้ได้ความดัน



ตามที่ต้องการและเพื่อนำก๊าซที่ปล่อยเข้าไป (ที่ใช้กันทั่วไปคืออาร์กอนที่ความดัน 2-10 ทอร์) ออกจากดีสชาร์จเซลล์ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ธาตุในช่วงความยาวคลื่น vacuum และ far-vacuum ultraviolet (ต่ำกว่า 200 นาโนเมตร) ควรมีเซอร์โคเนียมเก็ตเตอร์ (Zr getter) เพื่อควบคุมปริมาณของออกซิเจนที่อาจมีอยู่ในท่อก๊าซ

ตามที่กล่าวมาแล้วว่า การทำให้เกิดดีสชาร์จอาจทำได้โดยการให้ความต่างศักย์ชนิดกระแสตรงหรือความถี่คลื่นวิทยุ (dc or rf potential) การใช้ระบบ pulsed mode ก็สามารถใช้ได้เช่นกัน เนื่องจากการใช้ความต่างศักย์ชนิดกระแสตรงมีข้อจำกัดสำหรับตัวอย่างที่ไม่นำไฟฟ้าจากปัญหาการสะสมของกระแสสุทธิ (net current flow) การวิเคราะห์ตัวอย่างที่ไม่นำไฟฟ้าจึงต้องมีการใช้ตัวช่วยยึดและทำให้ตัวอย่างสามารถนำไฟฟ้าได้เช่นผงทองแดง หรือผงกราฟไฟต์ ต่อมาได้มีการใช้ความต่างศักย์ชนิดความถี่คลื่นวิทยุซึ่งมีข้อดีเหนือกว่าการใช้ความต่างศักย์ชนิดกระแสตรงคือทำให้สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างที่ไม่นำไฟฟ้า เช่น แก้ว เซรามิก ได้ ด้วยเหตุนี้ทำให้การประยุกต์เทคนิคนี้สามารถขยายขอบเขตไปยังตัวอย่างที่ไม่นำไฟฟ้าโดยที่ไม่ต้องใช้สารช่วยให้นำไฟฟ้างดเช่นในกรณีของการใช้ความต่างศักย์ชนิดกระแสตรง อย่างไรก็ตามการใช้ความต่างศักย์แบบความถี่คลื่นวิทยุจำเป็นต้องมีการออกแบบของระบบที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการเกิดอันตรายแก่ผู้ใช้ การสูญเสียพลังงานและการรบกวน

จากระบบอิเล็กทรอนิกส์

เมื่ออะตอมถูกขับออกจากตัวอย่างและผ่านกระบวนการชนต่างๆ จนเกิดการเปล่งแสงที่เป็นสัญญาณโดยสัญญาณเหล่านี้จะออกจากแหล่งกำเนิดหรือโกลวดิสชาร์จเซลล์ผ่านหน้าต่างและถูกแยกโดยเกรตติงเป็นความยาวคลื่นที่แตกต่างกันตามธาตุที่ถูกวิเคราะห์ แสงที่ถูกแยกแล้วนี้สามารถถูกวิเคราะห์ตามลำดับโดยโมโนโครมาเตอร์ (monochromator) หรือวิเคราะห์หลายธาตุในขณะเดียวกันด้วยโพลีโครมาเตอร์ (polychromator) โมโนโครมาเตอร์ที่ใช้กันทั่วไปคือ Czerny-turner ซึ่งมีความสามารถในการแยกและสภาพไวในการตรวจวัดสูง สำหรับโพลีโครมาเตอร์ซึ่งถูกออกแบบให้สามารถตรวจวัดธาตุหลายๆ ธาตุพร้อมกันมักเป็นโพลีโครมาเตอร์ที่รู้จักกันในชื่อของ Paschen Runge mount (หรือ Rowland circle polychromator) และ flat field (หรือ Echelle gratings) ในปัจจุบันมีการใช้ flat field มากขึ้นเนื่องจากการพัฒนาของตัวตรวจวัดแบบโซลิดสเตต (solid state detectors) เช่น charge injection devices (CID), charge coupled devices (CCD) และ photodiode arrays (PDA) อย่างไรก็ตาม ตัวตรวจวัดกึ่งตัวนำไฟฟ้าเหล่านี้มีการตอบรับต่อสัญญาณที่ช้า มี dark current สูง และความสามารถในการแยกที่ต่ำกว่าการใช้หลอดโฟโตมัลติไฟเออร์

## การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative analysis)

1. การวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อหาองค์ประกอบทางเคมี (Bulk analysis)

การวิเคราะห์เพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีโดยเทคนิคโกลวดิสชาร์จสามารถทำได้เช่นเดียวกับเทคนิคทางอิมิสชันอื่นๆ กล่าวคือธาตุที่สนใจจะถูกวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบการตอบสนองของธาตุนั้นกับความเข้มของแสงจากสารมาตรฐาน การวิเคราะห์ทำได้โดยการสร้างกราฟมาตรฐานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแสงจากธาตุที่ต้องการวิเคราะห์กับความเข้มของธาตุนั้นที่มาจากสารมาตรฐาน การสร้างกราฟมาตรฐานและการวิเคราะห์ของตัวอย่างควรมีวิธีการเตรียมตัวอย่างที่เหมือนกันและสภาวะที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ที่เหมือนกันเพื่อให้มีความแม่นยำและความเที่ยงสูง ในปัจจุบันยังเป็นการยากที่จะหาชุดของสารมาตรฐานที่มีองค์ประกอบหลัก (matrix) เช่นเดียวกับตัวอย่างที่วิเคราะห์ ดังนั้นการสร้างกราฟมาตรฐานจึงทำได้โดยใช้สารมาตรฐานที่มีความใกล้เคียงกันเช่นชุดของเหล็กเจือต่ำ (low alloy steel)

ตัวอย่างของการประยุกต์ของโกลวดิสชาร์จออปติคอลอิมิสชันสเปกโทรมิเตอร์สำหรับการวิเคราะห์เพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีเช่น

- โลหะต่างๆ เช่น เหล็กเจือต่ำ อะลูมิเนียม ทองแดง
- ตัวอย่างที่เป็นผง เช่น ผงโลหะทองแดง ตัวอย่างสารประกอบออกไซด์



- แก้ว
- เซรามิก
- พอลิเมอร์

2. การวิเคราะห์เชิงปริมาณ เพื่อหาความหนา (Quantitative depth profiles)

เนื่องจากการเข้าชนของ อาร์กอนไอออนที่ผิวของตัวอย่าง มีผลทำให้อะตอมของธาตุที่เป็นองค์ประกอบในตัวอย่งหลุดออกมาจากผิว กระบวนการนี้จะเกิดในระดับอะตอม ซึ่งสามารถมองว่าเมื่อเกิดการทำให้อะตอมหลุดออกจากผิว (sputtering) อะตอมในชั้นของอะตอมหนึ่งๆ จะถูกขับออกมาแบบชั้นต่อชั้น (layer-by-layer) เมื่อเวลาของการทำให้อะตอมหลุดออกจากผิวผ่านไปชั้นของอะตอม จะหลุดออกมาอย่างต่อเนื่อง ทำให้เห็นการกัดกร่อนเข้าไปในเนื้อของตัวอย่างซึ่งความลึกจะขึ้นอยู่กับสภาวะและเวลาที่ใช้การวิเคราะห์ ดังรูปที่ 6 ซึ่งแสดงถึงตัวอย่างที่ถูกเคลือบหลายชั้น เมื่อเวลาของการวิเคราะห์ผ่านไป ภาพของการวิเคราะห์ทำให้เห็นว่าตัวอย่างถูกเคลือบสามชั้น ข้อมูลเหล่านี้ยัง

สามารถบอกถึงความหนาของการเคลือบได้ด้วย อย่างไรก็ตามที่ 6 แสดงถึงการวิเคราะห์เชิงคุณภาพเท่านั้น เนื่องจากเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มแสงกับเวลา การทำให้การวิเคราะห์นี้เป็น การวิเคราะห์เชิงปริมาณสามารถทำได้โดยยึดหลักการเดียวกับการวิเคราะห์เพื่อหาองค์ประกอบทางเคมี ทั้งนี้เนื่องจากการขับธาตุที่สนใจออกจากผิวของตัวอย่างจะเป็นไปแบบชั้นต่อชั้นของอะตอม ดังนั้นการวิเคราะห์ที่ทุกๆ หน่วยความถี่ของเวลาที่ใช้ในการบันทึกข้อมูลเช่นทุกๆ 1 วินาที ทำให้สามารถทำการวิเคราะห์เชิงปริมาณสำหรับการหาความหนาได้ เมื่อประกอบกับข้อมูลความลึกจากการวิเคราะห์และความเข้มข้นของธาตุที่มาจากกลุ่มของสารมาตรฐานจะสามารถคำนวณและทำการพลอตเป็นความเข้มข้นกับความลึก ซึ่งนำไปสู่การวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อหาความหนาได้

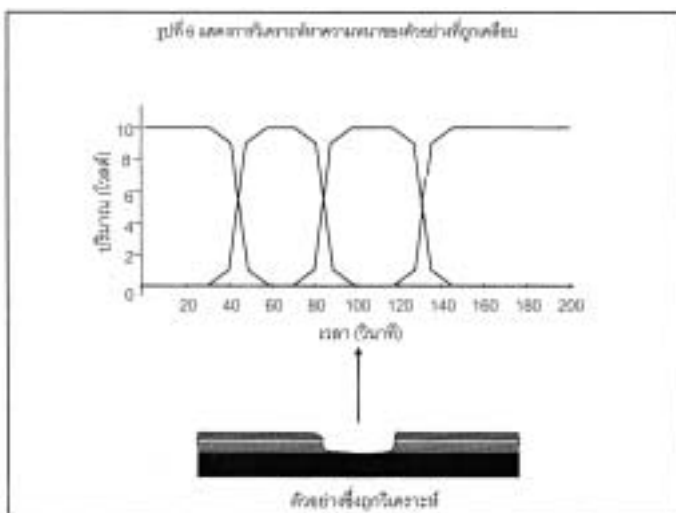
ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้ โกลดิสซาร์จออฟฟิคอลลิสมิซันสเปกโทรมิเตอร์สำหรับการวิเคราะห์เชิง

ปริมาณเพื่อหาความหนา เช่น

- การชุบเคลือบของโลหะ เช่น การชุบเคลือบของอะลูมิเนียมสังกะสี และซิลิคอนบนเหล็ก
- การหาความหนาของออกไซด์ฟิล์มบนผิวโลหะเช่นเหล็ก เหล็กกล้าไร้สนิม และโลหะผสมนิกเกิล
- การหาการสึกกร่อนเช่น การสึกกร่อนของเหล็ก และเหล็กกล้าไร้สนิม
- การหาความหนาของการเคลือบสำหรับเซมิคอนดักเตอร์และอุปกรณ์ทางคอมพิวเตอร์ เช่น อะลูมิเนียมฮาร์ดดิสก์ซึ่งอยู่ในฮาร์ดไดรฟ์
- การศึกษาเกี่ยวกับการแพร่ในโลหะผสมที่มีหลายชั้น

**บทสรุป**

โกลดิสซาร์จออฟฟิคอลลิสมิซันสเปกโทรมิเตอร์นับว่าเป็นเทคนิคที่จะมีความสำคัญมากขึ้นในอนาคต ดังได้กล่าวมาแล้วว่าเทคนิคนี้มีหลักการที่ค่อนข้างง่าย สามารถใช้ในการตรวจสอบธาตุส่วนใหญ่ในตารางธาตุทั้งที่เป็นโลหะและไม่เป็นโลหะ ผลการวิเคราะห์ทดสอบมีความถูกต้องแม่นยำสูง นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ได้กว้างขวางทั้งในการวิเคราะห์ทางเคมีและการวิเคราะห์พื้นผิว ทำให้โกลดิสซาร์จออฟฟิคอลลิสมิซันสเปกโทรมิเตอร์เป็นเทคนิคที่น่าสนใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับการผลิตวัสดุด้วยเทคโนโลยีขั้นสูงเช่น อุตสาหกรรมการเคลือบสีรถยนต์ การผลิตฮาร์ดดิสก์ และการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ ซึ่งจำเป็นต้อง





ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลือบหรือชุบด้วยความหนาในระดับไมโครเมตรลงไปถึงระดับนาโนเมตร สำหรับกรมวิทยาศาสตร์บริการ ในปัจจุบันสามารถให้บริการวิเคราะห์ทางเคมีของโลหะ เช่น เหล็ก เหล็กกล้าไร้สนิม และอะลูมิเนียม โดยสปาร์กอิมิสชันสเปกโทรเมตรี

นอกจากนี้ยังมีการให้บริการการหาความหนาของการเคลือบ/ชุบในระดับไมโครเมตรด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Optical microscope) หรือกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบสแกนนิ่ง (Scanning electron microscope) ในอนาคตเพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพของห้องปฏิบัติการ

ให้สามารถรองรับงานที่ผลิตด้วยเทคโนโลยีขั้นสูงที่มีการเคลือบ/ชุบด้วยความหนาในระดับนาโนเมตร อาจจำเป็นต้องจัดหาเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์พื้นผิวเพิ่มขึ้น โกลด์สซาร์จออกพิกคอลลิมิสชันสเปกโทรเมตรีนับว่าเป็นหนึ่งในบรรดาเทคนิคเหล่านี้ที่น่าพิจารณา



## เอกสารอ้างอิง

- Bengtson, A.; and Payling, R. **Glow discharge optical emission spectrometry**. Edited by R. Payling; D.G. Jones; and Bengtson. New York : Wiley, 1997, chap. 1. p.3-10, 20-44.
- Bogaerts, A; and Gijbels, R. Fundamental aspects and applications of glow discharge spectrometric techniques (Review). **Spectrochimica Acta Part B**. 1998, vol. 53, p.1-42.
- Luesaiwong, W. Application of radio frequency glow discharge optical emission spectrometry on bulk and depth resolved analysis of solid materials. **Ph.D. Dissertation Clemson University**, South Carolina : Clemson University, 2003. p.1-48.
- Marcus, R.K. Radiofrequency powered glow discharges : opportunities and challenges. **Journal of Analytical Atomic Spectrometry**, September, 1996, vol. 11, p. 821-828.

การหาสภาวะที่ดีที่สุดของวิธีวิเคราะห์ (ต่อจากหน้า 35)

จากการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างความเข้มข้นของอะลูมิเนียมไอออน และฟลูออไรด์ไอออนของวิธีวิเคราะห์เซอร์โคเนียมด้วยเครื่องเฟลมอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ โดยวิธี simplex optimization พบว่าเมื่อทำการทดลองจำนวน 19 ครั้ง จะได้อัตราส่วนที่เหมาะสม คือ การทดลองที่ 17 ที่ความเข้มข้นของอะลูมิเนียมไอออนและฟลูออไรด์ไอออนเท่ากับ 350 และ 810 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

ทั้งนี้เนื่องจากการทดลองที่ 17 เป็นการทดลองที่ให้ค่าสูงสุดติดต่อกัน 3 ครั้ง จึงถือว่าการทดลองนี้เป็นการทดลองที่มีสภาวะที่ดีที่สุด

จะเห็นได้ว่าการนำเทคนิค simplex optimization มาใช้ในการหาสภาวะที่เหมาะสมของวิธีวิเคราะห์จะช่วยประหยัดทั้งเวลา และค่าใช้จ่าย นอกจากนี้แล้วยังทำให้วิธีวิเคราะห์ที่ได้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นด้วย.







