

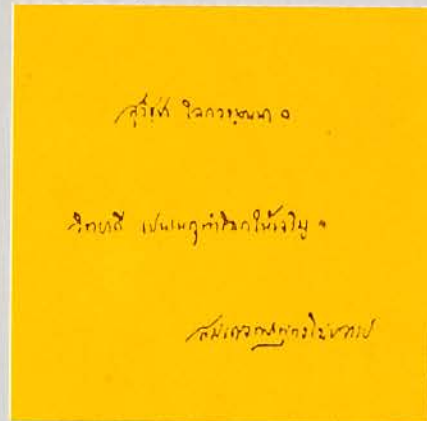




จัดทำและเผยแพร่โดย  
ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์  
สำนักงานเลขานุการกรม  
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

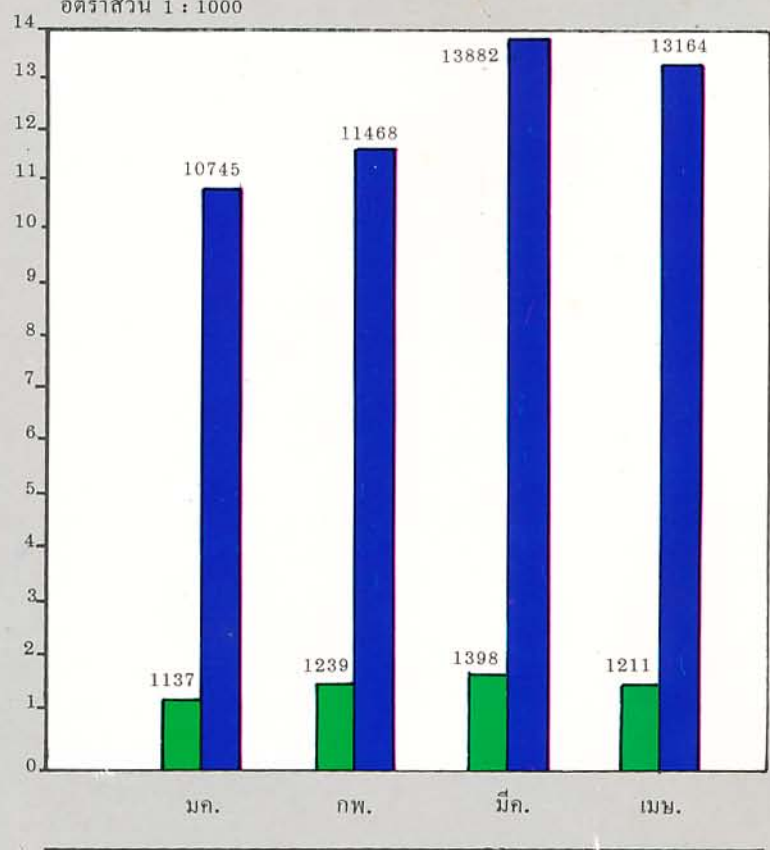
ถนนพระราม 6/โยธี พญาไท กท. 10400

โทร. 2455523



### สถิติรายงานการวิเคราะห์ทดสอบวัสดุตัวอย่าง เดือนมกราคม ถึง เดือนเมษายน 2534

อัตราส่วน 1 : 1000



■ ตัวอย่าง  
■ รายการ

# กระดาษจากผักตบชวา

ดร. วรุณี ธีรมงคล

ผู้อำนวยการกองการวิจัย



พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงมีพระราชดำริเกี่ยวกับการนำผักตบชวาไปใช้ประโยชน์นอกเหนือจากการนำไปทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์และเชื้อเพลิงชีวภาพ โดยนำผักตบชวาไปผลิตเป็นกระดาษใส่ต้นไม้ ที่มีสมบัติเป็นปุ๋ยในตัวเอง และมีอายุการใช้งานประมาณ 3-6 เดือน ซึ่งเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรในการนำเศษวัชพืชที่มีอยู่เป็นจำนวนมากไปใช้ประโยชน์ และเพิ่มรายได้อีกทางหนึ่ง

ในการนี้ สำนักพระราชวังเป็นผู้สนองพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว โดยมีกรมวิทยาศาสตร์บริการร่วมศึกษาวิจัยด้วย กระดาษจากผักตบชวา เป็นกระดาษชนิดพิเศษ ซึ่งเมื่อใช้เพาะชำพืชแทนกระดาษดินเผา หรือถุงพลาสติกจนพืชเจริญเติบโตสมควรแก่การนำไปปลูกลงดินแล้ว สามารถนำไปขุดหลุมฝังดินปลูกได้เลย โดยไม่ต้องหุบกระดาษหรือโยนถุงพลาสติกหุ้มทิ้ง นอกจากนี้ยังมีปุ๋ยหลงเหลืออยู่เป็นอาหารของพืชในดินต่อไป

ดังนั้นการผลิตกระดาษดังกล่าว จะต้องคำนึงถึงข้อจำกัด หรือขอบเขต ดังนี้

1. วัสดุที่จะผสมกับผักตบชวาจะต้องไม่เป็นพิษแก่พืชที่ปลูก และดินในบริเวณนั้นด้วย

พร้อมทั้งสลายตัวได้ในดิน กระดาษไม่แข็งจนรากถอนไชออกมาไม่ได้

2. กระดาษจะต้องทนต่อการรดน้ำตามปกติ ทั้งในอาคาร และนอกอาคาร โดยไม่แตกก่อนเวลา 3-6 เดือน

3. กรรมวิธีการผลิตง่ายเหมาะแก่ชาวสวน ชาวสวนที่จะผลิตกระดาษจากผักตบชวาด้วยตนเอง

4. ราคาของกระดาษจากผักตบชวาจะต้องถูกกว่ากระดาษดินเผา

5. สะดวกในการใช้

จากตารางที่ 1 พบว่าส่วนที่เป็นเส้นใยคือ holocellulose มีมากกว่าร้อยละ 60 ทั้งในผักตบชวาตัดรากทิ้งและผักตบชวาทั้งต้น สำหรับ lignin ซึ่งทำหน้าที่ยึดเส้นใยให้ติดกันนี้ มีประมาณร้อยละ 10 ทั้งสองชนิด ดังนั้นในตัวของผักตบชวาเองก็สามารถทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมประสาน (binder) ได้ นอกจากนี้ลักษณะของเยื่อผักตบชวา มี vessel elements และ parenchyma cells เป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับเยื่อของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจำพวกอื่น ๆ เช่น ฟางข้าว หญ้า ชานอ้อย ดังรายละเอียดปรากฏในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของผักตบชวา คิดเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวอย่างอบแห้ง

องค์ประกอบ	ผักตบชวาตัดรากทิ้ง	ผักตบชวาทั้งต้น
Ash content	21.07	22.42
Lignin	9.6	11.0
Pentosans	15.7	13.5
Holocellulose	62.2	64.0
Alpha-cellulose	46.1	47.6
Beta-cellulose	3.1	3.2



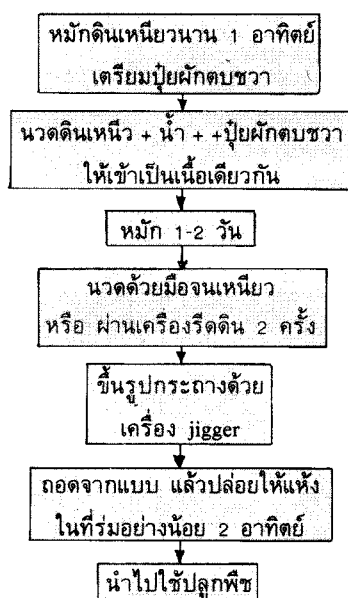
ตารางที่ 2 ค่า NPK และสารอื่น ๆ ในปุ๋ยผักตบชวา, ผักตบชวาแห้งเป็นผง, ปุ๋ยหมัก และกระถางจากผักตบชวา

ลำดับที่	ตัวอย่างที่วิเคราะห์	ร้อยละ				
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ทั้งหมด	K <sub>2</sub> O	Mg	CaO
1	ปุ๋ยผักตบชวา	1.9	1.4	4.1	1.3	2.7
2	ผักตบชวาแห้งเป็นผง	1.7	0.5	0.5	0.9	2.8
3	ปุ๋ยหมักผลิตจากซากพืช ที่ขายในตลาดทั่วไป	1.15	1.48	0.42	0.05	0.66
4	กระถางจากผักตบชวา แห้งเป็นผง	0.7	0.2	0.2	0.04	1.3

สารที่ใช้เป็นตัวเชื่อมประสาน ซึ่งต้องมีราคาถูก หาง่าย ไม่เป็นพิษแก่พืชและดินที่ปลูก และย่อยสลายง่ายในดินนั้นหายากมาก หลังจากได้ทดลองใช้ตัวเชื่อมประสานหลายชนิด เช่น แป้งเปียก ปูนซีเมนต์จากเก่ากลับ ย่อยกระดาษ ฯลฯ แต่ไม่ประสบความสำเร็จแล้ว จึงได้ทดลองใช้ดินเหนียวเป็นตัวเชื่อมประสานผักตบชวา ปรากฏว่าใช้ปุ๋ยผักตบชวาและดินเหนียวในอัตราส่วน 1 : 2.5 โดยน้ำหนัก ได้ผลดีที่สุด

กรรมวิธีการผลิต เขียนเป็นกระบวนการง่าย ๆ ดังนี้

แผนภูมิที่ 1 กรรมวิธีการผลิตกระถางจากผักตบชวา



การนวดดินเหนียว และ ดินเหนียวผสมปุ๋ย ผักตบชวานั้น อาจนวดด้วยมือ หรือใช้เครื่องรีด ช่วยผ่อนแรงก็ได้ สำหรับการขึ้นรูปกระถางจาก ผักตบชวาก็เช่นเดียวกัน จะใช้ขึ้นรูปด้วยเครื่อง จิกเกอร์ (jigger) ที่ใช้แรงคน หรือเครื่องจิกเกอร์ ไฟฟ้าอัตโนมัติ ตามความสะดวกและเครื่องมือ ที่มีอยู่

พืชที่นำมาปลูกในกระถางผักตบชวานั้น เท่าที่สังเกตดูจะมีลักษณะสดชื่น ใบเขียวชอุ่ม เติบโตเร็วกว่าปลูกในกระถางดินเผา เนื่องจาก ได้สาร NPK จากกระถางด้วย ดังตารางที่ 2

นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายในการผลิตกระถางดังกล่าว น้อยมาก ถ้าไม่รวมเครื่องมือในการนวดดินและ เครื่องจิกเกอร์ขึ้นรูปกระถางแล้ว ต้นทุนการผลิต ถ้าคิดค่าดินและปุ๋ย ประมาณโบละ 50 สตางค์ โดยไม่คิดค่าแรง ทั้งนี้คิดจากกระถางหนัก 1.6 กิโลกรัม ต่อ 1 ใบ โดยมีราคาค่าดินคิวบิกเมตร ละ 100 บาท สำหรับค่าปุ๋ยผักตบชวาที่ใช้ผสม ขึ้นรูปกระถาง มีค่าใช้จ่ายเฉพาะยูเรียเม็ดที่ใช้ เร่งให้ผักตบชวาเป็นปุ๋ยหมักเร็วขึ้น เป็นเงิน 53 บาท ต่อปุ๋ย 1 ตัน ไม่คิดค่ามูลสัตว์และ ผักตบชวา ซึ่งชาวไร่ชาวนาหาได้จากไร่และนา เองโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย ดังนั้นเกษตรกรจึง สามารถผลิตกระถางจากผักตบชวาไว้ใช้เอง หรือขายเป็นรายได้เสริมตามความประสงค์