# การนำ เถ้าลอยลิกไนต์ มาใช้ในอุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง

เรียบเรียงโดย

จรรยา จันทร์สมบูรณ์

## เถ้าลอย

(Fly Ash) เป็นผลผลิตจากการเผาไหม้ของถ่านหินลิกไนต์จากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้เครื่องจับฝุ่นจับอนุภาคที่ละเอียดของเถ้าลอยออกจากไอควันของการเผาไหม้ก่อนจะปล่อยออกสู่อากาศ ซึ่งในปัจจุบันการผลิตกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย โดยเฉพาะที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ จ.ลำปาง จะได้เถ้าลอยปีละกว่า 3 ล้านตัน และมีแนวโน้มที่จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการขนเถ้าลอยไปทิ้งหรือนำไปกำจัดสูงขึ้น ดังนั้นจึงมีแนวความคิดที่จะนำเถ้าลอยไปใช้ประโยชน์โดยเฉพาะในงานก่อสร้าง ซึ่งถือว่าการนำวัสดุที่เหลือใช้กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์อีกครั้ง

## คุณสมบัติของเถ้าลอย

โดยทั่วไปสามารถแบ่งชั้นคุณภาพของเถ้าลอยตามมาตรฐาน ASTM C 618-01 ได้เป็น 2 แบบ คือ ASTM C 618 Type F และ ASTM C 618 Type C ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 โดยที่เถ้าลอยชั้นคุณภาพ F ส่วนใหญ่เกิดจากการเผาถ่านหินประเภทแอนทราไซต์และบิทูมินัส จะมีปริมาณแคลเซียมออกไซด์น้อยกว่าร้อยละ 5 หรือเรียกว่าเถ้าลอยที่มีปริมาณแคลเซียมต่ำ (Low-Calcium Fly Ash) ซึ่งมีคุณสมบัติการเป็นซีเมนต์อยู่น้อยหรือแทบไม่มี แต่มีคุณสมบัติวัสดุปอซโซลาน ส่วนเถ้าลอยชั้นคุณภาพ C เกิดจากการเผาถ่านหินประเภทลิกไนต์และซับบิทูมินัส จะมีปริมาณแคลเซียมออกไซด์อยู่ประมาณร้อยละ 15-25 หรือเรียกว่าเถ้าลอยที่มีปริมาณแคลเซียมสูง (High-Calcium Fly Ash) ซึ่งมีคุณสมบัติการเป็นซีเมนต์และปอซโซลานอยู่ในตัวเอง

ตารางที่ 1 การแบ่งชั้นคุณภาพของเถ้าลอยตามมาตรฐาน ASTM C 618-01

คุณสมบัติ	ASTM C 618 Type F	ASTM C 618 Type C
	%	%
Silicon dioxide(SiO <sub>2</sub> )+Aluminium oxide( Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) + Iron (III) oxide(Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	≥ 70	≥ 50
Sulphur trioxide(SO <sub>3</sub> )	5.0	5.0
Magnesium oxide(MgO)	≤ 5.0	≤ 5.0
Sodium oxide(Na <sub>2</sub> O)	≤ 1.5	≤ 1.5
Moisture	3.0	3.0
Loss on ignition	6.0	6.0



จากองค์ประกอบทางเคมีที่แสดงในตารางที่ 2 พบว่าเถ้าลอยมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C 618 จัดเป็นสารปอซโซลานซึ่งเมื่อนำมาบดเป็นผงละเอียดผสมน้ำจะทำปฏิกิริยาเคมีกับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในอุณหภูมิปกติ มีคุณสมบัติที่เป็นตัวเชื่อมประสานที่ดี อีกทั้งตัวของเถ้าลอยมีอนุภาคที่กลมและขนาดเล็กมาก เมื่อนำมาทดแทนปูนซีเมนต์ในอัตราส่วนที่เหมาะสม ซึ่ง

โดยทั่วไปไม่เกินร้อยละ 30 พบว่าเถ้าลอยจะช่วยเสริมให้คอนกรีตรับแรงได้มากขึ้นโดยที่ตัวของเถ้าลอยจะเข้าไปแทรกในช่องว่างของเนื้อปูนซีเมนต์ทำให้เนื้อคอนกรีตแน่นขึ้น ทึบขึ้น ส่งผลให้ความชื้นและความเค็มที่จะผ่านเข้าไปในเนื้อปูนรวมถึงเนื้อเหล็กภายในได้ยากขึ้น ทำให้คอนกรีตทนการกัดกร่อน ความเค็ม รวมถึงอายุการใช้งานที่ยาวขึ้น ดังรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีระหว่างปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ กับเถ้าลอยจากแหล่งต่าง ๆ

องค์ประกอบ	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ,%	เถ้าลอยแหล่งแม่เมาะ ,%	เถ้าลอยแหล่งปราจีนบุรี ,%	เถ้าลอยแหล่งราชบุรี ,%
SiO <sub>2</sub>	19.52	38.73	45.42	40.28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.36	26.05	21.06	45.49
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.29	8.17	5.81	3.33
SO <sub>3</sub>	2.15	1.62	1.25	0.48
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28.17	72.95	72.39	89.10
CaO	65.47	16.69	2.57	5.90
MgO	1.19	2.66	1.05	0.39
K <sub>2</sub> O	0.43	0.98	2.66	0.06
Na <sub>2</sub> O	0.03	0.54	0.10	0.16
Free lime	0.97	0.69	0.00	0.11
Moisture	-	0.05	0.19	0.19
Loss on ignition	2.75	0.38	19.91	4.38

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์กับปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอย

คุณสมบัติ	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอย ตัวอย่างที่ 1	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ผสมเถ้าลอย ตัวอย่างที่ 2	ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์
MgO ,%	1.07	1.60	1.63
SO <sub>3</sub> ,%	2.49	2.46	2.45
Loss on ignition ,%	1.38	0.53	0.47
Soundness (Autoclave expansion) ,%	-0.03	0.03	0.03
Setting time ,min			
- Initial set	149	75	72
- Final set	209	154	150
Air content, %	5.45	3.89	3.47
Compressive strength, MPa			
- 3 days	21.62	22.72	24.93
- 7 days	27.79	32.61	30.55

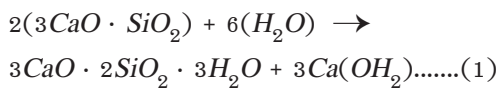


## การใช้เถ้าลอยเป็นวัสดุผสมทดแทนปูนซีเมนต์ในงานคอนกรีต

1. เถ้าลอยจะช่วยเสริมให้คอนกรีตรับแรงได้มากขึ้นโดยใช้การเกิดปฏิกิริยา Hydration และปฏิกิริยา Pozzolanic มาอธิบายปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น ซึ่งมีผลต่อกำลังอัดในคอนกรีตสมรรถนะสูง

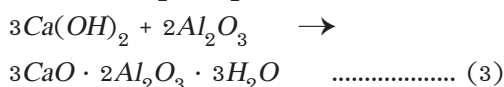
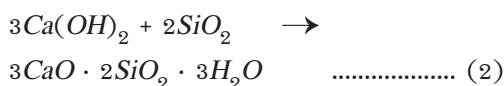
### ปฏิกิริยาเคมีของปูนซีเมนต์ผสมเถ้าลอยกับน้ำ

เมื่อนำปูนซีเมนต์ธรรมดา (Ordinary portland cement) มาผสมกับน้ำ ปูนซีเมนต์จะทำปฏิกิริยากับน้ำ เรียกว่าปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration Reaction) ซึ่งสามารถแสดงสมการ ได้ดังนี้



สารแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต (Calcium silicate hydrate) เป็นสารที่เพิ่มกำลังอัดคอนกรีตโดยทำหน้าที่เป็นตัวยึดเหนี่ยวคอนกรีต ก่อให้เกิดลักษณะโครงตาข่าย (Matrix densification) ส่วนแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (CaOH<sub>2</sub>) จะเป็นสารที่เหลือแทรกอยู่ในช่องว่างของคอนกรีต จากสมการที่ (1) จะเห็นได้ว่าปริมาณของแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตและแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการทำปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้น

แต่เมื่อนำปูนซีเมนต์ผสมเถ้าลอยมาผสมกับน้ำ เถ้าลอยจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ โดยที่เถ้าลอยจะมีส่วนประกอบของแคลเซียมออกไซด์ ซิลิกอนไดออกไซด์ อะลูมิเนียมออกไซด์และอื่นๆ ซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่เหลือจากปฏิกิริยาไฮเดรชันได้แคลเซียมซิลิเกตไฮเดรต เรียกปฏิกิริยานี้ว่าปฏิกิริยาปอซโซลานิก (Pozzolanic reaction) ส่งผลให้ปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ลดลงและปริมาณแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตเพิ่มขึ้นทำให้กำลังอัดของคอนกรีตสูงขึ้น ปฏิกิริยาระหว่าง Ca(OH)<sub>2</sub> กับเถ้าลอยจะทำให้เกิดปฏิกิริยาปอซโซลานิก ดังสมการ (2) และ (3)



จากปฏิกิริยาเคมีจะเห็นได้ว่าซีเมนต์ธรรมดาจะมีปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการทำปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้น ส่วนซีเมนต์ที่ผสมเถ้าลอยจะมีปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ลดลงตามระยะเวลาการทำปฏิกิริยาที่เพิ่มขึ้น แต่มีปริมาณแคลเซียมซิลิเกตไฮเดรตเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับซีเมนต์ธรรมดาเมื่ออายุเท่ากัน แสดงว่าการผสมเถ้าลอยกับปูนซีเมนต์และน้ำ เถ้าลอยจะทำปฏิกิริยาปอซโซลานิก ส่งผลทำให้คอนกรีตที่ได้มีกำลังรับแรงอัดสูงขึ้นตามระยะเวลาและอัตราส่วนของเถ้าลอยลิกไนต์

2. เถ้าลอยช่วยให้คอนกรีตทนทานต่อสภาพแวดล้อมของทะเล

ถ้าโครงสร้างคอนกรีตปกติต้องสัมผัสกับน้ำทะเล ละอองน้ำและไอน้ำทะเล แม้คอนกรีตจะใช้ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 5 ซึ่งมีคุณสมบัติทนต่อซัลเฟตได้ เนื้อคอนกรีตที่อยู่ในสภาพแวดล้อมดังกล่าว ก็ยังมีโอกาสที่มีการขยายตัวของสนิมที่เกิดขึ้นกับเหล็กเสริมและดันเนื้อคอนกรีตให้แตกออกมาได้

โดยที่ต้นเหตุการเกิดสนิมเหล็ก มีทั้งจากเกลือซัลเฟตและเกลือคลอไรด์แต่จะมาจากเกลือคลอไรด์เป็นหลักและน้ำทะเลมีสารละลายคลอไรด์อยู่เป็นส่วนใหญ่ (สูงกว่า 90 %) เมื่อเทียบกับซัลเฟต เมื่อคลอไรด์ไอออนอิสระแทรกซึมลึกเข้าไปในเนื้อคอนกรีต จะทำให้ความเป็นด่าง(pH) ของคอนกรีตในส่วนนั้นลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อความเป็นด่างลดลงถึงระดับวิกฤต (มีค่า pH ต่ำกว่า 9.0) และมีความชื้นเพียงพอ เหล็กเสริมจะเกิดปฏิกิริยา Electrolysis เกิดเป็นสนิมเหล็ก (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) สะสมเพิ่มขึ้นทำให้แรงยึดเหนี่ยว (Bonding) ระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีตในส่วนนี้จะลดลง ในที่สุดโครงสร้างคอนกรีตจะแตกออกด้วยการบ่งตัวของสนิมเหล็ก และเสียความสามารถในการรับกำลังลงไปอย่างมาก

เถ้าลอยช่วยให้คอนกรีตทนทานต่อสภาพแวดล้อมของทะเลโดยผสมเถ้าลอยลิกไนต์ทดแทนปูนซีเมนต์ในคอนกรีตด้วยปริมาณที่เหมาะสม นอกจากเถ้าลอยลิกไนต์ในคอนกรีตจะช่วยจับยึดคลอไรด์ไอออนอิสระบางส่วนไว้ได้ดีกว่าปูนซีเมนต์ประเภทที่ 1 ในคอนกรีตแต่เพียงอย่างเดียวแล้ว การใช้เถ้าลอยลิกไนต์ยังช่วยให้สามารถทำงานเทคอนกรีตได้ง่ายขึ้นและใช้ปริมาณน้ำในการผสมน้อยลงด้วย นอกจากนี้ คอนกรีตที่ได้จะมีเนื้อแน่นและที่บ่มน้ำมากขึ้นตามส่วนของปริมาณน้ำที่ลดลง แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึง



การควบคุมคุณภาพของคอนกรีตประกอบด้วย เช่น ต้องใช้ระยะหุ้มเหล็กเสริมที่มากเพียงพอ และต้องระวังไม่ให้เนื้อคอนกรีตเกิดรอยแตกร้าวขึ้นตั้งแต่ระยะเริ่มแรกที่หล่อคอนกรีตเป็นต้น เมื่อคอนกรีตมีเนื้อแน่นปราศจากรอยแตกร้าว ก็จะสามารถต้านทานการแทรกซึมของสารละลายต่างๆ ได้ดีขึ้น ดังนั้น คอนกรีตจึงมีความคงทนต่อสภาพแวดล้อมของทะเลได้สูงขึ้น

3. แอลลอยจะช่วยลดความร้อนเนื่องจากปฏิกิริยาไฮเดรชัน ในการก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตโดยมีปูนซีเมนต์เป็นสารเชื่อมประสานเพียงอย่างเดียว ความร้อนจะเกิดขึ้นระหว่างเกิดปฏิกิริยาเคมีจะมีผลให้เกิดการแตกร้าวของคอนกรีต ดังนั้นเมื่อนำแอลลอยมาผสมทดแทนปูนซีเมนต์บางส่วนจะสามารถลดอุณหภูมิที่เกิดขึ้น ทำให้แก้ไขปัญหาเนื่องจากความร้อน ที่เรียกว่า Heat of Hydration ได้

4. แอลลอยจะช่วยเพิ่มความสามารถในการเทและการไหล ได้พบว่าเมื่อนำแอลลอยมาผสมในคอนกรีตโดยใช้แทนปูนซีเมนต์ ร้อยละ 15- 25 จะทำให้คอนกรีตไหลได้สะดวก หินไม่แยกตัว และสามารถเพิ่มผลผลิตได้ในระยะเวลาการก่อสร้างที่จำกัด คือใช้ระยะเวลาที่น้อยลง

ด้วยคุณสมบัติของแอลลอยที่กล่าวมาทั้งหมดในข้างต้นทำให้ในปัจจุบันได้มีการนำแอลลอยไปประยุกต์ใช้งานก่อสร้างอย่างกว้างขวาง อาทิ เช่นโคโคเดม ในรัฐ New South Wales ประเทศออสเตรเลีย ตึกคอนกรีต Petronas Towers ประเทศมาเลเซีย สะพานเชื่อมระหว่างเกาะสิงคโปร์กับประเทศมาเลเซีย สะพาน Great Belt Eastern Bridge ประเทศแคนาดา งานก่อสร้างอุโมงค์รถไฟ (Channel Tunnel) ผ่านช่องแคบอังกฤษกับประเทศฝรั่งเศส สำหรับประเทศไทยมีการใช้คอนกรีตผสมแอลลอยในงานก่อสร้างท่าเทียบเรือในทะเลที่จังหวัดระยอง งานซ่อมแซมรอยแตกร้าวของตอม่อท่าเทียบเรือสยามซีบอร์ด งานสร้างผนังสูงกันไฟของ

โรงงานไฟฟ้า จังหวัดราชบุรี ทางโค้งกลับรถของโครงการทางด่วน ปากเกร็ด-บางปะอิน จุดเชื่อมกำแพงคอนกรีตเสริมเหล็กกับพื้นอาคารทดสอบของบริษัทการบินไทย จำกัด การเทฐานรากสถานีรถไฟฟ้า บีทีเอส (BTS) กำแพงดินของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน เช่นคลองท่าด่าน งานก่อสร้างคอนกรีตบางส่วนของเขื่อนปากมูล จังหวัดอุบลราชธานี อาคารบำบัดน้ำเสีย กระจกของฐานรากโรงไฟฟ้าพลังความร้อน จังหวัดราชบุรี และโครงการก่อสร้างและซ่อมบำรุงแผ่นพื้นถนนคอนกรีตของกรมทางหลวง เป็นต้น

จะเห็นได้ว่าแอลลอยในดินสามารถนำมาใช้ประโยชน์ต่างๆ มากมาย ทั้งในเรื่องการนำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อทดแทนปูนซีเมนต์ในงานคอนกรีตได้เป็นอย่างดี และสามารถทำได้หลายลักษณะทั้งเป็นส่วนผสมของคอนกรีตสำเร็จรูปหรือใช้ในส่วนผสมวัสดุก่อสร้างต่างๆ มีความแข็งแรงและทนทานสูง มีต้นทุนการผลิตต่ำ ซึ่งเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุดด้วย ในส่วนของกรมวิทยาศาสตร์บริการได้เล็งเห็นความสำคัญของการนำแอลลอยมาใช้ประโยชน์ในภาคอุตสาหกรรมก่อสร้างโดยรวมเป็นอย่างมาก จึงได้ดำเนินการศึกษา วิจัยอย่างต่อเนื่อง อาทิ การนำเข้ามาเป็นส่วนผสมทำอิฐมวลเบา อิฐบล็อกปูพื้นและอิฐบล็อกก่อผนัง เป็นต้น ตลอดจนให้บริการวิเคราะห์ทดสอบตามมาตรฐานต่างๆ ซึ่งมีรายการวิเคราะห์ทดสอบต่างๆ ได้แก่ คุณสมบัติทางเคมี ประกอบด้วย Moisture, Loss on ignition, Silicon dioxide, Aluminium oxide, Iron (III) oxide, Sulphur trioxide, Calcium oxide, Magnesium oxide, Sodium oxide, Potassium oxide คุณสมบัติทางกายภาพ ประกอบด้วย Fineness, Soundness, Density, Increase of drying shrinkage of mortar bar, Air content, Strength activity index with portland cement, Compressive strength, Water requirement, Setting time เป็นต้น ท่านที่สนใจสามารถขอรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรมกรมวิทยาศาสตร์บริการ โทรศัพท์ 0 2201 7361-63



# ข่าว ทัวไป วศ.



**ฯพณฯ พ.ต.ท.ดร. ทักษิณ ชินวัตร**  
นายกรัฐมนตรี  
ชมผลงาน กรม  
วิทยาศาสตร์บริการ  
อาทิ การป้องกัน

การเกิดเชื้อราในผลิตภัณฑ์ผักตบชวา กระดาษ parchment จากวุ้นน้ำมะพร้าว การทดสอบภาษาชนะ บรรจุน้ำดื่ม การพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์สมุนไพรเพื่อ สุขภาพ ในการประชุมคณะหัวหน้าส่วนราชการระดับ ปลัดกระทรวง ครั้งที่ 7/2547 ณ กระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ (20 ส.ค. 2547)



**นายกร ทักษะรังสี**  
รัฐมนตรีว่าการ  
กระทรวงวิทยา-  
ศาสตร์และเทคโนโลยี ชมงาน  
“เปิดโลกความรู้

วิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน” ซึ่งกรมวิทยาศาสตร์- บริการจัดขึ้นเพื่อร่วมฉลองสมโภช 200 ปี พระบิดา วิทยาศาสตร์ไทย โดยมี ดร.สุจินดา โชติพานิช อธิบดี กรมวิทยาศาสตร์บริการ ให้การต้อนรับ ณ บริเวณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ (5-9 ก.ค. 2547)



**ดร.สุจินดา**  
**โชติพานิช** อธิบดี  
กรมวิทยาศาสตร์-  
บริการ และคณะ  
ผู้บริหาร วางพาน  
ประดับพุ่มดอกไม้

ถวายสักการะพระบรมราชานุสาวรีย์พระบาทสมเด็จพระ จอมเกล้าเจ้าอยู่หัว เนื่องในวันสถาปนาวิทยาศาสตร์ แห่งชาติ ณ บริเวณหน้าอาคารกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ (18 ส.ค. 2547)



**ดร.สุจินดา**  
**โชติพานิช** อธิบดี  
กรมวิทยาศาสตร์-  
บริการ แถลงข่าว  
เรื่อง ผลิตภัณฑ์  
เซรามิกสำหรับใช้

ในงานอุตสาหกรรม และเรื่องกรมวิทยาศาสตร์บริการ เปิดโลกความรู้วิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน ณ ห้อง ประชุมกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ (6 พ.ค., 1 ก.ค. 2547)



**ดร.สุจินดา**  
**โชติพานิช** อธิบดี  
กรมวิทยาศาสตร์-  
บริการ เป็นประธาน  
ในพิธีไหว้ครูของ  
สถานศึกษาเคมี

ปฏิบัติ ประจำปีการศึกษา 2547 และมอบประกาศ- นียบัตรแก่ผู้สำเร็จการศึกษาประจำปีการศึกษา 2546 ณ อาคารสถานศึกษาเคมีปฏิบัติ กรมวิทยาศาสตร์ บริการ (24 มิ.ย.2547)



**สำนักบริหารและ**  
**รับรองห้องปฏิบัติ**  
**การแถลงข่าวเรื่อง**  
**กรมวิทยาศาสตร์**  
**บริการกับบทบาท**  
**ด้านการรับรอง**

ระบบงานห้องปฏิบัติการ พร้อมทั้งมอบหนังสือรับรอง ความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบตาม ISO/IEC 17025 ด้านสิ่งแวดล้อมให้แก่ บริษัท บีเจที วอเตอร์ จำกัด และบริษัทเทรท์ เทคโนโลยี จำกัด โดยดร.สุจินดา โชติพานิช อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ ณ โรงแรม เอเชีย กรุงเทพฯ (19 ก.ค. 2547)



**นายจเด็จ อินสว่าง**  
ปลัดกระทรวงการ  
ท่องเที่ยวและกีฬา  
เป็นประธานในพิธี  
ลงนามสัญญารับ  
ทุนระหว่างกองทุน

พัฒนาการกีฬาแห่งชาติและกรมวิทยาศาสตร์บริการ ตามโครงการศึกษาและพัฒนาวัสดุอย่างสังเคราะห์และ ยางธรรมชาติ เพื่อจัดสร้าง ลู่-ลานกรีฑา โดยมี นายชัยวุฒิ เลาวเลิศ รองอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ ร่วมลงนาม ณ โรงแรมเรดิสัน กรุงเทพฯ (31 พ.ค. 2547)

# ข่าวทั่วไป วศ.



**นายชัยวุฒิ เลาวเลิศ** รองอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ เป็นวิทยากรบรรยายทางวิชาการเรื่อง

Method Validation ณ อาคารสถานศึกษาเคมีปฏิบัติ กรมวิทยาศาสตร์บริการ



**นางอรรษา ทุบฉัตร** รองอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ เป็นประธานเปิดการสัมมนาวิชาการ

เรื่องความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ณ อาคารสถานศึกษาเคมีปฏิบัติ กรมวิทยาศาสตร์บริการ (14 พ.ค. 2547)



**นางอรรษา ทุบฉัตร** รองอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ รับมอบผลิตภัณฑ์จากบริษัทคอลเกต-ปาล์มโอลีฟ (ประเทศไทย) จำกัด เพื่อสนับสนุนการจัด

งานเปิดโลกความรู้วิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน ณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ (17 มิ.ย. 2547)



**สื่อมวลชนเยี่ยมชมการถ่ายทอดเทคโนโลยี** การป้องกันการเกิดเชื้อราในผลิตภัณฑ์ผักตบชวา ให้แก่

กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรพัฒนาดอนลาน อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี (11 มิ.ย.2547)



**นางบุษริ ห่องหุดทับ** ผู้อำนวยการสำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยา-

ศาสตร์และเทคโนโลยี รับมอบของจากบริษัทบูคโปรโมชัน แอนด์เซอร์วิส จำกัด เพื่อสนับสนุนกิจกรรมในงานเปิดโลกความรู้วิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน ณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ (30 มิ.ย. 2547)



**สำนักเทคโนโลยีชุมชน** ถ่ายทอดเทคโนโลยี “เทคนิคการผลิตกระดาษด้ายแบคทีเรีย เซลลูโลสและการแปรรูปอาหาร” และ “การผลิตลูกประคบสมุนไพรคุณภาพ” ให้แก่กลุ่มถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร ตำบลแม่่น้ำ อ.เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี (30 มิ.ย., 1 ก.ค. 2547)

# ข่าวทั่วไป วศ.



สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดอบรมเรื่อง การประมวลสารสนเทศ

พร้อมใช้จากเอกสารสิทธิบัตรเพื่อการพัฒนาสินค้า, การจัดทำสื่อการสอนอิเล็กทรอนิกส์ ให้แก่ ผู้ประกอบการ ข้าราชการ และผู้สนใจ ณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ (28-29 ก.ค., 3-4 ส.ค. 2547)



สำนักพัฒนาศีกษา-ภาพนักวิทยาศาสตร์ ห้องปฏิบัติการ จัดอบรมหลักสูตร การสอบเทียบ เครื่องแก้วปริมาตร,

UV-VIS Performance Validation, การใช้ HPLC ในงานวิเคราะห์ทดสอบและวิจัย, การใช้ GC ในงานวิเคราะห์ทดสอบและวิจัย และเทคนิคการเตรียมสารละลาย ณ อาคารสถานศึกษาเคมีปฏิบัติ กรมวิทยาศาสตร์บริการ



ฝ่ายประชาสัมพันธ์ สำนักงานเลขานุการกรม จัดสนทนาประชา วศ. เรื่องคำรับรองการปฏิบัติงานประจำปี



2547, ผลิตภาพและการวัดผลิตภาพ, REACH ระเบียบสารเคมีใหม่ที่ผู้ประกอบการไทยต้องรู้จัก, ประสบการณ์การทำงานในองค์กรมหาชน, การบริหารความเสี่ยง สร้างความเข้าใจและระดมความคิดเห็น เรื่องการพัฒนาศูนย์ความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ, กลยุทธ์การนำองค์กรสู่ความเป็นเลิศด้วยหลักการตลาด เพื่อให้ความรู้แก่ ข้าราชการและลูกจ้าง ณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ



สถาบันคลังสมองของชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โรงเรียนมหิดล



วิทยานุสรณ์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ บริษัทแปซิฟิค โพลีเมอร์โปรดักส์ จำกัด บริษัทไทยนิปปอนรับเบอร์อินดัสตรี จำกัด บริษัท เอส.ซี.เอส สปอร์ตแวร์ จำกัด บริษัท กลอรี่-ไทย อินเทอร์เน็ตคอนติเนนตัล จำกัด เข็มชมกิจการและห้องปฏิบัติการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ



โครงการวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ จัดอบรมหลักสูตร การวิเคราะห์อัตรา



กักกรองของอาหารกระป๋องด้วยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า และหลักสูตรเทคนิควิธีวิเคราะห์โปรทอะกัวและแคลเมียม ในอาหาร และการเขียนเอกสารระบบคุณภาพ ISO/IEC 17025 แก่บริษัท โรงงาน ผู้ประกอบการ และผู้สนใจ ณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

# ข่าว

## ทั่วไป วศ.



**กรมวิทยาศาสตร์บริการ** นำผลงาน  
เซรามิก การแปรรูป  
ภาพลึอกยางปูพื้น  
และยางขวางถนน  
จากยางพารา การ

กำจัดเชื้อราในผลิตภัณฑ์ผักตบชวา การฟอกขาว  
ในยางพาราด้วยเทคโนโลยีสะอาดสำหรับทำผลิตภัณฑ์  
ศิลปประดิษฐ์ ไปแสดงในนิทรรศการรัฐบาลพบประชาชน  
ครั้งที่ 5 ณ สนามกีฬาจังหวัดกระบี่ (25-26 ส.ค.  
2547)



**นักศึกษา**  
**มหาวิทยาลัย**  
**สุโขทัยธรรมสาร**  
**มหาวิทยาลัย**  
**อัสสัมชัญ**  
**มหาวิทยาลัย**

ศิลปากร ฝึกปฏิบัติงานเสริมทักษะประกอบการเรียนใน  
หลักสูตรในหน่วยงานต่างๆ ของกรมวิทยาศาสตร์บริการ



**นางสาวเบญจกัณฑ์**  
**จาตุรนต์รัศมี**  
ผู้แทนจากสำนัก  
หอสมุดและศูนย์  
สารสนเทศวิทยา-

ศาสตร์และเทคโนโลยี รับมอบใบรับรองระบบการจัดการบริการงาน  
คุณภาพ ISO 9001 : 2000 จากสถาบันรับรอง  
มาตรฐานไอเอสไอ ณ โรงแรมเซ็นจูรี่พาร์ค (23 มิ.ย.  
2547)



**สำนักบริหารและรับรองห้องปฏิบัติการ** จัดการสัมมนา  
เชิงปฏิบัติการครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 “การเตรียมความ  
พร้อมของห้องปฏิบัติการ เพื่อขอการรับรองความ  
สามารถของห้องปฏิบัติการตาม ISO/IEC 17025” ณ  
โรงแรม เจบี หาดใหญ่ จ.สงขลา และ โรงแรมเอเชีย  
กรุงเทพฯ (3 ก.ย., 7 ก.ย. 2547)



**นักเรียนเข้าชม**  
**ผลงานของกรม**  
**วิทยาศาสตร์บริการ**  
เรื่องสารเคมีใน  
ชีวิตประจำวัน  
ความปลอดภัย

ด้านอาหาร และสาธิตวิธีทดสอบน้ำส้มสายชู ผงชูรส  
ปริมาณต่างในสบู่ ณ โรงเรียนกสิกรรมอนุสรณ์





# ผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปจาก วุ้นน้ำมะพร้าว

เรียบเรียงโดย

วรรณดี บินไชย

วุ้นน้ำมะพร้าว (nata de coco) เป็นวุ้นที่ได้จากกระบวนการหมักเช่นเดียวกับการผลิตน้ำส้มสายชู โดยนำน้ำมะพร้าวแก่มาเติมเชื้อจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดน้ำส้ม ที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Acetobacter aceti* subspecies *Xylinum* หรือ *A. Xylinum* และปรับสภาวะให้เหมาะสมต่อการเจริญของเชือดังกล่าว ในขณะที่เชื้อเจริญจะสร้างแผ่นวุ้นที่เกิดลอยอยู่บนผิวหน้าของน้ำส้มสายชูหมัก มีสีขาว เป็นแผ่นหนา วุ้นน้ำมะพร้าวมีชื่อเรียกอื่นๆ เช่น วุ้นน้ำส้ม วุ้นสวรรค์ เห็ดสวรรค์ หรือเห็ดรัสเซีย ในประเทศไทยมีผู้วิจัยผลิตวุ้นน้ำมะพร้าวเมื่อประมาณ

ปี พ.ศ. 2515 ซึ่งสมัยเดิมเรียกว่าวุ้นน้ำส้ม การใช้ประโยชน์จากวุ้นน้ำมะพร้าวในระดับอุตสาหกรรมมีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ เช่น วุ้นน้ำมะพร้าวในน้ำเชื่อมบรรจุขวดแก้ว หรือการนำวุ้นน้ำมะพร้าวไปเติมในส่วนประกอบผลิตภัณฑ์อาหารชนิดอื่นๆ เช่น เยลลี่ หรือโยเกิร์ต คุณค่าทางโภชนาการของวุ้นน้ำมะพร้าว พบว่า มีแคลเซียม และใยอาหารในปริมาณสูง นอกจากนี้มี โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามินและเกลือแร่ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนาการของวุ้นน้ำมะพร้าว

		ผลการวิเคราะห์โดย		
		Araceli , L (1)	กรมวิทยาศาสตร์บริการ(2)	กรมวิชาการเกษตร(3)
น้ำ	ร้อยละ	67.7	94.4	94.6
โปรตีน	ร้อยละ	nil	0.68	0.84
ไขมัน	ร้อยละ	0.2	0.05	0.06
คาร์โบไฮเดรต	ร้อยละ	-	3.00	3.20
เส้นใย	ร้อยละ	-	1.10	1.15
เถ้า	ร้อยละ	-	0.77	0.10
แคลเซียม	มิลลิกรัม/ 100 กรัม	12	34.5	5.20
เหล็ก	มิลลิกรัม/ 100 กรัม	5	0.20	-
ฟอสฟอรัส	มิลลิกรัม/ 100 กรัม	2	22.00	5.70
วิตามินบี 1	มิลลิกรัม/ 100 กรัม	trace	0.01	-
วิตามินบี 2	มิลลิกรัม/ 100 กรัม	0.01	0.06	-
ไนอาซีน	มิลลิกรัม/ 100 กรัม	-	0.22	0.22

- (1) Araceli, L.; Dolendo, AL.; and Maniquis, PL. Preparation and storage qualities of fofitied nata de coc. The Phillipines Journal of Science. June, 1967, vol.96, no.6, p. 363-376.
- (2) Lopus, MM,; Gallarado, EG,; and Palo, M. The nata organism-cultural requirements, characteristics and identity. The Phillipines Journal of Science. June, 1967, vol.96, no.6, p. 91-108.
- (3) กรมวิชาการเกษตร. กองเกษตรเคมี. วุ้นน้ำมะพร้าว. รวบรวมโดย สมคิด ชรรรมรัตน์. 2529. (กรุงเทพมหานคร : กรมวิชาการเกษตร) 2529. (เอกสารอัดโรเนียว).



วุ้นน้ำมะพร้าวมีลักษณะเป็นเยื่อเหนียว มีสีขาว หรือสีครีม สำหรับการผลิตวุ้นน้ำมะพร้าวให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพดี คือมีเนื้อวุ้นที่เนียนนุ่ม เหนียวพอเหมาะไม่เป็นเส้นใยแน่น มีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะขอกกล่าวโดยสังเขป ดังนี้

1. สายพันธุ์เชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ผลิตวุ้นน้ำมะพร้าว ควรใช้เชื้อจุลินทรีย์บริสุทธิ์ที่แยกและคัดเลือกเพื่อการผลิตวุ้นน้ำมะพร้าวโดยเฉพาะ การเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ในวุ้นน้ำมะพร้าวแก่ปริมาณที่เหมาะสม คือ ร้อยละ 10-20 จะได้ผลผลิตวุ้นมากที่สุด วุ้นน้ำมะพร้าวที่ใช้โดยทั่วไปควรเป็นวุ้นน้ำมะพร้าวแก่ เพราะเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางเกษตร มีคุณค่าทางอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าว โดยเลือกน้ำมะพร้าวที่สดใหม่มีไขมันน้อย ไม่มีการปนเปื้อนหรือเน่าเสียมาก่อน และนำมาต้มเพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ปะปนมา

2. สภาวะการผลิตที่ดี ในการเจริญของเชื้อที่ผลิตวุ้น คือ อุณหภูมิห้อง (28-32 องศาเซลเซียส)

3. ออกซิเจน เนื่องจากเชื้อแบคทีเรียที่สร้างวุ้นน้ำมะพร้าวนี้ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต ดังนั้นควรใช้ภาชนะที่มีผิวหน้ากว้าง เพราะเชื้อจะสร้างแผ่นวุ้นเฉพาะส่วนบนของวุ้นน้ำมะพร้าวเท่านั้น

4. กรดน้ำส้ม ถ้าต้องการผลิตวุ้นน้ำมะพร้าวให้ได้ผลผลิตสูงในระยะเวลาอันสั้นควรเติมกรดน้ำส้มเล็กน้อย (ร้อยละ 1-2) นอกจากนี้การเติมกรดเล็กน้อยยังมีผลให้วุ้นน้ำมะพร้าวมีค่าความเป็นกรดเพิ่มขึ้นซึ่งจะทำให้ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่น

5. ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เชื้อ A. Xylinum เจริญได้ดีในช่วง pH ต่ำ คือ 3.5-7.5 ถ้าค่า pH ต่ำกว่า 3 หรือสูงกว่า 8 จะไม่มีการสร้างวุ้น เชื้อจะผลิตวุ้นได้ดีถ้ามีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 4.0-6.0 ซึ่งวุ้นน้ำมะพร้าวแก่โดยทั่วไปมีค่า pH ที่เหมาะสม คือ 5.0-5.5

6. น้ำตาล เป็นแหล่งของคาร์บอนทำให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโต ควรเติมน้ำตาลทรายขาว (sucrose) ร้อยละ 5-8