# เทคโนโลยีเพื่อชาวอีสาน : อุตสาหกรรม

ดร. วรณี ภิรมงคล

ผู้อำนวยการกองการวิจัย

## การทำกระถางต้นไม้

เนื้อดินที่ใช้ทำกระถางต้นไม้เป็นพวกดินเหนียวหรือดินท้องถิ่น เมื่อเผาแล้วจะได้เนื้อสีแดง อาจผสมทรายละเอียดลงไปได้ถึงประมาณ 20% ทรายละเอียดที่ผสมในเนื้อดินจะลดการแตกเสียหายของผลิตภัณฑ์ในช่วงการตากแห้งและการเผา

## การเตรียมเนื้อดินปั้น

นำดินเหนียวมาหมักกับน้ำในถังหรือในบ่อหมัก น้ำที่หมักดินให้ใส่พอเปียกชุ่ม หมักไว้อย่างน้อย 3 วัน จึงนำดินที่หมักไว้ขึ้นมาวด อาจนวดด้วยมือหรือนวดด้วยเครื่องนวด การนวดด้วยมือนี้ถ้าเนื้อดินแฉะมากเพราะผสมน้ำมากเกินไป จะนำดินขึ้นมาผึ่งลมไว้ให้แห้งพอเหมาะ จึงจะทำการนวดหรือนำดินที่แฉะเกินไปกระโอบบนแผ่นปูนพลาสติก แผ่นปูนพลาสติกจะดูดน้ำจากเนื้อดิน ทำการนวดบนแผ่นปูนพลาสติกให้ดินเหนียวมีความชื้นพอเหมาะ จึงจะนำไปปั้นกระถางต้นไม้ แต่ถ้าหมักดินได้ความชื้นพอเหมาะให้ทำการนวดดินบนแผ่นไม้กระดาน การนวดด้วยมือนี้ก็สามารถทำผลิตภัณฑ์ได้ดีแต่กินแรงและเวลาพอสมควร ถ้าต้องการทำกระถางปริมาณมาก การนวดด้วยเครื่องนวดจะสะดวกและประหยัดเวลากว่ามาก และดินที่นวดได้มีคุณภาพดีกว่าการนวดด้วยมือ ลักษณะเครื่องนวดดินประกอบด้วยท่อนเหล็ก ภายในมีเพลากลียวสว่านหมุนด้วยมอเตอร์ ใส่ดินที่ด้านหลังตอนบน ดินจะถูกเกลียวสว่านอัดออกทางปากกลมซึ่งเล็กกว่าตัวกระโอบ ตัดดินที่อัด

รีดออกมาได้ด้วยเส้นลวด แล้วนำไปปั้นได้เลย

## การขึ้นรูป

กระถางต้นไม้ส่วนใหญ่ขึ้นรูปโดยการปั้นบนแป้นหมุน ส่วนกระถางขนาดเล็ก เช่น กระถางกล้วยไม้ สามารถขึ้นรูปโดยการปั้นแบบจิกเกอร์ แป้นหมุนที่ใช้ขึ้นรูปอาจหมุนด้วยไฟฟ้าหรือแบบใช้เท้าถีบ หรือหมุนด้วยมือก็ได้ การปั้นบนแป้นหมุนมีขั้นตอนการปั้นคือ

1. ทุ้มดินที่นวดเหนียวดีแล้วลงตรงกลางแป้นปั้น
2. ใช้มือซุบน้ำจับดินให้ได้ศูนย์กลาง ดินจะหมุนนิ่งและไม่แกว่ง ค่อย ๆ รีดและดึงดินให้สูงขึ้นพอประมาณ
3. กดดินที่ดึงขึ้นมาให้ต่ำลงเพื่อให้ดินแน่น
4. เจาะดินเป็นรูปทรงกลาง และค่อย ๆ ดึงรีดให้สูงขึ้น และผึงบางขึ้นเป็นรูปทรงกระโอบ
5. ปั้นให้ได้ตามรูปทรงที่ต้องการ
6. ตัดผลิตภัณฑ์ที่ปั้นเสร็จออกจากแป้นปั้น

นำออกตากในร่มประมาณ 1 วัน จึงเจาะรูที่ก้นกระถางด้วยลวด แล้วตากแห้งในร่ม

ส่วนการปั้นแบบจิกเกอร์นั้นดัดแปลงจากการขึ้นรูปโดยแป้นหมุน คือวางเนื้อดินปั้นที่นวดเหนียวดีแล้วในแบบปูนพลาสติก ซึ่งติดอยู่กับแป้นหมุนแล้วกดแม่แบบอีกอันหนึ่งลงบนเนื้อดินปั้น ก็จะได้ผลิตภัณฑ์ซึ่งด้านหนึ่งจะเหมือนแบบพลาสติก ส่วนอีกด้านหนึ่งจะเหมือนแม่แบบที่กดลงบนเนื้อดินปั้น นำออกตากในร่มหรืออบด้วยความร้อนอ่อน ๆ ช่วงระยะเวลาหนึ่ง เนื้อดินจะหดตัวอ่อนหลุดออกจากแบบ นำออกจากแบบ เจาะรูกระถางด้วยลวดแล้วตากแห้ง เมื่อแห้ง

สนิทแล้วจึงนำไปเผา การขึ้นรูปแบบจิกเกอร์นี้ง่ายและเร็วกว่าการปั้นบนแป้นหมุนมาก สามารถปั้นได้วันละพันกว่าใบต่อการทำงาน 8 ชั่วโมง ในขณะที่ปั้นบนแป้นหมุนได้ 200-300 ใบ

## การเผา

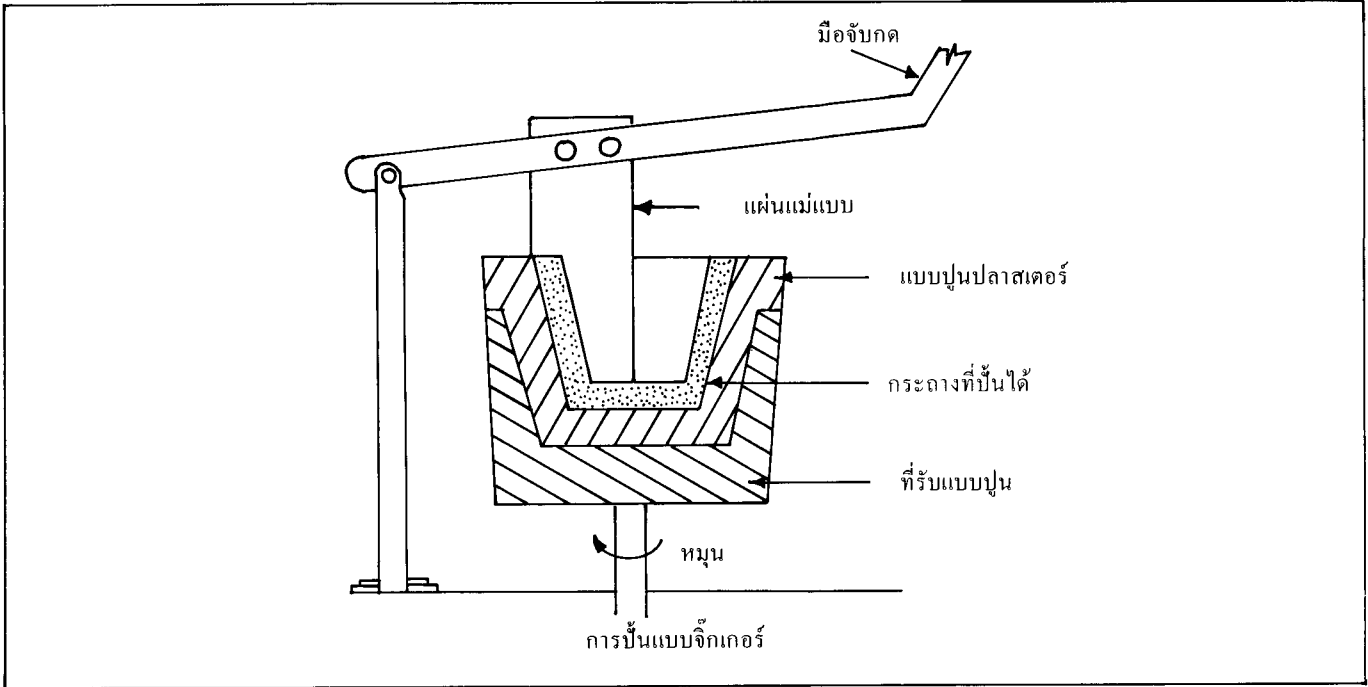
เผาเผากระถางต้นไม้โดยทั่วไปนิยมเผาด้วยเตาฟืน เช่นเตาจีน โดยการเรียงกระถางที่แห้งแล้วให้เต็มเตา อุดรูตลอดข้างเตาให้หมด เริ่มต้นการเผาจะสุ่มไฟอ่อน ๆ ที่ปากเตาสักระยะเวลา 1 วัน และ 1 คืน แล้วจึงค่อย ๆ ใส่ฟืนให้ไฟแรงขึ้น ๆ จนแรงเต็มที่ จึงเปิดรู 2 ข้างของเตาใกล้ปากเตา แหย่กิ่งไม้ฟืนแห้งเล็ก ๆ ยาวประมาณ 1 เมตร เข้าทางรูข้างเตา เมื่อแห้งฟืนไม้ติดไฟดีแล้วให้ปิดช่องไฟปากเตาจนกระทั่งเห็นกระถางต้นไม้ร้อนแดงได้ที่จึงเปิดรูข้างเตาช่วงต่อไปและแหย่กิ่งไม้ฟืนเข้าไปเผา ปิดรูข้างเตาแรก ทำเช่นนี้เรื่อย ๆ จนกระทั่งรู 2 ข้างเตาสุดท้าย ของจะสุกหมดตลอดเตา การที่จะรู้ว่าของในเตาสุกได้ที่หรือยัง ช่วงเผาจะใช้ความชำนาญดูด้วยตาเปล่าสังเกตสีไฟในเตาซึ่งอุณหภูมิที่เผากระถางนี้ประมาณ 800°ซ. เตาจีนนี้เผาได้เตาละนับพันใบ

เตาเผาฟืนที่เล็กกว่าเตาจีนคือเตาทุบ ซึ่งเผาที่อุณหภูมิสูงกว่ากระถางต้นไม้ อาจนำมาใช้เผากระถางต้นไม้ได้

## เทคโนโลยีการทำกระเบื้องมุงหลังคา

ส่วนผสมที่เหมาะสมแก่การทำกระเบื้องมุงหลังคา ตัวอย่างเช่น ดินนครราชสีมา ร้อยละ 65-70 ดินทรายริมน้ำมูล ร้อยละ 35-30 สำหรับดินในท้องถิ่นอื่น อาจปรับสัดส่วนผสมได้