### การเตรียมเนื้อวุ้นน้ำมะพร้าว เพื่อการแปรรูป

แผ่นวุ้นน้ำมะพร้าวที่ผลิตได้สามารถเก็บได้นานหลายเดือนเมื่อทิ้งไว้ในวุ้นน้ำมะพร้าวที่หมักที่มีค่า pH 4.0-6.0 และเมื่อนำมาล้างน้ำจะเก็บในตู้เย็นได้ 1-2 เดือน แต่ถ้านำมาต้มจะเก็บได้ไม่นานเท่าแผ่นวุ้นที่ยังไม่ผ่านการ

ต้ม ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากวุ้นสด หรือวุ้นที่แช่ในวุ้นน้ำมะพร้าวที่หมักจะมีค่าความเป็นกรดสูงจึงเป็นภาวะที่ไม่เอื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่น

การแปรรูปวุ้นน้ำมะพร้าวเป็นผลิตภัณฑ์ มีขั้นตอนการเตรียมเนื้อวุ้น โดยนำแผ่นวุ้นที่มีความหนาประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร แช่น้ำสะอาดทิ้งไว้ 2 คืน และเปลี่ยนน้ำทิ้ง ประมาณ 5-6 ครั้ง เพื่อกำจัดรสเปรี้ยว จากนั้นตัดเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ขนาดประมาณ 1.5 เซนติเมตร นำเนื้อวุ้นที่ได้ต้มในน้ำเดือด 1-2 ครั้งๆ ละ 5 นาที แช่น้ำอีกสักครู่หนึ่ง ล้างน้ำ และนำขึ้นพักบนตะแกรงให้สะเด็ดน้ำ ก็จะได้เนื้อวุ้นน้ำมะพร้าวที่เหมาะสมสำหรับการนำไปแปรรูป

### ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากวุ้นน้ำมะพร้าว

กรมวิทยาศาสตร์บริการ โดยสำนักเทคโนโลยีชุมชน ได้มีผลงานวิจัยเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์แปรรูปจากวุ้นน้ำมะพร้าว ดังนี้

- วุ้นน้ำมะพร้าวในน้ำเชื่อมบรรจุขวดแก้ว
- วุ้นน้ำมะพร้าวบรรจุในน้ำเชื่อมผสมน้ำใบเตย
- วุ้นน้ำมะพร้าวบรรจุในน้ำเชื่อมผสมน้ำฝรั่ง
- วุ้นน้ำมะพร้าวบรรจุในน้ำเชื่อมผสมน้ำกระเจี๊ยบ
- วุ้นน้ำมะพร้าว ถั่วแดง และเมล็ดบัว บรรจุในน้ำเชื่อม
- วุ้นน้ำมะพร้าว และธัญชาติบรรจุในน้ำเชื่อม



การแปรรูปวุ้นน้ำมะพร้าว ในการผลิตของชุมชนจะทำได้กรรมวิธีง่ายๆ คือการนำวุ้นน้ำมะพร้าวมาแช่น้ำ และต้มในน้ำเดือด 2-3 ครั้งเพื่อลดปริมาณความเป็นกรด (หรือกำจัดรสเปรี้ยว) จากนั้นต้มกับน้ำเชื่อมและบรรจุถุงพลาสติก หรือถ้วยพลาสติก



## การแปรรูปวุ้นน้ำมะพร้าวให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถเก็บได้นานโดยไม่บูดเสีย

การนำวุ้นน้ำมะพร้าวบรรจุในน้ำเชื่อม มีวิธีการผลิตแตกต่างกัน ดังนี้

### 1. การให้ความร้อนแก่อาหารที่ระดับอุณหภูมิน้ำเดือด และการบรรจุขณะร้อน (hot pack)

1.1 การบรรจุถุงพลาสติก บรรจุในน้ำเชื่อม ความเข้มข้นสูงร้อยละ 40-45 โดยต้มวุ้นน้ำมะพร้าวในน้ำเชื่อมให้เดือด บรรจุขณะร้อนในถุง และปิดผนึกถุงด้วยเครื่อง จะสามารถเก็บได้ในระยะเวลาสั้นๆ 3-5 วัน ซึ่งเป็นการผลิตเพื่อการวางจำหน่ายที่อุณหภูมิห้อง

1.2 การบรรจุด้วยพลาสติกบรรจุในน้ำเชื่อมที่ความเข้มข้น ร้อยละ 30-35 โดยอาจเติมกรดซิตริก ร้อยละ 0.1-0.15 ของปริมาณน้ำเชื่อม เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)  $\leq 4.6$  ผลิตภัณฑ์นี้จะอยู่ในรูปแบบของการบรรจุวุ้นน้ำมะพร้าวขณะร้อน นั่นคือ ส่วนประกอบของวุ้นน้ำมะพร้าวจะถูกต้มให้เดือด แล้วบรรจุทันที และปิดผนึกฝาด้วยแผ่นฟิล์มโดยเครื่องปิดผนึกฝาด้วย เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุขณะร้อนที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลต่ำ ผลิตภัณฑ์จะบูดเสียได้ง่ายเมื่อเก็บที่อุณหภูมิห้อง วิธีที่จะเก็บรักษาได้ คือ เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4-5 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่านี้ จะมีอายุการเก็บได้นาน 7-15 วัน

### 2. การบรรจุในภาชนะปิดสนิทและผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อน

การบรรจุในขวดแก้วหรือกระป๋อง มีกระบวนการผลิต และการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ เช่นเดียวกับการผลิตอาหารกระป๋องโดยทั่วไป คือ บรรจุเนื้อวุ้นน้ำมะพร้าวหรืออาจเติมส่วนประกอบอื่นๆ เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เช่น ธัญชาติต่างๆ ได้แก่ ถั่วแดง เมล็ดบัว ลูกเดือย แล้วเติมน้ำเชื่อมขณะร้อน มีหลักเกณฑ์ควรพิจารณา คือ ถ้าน้ำเชื่อมเข้มข้น ร้อยละ 30-35 แนะนำให้ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โดยเติมกรดซิตริก ในน้ำเชื่อมเล็กน้อยที่ปริมาณร้อยละ 0.1-0.15 เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่จัดอยู่ในประเภทอาหารเป็นกรด (acid food) คือ มีค่า pH  $\leq 4.6$  เมื่อบรรจุขวดแก้วหรือกระป๋อง ผ่านการไล่อากาศ ปิดฝา ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์โดยให้ความร้อนที่ระดับอุณหภูมิน้ำเดือดนาน 20-30 นาที จุลินทรีย์จะถูกทำลายไปทำให้เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ที่อุณหภูมิห้อง

กรณีที่ต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีแค่รสหวานเพียง

อย่างเดียว โดยไม่ปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (หรือ pH  $> 4.6$ ) ต้องบรรจุในน้ำเชื่อมที่เข้มข้นสูง เช่น มีความหวานไม่น้อยกว่า ร้อยละ 45 โดยบรรจุขวดแก้ว และต้มฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำเดือดนาน 20-30 นาที จะเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไว้ได้ที่อุณหภูมิห้อง

### ตลาดและความต้องการของผู้บริโภค

ในปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่ได้ตระหนักถึงการเลือกบริโภคอาหารที่จะเกิดประโยชน์แก่ร่างกาย ซึ่งรวมทั้งการบริโภคอาหารที่มีจุดมุ่งหมายเฉพาะทาง หรือ อาหารเพื่อสุขภาพ ที่เรียกว่า functional food เพื่อที่จะส่งเสริมให้ร่างกายมีสุขภาพดี ผลิตภัณฑ์วุ้นน้ำมะพร้าวมีคุณค่าทางโภชนาการที่น่าสนใจ เพราะให้แคลเซียมและใยอาหารสูง นอกจากนี้ยังมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี จึงมีการนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย เช่น การบรรจุในน้ำเชื่อม การนำไปเติมในส่วนประกอบของเยลลี่ โยเกิร์ต หรือ ผลิตภัณฑ์เต้าหู้ยีนที่ผลิตจำหน่ายในรูปของผลิตภัณฑ์แช่แข็ง หรือนิยมใช้เป็นส่วนประกอบของสลัดที่บริโภคสด ดังนั้นจะเห็นว่ามี การนำวุ้นน้ำมะพร้าวมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง และแนวโน้มความต้องการของผู้บริโภคมีการขยายตัวมากขึ้น และในปัจจุบันมีการส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์วุ้นน้ำมะพร้าวเป็นสินค้าเอกลักษณ์ของชุมชน หรือ เรียกว่า หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) เช่น วุ้นน้ำมะพร้าวในน้ำเชื่อมบรรจุขวดแก้ว และบรรจุด้วยพลาสติก เป็นสินค้าของฝากเอกลักษณ์ของจังหวัดสมุทรสงคราม และจังหวัดลพบุรี นอกจากนี้วุ้นน้ำมะพร้าวที่บรรจุขวดแก้วและผ่านการฆ่าเชื้อเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตเพื่อการส่งออกได้

### สรุป

ผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปจากวุ้นน้ำมะพร้าวในปัจจุบันมีแนวโน้มเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ แต่การผลิตเพื่อให้มีคุณภาพได้มาตรฐานนั้นต้องมีหลักการพื้นฐานที่สำคัญ คือ มีคุณภาพดี และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ในเชิงพาณิชย์ผู้ผลิตจำเป็นต้องระมัดระวังให้มีการผลิตที่ถูกสุขลักษณะ มีอาคารผลิต เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตที่เหมาะสม ใช้กระบวนการผลิต การฆ่าเชื้อ การบรรจุที่ถูกต้อง มีการขอขึ้นทะเบียนอาหาร (อย.) และการขอรับรองคุณภาพตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ทั้งนี้ผู้สนใจการผลิตวุ้นน้ำมะพร้าว และการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ติดต่อขอทราบข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ



# อันตรายของเสียง

เรียบเรียงโดย

ชินันท์ เลิศกณาวณิชกุล

เทพวิฑูรย์ ทองศรี

**ในปัจจุบัน** มีสิ่งที่มีผลกระทบต่อสุขภาพชีวิตของมนุษย์มากมาย ไม่ว่าจะเป็นด้านมลพิษทางน้ำ อากาศ และกากอุตสาหกรรม รวมถึงอันตรายจากเสียง ความร้อน และแสง

เสียงต่างๆ อาจให้ความรู้สึกที่ต่างกัน ซึ่งมีผลต่ออารมณ์ของผู้ได้ยินในสภาวะต่างๆ แตกต่างกันไปได้อีกเช่นกัน เสียงที่ไม่พึงประสงค์สำหรับทุกคนและทุกอารมณ์ นับว่าเป็นสาเหตุสำคัญประการหนึ่ง ที่มีผลกระทบต่อสุขภาพกายและใจในระยะยาว ถือได้ว่าเป็น **เสียงรบกวน** ซึ่งเป็นระดับเสียงที่ผู้ฟังไม่ต้องการจะได้ยินเพราะสามารถกระทบต่ออารมณ์ความรู้สึกได้ แม้จะเป็นเสียงที่ดังไม่เกินเกณฑ์ที่เป็นอันตรายก็ตาม การใช้ความรู้สึกในการวัดทำได้ยาก เพราะไม่สามารถจำแนกลงไปได้ว่าระดับเสียงที่ได้อินในขณะนั้นเป็นเสียงรบกวนหรือไม่ เช่น เสียงดนตรีที่ดังมากในสถานที่เต้นรำ ไม่ทำให้ผู้ที่เข้าไปเที่ยวรู้สึกว้าวุ่นรบกวน แต่ในสถานที่ที่ต้องการความสงบ เช่น ห้องสมุด เสียงพูดคุยตามปกติที่มีความดังประมาณ 60 เดซิเบลเอ ก็ถือว่าเป็นเสียงรบกวนได้

**แหล่งกำเนิดเสียงรบกวน** แบ่งได้เป็นประเภทใหญ่ๆ ดังนี้

## 1. เสียงจากการจราจร

1.1 ทางบก เช่น รถยนต์ รถจักรยานยนต์ รถบรรทุก รถไฟ

1.2 ทางน้ำ เช่น เรือยนต์ เรือหางยาว

1.3 ทางอากาศ เช่น เครื่องบินโดยสาร เฮลิคอปเตอร์ ไอพ่น เครื่องบินเจ็ต

2. เสียงจากสถานประกอบการ หรือโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ โรงงานหล่อหลอมเหล็ก โรงงานผลิตลูกบด

ซีเมนต์ โรงงานทำน้ำแข็ง โรงพิมพ์ อู่ซ่อมรถ การก่อสร้าง เป็นต้น

3. เสียงในบริเวณชุมชน ซึ่งมาจากการประกอบธุรกิจการค้า แหล่งบันเทิง และสถานเริงรมย์ต่างๆ เช่น ดิสโก้เทค ไนต์คลับ คาเฟ่ เป็นต้น

**เสียงที่เป็นอันตราย** องค์การอนามัยโลกกำหนดว่า เสียงที่เป็นอันตราย หมายถึงเสียงที่ดังเกิน 85 เดซิเบลเอ ที่ทุกความถี่ โรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมากมีระดับเสียงที่ดังเกินกว่า 85 เดซิเบลเอ ซึ่งสามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพทางกายและจิตใจของพนักงาน/ลูกจ้างได้

**อันตรายจากเสียง** เสียงที่เป็นอันตรายหรือดังเกินไป ทำให้มีผลกระทบต่อมนุษย์ หากทำงานในบริเวณที่มีเสียงดังเกินมาตรฐานเป็นเวลานานอย่างต่อเนื่อง อาจทำให้เกิดผลกระทบดังต่อไปนี้

## 1. ผลกระทบต่อการได้ยิน

คลื่นเสียงจากภายนอกผ่านเข้าหูชั้นนอก กระทบแก้วหูซึ่งเป็นเยื่อบางๆ เกิดการสั่นสะเทือน แล้วถูกส่งต่อไปยังกระดูกเล็กๆ 3 ชิ้น ในหูชั้นกลาง คือ กระดูกค้อน กระดูกทั่ง และกระดูกโกลน จากนั้นผ่านเข้าหูชั้นใน สู่อวัยวะลักษณะเป็นกันหอยซึ่งมีเซลล์ประสาทรับเสียง พลังงานสั่นสะเทือนเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า แล้วถูกส่งไปยังสมองโดยทางประสาทหู ทำให้ได้ยินเสียง (ดังรูปที่ 1)

เสียงที่ดังเกินไปมีผลกระทบต่อการได้ยินทำให้เกิดการสูญเสียการได้ยินได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

1.1 หูตึงหรือหูอื้อชั่วคราว เกิดขึ้นเนื่องจากเสียงนั้นยังไม่ดังมากพอที่จะทำลายปลายประสาทและเซลล์ประสาท



หรือเกิดจากการฟังเสียงดังในระยะเวลาไม่นานนัก อาการที่เกิดขึ้นสามารถรักษาให้กลับคืนเป็นปกติได้

1.2 หูตึงและหูหนวกถาวร เนื่องจากได้รับเสียงดังมากเกินไปจนถึงขั้นทำลายปลายประสาทและเซลล์ประสาทอย่างถาวร เกิดการสูญเสียการได้ยินแบบถาวร ไม่อาจกลับคืนเป็นปกติได้

1.3 หูหนวกแบบเฉียบพลัน เกิดจากการรับเสียงที่ดังมากๆ ในระยะเวลาสั้นๆ หรือเสียงดังเพียงครั้งเดียวจนทำให้ปลายประสาท เซลล์ประสาทและแก้วหูฉีกขาดไปในทันที เช่น เสียงระเบิด เสียงประทัด เสียงฟ้าผ่า อาการหูตึงหรือหูไม่ได้ยินนั้นจะเริ่มจากการไม่ได้ยินเสียงสูงๆ ก่อน แล้วจึงค่อยๆ กลายเป็นไม่ได้ยินเสียงต่ำอย่างเสียงคนพูด ดังนั้น คนจะไม่รู้สึกตัว กว่าจะรู้ก็ต่อเมื่อหูหนวกถาวรแล้ว ซึ่งไม่สามารถรักษาให้หายได้

มีปฏิกิริยาต่อเสียงทั้งก่อนหลับและระหว่างหลับต่างกันไปตามองค์ประกอบต่างๆ ดังนี้

2.1 ผู้ป่วย หรือคนที่มีอายุมาก จะถูกปลุกด้วยเสียงได้ง่าย และเมื่อตื่นแล้วจะหลับได้ยาก

2.2 หากคุ้นเคยกับลักษณะของเสียงบางชนิดทำให้ตื่นง่าย และหลับง่าย เช่น เสียงทารกร้องแม่จะตื่นทันที เสียงพัดลมหรือเครื่องปรับอากาศไม่ทำให้ตื่นหรือรบกวนการนอน เพราะความเคยชินต่อเสียงนั้น

2.3 เสียงที่เกิดเป็นระยะ เช่น เสียงรถ เรือ หรือเครื่องบินที่มีเสียงดังมาก ทำให้เกิดอาการหลับๆ ตื่นๆ ได้ ทำให้ร่างกายพักผ่อนไม่เพียงพอ

### 3. ผลกระทบต่อสรีรวิทยา

เสียงที่ดังเกิน 80 เดซิเบลขึ้นไป อาจมีผลกระทบต่อการทำงานของทางเดินอาหาร บางครั้งการบีบตัวของลำไส้ลดลง ทำให้อาเจียน ท้องเฟ้อ เส้นโลหิตตีบ นอนไม่หลับ ระบบไหลเวียนโลหิต ระบบประสาททำงานผิดปกติ และเป็นสาเหตุทำให้เกิดอุบัติเหตุได้

### 4. ผลกระทบทางอารมณ์

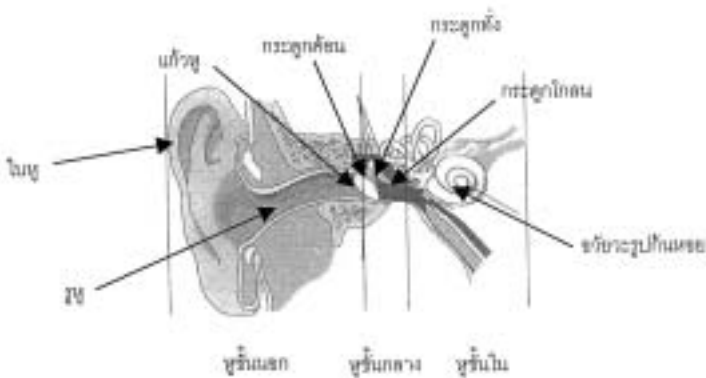
เสียงที่ดังมาก ทำให้เกิดความตึงเครียดทางประสาท คลุ้มคลั่ง เสียสมาธิ นอนไม่หลับ ก่อให้เกิดอาการทางประสาทและจิตใจ

### 5. ผลกระทบต่อประสิทธิภาพการปฏิบัติงาน

เสียงที่ดังติดต่อกันตลอดเวลาจะรบกวนประสิทธิภาพการทำงานน้อยกว่าเสียงที่ดังมากๆ และดังเป็นครั้งคราว เสียงที่ดังมากๆ จะทำลายสมาธิในการทำงานของมนุษย์ ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานลดลง

### 6. ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ

การแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียง ต้องเสียค่าใช้จ่ายต่างๆ เพื่อลดเสียงดังลง เช่น การสร้างกำแพงกันเสียง การสร้างห้องกันเสียง



รูปที่ 1 โครงสร้างภายในของหูประกอบไปด้วยหูชั้นนอก หูชั้นกลาง และหูชั้นใน

### 2. ผลกระทบต่อการนอนหลับ

การหลับสนิท เป็นการที่ร่างกายได้พักผ่อน ช่วยให้สุขภาพแข็งแรง เสียงเป็นตัวการรบกวนการนอนหลับซึ่งทำให้นอนหลับได้ยากขึ้น ทำให้หลับๆ ตื่นๆ มนุษย์



ตารางที่ 1 แหล่งกำเนิดเสียงต่างๆ และผลกระทบต่อสุขภาพ

ระดับเสียง เดซิเบลเอ*	แหล่งกำเนิดเสียง	ผลกระทบต่อสุขภาพ
30	เสียงกระซิบ	ไม่มีอันตราย
50	เสียงพิมพ์ดีด	ก่อความรำคาญทางอารมณ์
60	เสียงสนทนาทั่วไป	ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์
70	เครื่องจักรในโรงงานระดับปกติ	อาจก่อให้เกิดความดันในร่างกาย ความเครียดในระยะยาว
80	เสียงดังจราจรตามปกติ	อันตรายต่อระบบประสาท ประสาทหูเสื่อมเร็ว
90	เครื่องจักรที่มีความเร็วรอบสูง	อาจหูหนวกเมื่อสูงอายุ
100	เสียงชุด, เจาะดิน, ถอน	อันตรายต่อประสาทหูและเกิดความเครียดในร่างกาย
120	เสียงกระทบของโลหะหรือปัมโลหะ	อันตรายมากต่อระบบประสาท เครียดและกลายเป็นคนโมโหง่าย, นำมาซึ่งโรคความดัน
140	เสียงเครื่องบิน	อันตรายต่อระบบไหลเวียนของโลหิต, อันตรายต่อระบบประสาทของการได้ยิน
>140 ขึ้นไป	เสียงปืน, เสียงระเบิด	อันตรายโดยฉับพลันต่อระบบประสาทของการเห็นและการได้ยิน หัวใจเต้นเร็ว เกิดความเครียด และความดันสูงในร่างกาย อาจเกิดอาการประสาทหลอนตามมา

\* เดซิเบลเอ dB(A) คือ สเกลของเครื่องวัดเสียงที่สร้างเลียนแบบลักษณะการทำงานของหูมนุษย์ โดยจะกรองเอาความถี่ต่ำ และความถี่สูงของเสียงที่เกินกว่ามนุษย์จะได้ยินออกไป เป็นหน่วยวัด “ระดับความดันของเสียง” แต่มักเรียกกันว่า ความดังของเสียง

### เครื่องมือวัดระดับเสียง

เครื่องมือวัดระดับเสียง ประกอบด้วยส่วนสำคัญพื้นฐาน 5 ส่วน คือ ไมโครโฟน (omni-directional microphone) ภาคปริแอมพลิไฟเออร์ (preamplifier) วงจรถ่วงน้ำหนัก (weighting networks) ภาคขยายสัญญาณ (amplifier) และมิเตอร์ (meter)

หลักการการทำงานของเครื่องมือ เมื่อคลื่นเสียงกระทบแผ่นไดอะแฟรม (diaphragm) ของไมโครโฟน ก็จะสั่นตามความดันนั้นแล้วเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของความต่างศักย์ และถูกขยายด้วยปริแอมพลิไฟเออร์ ผ่านไปยังวงจรถ่วงน้ำหนัก ส่วนนี้สัญญาณไฟฟ้าที่เข้ามาจะถูกปรับให้อยู่ในสเปกตรัม (spectrum) ที่หูของมนุษย์ตอบสนองได้ แล้วผ่านไปยังเครื่องขยายสัญญาณอีกครั้งเพื่อให้เครื่องมือสามารถอ่านค่าได้ที่โวลต์มิเตอร์ ในหน่วยเดซิเบล

### วิธีการตรวจวัดระดับเสียง

การตรวจวัดระดับเสียง มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1. การเตรียมการตรวจวัด โดยเตรียมเครื่องมือวัดเสียงและอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ตรวจสอบความพร้อม

ของเครื่องมือและอุปกรณ์นั้นๆ ปรับความถูกต้องของเครื่องวัดเสียงด้วยอุปกรณ์ปรับความถูกต้อง สำนวสถานที่ที่จะทำการตรวจวัด

2. การดำเนินการตรวจวัด เมื่อได้สำรวจสภาพการทำงานแล้ว กำหนดจุดที่จะทำการตรวจวัด ซึ่งอาจเป็นแหล่งกำเนิดเสียง ที่บริเวณพื้นที่ทำงาน หรือที่ที่คาดว่าจะเป็นอันตรายต่อผู้ได้ยิน แล้วจึงทำการตรวจวัด โดยมีการบันทึกข้อมูลสำคัญๆ ไว้ด้วย เพื่อจะได้ประเมินผลที่จะตามมา

3. การแปลผลการตรวจวัด นำค่าที่ได้มาจากการวัดระดับเสียง เปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานระดับเสียงตามเงื่อนไขต่างๆ ที่กฎหมายกำหนดไว้ เพื่อจะได้ควบคุมระดับเสียงให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

### เกณฑ์กำหนดของระดับเสียงที่เป็นอันตราย

1. มาตรฐานของระดับเสียงในสถานประกอบการ

1. ได้รับเสียงไม่เกินวันละ 7 ชั่วโมง ต้องมีระดับเสียงติดต่อกันไม่เกิน 91 เดซิเบลเอ

2. ได้รับเสียงวันละ 7-8 ชั่วโมง ต้องมีระดับเสียง



ติดต่อกันไม่เกิน 90 เดซิเบลเอ

3. ได้รับเสียงเกินวันละ 8 ชั่วโมง ต้องมีระดับเสียงติดต่อกันไม่เกิน 80 เดซิเบลเอ

4. นายจ้างให้ลูกจ้างทำงานในที่ที่มีระดับเสียงเกิน 140 เดซิเบลเอ ไม่ได้

วิธีการตรวจวัดเป็นไปตามประกาศกระทรวงมหาดไทย (พ.ศ. 2519)

## 2. มาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป

1. ค่าระดับเสียงสูงสุดไม่เกิน 115 เดซิเบลเอ

2. ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 70 เดซิเบลเอ

วิธีการตรวจวัดเป็นไปตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2540) เรื่อง กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไปมาตรา 32(5) แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ณ วันที่ 12 มีนาคม พ.ศ. 2540

## 3. มาตรฐานระดับเสียงจากการทำเหมืองหิน

1. ค่าระดับเสียงสูงสุดไม่เกิน 115 เดซิเบลเอ

2. ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 8 ชั่วโมง ไม่เกิน 75 เดซิเบลเอ

3. ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 70 เดซิเบลเอ

วิธีการตรวจวัดเป็นไปตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมระดับเสียงและความสั่นสะเทือนจากการทำเหมืองหิน มาตรา 55 แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ประกาศ ณ วันที่ 23 พฤศจิกายน พ.ศ. 2539

## 4. มาตรฐานระดับเสียงของเรือ

ไม่เกิน 100 เดซิเบลเอ ที่ระยะ 0.5 เมตร จากปลายท่อไอเสีย หรือกาบเรือ (ให้ตรวจสอบค่าระดับเสียง 2 ครั้ง และถือเอาค่าสูงสุดที่วัดได้เป็นค่าระดับเสียงของเรือ ถ้าแตกต่างกันเกินกว่า 2 เดซิเบลเอ ให้ตรวจสอบใหม่)

วิธีการตรวจวัดเป็นไปตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดระดับเสียงเรือ ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 111 ตอนที่ 75 ง. วันที่ 20 กันยายน พ.ศ. 2537

## 5. มาตรฐานระดับเสียงของรถยนต์ (ระดับเสียงขณะที่เดินเครื่องยนต์อยู่กับที่โดยไม่รวมแตรสัญญาณ)

1. ไม่เกิน 100 เดซิเบลเอ ที่ระยะ 0.5 เมตร

2. ไม่เกิน 85 เดซิเบลเอ ที่ระยะ 7.5 เมตร

วิธีการตรวจวัดและสถานที่ตรวจวัด เป็นไปตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

เรื่องกำหนด ระดับเสียงรถยนต์ และภาคผนวกท้ายประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดระดับเสียงรถยนต์ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2546

## 6. มาตรฐานระดับเสียงของรถจักรยานยนต์

ไม่เกิน 95 เดซิเบลเอ ที่ระยะ 0.5 เมตร (ระดับเสียงขณะที่เดินเครื่องยนต์อยู่กับที่โดยไม่มีเสียงแตรสัญญาณ)

วิธีการตรวจวัดและสถานที่ตรวจวัด เป็นไปตามประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนด ระดับเสียงรถยนต์ และภาคผนวกท้ายประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดระดับเสียงรถยนต์ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2546

## การควบคุม ป้องกัน และลดเสียงดัง

วิธีการควบคุม ป้องกัน และลดระดับเสียง แบ่งออกเป็น 3 ส่วนต่อไปนี้ คือ

1. การควบคุมแก้ไขที่แหล่งกำเนิดของเสียง เป็นวิธีการประหยัดกว่าวิธีอื่น ซึ่งต้องศึกษาวิธีการปฏิบัติงานหรือกระบวนการทำงาน สามารถทำได้ดังนี้

1.1 ออกแบบเครื่องจักรให้มีเสียงดังน้อยกว่า แทนที่เครื่องจักรที่มีเสียงดังมาก

1.2 แก้ไขปรับปรุงบริเวณที่เป็นแหล่งกำเนิดเสียงดัง เช่น ไซยางหรือพลาสติกกรองบริเวณที่มีโลหะสัมผัสกัน

1.3 แก้ไขบางส่วนของเครื่องจักรแทนที่จะแก้ไขทั้งหมด เช่น บุด้วยวัสดุลดเสียง ครอบด้วยวัสดุกันสะเทือน ลดความเร็วในการอัดฉีดของเครื่องจักร

1.4 แยกส่วนที่มีเสียงดังออกไป เช่น ปั่นลม เครื่องอัดอากาศ เป็นต้น

1.5 ปิดล้อมเครื่องจักร โดยใช้วัสดุดูดซับเสียง เช่น mineral wool มาบรรจุเป็นโครงสร้างที่จะใช้ครอบ หรือปิดล้อมเครื่องจักร

1.6 บำรุงรักษาอุปกรณ์ เครื่องมือ เครื่องจักร อยู่เสมอ เช่น ทำความสะอาดเป็นประจำ และหยอดน้ำมัน อยู่เสมอ

2. การควบคุมที่ทางผ่านของเสียง แนวทางนี้เป็นทางเลือกในลำดับที่สอง อาจทำได้ดังต่อไปนี้

2.1 เพิ่มระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงกับจุดปฏิบัติงาน ระดับเสียงจะลดลงเมื่อระยะทางมากขึ้น

2.2 ติดตั้งฉากกำบังขวางกั้นทางเดินของเสียง



ใช้กับเสียงที่มีความถี่สูง ซึ่งสามารถลดระดับเสียงได้ประมาณ 15 เดซิเบลเอ

2.3 ติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงที่ผนังหรือเพดาน บางพื้นที่มีผนังและเพดานที่เป็นวัสดุแข็ง เสียงจะสะท้อนมาก สามารถใช้วัสดุดูดซับเสียงบุตามผนังและเพดาน เพื่อลดความดังของเสียงได้ประมาณ 10 เดซิเบลเอ

3. การควบคุมที่ผู้ปฏิบัติงาน ในกรณีที่ไม่สามารถลดระดับเสียงที่แหล่งกำเนิดและทางผ่านของเสียงได้แล้ว ลำดับสุดท้ายจึงป้องกันที่ผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นวิธีการป้องกันอันตรายจากเสียงที่ง่าย สะดวก และกระทำได้ทันที คือ การใช้อุปกรณ์ลดเสียง ได้แก่ ปลั๊กลดเสียง หรือครอบหูลดเสียง ซึ่งสามารถลดเสียงลงได้ตั้งแต่ 22-29 เดซิเบลเอ ขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาผลิตและชนิดของอุปกรณ์ลดเสียง ดังรูปที่ 2 และรูปที่ 3



รูปที่ 3 ครอบหูลดเสียง

สรุปได้ว่า ผู้ที่ได้รับผลกระทบจากเสียงจนถึงขั้นหูหนวกหรือสูญเสียการได้ยินแล้วนั้น ย่อมมีความรู้สึกรำคาญตัวเองที่ฟังไม่ค่อยได้ยินหรือฟังไม่รู้เรื่อง ดังนั้นผู้ทำงานเกี่ยวข้องกับเสียงที่ดังมากๆ ควรหาทางป้องกันปัญหาเกี่ยวกับการได้ยิน โดยใช้อุปกรณ์ป้องกันขณะปฏิบัติงานบริเวณที่มีเสียงดัง

กรมวิทยาศาสตร์บริการโดยโครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กลุ่มงานสิ่งแวดล้อม ได้ให้บริการการตรวจวัดมลพิษทางเสียงในสถานประกอบการ โดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับโรงงาน และเพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมและลดระดับเสียงภายในโรงงาน ไม่ให้เกิดผลกระทบต่อพนักงาน และชุมชนที่อยู่บริเวณใกล้เคียงโรงงาน ผู้สนใจสามารถติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่ กลุ่มงานสิ่งแวดล้อม โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ โทรศัพท์ 0-2201-7144-47



รูปที่ 2 ปลั๊กลดเสียง

## เอกสารอ้างอิง

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการพลังงาน. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. **ความรู้เรื่องสิ่งแวดล้อม**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัดภาพพิมพ์, 2530. หน้า 101-104.

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม. กรมควบคุมมลพิษ. **มลพิษทางเสียง**. กรุงเทพฯ : บริษัทซีลค์คัลลิบ จำกัด, 2544. หน้า 1-1 - 1-2.

กระทรวงสาธารณสุข. กรมอนามัย. **การเฝ้าระวังระดับความดังเสียงในเขตปริมณฑลและส่วนภูมิภาค ปี 2539 และผลกระทบต่อสุขภาพ**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก, 2540. หน้า 16-17.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี. ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม. **IV การจัดการเสียงและการสั่นสะเทือน** เรียบเรียงโดย พวงรัตน์ ขจิตวิษยานุกูล. วิศวกรรมการประปาและสุขาภิบาล เล่มที่ 2 : การควบคุมมลพิษอากาศ การจัดการเสียง และการสั่นสะเทือน และการจัดการขยะมูลฝอย. กรุงเทพฯ : เรือนแก้วการพิมพ์, 2542. หน้า IV-15 ถึง IV-24.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. **เอกสารการสอนชุดวิชาสุขศาสตร์อุตสาหกรรมพื้นฐาน**. นนทบุรี : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, 2533. หน้า 368.

วิฑูรย์ ลิมะโชคดี. **คู่มือการลดและควบคุมเสียงดังในโรงงาน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., 2544. หน้า 5.