\* ต่อจากฉบับที่แล้ว



เตรียมเนื้อดิน โดยซึ่งวัดดูคืบตามส่วนผสม คลุกให้เข้ากัน ผสมน้ำให้เปียกชุ่ม หมักไว้ 1 วัน ให้นำดินเหนียว นำมาอัดในแบบไม้ด้วยมือ ตากให้แห้ง จึงนำไปเผาที่อุณหภูมิประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำมาเคลือบด้วยเคลือบไฟต่ำ ซึ่งมีส่วนผสมของตะกั่วแดงร้อยละ 70 ทรายลอะเลียดร้อยละ 20 ดินขาวร้อยละ 10 ซึ่งเป็นเคลือบใส เเผาเคลือบที่อุณหภูมิประมาณ 800 องศาเซลเซียส จะได้กระเบื้องมุงหลังคาสีน้ำตาลอมแดง แต่ถ้าต้องการสีอื่นก็เติมออกไซด์ของโลหะที่ให้สีที่ต้องการลงไป เช่น ถ้าต้องการสีน้ำตาลเข้มก็ให้เติมเหล็กออกไซด์ลงไปประมาณร้อยละ 2 แมงกานีสออกไซด์ร้อยละ 3 ในน้ำยาเคลือบ และเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นต้น

### เทคโนโลยีการทำกระเบื้องปูพื้น

กระเบื้องปูพื้น มีลักษณะเป็นแผ่นดินเผา สีเหลี่ยมเล็ก ๆ หรือรูปสี่เหลี่ยม มีความหนาประมาณ 5 มิลลิเมตร เเผาจนถึงจุดสุกตัว มีความแข็งแรงทนต่อการรับน้ำหนัก การขัดสี การกัดกร่อนของกรดและด่างได้ดี

ส่วนผสมสำหรับการทำกระเบื้องปูพื้น ประกอบด้วย ดินนครราชสีมา ร้อยละ 65-70 ดินทรายริมน้ำมูล ร้อยละ 35-30 สำหรับดินในท้องถิ่นอื่นอาจปรับสัดส่วนผสมได้

เตรียมเนื้อดินโดยการนำวัตถุดิบซึ่งตามส่วนผสม บดในหม้อบดบอลมิลล์ นานประมาณ 14 ชั่วโมง ร้อนผ่านตะแกรงขนาด 70 เมช ทำให้แห้ง บดในเครื่องบดแห้ง ค่อย ๆ ผสมน้ำให้มีความชื้นประมาณร้อยละ 6-10 ร้อนผ่านตะแกรง 12 เมช เพื่อให้ได้เนื้อดินผสมมีขนาดของอนุภาคตามต้องการ นำไปอัดเป็นแผ่นกระเบื้องปูพื้นด้วยเครื่องฟริคชั่นเพรส (friction press) เมื่อกระเบื้องแห้งแล้ว เเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส จะได้กระเบื้องตามต้องการ

### เทคโนโลยีอุตสาหกรรมขนาดใหญ่

ภาคอีสานเป็นแหล่งผลิตบุคลากรให้แก่ภาคอื่น ๆ ของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กรุงเทพมหานคร บุคลากรจากภาคอีสานหลังไหลเข้าไปทำงานในแหล่งอุตสาหกรรม บ้านแก้ง และตามบ้านเรือน และไหลกลับในช่วงเทศกาลสำคัญ ๆ ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับปัจจุบันและฉบับที่ 7 กำหนดให้อุตสาหกรรมขยายออกสู่ชนบท เช่น ในจังหวัดนครราชสีมา มีการตั้งเขตอุตสาหกรรม ซึ่งได้มีผู้ขายรับนโยบายนี้ไปลงทุนผลิตชิ้นส่วนและรถยนต์บรรทุกขนาดใหญ่ในวงเงินหลายร้อยล้านบาท สำหรับในจังหวัดอุบลราชธานี บริษัทในเครือสหพัฒน์พิบูลย์ ได้วางแผนให้มีการลงทุนอุตสาหกรรม 40 ชนิด ที่บริษัทได้ดำเนินการอยู่ใน

ขณะนี้ภาคตะวันออกเฉียงและภาคกลาง ดังนั้นบุคลากรในภาคอีสานในอนาคตจะไม่ต้องเดินทางไปทำงานที่ประเทศอาหรับหรือสิงคโปร์ และไม่ต้องย้ายถิ่นไปทำงานในภาคอื่น ๆ ของประเทศ เทคโนโลยีอุตสาหกรรมขนาดใหญ่จะหลังไหลสู่ภาคอีสานเพื่อตรึงบุคลากรในภาคนี้ให้อยู่กับที่ และอีสานจะเชี่ยวชาญ คือมีเศรษฐกิจที่เฟื่องฟูและมั่นคง

### หมายเหตุ

บทความนี้ผู้เขียนได้รวบรวมข้อมูลในส่วนของเทคโนโลยีและเศรษฐกิจจากรายงานการวิจัยและเอกสารประกอบการบรรยายของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละสาขา สำหรับข้อคิดเห็นนั้นมาจากผู้เขียนบทความเอง

### เอกสารอ้างอิง

1. เอกสารประกอบการบรรยาย “การพัฒนาอุตสาหกรรมในประเทศไทย”, ศิววงศ์ จังคศิริ ณ สถาบันจิตวิทยาความมั่นคง, 2 ม.ค.33
2. รายงานการวิจัยเรื่อง “การศึกษาขีดความสามารถทางเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมไทย” สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2529
3. เอกสารทางวิชาการเรื่อง “อิฐก่อสร้าง” ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา กรมวิทยาศาสตร์บริการ



# การทำผลิตภัณฑ์ยาง จากน้ำยางข้นโดยวิธีจุ่ม

พายัพ นามประเสริฐ

นักวิทยาศาสตร์ 7

กองฟิสิกส์และวิศวกรรม

ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางข้นมีอยู่หลายชนิด เช่น กุ้งมือยาง กุ้งยางอนามัย ลูกโป่ง ยางฟองน้ำ หน้ากากยาง หัวนมยางและสายยาง เป็นต้น วิธีการทำผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีอยู่หลายวิธี ได้แก่ วิธีการหล่อในแบบ (casting), วิธีการอัดแบบ (compression molding) วิธีการ extruding และวิธีจุ่ม (dipping) แต่วิธีจุ่มเป็นวิธีที่ใช้มากที่สุดในการทำผลิตภัณฑ์ยางจากน้ำยางข้น เพราะสามารถทำผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิดและผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีการใช้ในปริมาณมาก เช่น กุ้งมือยาง กุ้งยางอนามัย หัวนมยาง เป็นต้น

น้ำยางข้นจากธรรมชาติเป็นน้ำยางชนิดเดียวที่เหมาะสมสำหรับการทำผลิตภัณฑ์ยางโดยวิธีจุ่ม เพราะน้ำยางธรรมชาติจะเกาะกับแม่แบบ (former) ได้ดี เมื่อแห้งจะไม่หดตัวและให้ฟิล์มยางที่เรียบสม่ำเสมอ เมื่อนำไปอบให้ยางสุก (vulcanization) จะมีความยืดหยุ่นดีและทนแรงดึงได้สูง

## 1. กระบวนการจุ่ม (The dipping process)

จุ่มแม่แบบที่แห้ง สะอาดและมีรูปร่างตามต้องการ ลงในน้ำยางผสมสารเคมี (latex mix) ในเวลาที่เหมาะสม แล้วค่อย ๆ นำแม่แบบขึ้นมา เพื่อให้ น้ำยางเกาะกับแม่แบบสม่ำเสมอทำให้น้ำยางแห้งและทำให้ยางสุก ก็สามารถนำยางออกจากแม่แบบได้ วิธีการจุ่มในอุตสาหกรรมโดยทั่วไปมี 3 วิธีคือ การจุ่มโดยตรง (straight dipping) การจุ่มโดยใช้สารช่วยให้ยางจับแม่แบบ (coagulant dipping) และการจุ่มโดยใช้สารช่วยให้ยางไวต่อความร้อน (heat sensitive dipping)

การจุ่มโดยตรงเป็นวิธีง่ายที่สุด ทำโดยจุ่มแม่แบบลงในน้ำยางผสมสารเคมี แล้วนำแม่แบบขึ้นช้า ๆ ทำให้ยางแห้งและยางสุก ในการจุ่ม 1 ครั้งจะได้ฟิล์มยางหนาประมาณ 0.05 มิลลิเมตร เหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการฟิล์ม ที่บางมาก เช่น กุ้งยางอนามัย

การจุ่มโดยใช้สารช่วยให้ยางจับแม่แบบวิธีนี้นิยมใช้มากที่สุด โดยจุ่มแม่แบบในสารช่วยให้ยางจับแม่แบบก่อน ทำให้แห้งพอหมาด ๆ จึงจุ่มแม่แบบในน้ำยางผสมสารเคมี เมื่อครบตามเวลาที่ต้องการ ค่อย ๆ นำแม่แบบขึ้นทำให้ยางแห้งและสุก การจุ่ม 1 ครั้งจะได้ฟิล์มยางหนาประมาณ 0.2-0.8 มิลลิเมตร

การจุ่มโดยใช้สารช่วยให้ยางไวต่อความร้อน จะผสมสารเคมีที่ช่วยให้ยางจับตัวที่อุณหภูมิสูงลงในน้ำยางด้วย ทำโดยอบแม่แบบให้ร้อนประมาณ 50-80°C. และจุ่มแม่แบบลงในน้ำยางผสมสารเคมีเช่นเดียวกับการจุ่มโดยตรง ในการจุ่ม 1 ครั้งจะได้ฟิล์มยางหนาประมาณ 4 มิลลิเมตร จึงใช้ในการทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความหนามาก ๆ เช่น หัวนมยาง กุ้งมือยางสำหรับงานไฟฟ้า

## 2. องค์ประกอบของกระบวนการจุ่ม (compounding for dipping)

### 2.1 น้ำยางข้น (latex type)

น้ำยางข้นที่ได้จากการใช้เครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifugation) มีเนื้อยางแห้ง (dry rubber content, DRC) ~ 60% เหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์ยางโดยวิธีจุ่มมากที่สุด ส่วนน้ำยางข้นที่ได้จากวิธีทำให้เกิดครีม (creaming) และวิธีระเหยน้ำ (evaporating) สามารถนำมาใช้ได้เหมือนกัน แต่ราคาแพงกว่า และต้องระวังใน

การผสมสารเคมีมาก จึงไม่ค่อยนิยมใช้

น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง (HA) และชนิดแอมโมเนียต่ำที่ช่วยรักษาสภาพด้วยซิงค์-ออกไซด์ และ tetraethyl thiuram disulphide (LA-TZ) เหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์ทุกชนิดโดยวิธีจุ่ม ส่วนน้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำที่ช่วยรักษาสภาพด้วย sodium pentachlorophenate (LA-SPP) ก็ใช้ได้ แต่ในบางประเทศห้ามใช้ทำผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ และผลิตภัณฑ์ที่จะต้องสัมผัสกับอาหาร

สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้มีสีอ่อน เช่น หัวนมสำหรับเด็ก ให้ใช้น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียต่ำที่ช่วยรักษาสภาพด้วย boric acid (LA-BA) จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีอ่อน จากนั้นน้ำยางข้นที่ได้จากการหมุนเหวี่ยง 2 ครั้ง (double centrifuged) จะให้ผลิตภัณฑ์สีอ่อน เพราะของแข็งที่ไม่ใช่ยางจะมีน้อย จึงนิยมใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการสีอ่อน และยังนิยมใช้ทำกุ้งมือยางสำหรับงานไฟฟ้า เพราะสารที่ละลายน้ำได้ (hydrophilic material) มีอยู่น้อย จึงไม่ต้องนำกุ้งมือยางไปล้างน้ำอีก (leaching) แต่ น้ำยางข้นจากการหมุนเหวี่ยง 2 ครั้ง ย่อมมีราคาแพงขึ้นตามค่าใช้จ่ายด้วย

น้ำยางข้นชนิดแอมโมเนียสูง ก่อนจะนำไปใช้ทำผลิตภัณฑ์ต้องลดปริมาณแอมโมเนียให้เหลือประมาณ 0.2-0.3% โดยการกวนน้ำยางผสมสารเคมีช้า ๆ ขณะทำการบ่ม (maturation) เพื่อให้แอมโมเนียระเหยไป หรืออาจใช้วิธีเติมสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ในปริมาณที่พอเหมาะก็ได้

### 2.2 น้ำยางพรีวัลคาไนท์ (prevulcanized latex)

น้ำยางพรีวัลคาไนท์นิยมใช้กันอย่างกว้าง-

ขวาง เตรียมได้โดยการผสมน้ำยางชั้นกับ dispersion ในน้ำของกำมะถัน ซิงค์ออกไซด์และ สารเร่งปฏิกิริยาชนิดเร็วมาก แล้วให้ความร้อน ที่ 70°ซ. ประมาณ 2 ชั่วโมง ก็จะได้น้ำยาง พรีวัลคาไนท์ โรงงานขนาดเล็กนิยมใช้มาก เพราะใช้สะดวก อาจนำไปใช้งานเลยหรือผสม สารเคมีบางชนิดเพิ่ม เช่น สารป้องกันการเสื่อม (antioxidant) หรือสี (pigment) และเมื่อทำเป็น ผลิตภัณฑ์แล้ว ไม่ต้องไปผ่านกระบวนการ ทำให้ยางสุกอีก นอกจากนั้นน้ำยางพรีวัลคาไนท์ จะคงสภาพเหมือนเดิม แม้ความหนืด (viscosity) จะค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงไป แต่ถ้าเป็นน้ำยาง- โพลท์วัลคาไนท์ (post-vulcanized) จะเกิดผล กระทบมากถ้าความหนืดเปลี่ยนแปลง

น้ำยางพรีวัลคาไนท์กับน้ำยางโพลท์- วัลคาไนท์ ที่ใช้สารทำให้ยางสุกชนิดเดียวกันใน ปริมาณที่เท่ากัน จะให้ฟิล์มยางแห้งที่มีคุณสมบัติ ทางฟิล์มเหมือนกัน น้ำยางพรีวัลคาไนท์จะให้ ฟิล์มยางที่ใสมากแต่มีข้อเสียคือฟิล์มยางขณะ เปียกจะมีความเหนียว (strength) น้อยกว่า ฟิล์มยางดิบ (unvulcanized film)

### 2.3 การทำให้ยางสุก (vulcanizing systems)

สารที่ทำให้ยางสุก เช่น กำมะถัน เมื่อใช้ ร่วมกับสารกระตุ้น (activator) เช่น ซิงค์- ออกไซด์และสารเร่งปฏิกิริยา (accelerator) ชนิดเดียวหรือ 2 ชนิดจะเกิดปฏิกิริยาทำให้ยาง สุก สารเร่งปฏิกิริยาชนิดเร็วมาก (ultra-fast accelerator) สามารถใช้ร่วมกับสารเร่งปฏิกิริยา ชนิดอื่นได้โดยไม่เกิดปัญหาทางตาย (scorch) เช่นเดียวกับการผสมยางแห้ง (dry rubber)

ส่วนกำมะถันจะใช้ตั้งแต่ 0.3 ถึง 1.5 ส่วน ต่อยางร้อยละ (parts per hundred of rubber, phr) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของปฏิกิริยาและค่า โมดูลัส (modulus) ที่ต้องการ รวมทั้งปริมาณ ของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบตัวอื่น ๆ ด้วย ถ้าต้องการให้ผลิตภัณฑ์ทนความร้อนได้สูงต้อง ลดปริมาณกำมะถันลง แต่จะทำให้โมดูลัสต่ำ ลงด้วย และเมื่อใช้กำมะถันน้อย จะทำให้อัตรา เร็วของปฏิกิริยาลดลง จึงต้องใช้สารเร่งปฏิกิริยา ชนิดเร็วมากเพื่อให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาเร็ว มากขึ้น

ซิงค์ออกไซด์ ใช้ตั้งแต่ 0.1 ถึง 2.0 phr เมื่อใช้ซิงค์ออกไซด์มากขึ้นจะทำให้โมดูลัสสูงขึ้น

อัตราการสุก (cure) เร็วมากขึ้น และยางจะ ไม่เกิดการสุกเกินไป (overcure) ด้วย แต่ สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการให้โปร่งแสง (trans- parent) ไม่ควรใช้ซิงค์ออกไซด์เกิน 0.25 phr zinc diethyldithiocarbamate (ZDEC) ใช้ตั้งแต่ 0.3 ถึง 1.5 phr นิยมใช้เป็นสารเร่ง ปฏิกิริยาของน้ำยางมาก โดยจะช่วยเร่งปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิตั้งแต่ 70°ซ. ขึ้นไป แต่จะไม่มีผลต่อ กระบวนการผลิตที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20° ซ. นอกจากนั้นยังทำให้ยางมี tensile strength และ elongation at break ดีมาก โมดูลัสมีค่า ปานกลาง และความยืดถาวร (permanent set) มีค่าต่ำด้วย ในกรณีที่ต้องการยางที่มีโมดูลัสสูง ให้ใช้ ZDEC ร่วมกับสารเร่งปฏิกิริยาพวก thiazole zinc 2-mercaptobenzthiazole (ZMBT) ซึ่งนอกจากจะทำให้โมดูลัสเพิ่มขึ้นแล้วยังทำให้ ปฏิกิริยาเร็วขึ้นด้วย

dithiocarbamate ตัวอื่นที่ใช้แทน ZDEC ได้เช่น zinc dibutyldithiocarbamate (ZDBC) สามารถเร่งปฏิกิริยาได้เร็วกว่า ZDEC แต่จะ ทำให้เกิด pre-curing ที่อุณหภูมิห้องอย่างช้า ๆ ส่วน zinc ethylphenyldithiocarbamate มี อัตราเร็วในการเร่งปฏิกิริยาเช่นเดียวกับ ZDEC และไม่เกิด pre-cure ที่อุณหภูมิห้องด้วย แต่ มันกระจายตัว (disperse) ค่อนข้างยาก ส่วน dithiocarbamate ที่ละลายน้ำได้ เช่น sodium dibutyldithiocarbamate มักใช้กรณีที่ต้องการ ให้ยางสุกที่อุณหภูมิต่ำอย่างรวดเร็ว

ถ้าต้องการทำให้ยางสุกโดยไม่ใช้กำมะถัน อิสระ (free sulphur) ต้องใช้สารที่เป็นตัวจ่าย กำมะถัน (sulphur donor) เช่น tetramethyl- thiuram disulphide (TMTD) โดยมี thiourea หรือ diphenylthiourea เป็นสารช่วยกระตุ้น เนื่องจากพันธะ (bond) ของกำมะถันที่เชื่อม ระหว่างแต่ละโซ่ของยาง (rubber chain) เป็น พันธะชนิด monosulphidic crosslinks จึงทำให้ ยางทนความร้อนได้ดี แต่อัตราเร็วของปฏิกิริยา จะช้ากว่า และโมดูลัสจะต่ำกว่ายางที่ทำให้สุก ด้วยกำมะถันอิสระ ดังนั้นเมื่อต้องการให้ยางทน ความร้อนดี ควรทำให้ยางสุกโดยใช้สารที่เป็นตัว จ่ายกำมะถันร่วมกับกำมะถันอิสระ (โดยใช้ กำมะถันอิสระน้อยกว่า 0.5 phr)

### 2.4 สารกันเสื่อม (antioxidant)

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากยางธรรมชาติ จะมีสาร



กันเสื่อมเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) โดยธรรมชาติอยู่แล้ว แต่ผลิตภัณฑ์ที่ทำโดยวิธีจุ่มมักจะค่อนข้างบาง ทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศมาก จึงจำเป็นต้องใส่สารกันเสื่อมเพิ่มเติม โดยนิยมใช้สารฟีนอล (phenolic antioxidant) ประมาณ 0.5-2.0 phr

substituted phenols เช่น styrenated phenols สามารถป้องกันความร้อนได้ดีพอสมควรและใช้กับผลิตภัณฑ์สีอ่อน ๆ ที่ไม่ต้องการให้สีเปลี่ยนแปลงได้ ส่วนสารที่ได้จากปฏิกิริยา condensation ของฟีนอลกับ aldehyde หรือกับ aldehyde และ amine เป็นสารกันเสื่อมที่ดีกว่า แต่ไม่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการให้สีเปลี่ยนแปลง ตัวอย่างของสารกันเสื่อมที่ใช้มาก เช่น Montaclere (a styrenated phenol, Monsanto), Permanax WSL [2,4-dimethyl-6-(1-methylcyclohexyl)-p-cresol, Vulnax Int], Wingstay L (a hindered phenol, Good year) และ Antioxidant 2246 [2,2-methylene-bis-(4-methyl-6-t-butylphenol), cyanamid]

## 2.5 สารช่วยให้ไวต่อความร้อน (heat-sensitizing agents)

เป็นสารที่ทำให้หน้ายางจับตัวที่อุณหภูมิสูง สารที่นิยมใช้มาก คือ Polyvinyl methyl ether ซึ่งจะให้ผลดีที่ pH 7.0 ถึง 9.5 หรืออาจใช้ polypropylene glycol หรือสารผสมของเกลือแอมโมเนียกับซิงค์ออกไซด์ (แต่จะมีผลทำให้อายุการเก็บหน้ายางสั้นลง)

## 2.6 การทำให้องค์ประกอบเกิดความเสถียร (stabilization of dipping mixes)

สารที่ช่วยให้หน้ายางผสมสารเคมี สำหรับใช้กับวิธีจุ่มโดยตรงและวิธีใช้สารช่วยให้ยางจับแม่แบบเกิดความเสถียร ได้แก่ ต่างกับสบู่ของกรดไขมัน (fatty acid soap) ที่มีจำนวน carbon ระหว่าง 8-12 อะตอม เช่น potassium caprylate หรือ laurate ส่วนต่างนิยมใช้ potassium hydroxide มากกว่า sodium hydroxide เพราะ sodium ion ทำให้น้ำยางผสมสารเคมีเสถียรเร็วกว่า potassium ion โดยใช้ประมาณ 0.2-0.5 phr ต่างจะทำให้ผิวของน้ำยางผสมไม่จับตัวกัน ส่วนสบู่จะช่วยให้หน้ายางผสมมีความเสถียรทางเชิงกลเพิ่มขึ้น แต่ถ้าใช้มากเกินไปจะทำให้เกิดฟองได้ ปกติใช้ประมาณ 0.2-0.4 phr