# การหาสถานะที่ดีที่สุดของวิธีวิเคราะห์ โดยใช้วิธี Simplex Optimization

เรียบเรียงโดย

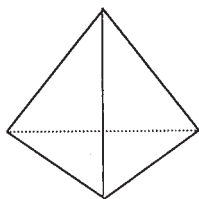
ปัทมา นพรัตน์

**ใบ** การหาสถานะที่ดีที่สุดของวิธีวิเคราะห์ที่มีหลายตัวแปรมักใช้เวลานาน และมีความยุ่งยากซับซ้อน การนำเทคนิค simplex optimization มาใช้จึงเป็นทางเลือกทางหนึ่งที่ทำให้สามารถหาสถานะที่ดีที่สุดของวิธีวิเคราะห์ซึ่งมีหลายตัวแปรได้ ซึ่งเทคนิคดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในด้านเคมีและวิศวกรรมเคมี

Simplex optimization เป็นวิธีที่เริ่มต้นการทดลองจำนวน  $k+1$  การทดลอง โดยที่  $k$  คือจำนวนตัวแปรที่ควบคุม ถ้ามี 2 ตัวแปร simplex เริ่มต้นจะถูกออกแบบให้มี 3 การทดลอง และถ้ามี 3 ตัวแปร simplex เริ่มต้นจะถูกออกแบบให้มี 4 การทดลอง เป็นต้น รูปที่เกิดจากการเชื่อมต่อจุดของการทดลองจำนวน  $k+1$  เรียกว่า “simplex” มุมของรูปเรียกว่า “จุดตัดของเส้น (vertices)” รูปร่างของ simplex ที่เกิดจาก 2 ตัวแปร และ 3 ตัวแปร คือ สามเหลี่ยม (triangle) และทรงแห้ว (tetrahedron) ตามลำดับ

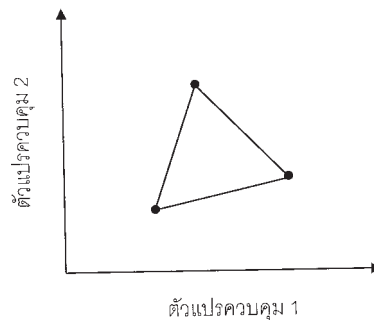


สามเหลี่ยม  
เกิดจาก 2 ตัวแปร



ทรงแห้ว  
เกิดจาก 3 ตัวแปร

รูปที่ 1. แสดงรูปร่างของ simplex ที่เกิดจากตัวแปร 2 ตัวแปร และ 3 ตัวแปร



รูปที่ 2. แสดง simplex ที่มาจาก 3 การทดลอง ที่ตัวแปรที่ควบคุม 2 ตัวแปรมีค่าแตกต่างกัน

หลังจากได้การทดลองเริ่มต้นแล้ว กระบวนการ simplex ก็จะดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ด้วยการสร้างการทดลองใหม่ขึ้นมาเรื่อยๆ จนกระทั่ง simplex ค้นพบการทดลองที่ตัวแปรควบคุมให้ค่าที่ดีที่สุด นั่นคือกระบวนการหาสถานะที่ดีที่สุด (optimization process) จะสิ้นสุดลงเมื่อบรรลุวัตถุประสงค์ของการหาสถานะที่ดีที่สุด หรือค่าที่วัดได้ (response) ไม่สามารถจะเพิ่มขึ้นต่อไปได้อีก

ขั้นตอนการดำเนินการของวิธี simplex optimization มีกฎดังนี้

**กฎข้อที่ 1 :** สร้าง simplex เริ่มต้นด้วยการทดลองจำนวนเท่ากับจำนวนตัวแปรที่ควบคุมบวกกับหนึ่ง และวัดค่าที่วัดได้ของแต่ละการทดลอง

**กฎข้อที่ 2 :** ตัดการทดลองที่ให้ค่าที่วัดได้ต่ำที่สุดออก แล้วทำการทดลองขึ้นใหม่แทนการทดลองเดิมที่ให้ค่าต่ำที่สุด โดยคำนวณจากการสะท้อน (reflect) กับการทดลองที่ให้ค่าต่ำที่สุดในทิศทางตรงข้ามกับด้านที่การทดลองเหลืออยู่

**กฎข้อที่ 3 :** ถ้าการทดลองที่ทำขึ้นใหม่ให้ค่าที่ต่ำที่สุดใน simplex ใหม่ ตามกฎข้อที่ 2 จะทำการทดลอง

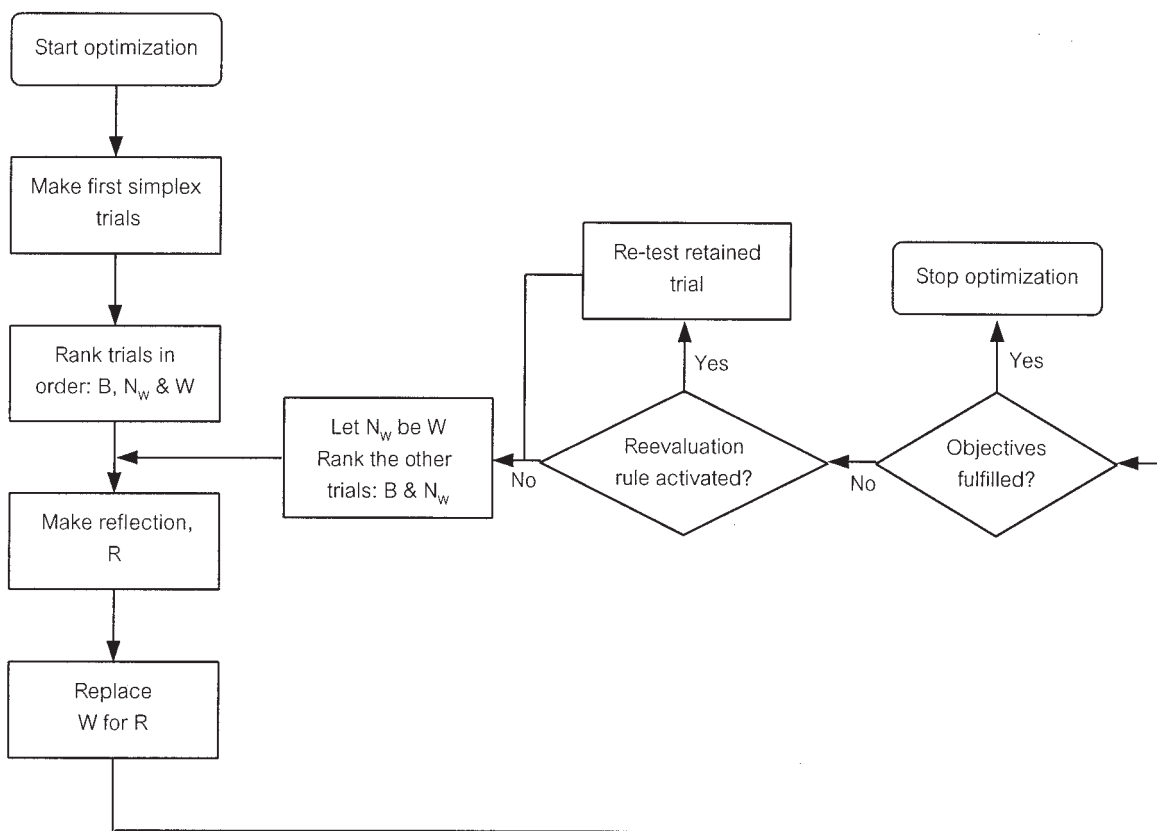


ใหม่โดยการสะท้อนกับการทดลองที่ให้ค่าต่ำสุดในทิศทางตรงข้าม ทำให้ได้การทดลองเดิมที่ให้ค่าต่ำสุดใน simplex เดิม ดังนั้นถ้าไม่มีกฎข้อที่ 3 จะทำให้เกิดการสะท้อนกลับไปกลับมาระหว่างการทดลองทั้งสอง กฎข้อที่ 3 จึงให้ตัดการทดลองที่ให้ค่าต่ำสุดเป็นอันดับสองแล้วสะท้อนกับการทดลองนี้ในทิศทางตรงข้าม ทำให้ได้การทดลองใหม่ขึ้นมา

**กฎข้อที่ 4 :** ถ้าการทดลองใดเป็นส่วนหนึ่งของ simplex ติดต่อกันมากกว่า 3 ครั้ง และใน simplex 3 ครั้งสุดท้ายให้ค่าที่สูงที่สุด จะถือว่าการทดลองนั้นเป็นการทดลองที่มีสถานะที่ดีที่สุด (optimum value) ของขนาด simplex ที่กำหนด ถ้าต้องการให้ขนาดของ simplex เล็กลง จะต้องทำการทดลองสร้าง simplex ขึ้นใหม่ แล้วดำเนินการต่อไปเป็นวัฏจักรไปเรื่อยๆ

ขั้นตอนของวิธี simplex optimization สามารถเขียนเป็นแผนภูมิ (flow chart) แสดงขั้นตอนการดำเนินการดังแสดงในรูปที่ 3

ดำเนินการ ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3. แสดงแผนภูมิขั้นตอนการดำเนินการของวิธี simplex optimization

**W = worst trial,  $N_w$  = next-to-the worst trial, B = best trial.**

ตัวอย่างการใช้วิธี simplex optimization ในการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างความเข้มข้นของอะลูมิเนียมไอออนและฟลูออไรด์ไอออนสำหรับวิธีวิเคราะห์เซอร์โคเนียมด้วยเครื่องเฟลมอะตอมมิกแอบซอร์พชัน-สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ เนื่องจากการเติมอะลูมิเนียมไอออน

และฟลูออไรด์ไอออนลงไปในสารละลายจะทำให้วิธีวิเคราะห์เซอร์โคเนียมมีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่ทั้งนี้ก็ไม่ทราบแน่ชัดว่าวิธีวิเคราะห์เซอร์โคเนียมนั้นควรเติมอะลูมิเนียมไอออน หรือฟลูออไรด์ไอออนเพียงตัวใดตัวหนึ่งหรือเติมทั้งสองสารด้วยอัตราส่วนเท่าใดจึงจะเหมาะสม

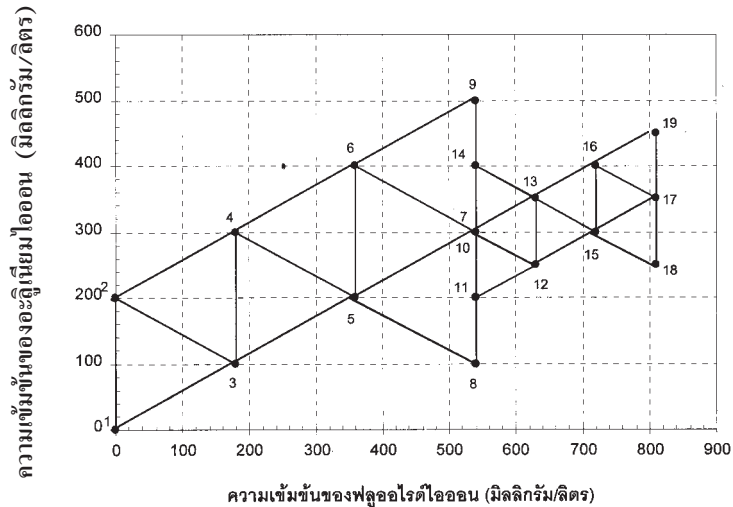


ดังนั้นจึงทำการศึกษาหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างสารทั้งสอง โดยวิธี simplex optimization ดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 4 โดยเริ่มต้นทำการทดลองครั้งที่ 1 ที่ความเข้มข้นของอะลูมิเนียมไอออน และฟลูออไรด์ไอออนเท่าไรก็ได้ ซึ่งผู้ทำการทดลองกำหนดโดยใช้ข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากประสบการณ์ การทดลองครั้งที่ 2 และ 3

กำหนดความเข้มข้นของอะลูมิเนียมไอออน และฟลูออไรด์ไอออนให้สัมพันธ์กับการทดลองครั้งที่ 1 โดยเมื่อลากจุดเชื่อมต่อของทั้งสามการทดลองแล้วต้องได้สามเหลี่ยมด้านเท่า จากนั้นดำเนินการตามขั้นตอนของวิธี simplex optimization จนกระทั่งได้สถานะที่ดีที่สุด หรือค่าที่วัดได้ไม่สามารถจะเพิ่มขึ้นต่อไปได้อีก

ตารางที่ 1. แสดง simplex ที่เกิดจากการทดลองที่มีอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของอะลูมิเนียมไอออนและฟลูออไรด์ไอออนที่แตกต่างกัน ของวิธีวิเคราะห์เซอร์โคเนียมด้วยเครื่องเฟลมอะตอมมิกแอบซอร์พชัน สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

ครั้งที่	simplex	ความเข้มข้นของ อะลูมิเนียมไอออน (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นของ ฟลูออไรด์ไอออน (มิลลิกรัม/ลิตร)	ค่าการดูดกลืน แสงของ เซอร์โคเนียม (y)	หมายเหตุ
1		0	0	0.0743	
2		200	0	0.1174	
3	(1,2,3)	100	180	0.1279	Original simplex
4	(2,3,4)	300	180	0.1422	
5	(3,4,5)	200	360	0.1525	
6	(4,5,6)	400	360	0.1485	
7	(5,6,7)	300	540	0.1619	
8	(5,7,8)	100	540	0.1493	
9	(6,7,9)	500	540	0.1439	Reject second worst
10	(6,9,10)	300	540	0.1619	Repeat y(7)
11		200	540	0.1535	
12	(10,11,12)	250	630	0.1570	New simplex
13	(10,12,13)	350	630	0.1676	
14	(10,13,14)	400	540	0.1598	
15	(12,13,15)	300	720	0.1703	Reject second worst
16	(13,15,16)	400	720	0.1686	
17	(15,16,17)	350	810	0.1705	
18	(15,17,18)	250	810	0.1614	
19	(16,17,19)	450	810	0.1701	Reject second worst



รูปที่ 4. แสดงการเคลื่อนที่ของ simplex จากการทดลองหาอัตราส่วนระหว่างความเข้มข้นของอะลูมิเนียมไอออนและฟลูออไรด์ไอออนที่แตกต่างกัน ของวิธีวิเคราะห์เซอร์โคเนียมด้วยเครื่องฟลอมอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

วิธีการคำนวณค่าตัวแปรของการทดลองใหม่แทนการทดลองเดิมที่ให้ค่าต่ำที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 2 ข้อ (1)-(5) ซึ่งมีตัวแปรที่ควบคุม 2 ตัวแปร คือความเข้มข้นของอะลูมิเนียมไอออน และฟลูออไรด์ไอออน เริ่มต้นทำการทดลองจำนวน 3 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่ 1, 2 และ 3 พบว่าการทดลองที่ 1 ให้ค่าต่ำที่สุด ดังนั้นการทดลองนี้จะถูกแทนที่ด้วยการทดลองใหม่ ขั้นตอนการคำนวณค่าตัวแปรของการทดลองใหม่เป็นดังนี้

- (1) คำนวณผลรวมของค่าตัวแปรแต่ละตัว โดยไม่รวมการทดลองที่ให้ค่าต่ำที่สุด
- (2) นำผลรวมของแต่ละตัวแปรที่ได้มาหารด้วยจำนวนตัวแปรที่ควบคุม ( $k = 2$ )
- (3) แสดงค่าของตัวแปรที่การทดลองให้ค่าต่ำที่สุด
- (4) คำนวณค่าการเคลื่อนที่ของตัวแปรของการทดลองใหม่ซึ่งมีค่าเท่ากับ (2) - (3)
- (5) คำนวณค่าตัวแปรของการทดลองใหม่ซึ่งมีค่าเท่ากับ (2) + (4)

ตารางที่ 2. แสดงตัวอย่างวิธีการคำนวณค่าตัวแปรของการทดลองใหม่แทนการทดลองเดิมที่ให้ค่าต่ำที่สุด

	ตัวแปร		ค่าที่วัดได้
	ความเข้มข้นของอะลูมิเนียมไอออน (มิลลิกรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นของฟลูออไรด์ไอออน (มิลลิกรัม/ลิตร)	
การทดลองที่ 1 (ตัดทิ้ง)	0	0	0.0743
การทดลองที่ 2	200	0	0.1174
การทดลองที่ 3	100	180	0.1279
(1) คำนวณผลรวมของค่าตัวแปรแต่ละตัว โดยไม่รวมการทดลองที่ให้ค่าต่ำที่สุด	300	180	
(2) นำผลรวมของแต่ละตัวแปรที่ได้มาหารด้วยจำนวนตัวแปรที่ควบคุม ( $k = 2$ )	150	90	
(3) แสดงค่าของตัวแปรที่การทดลองให้ค่าต่ำที่สุด (การทดลองที่ 1)	0	0	
(4) คำนวณค่าการเคลื่อนที่ของตัวแปรของการทดลองใหม่ซึ่งมีค่าเท่ากับ (2) - (3)	150	90	
(5) คำนวณค่าตัวแปรของการทดลองใหม่ซึ่งมีค่าเท่ากับ (2) + (4) (การทดลองที่ 4)	300	180	

(อ่านต่อหน้า 14)