สารช่วยเสถียรสำหรับน้ำยางผสมที่มี polyvinyl methyl ether เป็นสารช่วยให้ยางจับตัวที่อุณหภูมิสูง ณ pH ต่ำ เป็นพวก non-ionic เช่น alkylphenol/ethylene oxide condensate ที่มี ethylene oxide อย่างน้อย 20 กรุป โดยจะช่วยให้หน้ายางผสมเกิดความเสถียรทางเชิงกลและมีอายุการเก็บยาวนาน ขณะเดียวกันก็ไม่เป็นปัญหาในการใช้งานด้วย

## 2.7 สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบอื่น (other ingredients)

ถ้าต้องการทำผลิตภัณฑ์ที่มีสี ก็ต้องผสมสี (pigment) ที่เหมาะสม และในการทำให้เกิดสีขาวเพื่อจะผสมสีอื่นต่อ นั้น มักจะใช้ titanium dioxide หรือ lithopone อาจใช้เพียงตัวเดียว หรือใช้ร่วมกับ whitening ในผลิตภัณฑ์บางชนิด อาจผสม filler หรือน้ำมัน (oil) บ้างเล็กน้อย เช่น ฝุ่นผงแม่บ้าน สำหรับหน้าที่ของ filler ในผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำยางชั้นนั้นจะทำหน้าที่เป็น diluent ซึ่งจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีค่า tensile strength และ elongation at break ลดลง

## 3. สูตรพื้นฐาน (typical formulations)

สูตรสำหรับวิธีจุ่มโดยใช้สารช่วยให้ยางจับแม่แบบ ตามตารางที่ 1 เป็นสูตรถุงมือยางแม่บ้าน 2 สูตร สูตรแรกใช้กับน้ำยางที่ต้องไปทำให้ง่ายในภายหลัง (post-vulcanized) ส่วนสูตรที่สองใช้กับน้ำยางพรีวัลคาไนท์ สูตรของถุงมือผ่าตัดใช้ zinc oxide จำนวนน้อย เพราะ

ต้องการให้ถุงมือมีลักษณะโปร่งแสง และสูตรของถุงมือผ่าตัดที่นำมาหนึ่งฆ่าเชื้อ (sterile) ได้ เพื่อให้สามารถทนความร้อนได้ดี ต้องใช้กำมะถันปริมาณน้อย แต่ใช้สารเร่งปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 2 เป็นสูตรหุ้มสำหรับเด็กและถุงมือยางสำหรับงานไฟฟ้า ซึ่งนิยมใช้น้ำยางชั้นจากการหมุนเหวี่ยง 2 ครั้ง (doubly centrifuged latex) เพราะหุ้มสำหรับเด็กนั้นต้องการสีอ่อนและไม่ใช้ zinc oxide เพราะต้องการให้โปร่งแสงด้วย ส่วนถุงมือยางสำหรับงานไฟฟ้า น้ำยางชั้นจากการหมุนเหวี่ยง 2 ครั้งจะมีสารที่ไม่ใช่ยางเหลืออยู่น้อย ถุงมือที่ได้จึงมีสารที่ละลายน้ำได้ติดอยู่น้อย ดังนั้นจึงไม่ต้องล้างถุงมือด้วยน้ำ (leaching) อีก ส่วนลูกโป่งนั้นส่วนมากจะทำจากน้ำยางพรีวัลคาไนท์ และสูตรของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบก็มีเพียงไม่กี่ชนิด

ตารางที่ 3 เป็นสูตรของน้ำยางที่ผสมสารช่วยให้ไวต่อความร้อน ในสูตรที่ใช้ polyvinyl methyl ether (PVME) เป็นสารช่วยให้ไวต่อความร้อน ณ pH ต่ำ สารช่วยให้น้ำยางผสมมีความเสถียรใช้พวก non-ionic แทน potassium hydroxide/potassium caprylate และในสูตรที่ใช้ PVME เป็นสารช่วยให้ไวต่อความร้อน จะต้องใช้ formaldehyde ช่วยปรับ pH ด้วยเสมอ

ตารางที่ 4 เป็นสูตรน้ำยางพรีวัลคาไนท์ที่มี PVME เป็นสารช่วยให้ไวต่อความร้อน

**Table 1**  
Coagulant dipping formulations for household and surgeons' gloves

	Parts by weight			
	Household gloves		Surgeons' gloves	
	vulcanizable latex	pre-vulcanized latex	disposable	sterilizable
60% NR latex	167.0	—	167.0	167.0
60% Pre-vulcanized latex	—	167.0	—	—
10% Potassium hydroxide solution	4.0	4.0	3.0	4.0
20% Potassium laurate or caprylate solution	2.0	—	1.0	1.0
50% Sulphur dispersion	2.5	—	1.0	0.4
50% Tetramethyl thiuram disulphide dispersion	—	—	—	1.0
50% Zinc diethyldithiocarbamate dispersion	2.0	—	—	—
50% Zinc dibutyldithiocarbamate dispersion	—	—	1.5	2.0
50% Zinc oxide	2.0	—	0.5	0.5
50% Antioxidant dispersion	2.0	2.0	1.0	2.0
50% Titanium dioxide dispersion	6.0	6.0	—	—
Pigment dispersion	as required		—	—
Coagulant solution (see Table 5)	B	B	A	A
Drying and vulcanization time, min at 120°C	20	20	15	15

**Table 2**

Coagulant dipping formulations for teats, electricians' gloves and toy balloons

	Parts by weight		
	Transparent teats	Electricians' gloves	Toy balloons
60% NR latex (centrifuged or doubly centrifuged)	167.0	167.0	—
60% Pre vulcanized latex	—	—	167.0
10% Potassium hydroxide solution	3.0	3.0	2.0
20% Potassium laurate or caprylate solution	1.0	1.5	—
50% Sulphur dispersion	1.0	2.0	—
50% Zinc dibutyldithiocarbamate dispersion	1.5	2.0	—
50% Zinc oxide dispersion	—	1.0	—
50% Antioxidant dispersion	1.5	2.0	2.0
50% Titanium dioxide dispersion	6.0	4.0	6.0
Pigment dispersions	as required		
Coagulant solution (see Table 5)	C	B	A
Drying and vulcanization time, min at 120°C	20	40	20

**Table 3**

Heat-sensitive formulations

	Parts by weight			
	PVME		Polypropylene glycol	Ammonium acetate
	high pH	low pH		
60% HA latex	167.0	—	167.0	167.0
60% LA latex	—	167.0	—	—
10% Potassium hydroxide solution	2.0	—	1.0	2.0
20% Potassium laurate or caprylate solution	1.0	—	1.0	2.0
25% Stabilizer solution <sup>a</sup>	—	2.0	—	—
40% Formaldehyde solution	to pH 9.3	to pH 7.5	—	—
50% Sulphur dispersion	2.0	2.0	2.0	2.0
50% Zinc diethylthiocarbamate dispersion	2.0	2.0	2.0	2.0
50% Antioxidant dispersion	2.0	2.0	2.0	2.0
10% PVME solution <sup>b</sup>	10.0	10.0	—	—
25% Polypropylene glycol solution <sup>c</sup>	—	—	10.0	—
15% Ammonium acetate solution	—	—	—	10.0
50% Zinc oxide dispersion	1.0	1.0	1.0	1.0
Drying and vulcanization time, min at 120°C	20	20	20	20

a. eg Texofor FN30 (ABM Chemicals, Stockport, UK) or Lubrol PF (ICI).

b. eg Lutanol M40 (BASF Ltd, Cheadle, UK) or Gantrez M154 (GAF Ltd, Manchester, UK).

c. eg Propylan D702 (Lankro Chem. Ltd, Eccles, UK).

**Table 4**

Heat-sensitive formulation using pre vulcanized latex and PVME

	Parts by weight
60% Pre vulcanized latex	167.0
25% Stabilizer solution <sup>a</sup>	2.0
40% Formaldehyde solution	to pH 7.5
50% Zinc oxide dispersion	2.0
50% Antioxidant dispersion	2.0
10% PVME solution	7.5
Drying time, min at 120°C	15

a. eg Texofor FN30 (ABM Chemicals, Stockport, UK).

**Table 5**

Coagulant solutions

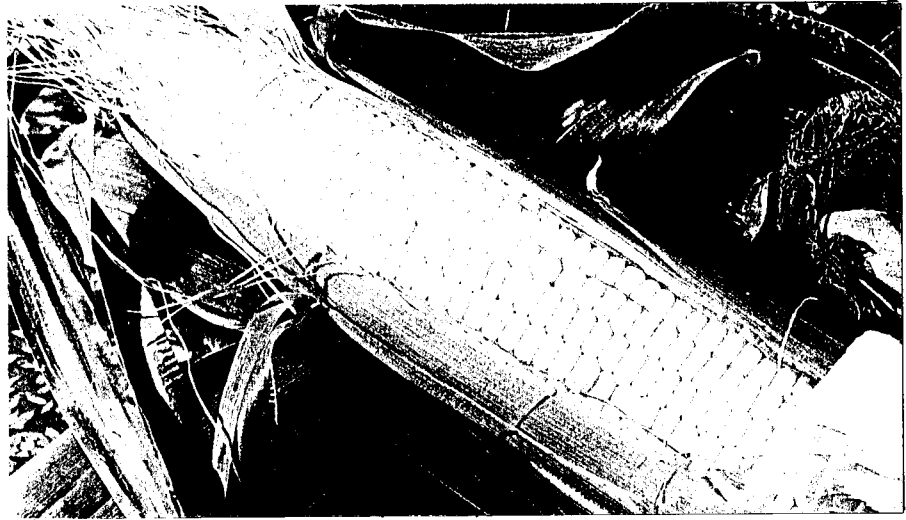
	Parts by weight		
	A	B	C
	Salt concentration, %		
	25	35	20
Calcium nitrate	25	35	—
Cyclohexylamine acetate	—	—	20
Water	25	30	30
Methylated spirits	50	30	50
Micronized talc	—	5	—

# ข้าวโพคของไทย

อารี ชวลิตสุกุล

นักวิทยาศาสตร์ 6

กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ



ข้าวโพคเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย ทำให้ไทยเป็นประเทศผู้ผลิตข้าวโพครายใหญ่อันดับสี่ของโลกรองจากสหรัฐอเมริกา อาเจนตินา และแอฟริกาใต้ และเป็นประเทศที่ส่งออกข้าวโพคเป็นอันดับหนึ่งของทวีปเอเชีย ข้าวโพคเป็นธัญพืชที่มีชื่อสามัญว่าคอร์น (corn) ชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า ซีเมย์ลินเนียส (*Zea mays* Linneus) ในทวีปอเมริกา ชาวพื้นเมืองหรือชนเผ่าอินเดียนแดงเรียกข้าวโพคว่าเมส (maize) ข้าวโพคเป็นพืชตระกูลเดียวกับหญ้า ข้าวโพคต้นหนึ่งอาจมีฝักมากกว่า 1 ฝัก (ear) ส่วนแกนของฝักเรียกว่า ชัง (cob) ชังข้าวโพคประกอบด้วยเซลลูโลส (cellulose) และสารเพนโตซาน (pentosan) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของแป้งและน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่ ข้าวโพคปลูกได้ในดินแทบทุกชนิด แต่ชอบดินปนทรายและดินร่วนที่ระบายน้ำได้ดี มีอินทรีย์วัตถุสูง มีปริมาณแร่ธาตุและอาหารพืชเพียงพอ ชอบดินค่อนข้างเป็นด่าง

ข้าวโพคมีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกา แต่สามารถปรับตัวให้อยู่ได้หลายสภาพดินฟ้าอากาศ เพราะข้าวโพคมีความแปรปรวนทางพันธุกรรม

สูง เป็นพืชไรที่มีอายุการเก็บเกี่ยว 90-120 วัน ในรอบปีหนึ่งจึงสามารถปลูกได้สองครั้ง โดยทั่วไปข้าวโพครุ่นที่หนึ่ง ช่วงการปลูกและการเก็บเกี่ยวประมาณเดือนพฤษภาคมถึงกันยายน ส่วนรุ่นที่สองอยู่ในช่วงเดือนกันยายนถึงมกราคมของปีถัดไป ปริมาณข้าวโพคในรุ่นที่หนึ่ง (ปลูกในช่วงฤดูฝน) คิดเป็นร้อยละ 84 ของข้าวโพคที่ผลิตได้ทั้งปี

พันธุ์ข้าวโพคที่เพาะปลูกในประเทศไทยมีหลายพันธุ์ คือ พันธุ์พระพุทธรบาท 5 พันธุ์ปากช่อง พันธุ์ DMR 6 และพันธุ์สุวรรณ 1 แหล่งเพาะปลูกข้าวโพคที่สำคัญของไทยได้แก่ จังหวัดเพชรบูรณ์ ลพบุรี นครราชสีมา เลย นครสวรรค์ อุทัยธานี พิษณุโลก สระบุรี ปราจีนบุรี ตาก กำแพงเพชร อุดรธานีและชัยภูมิ ด้วยเหตุที่รายได้จากการจำหน่ายข้าวโพคดิบค่อนข้างต่ำ และความต้องการของตลาดโลกไม่แน่นอน ฉะนั้นจึงควรส่งเสริมให้มีการแปรรูปเสียก่อน เช่น การทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จากข้าวโพค เพื่อลดปริมาณการนำเข้าของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ และเป็นการเพิ่มรายได้ให้ประเทศเพราะราคาของผลิตภัณฑ์ข้าวโพคย่อม

สูงกว่าข้าวโพดดิบ

ข้าวโพดแบ่งตามลักษณะของการใช้ประโยชน์ออกได้เป็นหลายชนิด ได้แก่ ข้าวโพดไร่หรือข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และข้าวโพดสำหรับคั่ว ประเทศไทยนิยมปลูกข้าวโพดไร่เป็นส่วนใหญ่ เพราะข้าวโพดไร่ เช่น พันธุ์แก้วเตมาลา เมื่อเก็บในระยะพอเหมาะ ใช้รับประทานสดมีรสหวานไม่แพ้พันธุ์อื่น ๆ เมล็ดข้าวโพดไร่ไม่เหี่ยวต่างกับเมล็ดข้าวโพดหวาน จึงเป็นที่นิยมของพ่อค้าหรือแม่ค้านำไปต้มหรือบึ่งจำหน่าย ส่วนข้าวโพดหวานที่นิยมปลูก ได้แก่ พันธุ์ซูเปอร์สวีท และพันธุ์ฮาวายเอียนซูการ์ ข้าวโพดหวานควรรับประทานทันทีหลังจากเก็บเกี่ยวจากไร่ จึงจะได้รสชาติหวานอร่อย เพราะถ้าเก็บไว้นานน้ำตาลจะเปลี่ยนเป็นแป้ง ทำให้ความหวานลดลง เมล็ดข้าวโพดไร่มีหลายสี เช่น เหลือง ม่วง ดำ ชมพู แดง สีที่นิยมคือเหลืองและขาว แต่ขาวไร่มักจะปลูกข้าวโพดสีเหลือง เมล็ดสีเหลืองมีแคโรทีน (carotene) ซึ่งเป็นส่วนประกอบของวิตามินเอและเป็นสารที่ให้สีเหลือง เมล็ดข้าวโพดไร่ของไทยมีองค์ประกอบโดยประมาณดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 และมีปริมาณกรดอะมิโน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดของประเทศอื่น ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3 ข้าวโพดไทยมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับข้าวโพดของประเทศอื่น นอกจากนี้ปริมาณแคลเซียมที่น้อยกว่าเล็กน้อย ส่วนไขมันมีปริมาณสูงกว่าเล็กน้อย

เมล็ดข้าวโพดใช้ทำผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายอย่าง เช่น แป้ง น้ำมัน น้ำตาล ข้าวโพด-

กระป๋อง อาหารเข้าพวกคอร์นเฟลก (corn flake) อาหารว่างพวกขนมขบเคี้ยว และอาหารสัตว์ เป็นต้น อุตสาหกรรมแป้งข้าวโพดและผลิตภัณฑ์จากข้าวโพดเป็นอุตสาหกรรมการเกษตร (Agroindustries) ขนาดใหญ่ที่ใช้เครื่องจักรในการผลิตผลิตภัณฑ์ ขนาดการลงทุนของแต่ละโรงงานอยู่ในระหว่าง 40-50 ล้านบาทเป็นอย่างต่ำ อุตสาหกรรมนี้มีบทบาทต่อระบบเศรษฐกิจของไทยมาไม่น้อยกว่าสิบปี โดยได้รับการส่งเสริมการลงทุนจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนตั้งแต่ปี 2520 เป็นต้นมา

เมล็ดข้าวโพดนอกจากใช้เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์แล้ว ส่วนอื่น ๆ ของต้นข้าวโพดยังใช้ประโยชน์ได้ดังนี้ ต้นและใบใช้เป็นอาหารสัตว์หรือใช้ทำกระดาษ ซึ่งข้าวโพดจัดเป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรที่มีประโยชน์อย่างมากในอุตสาหกรรม เช่น ใช้สกัดสารเฟอร์ฟูรัล (furfural) เป็นส่วนผสมในอุตสาหกรรมทำไม้อัดและคอนกรีตเบา ซึ่งเป็นวัสดุก่อสร้าง ทำถ่านกัมมันต์ (activated carbon) เป็นวัตถุดิบในการผลิตสารไซลิตอล (xylitol) ซึ่งเป็นสารให้ความหวานที่มีความสำคัญมาก ทางวงการแพทย์ใช้เป็นอาหารสำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน ซึ่งข้าวโพดมีสารพวกกิ่งเส้นใยเฮมิเซลลูโลสเหมาะสำหรับเพาะเห็ด ซึ่งและกามหุ้มผักเมื่อตากแห้งแล้วใช้เป็นเชื้อเพลิงหรือใช้ทำถ่านอัดแท่งได้ นอกจากนี้เถาถ่านของซึ่งข้าวโพดยังใช้เป็นยารักษาโรคโลหิตในสัตว์อีกด้วย ดร. มอริส เอ็นกรีน แห่งโรงเรียนแพทยศาสตรมหาวิทาลัยเพนซิลวาเนีย ได้ผลิตยารักษาโรค

ตารางที่ 1 แสดงคุณค่าอาหารของข้าวโพดเหลืองของไทย

ความชื้น	ร้อยละ	11.10
ไขมัน	ร้อยละ	5.14
โปรตีน	ร้อยละ	9.38
เถ้า	ร้อยละ	1.47
กาก	ร้อยละ	1.72
คาร์โบไฮเดรต	ร้อยละ	71.19
พลังงาน	(กิโลแคลอรี ต่อ 100 กรัม)	368.54
แคลเซียม	(มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม)	3.92
ฟอสฟอรัส	(มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม)	351.20

ที่มา : กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

**ตารางที่ 2** แสดงปริมาณกรดอะมิโนในเมล็ดข้าวโพด

	มิลลิกรัม/กรัม
Aspartic acid	5.69
Threonine	3.04
Serine	4.39
Glutamic acid	19.55
Proline	7.62
Glycine	3.81
Alanine	6.59
Valine	4.04
Cystine	2.27
Methionine	1.41
Iso-leucine	2.55
Leucine	10.19
Tyrosine	3.32
Phenylalanine	4.07
Lysine	2.76
Histidine	2.33
Arginine	4.62
Tryptophane	0.63
<b>Total</b>	<b><u>88.88</u></b>

ที่มา : กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

**ตารางที่ 3** แสดงคุณค่าอาหารของข้าวโพดของประเทศอื่น

ความชื้น	ร้อยละ	12-13
ไขมัน	ร้อยละ	3.8-4.5
โปรตีน	ร้อยละ	9.3-9.5
เถ้า	ร้อยละ	1.3
กาก	ร้อยละ	1.9-3.0
คาร์โบไฮเดรต	ร้อยละ	73.4
พลังงาน	(กิโลแคลอรี ต่อ 100 กรัม)	353-356
แคลเซียม	(มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม)	7-17

ที่มา : UNIDO IS. 599, Small scale maize milling, 1986

ผิวหนังจากข้าวโพดชื่อ พูราซิน ยานี้ทำให้แบคทีเรียที่อยู่ตามผิวหนังอ่อนกำลังลง ทำให้จุลินทรีย์ขาดวิตามินซีและแพรพันธุ์ไม่ได้ จึงใช้ได้กับโรคผิวหนังชนิดที่มีตัวจุลินทรีย์ โปรตีนของข้าวโพดที่มีชื่อว่า ไซีน (Zein) ใช้ผลิตเส้นใยทอผ้าที่มีคุณภาพดี ใช้ทำแลคเกอร์ กาว และใช้ทำตัวเชื่อม (binder) ส่วนเปลือกข้าวโพดใช้ทำแผ่นรองของร่อน ตึกตา ตะกร้า และดอกไม้ประดิษฐ์ เช่น ดอกบัว คาร์เนชั่น กุหลาบ เป็นต้น

จากคุณสมบัติต่าง ๆ ของข้าวโพดดังกล่าวมาแล้วข้างต้น จะเห็นได้ว่าส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดใช้ทำประโยชน์ได้มากมาย ฉะนั้นจึงควรส่งเสริมและสนับสนุนให้ทำผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จากข้าวโพดให้มากขึ้น เพราะนอกจากเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรแล้ว ยังส่งเป็นสินค้าออกไปขายต่างประเทศและทำรายได้ให้แก่ประเทศด้วย