# เปิดโลก ความรู้ วิทยาศาสตร์ สำหรับ เยาวชน ร่วมฉลองสมโภช 200 ปี พระบิดาวิทยาศาสตร์ไทย

เรียบเรียงโดย

เบญจภัทร์ จาตุรนต์ร์สมบัติ

อารียา อุทัยรุ่งเรือง

จอย ผิวสะอาด

## ความเป็นมา

ด้วยคณะรัฐมนตรีได้มีมติเมื่อวันที่ 19 พฤษภาคม 2546 เห็นชอบการจัดงานสมโภช 200 ปี แห่งการพระบรมราชสมภพ พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว 18 ตุลาคม 2547 โดยจัดเป็นโครงการเฉลิมฉลองของรัฐบาล โดยท่านนายกรัฐมนตรีเป็นประธานกรรมการอำนวยการและปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นกรรมการและเลขานุการ กรมวิทยาศาสตร์บริการ โดยสำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้เสนอโครงการ/กิจกรรมสารสนเทศอัจฉริยภาพเทิดพระเกียรติพระบิดาวิทยาศาสตร์ไทย และได้ผ่านการเห็นชอบ อนุมัติการจัดทำโครงการ/กิจกรรมเฉลิมฉลองสมโภช 200 ปีฯ ขึ้น

กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้เตรียมงานตามแผนงานโครงการ/กิจกรรมสารสนเทศอัจฉริยภาพเทิดพระเกียรติพระบิดาวิทยาศาสตร์ไทย และประสานงานแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อจัดทำพันธกิจนี้ คือ ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษา (ห้องฟ้าจำลอง) กรมทรัพยากรธรณี สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ซึ่งได้แสดงเจตจำนงที่จะร่วมจัดงานเชิงบูรณาการระหว่างหน่วยงานเพื่อร่วมฉลองสมโภช 200 ปี แห่งการพระบรมราชสมภพ พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ในฐานะ “พระบิดาแห่งวิทยาศาสตร์ไทย” โครงการ/กิจกรรมนี้เปี่ยมด้วยสาระองค์ความรู้วิทยาศาสตร์เหมาะสมแก่กลุ่มเป้าหมายที่กำหนด สอดคล้องกับนโยบายทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามยุทธศาสตร์ความเข้มแข็งทางด้านวิทยาศาสตร์ โดยตระหนักว่าเศรษฐกิจของประเทศจะต้องพึ่งพาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เหมาะสม ส่งเสริมการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านการวิจัยและการพัฒนา สร้างความตระหนักด้านวิทยาศาสตร์แก่เยาวชน

เพื่อเป็นรากฐานการเรียนรู้ ศึกษาค้นคว้า และกระตุ้นให้เยาวชนรักวิทยาศาสตร์ จึงได้เปลี่ยนชื่อโครงการสารสนเทศอัจฉริยภาพเทิดพระเกียรติพระบิดาวิทยาศาสตร์ไทย มาเป็นงาน “เปิดโลกความรู้วิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน” เพื่อร่วมฉลองสมโภช 200 ปี พระบิดาวิทยาศาสตร์ไทย 18 ตุลาคม 2547

ในโครงการ/กิจกรรมดังกล่าว ประกอบด้วยนิทรรศการพระราชกรณียกิจทางด้านต่างๆ เช่น ดาราศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ศาสนา รถห้องฟ้าจำลองเคลื่อนที่ นิทรรศการและการสาธิตทางวิทยาศาสตร์ บรรณานุกรมเลือกสรรของพระองค์ท่าน และประกวดเว็บไซต์เกี่ยวกับพระราชประวัติพระราชกรณียกิจพระบิดาแห่งวิทยาศาสตร์ไทย ฯลฯ

## พระราชประวัติ

พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาจุฬาลงกรณ์ พระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 4 แห่งพระบรมราชจักรีวงศ์ พระนามเดิม “สมเด็จพระเจ้าลูกยาเธอ เจ้าฟ้ามงกุฎสมมติเทววงศ์พงศৌศวร กษัตริย์ขัตติยราชกุมาร” พระนามเต็ม “สมเด็จพระปรมินทรมหาจุฬาลงกรณ์ วิสุทธิสมมติเทพยพงศวษชาติศวกษัตริย์ วัชรขัตติยราชนิกรโดม จาคูรันบรมมหาจักรพรรดิราชสังกาย บรมธรรมิกมหาราชาธิราช บรมนารถบพิตรพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว” เป็นพระราชนัดดาในพระบาทสมเด็จพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลก รัชกาลที่ 1 เป็นพระราชโอรสองค์ที่ 43 ในพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย รัชกาลที่ 2 และเป็นพระองค์ที่ 2 ในสมเด็จพระศรีสุริเยนทราบรมราชินี เสด็จพระราชสมภพเมื่อวันพฤหัสบดีที่ 18 ตุลาคม 2347 ตรงกับเดือน 11 ขึ้น 14 ค่ำ ปีชวด ฉศก จุลศักราช 1166 ทรงเสด็จสวดยราชสมบัติเมื่อวันพุธ เดือน 5 ขึ้น 1 ค่ำ ปีกุน ยังเป็นโศกพทุทธศักราช 2394 รวมสิริดำรงราชสมบัติ 17 ปี พระองค์ท่านทรงสวรรคตเมื่อ วันพฤหัสบดี เดือน 11 ขึ้น 15 ค่ำ ปีมะโรง เวลาทุ่มเศษ ซึ่งตรงกับวันที่ 1 ตุลาคม พุทธ-



ศักราช 2411

## สมณนาม พระบิดาแห่งวิทยาศาสตร์ไทย

### ด้านดาราศาสตร์

พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวทรงมีพระปรีชาสามารถด้านดาราศาสตร์เดินเรือ (Celestial Navigation) คือ ทรงสามารถหาดำแหน่งเส้นรุ้ง เส้นแวงของเรือพระที่นั่งกลไปฟากลางทะเล โดยทรงวัดมุมสูงของดวงอาทิตย์ด้วยกล้องเซกสแตนต์ (Sextant) เทียบกับเส้นแวงที่ผ่านเมริเดียนของพระที่นั่งภูวดลทัศไนย ซึ่งเป็นการเริ่มต้นแห่งการนำเอาวิทยาการแผนใหม่มาใช้ในประเทศไทย

พระองค์ท่านทรงเป็นนักดาราศาสตร์ไทยผู้ยิ่งใหญ่ ทรงคำนวณการเกิดสุริยุปราคาเต็มดวงที่ตำบลหัวกอ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เมื่อวันที่ 18 สิงหาคม 2411 ล่วงหน้า 2 ปี โดยทรงใช้พระปรีชาสามารถด้านคณิตศาสตร์และดาราศาสตร์ในการทรงคำนวณเวลาที่เกิดสุริยุปราคาได้อย่างแม่นยำ คือ เวลา 11 นาฬิกา 36 นาที 22 วินาที ช่วงเวลาที่เกิดสุริยุปราคา คือ 6 นาที 46 วินาที และเสด็จพระราชดำเนินพร้อมทูตานุทูต แยกต่างประเทศ และข้าราชการบริพาร ทอดพระเนตรสุริยุปราคา ปรากฏการณ์ขึ้นตรงตามที่พระองค์ทรงคำนวณไว้ทุกประการ ทั้งนี้ พระองค์ทรงคำนวณได้แม่นยำกว่านักดาราศาสตร์ชาวฝรั่งเศสถึง 2 วินาที พระอัจฉริยภาพจึงเป็นที่เลื่องลือจรจราย ปวงชนชาวไทยถวายพระราชสมัญญานาม ทรงเป็น “พระบิดาแห่งวิทยาศาสตร์ไทย”

### สาระของงานที่จัดมีอะไรบ้าง

กิจกรรมภายในงานมีหลากหลาย จำแนกได้ดังนี้

- >> นิทรรศการพระราชประวัติและพระราชกรณียกิจของพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวด้านวิทยาศาสตร์
- >> สาธิตโครงการวิทยาศาสตร์อย่างง่าย ๆ ในชีวิตประจำวัน อาทิ การทดสอบมลพิษสิ่งแวดล้อม เลือกลงใช้พลาสติกอย่างไรจึงปลอดภัย เรื่องน้ำรู้สีผสมอาหาร การทดสอบน้ำส้มสายชูปลอม / ผงชูรสปลอม / ทดสอบรังนกปลอม / น้ำผึ้งปลอม / น้ำบริโภคทางจุลชีววิทยา การปั้นดินให้เป็นดาว ฯลฯ
- >> นิทรรศการเครื่องแก้ว ตอบปัญหาชิงรางวัล
- >> งานแสดง / โชว์ผลงานวิจัยของหน่วยงาน อาทิ แนะนำหนังสือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับเยาวชน แสดงหินลอยน้ำ แร่ธาตุ ทรัพยากรธรณีวิทยา ฯลฯ
- >> การเป่าแก้ว
- >> ทัศนศึกษาเกี่ยวกับดาราศาสตร์
- >> ตอบปัญหาชิงรางวัลเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ อาทิ ความรู้เกี่ยวกับระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการ

ความรู้ด้านดาราศาสตร์ ความรู้ด้านความปลอดภัยของสีผสมอาหาร ฯลฯ

>> รถท้องฟ้าจำลอง แสดงตำแหน่งดาวต่างๆ ในระบบสุริยะ

>> แนะนำการสืบค้นข้อมูล ฐานข้อมูลวิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน ฐานข้อมูลองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ของประเทศ (Science Technology Knowledge Center : STKC)

>> แผ่นพับความรู้เรื่องต่างๆ อาทิ การทำรายงาน การผลิตลูกประคบ สีผสมอาหาร ฯลฯ

>> บรรณานุกรมเลือกสรรพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว

>> ประกวดเว็บไซต์เกี่ยวกับพระราชประวัติ พระราชกรณียกิจของรัชกาลที่ 4 ในฐานพระบิดาแห่งวิทยาศาสตร์ไทย กลุ่มเป้าหมาย นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น และตอนปลาย ในวงเงินมูลค่ารวม 115,000 บาท

### เรื่องเด่นภายในงาน

การสาธิตโครงการวิทยาศาสตร์ระดับนักเรียน, งานแสดง / โชว์ผลงานวิจัยของหน่วยงาน กิจกรรมที่ได้รับความสนใจจากผู้เข้าชมนิทรรศการไม่ว่าจะเป็น Robot Show หุ่นยนต์ 3 ตัว (ผลงานวิจัยที่นักวิทยาศาสตร์ของกรมวิทยาศาสตร์บริการร่วมกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี) ผลงานวิจัยการผลิตถ่านผลไม้เพื่อใช้ดูดกลิ่นและประดับตกแต่ง เป็นเครื่องใช้ภายในบ้าน การป้องกันการเกิดเชื้อราในผลิตภัณฑ์ผักคอบชวา สารดูดความชื้นซิลิกาเจล การผลิตสารกรองสนิมเหล็กในน้ำ การผลิตสบู่สมุนไพร ลูกประคบสมุนไพร ทั้งหมดนี้ล้วนเป็นผลงานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ของกรมวิทยาศาสตร์บริการแทบทั้งสิ้น นอกจากนั้นกิจกรรมส่งเสริมการอ่านแก่เยาวชนไทย ตอบคำถามเกี่ยวกับหนังสือที่นำมาโชว์รวบรวมโครงการวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และตอนปลาย ของภาคเหนือ ภาคใต้ กิจกรรมสร้างสรรค์นำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์กับการสืบค้นข้อมูลเพื่อแสวงหาข้อมูลด้านพระราชประวัติ พระราชกรณียกิจของรัชกาลที่ 4 “พระบิดาแห่งวิทยาศาสตร์ไทย” เพื่อส่งเข้าประกวดเว็บไซต์ ฐานข้อมูลชีวประวัตินักวิทยาศาสตร์โลก ตัวอย่างเว็บไซต์พระบิดาวิทยาศาสตร์ไทย รวมถึงโครงการวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน การสืบค้นข้อมูลข้างต้น สามารถเข้าถึง คลิกที่ [url.http://siweb.dss.go.th](http://siweb.dss.go.th)

### บทสรุป

กิจกรรม “เปิดโลกความรู้วิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน” 5-9 กรกฎาคม 2547 นับเป็นงานแรก ซึ่งเน้นกลุ่มเป้าหมาย คือ เยาวชนไทย นักเรียน ครูอาจารย์ที่สอนในโรงเรียนต่างๆ ในกรุงเทพฯ และเขตปริมณฑล งานนี้ได้รับความสนใจเป็นอย่างดีเกินความคาดหมาย ซึ่งได้มีการ



ประเมินความสำเร็จของงานที่จัด วัดได้จากระดับความพึงพอใจจากแบบสอบถาม (ตอนที่ 2 ระดับความพึงพอใจ) ผู้เขียนในฐานะเป็นเลขานุการและคณะทำงานโครงการ/กิจกรรม ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหาร กรมวิทยาศาสตร์บริการทุกท่าน มูลนิธิ ดร.ตัว ลพานุกรม สวัสดิการกรมวิทยาศาสตร์บริการ ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อ

การศึกษา (ห้องฟ้าจำลอง) กรมทรัพยากรธรณี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ฯลฯ คณะทำงานย่อยโครงการฯ ทุกฝ่ายที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ทำให้การจัดงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ และประสบความสำเร็จอย่างงดงาม

### สรุปประเมินผลงานนิทรรศการ “เปิดโลกความรู้วิทยาศาสตร์สำหรับเยาวชน”

ผลลัพธ์ : ผู้เข้าร่วมงานมีความพึงพอใจโดยรวม ระดับมาก - มากที่สุด = 80.60 %

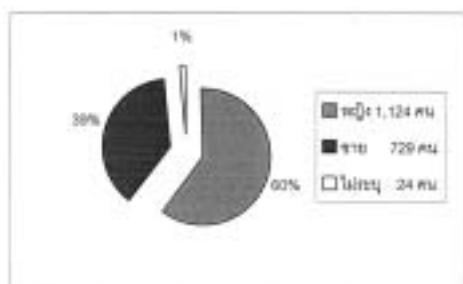
(จำนวนแบบสอบถามทั้งหมด 4,000 ฉบับ ได้รับคืน 1,877 ฉบับ (46.92%)

ความคิดเห็น	ระดับความพึงพอใจ (ร้อยละ)				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. กิจกรรมที่จัดสอดคล้องกับความต้องการ	26.40	55.10	17.60	0.60	0.20
2. ความสะดวกในการเข้าชมงาน	20.90	42.90	32.80	3.00	0.40
3. ความเหมาะสมของสถานที่จัดงาน	24.20	43.30	29.00	3.00	0.50
4. ความรู้ที่ได้รับทำให้เกิดความคิดริเริ่มสร้างสรรค์	37.00	45.50	15.90	1.40	0.20
5. ความรู้ที่ได้รับทำให้รักการอ่าน	31.40	44.00	22.20	2.20	0.20
6. ความรู้ที่ได้รับสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	28.00	47.40	22.20	2.00	0.40
7. ความพึงพอใจโดยรวม	34.50	46.10	16.70	1.70	0.90

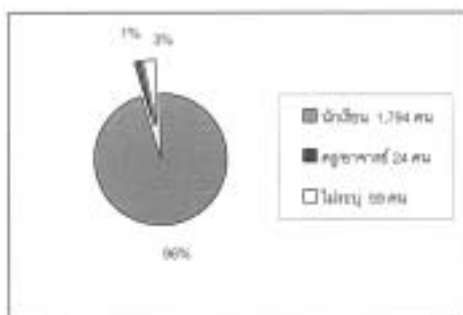
### แบบสอบถาม

#### ตอนที่ 1

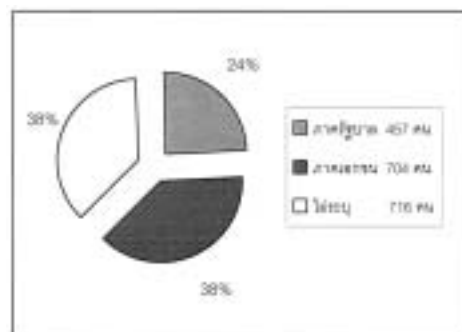
##### 1. เพศ



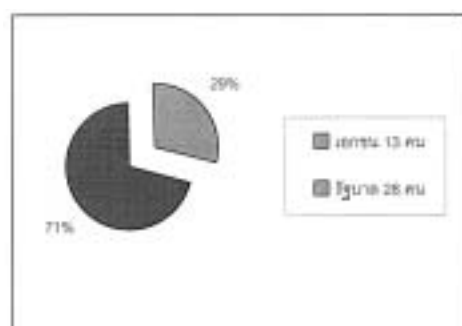
##### 2. สถานภาพ



##### 3. สถานภาพ : นักเรียน

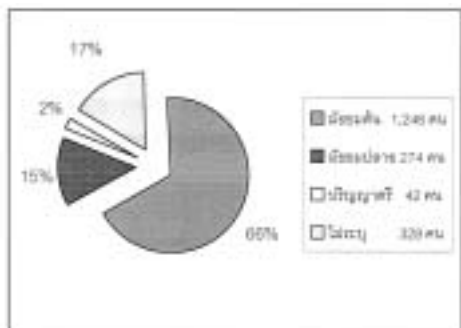


##### 4. สถานภาพ : ครู อาจารย์

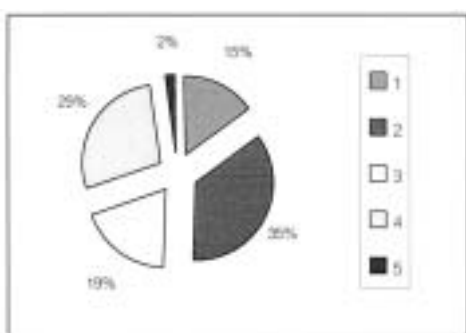




### 5. การศึกษา



### 6. วัตถุประสงค์ในการร่วมงาน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)



- 1 ศึกษาเกี่ยวกับพระอัจฉริยภาพ พระปรีชาสามารถของพระบิดาวิทยาศาสตร์ไทย (627 คน)
- 2 ศึกษาหาความรู้/ความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (1,445 คน)
- 3 ศึกษาแนวทางในการจัดทำโครงการวิทยาศาสตร์ (796 คน)
- 4 ชมนิทรรศการและการสาธิตงานวิทยาศาสตร์ (1,186 คน)
- 5 ไม่ระบุ (75 คน)

กิจกรรมที่ได้รับความสนใจและประสงค์ให้จัดในนิทรรศการครั้งต่อไปอันดับ 1-10 ตามลำดับมีดังนี้ (อ้างอิงตามแบบสอบถาม ตอนที่ 3 ข้อ 2)

1. การทดลอง
2. ทุกกิจกรรม
3. งานแสดง / สาธิตวิทยาศาสตร์
4. การเป่าแก้ว / ชามเครื่องปั้นดินเผา / กระจกสา
5. ตอบปัญหาชิงรางวัล
6. ระบบสุริยะ / ดวงดาว
7. ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
8. กิจกรรมที่ให้ความรู้กับนักเรียน
9. นายวิดิทัศน์ทางด้านวิทยาศาสตร์
10. นิทรรศการหนังสือ

### บทส่งท้าย

พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว พระสมญานามพระบิดาแห่งวิทยาศาสตร์ไทย พระผู้ทรงเป็นผู้นำของประเทศ พระอัจฉริยภาพเป็นที่เกริกเกียรติ ก้องไกล ประชาชนคนไทยมีความภาคภูมิใจ พวกเราชาวไทยได้พร้อมใจกันสืบทอดเจตนารมณ์อันสูงส่ง ด้วยเกียรติคุณทางวิทยาศาสตร์ของพระองค์ท่าน ให้เจริญรุ่งเรืองมั่นคงเป็นพื้นฐานในการพัฒนาชาติบ้านเมืองอันเป็นที่รักของเราสืบต่อไป ขอพระองค์ท่าน พระผู้ปกเกล้าปกกระหม่อมจงทรงเป็นพลังบันดาลใจเยาวชนไทย ให้คนไทยมีจิตใจรักและศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ เพื่อเจริญรอยตามพระยุคลบาทให้มากยิ่งขึ้น เพื่อจะได้สนองพระราชประสงค์อันแน่วแน่ที่จะให้ประเทศไทยเจริญก้าวหน้าทัดเทียมอารยประเทศทั้งหลาย ในฐานะมิตรประเทศที่มีเกียรติและศักดิ์ศรีเสมอกันไปอย่างแท้จริงสืบไป



## เอกสารอ้างอิง

- โครงการอุทยานวิทยาศาสตร์พระจอมเกล้า ณ หว้ากอ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวพระบิดาแห่งวิทยาศาสตร์ไทย. กรุงเทพฯ : กรมการศึกษานอกโรงเรียน, 2533.
- ทักษิณา ณ ตะกั่วทุ่ง. พระบิดาแห่งวิทยาศาสตร์ไทย : พระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว. กรุงเทพฯ : บ้านแปลน, 2544.
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ชมรมเผยแพร่พระราชประวัติ รัชกาลที่ 4. พระราชประวัติพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 4. [ออนไลน์อ้างถึงวันที่ : 17 มิถุนายน 2547]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.kingmongkut.com>.
- สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. พระมหากษัตริย์กับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย. กรุงเทพฯ : สำนักงาน, 2539.
- สุภา พันนาค. 35 นักวิทยาศาสตร์ไทย. กรุงเทพฯ : เอกลักษณ์, ม.ป.ป.





# ความผิดพลาดของการวัดปริมาตร

## ที่เกิดจากตำแหน่งเมนิสคัสของเครื่องแก้วปริมาตร

เรียบเรียงโดย

พจมาน ทำจิ้น

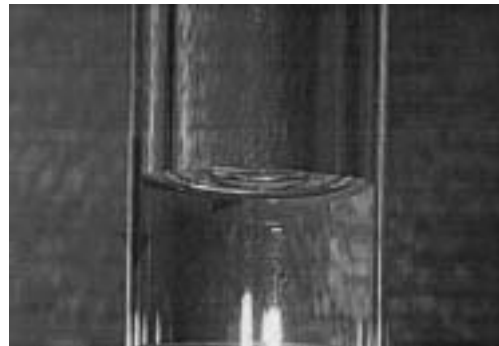
**ความ**ผิดพลาดจากการอ่านค่าการวัดปริมาตร อาจเกิดขึ้นได้หลากหลายปัจจัย เช่น ค่าความผิดพลาดเนื่องจากพาราแลล ความผิดพลาดของการวัดปริมาตรเนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของตำแหน่งเมนิสคัสของเครื่องแก้วปริมาตร เป็นต้น แต่ความผิดพลาดเนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของตำแหน่งเมนิสคัสเป็นปัจจัยสูงสุดที่ทำให้ผลการวัด การทดสอบไม่ถูกต้อง การศึกษานี้เป็นการศึกษาความผิดพลาดสูงสุดของการวัดปริมาตรของขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 50 มล. และ 100 มล.

เครื่องแก้วปริมาตรถือเป็นเครื่องมือวัดที่มีความสำคัญและใช้กันมากในห้องปฏิบัติการทดสอบทางเคมีทางชีวภาพ รวมทั้งในอุตสาหกรรมหลากหลายที่เกี่ยวข้องกับการชั่ง ตวง และวัดปริมาตรของของเหลว หากปริมาตรที่ใช้ในการตวงหรือวัดผ่านเครื่องแก้วปริมาตรไม่ถูกต้องย่อมมีผลโดยตรงต่อผลการทดสอบ และ/หรือผลิตภัณฑ์จากการผลิต

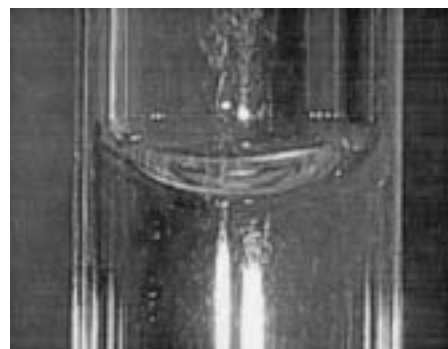
สมบัติประการหนึ่งของน้ำที่กระทำต่อหลอดแก้วคือ ความตึงผิว (surface tension) ที่ทำให้ขอบน้ำที่ติดข้างหลอดแก้วมีระดับสูงกว่าน้ำตรงส่วนกลางหลอดแก้ว ยิ่งใช้ภาชนะเล็กที่แคบลง เช่นหลอดแก้วเล็กๆ จะเห็นรอยเว้าลงของระดับน้ำตรงส่วนกลางได้ชัดเจน ที่เป็นเช่นนี้เพราะน้ำเปียกผิวแก้ว และโมเลกุลของน้ำถูกแก้วดึงไว้ ขอบน้ำในบริเวณที่สัมผัสกับผิวแก้วจึงสูงกว่าระดับน้ำตรงส่วนกลาง ซึ่งส่วนโค้งของผิวน้ำในหลอดแก้วนี้เรียกว่า เมนิสคัส (meniscus)

การวัดปริมาตรที่ถูกต้องจะต้องให้ท้องน้ำ หรือด้านล่างของเมนิสคัสอยู่ที่ขีดระบุบนเครื่องแก้ว หากเมนิสคัสไม่สมบูรณ์จะมีผลทำให้ปริมาตรที่ได้จากการตวงไม่เหมาะสม

ด้วย ซึ่งความไม่สมบูรณ์ของเมนิสคัสโดยปกติเกิดจากความไม่สะอาดภายในของหลอดแก้ว



รูปที่ 1 แสดงเมนิสคัสในหลอดแก้วที่ไม่สมบูรณ์



รูปที่ 2 แสดงเมนิสคัสในหลอดแก้วที่สมบูรณ์

สมการที่ (1) แสดงสมการสมดุลของแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากความตึงผิว และสมการ (2) แสดงสมการการหาค่าปริมาตรเนื่องจากเมนิสคัสที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากแรงตึงผิว

$$\rho g V_{meniscus} = 2\pi r \gamma_{LV} \cos \theta \dots\dots\dots(1)$$

$$V_{meniscus} = \frac{2\pi r \gamma_{LV} \cos \theta}{\rho g} \dots\dots\dots(2)$$



- เมื่อ  $\rho$  : ความหนาแน่นของน้ำ =  $0.9982 \text{ g/cm}^3$
- $g$  : อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง =  $9.81 \text{ cm/s}^2$
- $V_{meniscus}$  : ปริมาตรเนื่องจากเมนิสคัส
- $r$  : รัศมีภายในหลอดแก้ว
- $\gamma_{LV}$  : ความตึงผิวของน้ำที่ 20 องศาเซลเซียส =  $72.8 \times 10^{-3} \text{ N/m}$
- $\theta$  : มุมที่ของเหลวสัมผัสข้างหลอดแก้วเป็น องศา

กรณีขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 มล.

รัศมีภายในหลอดแก้ว  $r \approx 0.48$  ซม. (จากการวัดรัศมีภายในคอขวดวัดปริมาตร บริเวณเส้นบอกปริมาตร)  
หาปริมาตรเมนิสคัสที่มุมที่ของเหลวสัมผัสข้างหลอดแก้ว  $\theta \approx 45$  องศา

$$V_{meniscus} = \frac{2 \times 22 \times 0.48 \times 72.8 \times 10^{-5} \times \cos 45^\circ}{7 \times 0.9982 \times 9.81 \times 10^{-3}} \text{ cm}^3$$

$$V_{meniscus} = 0.1586 \text{ cm}^3$$

เพราะฉะนั้นความผิดพลาดสูงสุดของการวัดปริมาตรขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 มล. เนื่องจากความผิดพลาดของตำแหน่งเมนิสคัส และความผิดพลาดของมุมของเหลวสัมผัสข้างหลอดแก้ว  $\theta \approx 45 - 90$  องศา เท่ากับ  $-0.1586$  ลบ.ซม.

กรณีขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มล.

รัศมีภายในหลอดแก้ว  $r \approx 0.59$  ซม. (จากการวัดรัศมีภายในคอขวดวัดปริมาตร บริเวณเส้นบอกปริมาตร)  
หาปริมาตรเมนิสคัสที่มุมที่ของเหลวสัมผัสข้างหลอดแก้ว  $\theta \approx 45$  องศา

$$V_{meniscus} = \frac{2 \times 22 \times 0.59 \times 72.8 \times 10^{-5} \times \cos 45^\circ}{7 \times 0.9982 \times 9.81 \times 10^{-3}} \text{ cm}^3$$

$$V_{meniscus} = 0.1950 \text{ cm}^3$$

เพราะฉะนั้นความผิดพลาดสูงสุดของการวัดปริมาตรขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มล. เนื่องจากความผิดพลาดของตำแหน่งเมนิสคัส และความผิดพลาดของมุมของเหลวสัมผัสข้างหลอดแก้ว  $\theta \approx 45 - 90$  องศา เท่ากับ  $-0.1950$  ลบ.ซม.

ความผิดพลาดสูงสุดของการวัดปริมาตรขวดวัดปริมาตร เนื่องจากความผิดพลาดและความไม่สมบูรณ์ของตำแหน่งเมนิสคัสนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อผลการวัด เพราะมีค่าการวัดปริมาตรที่ผิดพลาดมากกว่าค่าขอบเขตการยอมรับได้ของขวดวัดปริมาตร ความไม่สมบูรณ์ของตำแหน่งเมนิสคัสอันเกิดจากความไม่สะอาดของเครื่องแก้ว ทำให้ผู้ใช้เครื่องแก้วต้องให้ความสำคัญระมัดระวังและตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมนิสคัสก่อนการใช้งานอย่างเคร่งครัด



## เอกสารอ้างอิง

Sears, Zemansky ; and Young, Hugh D. **University Physics**. 5<sup>th</sup> ed. , London : Addison Wesley, 1978. p. 222-226.

**STKC** ศูนย์ความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
Science and Technology Knowledge Center

'ประตู สู่โลกวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี'  
'Gateway to Science and Technology World'



[www.stkc.go.th](http://www.stkc.go.th)

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
Ministry of Science and Technology

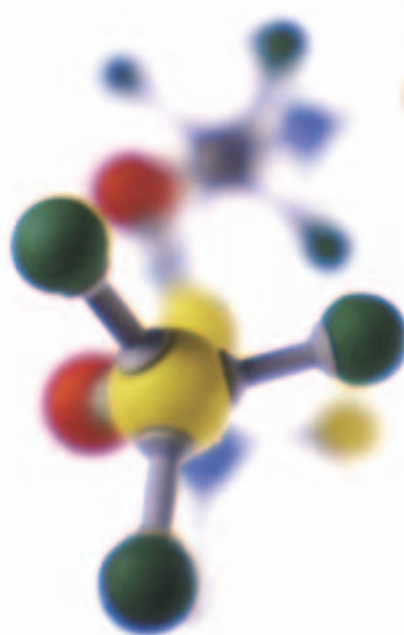


วิทยาศาสตร์  
และเทคโนโลยีแห่งชาติ 2547

**19-23**  
**ตุลาคม 2547**

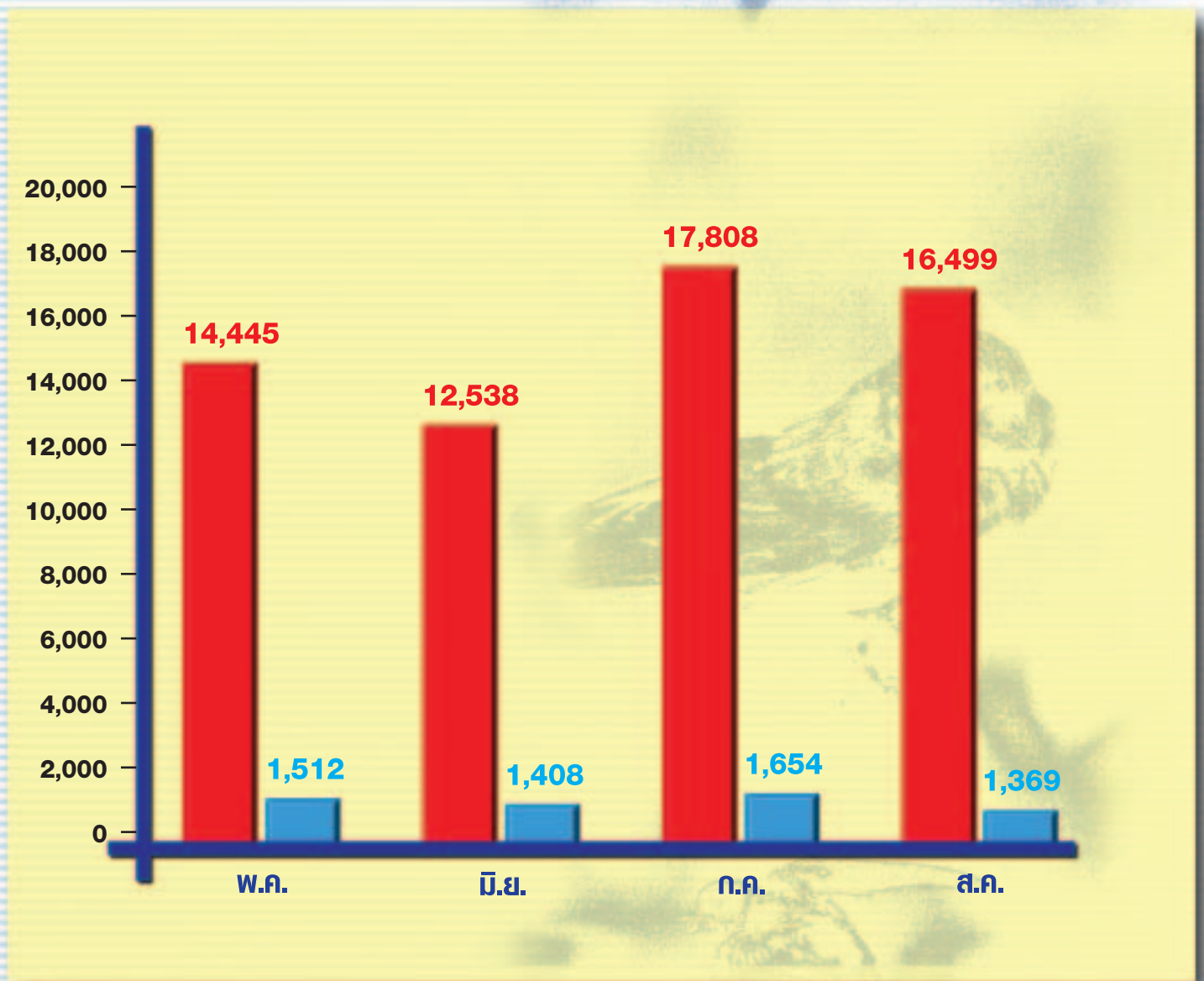
ณ อิมแพ็ค เมืองทองธานี

"วิทยาศาสตร์ มีค่าขอบ"



# สถิติแสดงจำนวนตัวอย่างและรายการ วิเคราะห์ทดสอบวัตถุตัวอย่าง เดือน พฤษภาคม - สิงหาคม 2547

 จำนวนตัวอย่าง  
 จำนวนรายการ



อัตราส่วน 1 : 1000