### เอกสารอ้างอิง

1. ชันพานนท์ เอียน ข้าวโพด หนังสือพิมพ์ กสิกร 22 (6) : 362-375 พ.ย. 2492
2. ดวงจันทร์ วีระศักดิ์ ข้าวโพดกับงานวิจัยวารสารสมาคมพ่อค้าข้าวโพดและพืชพันธุ์ไทย 7 (2) ต.ค. - ธ.ค. 2525
3. เสนาณรงค์ อ่ำพล ข้าวโพดรับประทานสด กสิกร 40 (6), 468-474 พ.ย. 2510
4. สำเร็จประสงค์ ชัชวาลย์ ข้าวโพด-คุณค่าทางอาหาร สรุปรัฐกิจ 12 (16) 16-31 ส.ค. 2524, 30-40
5. ดัดแปลงข้าวโพดเป็นยารักษาโรคผิวหนัง หนังสือพิมพ์วิทยาศาสตร์ 2 (11) : 35, พ.ย. 2491
6. วัตถุประสงค์สำหรับอุตสาหกรรมใหม่ ๆ ของประเทศฟิลิปปินส์ จากเรื่องของ ดร.โฮเซ เจบิรา โซล ในหนังสือ Eastern Economic Review หนังสือพิมพ์อุตสาหกรรม 9 (4) : 16-20, ก.ค. 2498
7. อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากข้าวโพด ฝ่ายนโยบาย 2 กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำนักงานปลัดกระทรวง กระทรวงอุตสาหกรรม



หลายท่านคงจะทราบแล้วว่า ปัจจุบันนี้ มีการนำเอาคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสมัยใหม่ต่าง ๆ เข้ามาพัฒนางานในห้องสมุดและในศูนย์ข้อมูลเป็นจำนวนมาก โลกเทคโนโลยีแห่งคอมพิวเตอร์จัดว่าก้าวหน้าแทบจะเรียกว่า ก้าวกระโดด ขณะที่เราเพิ่งเริ่มจะคุ้นเคยกับคอมพิวเตอร์ 16 บิต ทว่าตอนนี้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลขนาด 32 บิต ก็ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใช้กันแพร่หลายด้วยราคาไม่สูงนัก เทคโนโลยีทำให้เกิดสื่อบันทึกข้อมูลใหม่ ๆ ตามมา คอมแพคดิสต์ (compact disk) เป็นสื่อบันทึกข้อมูลชิ้นหนึ่งที่มีการนำมาใช้งานมากขึ้นในปัจจุบัน ท่านคงจะรู้จัก คอมแพคดิสต์ ในวงการเครื่องเสียงกันบ้างแล้ว ได้มีการนำเอาคอมแพคดิสต์มาใช้บันทึกเสียงเพลง และเป็นที่ยอมรับว่าให้ระบบเสียงที่คมชัดกว่าบันทึกด้วยเทปหรือแผ่นเสียงธรรมดาตามาก ปัจจุบันได้มีการพัฒนาสื่อข้อมูลชนิดนี้เพื่อใช้บันทึกข้อมูลในรูปข้อมูลดิจิทัลคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะสามารถบันทึกข้อมูลได้จำนวนมหาศาล และเรียกสื่อข้อมูลคอมแพคดิสต์แบบนี้ว่า ซีดี-รอม (CD-ROM หรือ Compact Disk Read Only Memory)

### ซีดี-รอม คืออะไร

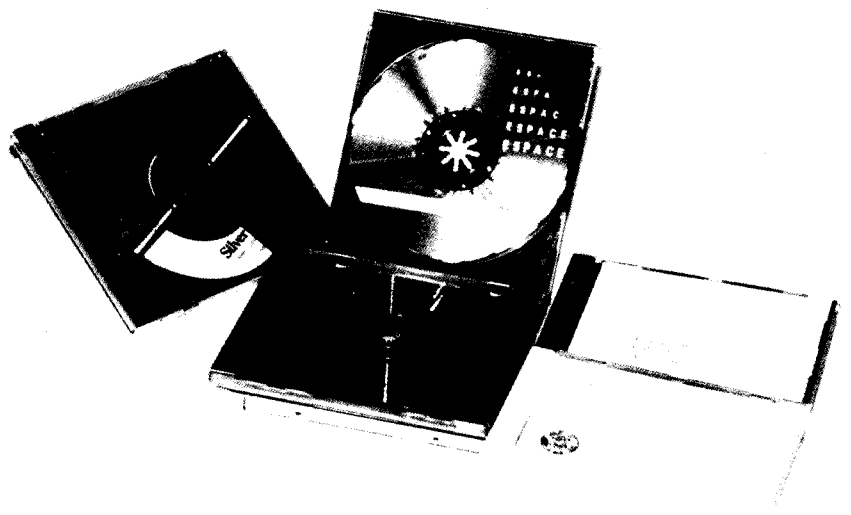
เมื่อพิจารณาจากรูปลักษณ์ภายนอกแล้ว ซีดี-รอม เป็นแผ่นโลหะวงกลมเคลือบเงาขนาดเล็ก ทำจากโลหะผสมรุ่นใหม่ซึ่งเรียกกันว่า อะมอพัสอัลลอย ซึ่งเป็นส่วนผสมของโคบอลต์เหล็ก และนิกเกิล โลหะผสมนี้มีคุณสมบัติแข็งแรงทนทาน มีความไวต่อสนามแม่เหล็กและมีกระแสไฟฟ้าบรรจุอยู่มากกว่าวัสดุประเภท ซุปเปอร์อัลลอย ซึ่งเป็นโลหะที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในการผลิตเครื่องใช้ต่าง ๆ ในสำนักงาน อะมอพัสอัลลอยมีราคาค่อนข้างสูง ประมาณกิโลกรัมละ 200 เหรียญสหรัฐ

ซีดี-รอม มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร ถึงแม้จะมีขนาดเล็กแต่ก็สามารถบรรจุข้อมูลได้จำนวนมากขนาด 250,000 หน้าหนังสือ หรือทางคอมพิวเตอร์กล่าวได้ว่ามีความจุประมาณ 600 เมกะไบท์ เทียบเท่ากับแผ่นจากแม่เหล็กชนิดอ่อน ขนาด 360 กิโลไบท์ จำนวน 1,500 แผ่น ด้านการใช้งาน เราสามารถอ่านแผ่นซีดี-รอมได้โดยเครื่องอ่าน ซีดี-รอม (CD-ROM Drive)

# ฐานข้อมูลวิชาการ ในแผ่น ซีดี-รอม

*อรวิดี ทวีสกุลวัชร*

บรรณารักษ์ 5 กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ซึ่งต่อพ่วงเป็นอุปกรณ์รอบนอกของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ไอบีเอ็ม คอมแพคทีเบิล XT หรือ AT โดยมีโปรแกรมที่จำเป็น 2 โปรแกรมคือ โปรแกรมขับแผ่นซีดี-รอม (Device driver software) ซึ่งเป็นโปรแกรมที่จะทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์รู้จักกับเครื่องอ่านซีดี-รอม และอีกโปรแกรมหนึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับค้นหาหรือเรียกหาข้อมูลที่ต้องการและมีบันทึกอยู่บนแผ่น ซีดี-รอม (Search and retrieval software) ซึ่งบริษัทที่ขายแผ่นซีดี-รอมนั้น จะมีโปรแกรมนี้ให้มาด้วยเสมอ แผ่นซีดี-รอม มีข้อแตกต่างจากแผ่นจากแม่เหล็กชนิดอ่อนคือ แผ่นซีดี-รอม เมื่อบันทึกแล้วจะไม่สามารถแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงข้อมูลซึ่งถูกบันทึกไว้แล้วได้ และแผ่นซีดี-รอม

ยังมีความจุที่สูงกว่าแผ่นจากแม่เหล็กชนิดอ่อนหลายเท่า มีความทนทานมากกว่า สามารถให้ข้อมูลได้อย่างถูกต้องมากกว่า การอ่านแผ่นซีดี-รอม นั้นใช้ลำแสงเลเซอร์ในการอ่านข้อมูล

### ฐานข้อมูลวิชาการในแผ่น ซีดี-รอม

การบรรจุข้อมูลวิชาการที่สำคัญต่าง ๆ ลงในแผ่นซีดี-รอม ข้อมูลส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่ได้รับการจัดทำขึ้นเพื่อการค้นหาได้ง่ายขึ้นแล้วทั้งสิ้น เป็นฐานข้อมูลที่สำคัญหลายฐาน เช่น ฐานข้อมูลสิทธิบัตร ฐานข้อมูลมาตรฐาน ฐานข้อมูลเฉพาะเรื่องทางวิทยาศาสตร์ ฐานข้อมูลโครงการวิจัยและรายงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนานาชาติ เป็นต้น

กองสหเวชศาสตร์และเทคโนโลยีกองวิทยาศาสตร์บริการ ได้เล็งเห็นประโยชน์ของการสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูลวิชาการในแผ่นซีดี-รอมนี้ ซึ่งจะมีความสะดวก ง่าย รวดเร็ว และประหยัดเวลากว่าการค้นหาจากครรชนี่ต่าง ๆ ที่มีอยู่เดิมในรูปแบบหนังสือในห้องสมุด จึงได้มีการจัดหาฐานข้อมูลวิชาการต่างประเทศด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในแผ่นซีดี-รอม เข้ามาให้บริการแก่ผู้ใช้แล้วประมาณ 5 ฐานข้อมูล ดังนี้

**1. ฐานข้อมูล CHEM-BANK (Hazardous Chemicals Data Bank)** ปี 1990-1991 เป็นฐานข้อมูลต่างประเทศให้ข้อมูลเกี่ยวกับสารเคมีที่เป็นพิษ (Databanks of potentially chemicals) ประกอบด้วย 3 ฐานย่อย ซึ่งรวบรวมโดยหน่วยงาน 3 แห่งของสหรัฐอเมริกา มีรายละเอียดดังนี้

- RTEC (Registry of Toxic Effects of Chemical Substances) รวบรวมโดย U.S. Dept. of Health & Human Service ให้รายละเอียดของสารต่าง ๆ ประมาณ 95,000 รายชื่อ

- OHMTADS (Oil and Hazardous Material Technical Assistance Data System) รวบรวมโดย The Office of Water and Waste Management of the U.S. Environmental Protection Agency (EPA) ให้ข้อมูลของสารเคมีที่เป็นพิษประมาณ 1,000 รายชื่อ

- CHRIS (Chemical Hazard Response Information System) รวบรวมโดย The United States Coast Guard, U.S. Dept. of Transportation ให้ข้อมูลของสารเคมีต่าง ๆ ประมาณ 1,000 รายชื่อ

**2. ฐานข้อมูล OSH-ROM (Occupational Safety and Health)** ปี 1990-1991 เป็นฐานข้อมูลต่างประเทศให้ข้อมูลเกี่ยวกับความปลอดภัยในการใช้สารเคมีต่อสุขภาพในการปฏิบัติงาน แบ่งออกเป็น 3 ฐานย่อยดังนี้

- HSELINE (Health and Safety Executive) ได้แก่ ข้อมูลความปลอดภัยในการทำงานตามแบบของอังกฤษ จะครอบคลุมเนื้อหา

- Agriculture
- Engineering
- Explosives
- Industrial pollution

- Manufacturing industries
- Mining
- Nuclear technology
- Occupational hygiene
- Production

- NIOSHTIC (National Institute for Occupations Safety and Health) ได้แก่ ข้อมูลความปลอดภัยในการทำงาน ตามแบบของอเมริกา จะครอบคลุมเนื้อหา

- Behavioral science
- Chemistry
- Control technology
- Engineering
- Epidemiology
- Ergonomics
- Hazardous wastes
- Industry hygiene
- Occupational medicine
- Pathology
- Physiology
- Toxicology

- CISDOC (International Labour Organization) ได้แก่ ข้อมูลความปลอดภัยในการทำงานตามแบบขององค์การระหว่างประเทศ จะครอบคลุมเนื้อหา

- Consequences of these hazards
- Occupational hazards
- Places of occurrence-groups or persons, occupations or industries to which the preceding topics apply
- Protective and remedial measures suggested by the investigations
- Techniques employed in investigating the hazards and their consequences

**3. ฐานข้อมูล APS (Automatic Patent Searching)** ปี 1969-1990 เป็นฐานข้อมูลบรรณานุกรมพร้อมบทคัดย่อของเอกสารสิทธิบัตรที่ออกในช่วงปี 1969-90 จัดทำโดยสำนักงานสิทธิบัตรและเครื่องหมายการค้าของสหรัฐอเมริกา บรรจุอยู่ในแผ่นซีดี-รอม 5 แผ่น มีเขตข้อมูลบรรณานุกรมต่าง ๆ ให้ค้นได้ถึง 12

เขตข้อมูลคือ ผู้ใช้สามารถค้นได้จาก เลขที่สิทธิบัตร (patent number) วันที่พิมพ์สิทธิบัตร (issue date) เลขที่คำขอรับสิทธิบัตร (application number) วันที่ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร (filed date) ผู้ประดิษฐ์ (inventor (S)) ประเทศที่ยื่นขอรับสิทธิบัตร (State/country) ผู้ขอรับสิทธิ (assignee (S)) เอกสารสิทธิบัตรอ้างอิงของสิ่งประดิษฐ์นั้น ๆ (U.S. references) ระบบจัดจำแนกเรื่องสิทธิบัตรอเมริกา (U.S. classification) ระบบจัดจำแนกเรื่องสิทธิบัตรนานาชาติ (international classification) ทุกคำสำคัญในชื่อเรื่อง (title) คำสำคัญทุกคำในบทคัดย่อ (abstract) ครอบคลุมข้อมูลของเอกสารสิทธิบัตรประมาณ 1 ล้าน 5 แสนฉบับ การค้นหาข้อมูลสามารถใช้หลักสืบค้นในการค้นหาให้ได้เรื่องที่ใกล้เคียงกับที่ต้องการมากที่สุด รูปแบบผลลัพธ์ (output) ที่ต้องการสามารถกำหนดเองได้ว่า ต้องการทุกเขตข้อมูลหรือเฉพาะบางเขตข้อมูลเท่านั้น

**4. ฐานข้อมูล ESPACE** ปี 1989-90 เป็นฐานข้อมูลของเอกสารสิทธิบัตรที่ยื่นขอรับสิทธิบัตรที่ European Patent Office ซึ่งมีผลคุ้มครองตามกฎหมายได้มากถึง 14 ประเทศ ดังนี้ ออสเตรีย เบลเยียม เดนมาร์ก ฝรั่งเศส กรีท อิตาลี Liechtunstein ลักเซมเบิร์ก เนเธอร์แลนด์ สเปน สวีเดน สวิตเซอร์แลนด์ อังกฤษ และ เยอรมัน สามารถค้นได้จากหลายเขตข้อมูลเช่นเดียวกับฐาน APS และสำหรับชื่อเรื่องสามารถค้นได้จากคำใน 3 ภาษาได้ก็คือ ภาษาอังกฤษ ภาษาเยอรมัน และภาษาฝรั่งเศส ฐานข้อมูลนี้ให้ข้อมูลฉบับเต็มของ European patent applications แต่สามารถพิมพ์ออกมาได้ด้วยเครื่องพิมพ์เลเซอร์พรีนเตอร์เท่านั้น แต่ละปีจะครอบคลุมเอกสารสิทธิบัตรประมาณ 60,000 ฉบับ บรรจุอยู่ในแผ่นซีดี-รอม ประมาณ 50-60 แผ่นต่อปี (ปี 1989 มี 55 แผ่น ปี 1990 มี 61 แผ่น)

**5. ฐานข้อมูล WORLD** ปี 1990 เป็นฐานข้อมูลของเอกสารสิทธิบัตรที่ยื่นขอรับสิทธิบัตรที่ WIPO (World Intellectual Property Organization) ภายใต้สนธิสัญญา PCT (The Patent Cooperation Treaty) ครอบคลุมเอกสารสิทธิบัตรประมาณ 15,000 ฉบับต่อปี 1 แผ่น บรรจุข้อมูลประมาณ 500 ฉบับ ฐานข้อมูลนี้สามารถค้นหาได้จากหลายเขตข้อมูลเช่นเดียวกับ

กับฐาน ESPACE แต่ชื่อเรื่องสามารถค้นหาได้เพียง 2 ภาษาเท่านั้น ไม่มีภาษาเยอรมัน ให้ข้อมูลฉบับเต็มพร้อมรูปเช่นเดียวกับฐานข้อมูล ESPACE และต้องใช้เครื่องเลเซอร์พริ้นเตอร์พิมพ์ผลลัพธ์เช่นกัน ฐานข้อมูล WORLD ปี 1990 บรรจุอยู่ในแผ่นซีดี-รอม 32 แผ่น

การให้บริการค้นหาข้อมูลวิชาการจากแผ่นซีดี-รอมดังกล่าว นอกจากมีที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ แล้ว ปัจจุบันพบว่า ห้องสมุดศูนย์ข้อมูลต่าง ๆ ได้มีการจัดหาฐานข้อมูลต่าง ๆ เข้ามาให้บริการเช่นกัน เช่น ศูนย์สารสนเทศทางวิทยาศาสตร์ กองวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการพลังงาน มีฐานข้อมูลในรูปแบบซีดี-รอมให้บริการ 3 ฐานคือ

#### 1. Science Citation Index (1982-1985)

เป็นฐานข้อมูลโครงการวิจัย/รายงานทางวิชาการด้านวิทยาศาสตร์นานาชาติ ที่ตีพิมพ์ในวารสารทางวิทยาศาสตร์ชั้นนำ มีเนื้อหาสาระครอบคลุมสาขาวิชาการต่าง ๆ คือ

Life Science

Physical Science

Chemistry

Agriculture

Environmental Science

Clinical Medicine

Engineering

Technology and Applied Science

#### 2. Aquatic Sciences & Fisheries

Abstract (ASFA) (1982-1989)

เป็นฐานข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่มีชีวิตในน้ำและการประมง มีทั้งข้อมูลบรรณานุกรมและสาระสังเขป

#### 3. Pollution & Toxicology Database (Poltox) (1987-1990)

เป็นฐานข้อมูลที่บรรจุข้อมูลการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรมการผลิตและสังคมศาสตร์เกี่ยวกับสารพิษ มลภาวะ มลพิษ สภาวะแวดล้อม สาธารณสุขแวดล้อม เป็นฐานข้อมูลที่รวมข้อมูลมาจาก Cambridge Scientific Abstracts Journals ข้อมูลบางส่วนจากฐานข้อมูล TOX-LINE ของ National Library of Medicine และบางส่วนจากฐานข้อมูล Food Science

Technology Abstracts (FSTA) ของ International Food Information Service สาระข้อมูลมีทั้งส่วนบรรณานุกรมและสาระสังเขป

นอกจากนี้ยังมีที่ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล และห้องสมุดคณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คือ

**ฐานข้อมูล Medline** เป็นฐานข้อมูลที่ครอบคลุมสาขาทางด้านการแพทย์ ชีวการแพทย์ และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยรวบรวมมาจากบทความวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารต่าง ๆ ทั่วโลก ประมาณ 3,200 ชื่อ ตั้งแต่ปี 1982 ถึงปัจจุบัน ลักษณะของข้อมูลเป็นรายการบรรณานุกรม ซึ่งส่วนใหญ่มีบทคัดย่อให้ด้วย

สำหรับฐานข้อมูลในรูปแบบซีดี-รอม นี้ คาดว่าคงจะมีอีกหลายฐานข้อมูลเกิดขึ้นในอนาคต ห้องสมุดต่าง ๆ คงจะได้มีการจัดหาเข้ามาบริการผู้ใช่มากขึ้น ซึ่งก็จะเป็นฐานข้อมูลที่ไม่ซ้ำซ้อนกัน เพราะฐานข้อมูลในรูปแบบซีดี-รอม นี้ มีราคาที่สูง ห้องสมุดเฉพาะก็คงพยายามจะหาฐานข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานของตนเข้ามาบริการผู้ใช่มากขึ้น

ผู้สนใจที่จะค้นหาข้อมูลวิชาการต่าง ๆ ในแผ่นซีดี-รอม ดังกล่าว สามารถติดต่อสอบถามขอรับบริการได้ที่ กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ ทุกวันในเวลาราชการ

### เอกสารอ้างอิง

1. Feldman, Tony **CD-ROM** (Publisher's guide series) United Kingdom, Blueprint Publishing Ltd. 1987.
2. สมอ.สาร ฉบับที่ 176 ปีที่ 17 กุมภาพันธ์ 2533 หน้า 3
3. วารสาร อีเลคตรอน 79 ปีที่ 9 ฉบับที่ 9 เล่มที่ 104 หน้า 17-22
4. บุษบง โควินท์ "คลื่นลูกใหม่" น.ส.พ. เคลวินีส วันอังคารที่ 22 มกราคม 2534 หน้า 6
5. เอกสารเผยแพร่ เรื่องบริการฐานข้อมูล CD-ROM ของ ศูนย์สารสนเทศทางวิทยาศาสตร์ กองวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน

นายเกษม สนิทวงศ์ ณ อยุธยา ให้การต้อนรับเจ้าหน้าที่ Ceramic Mission จาก NEDO ภายใต้การสนับสนุนของกระทรวงการค้าอุตสาหกรรมระหว่างประเทศของญี่ปุ่น ซึ่งเข้าพบเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเรื่องวัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก พร้อมทั้งชมการดำเนินงานของศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก



นางมยุรี ผ่องสุคพันธ์ ผู้อำนวยการกอง  
 สนทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แถลงข่าว  
 เรื่องการให้บริการข้อมูลวิชาการด้วย ซีดี-รอม  
 ณ ห้องประชุมกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ



บรรณารักษ์จากประเทศสาธารณรัฐ  
 ประชาธิปไตยประชาชนลาว เข้าเยี่ยมชมและ  
 ดูงานห้องสมุดกรมวิทยาศาสตร์บริการ



กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ให้การอบรม  
 การแปรรูปผักและผลไม้ แก่เจ้าพนักงานเคหะ  
 กิจการเกษตร จังหวัดอ่างทอง สิงห์บุรี นนทบุรี  
 สุพรรณบุรี



กรมวิทยาศาสตร์บริการได้นำผลงาน  
การแปรรูปผักและผลไม้ การวิเคราะห์ของเล่น  
เด็กเพื่อการส่งออก และผลิตภัณฑ์เซรามิกไป  
แสดงในงานนิทรรศการวันข้าราชการพลเรือน  
ปี 2534 ณ อาคารกีฬาเนชั่นนครปฐม สนามกีฬา  
แห่งชาติ



นางรวงทอง พันพาไพโร รองอธิบดีกรม  
วิทยาศาสตร์บริการ แถลงข่าวเรื่องกรมวิทยา-  
ศาสตร์ผลิตนักเคมีปฏิบัติอย่างมีคุณภาพ ณ  
ห้องประชุมกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ





ข้าราชการจากสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม เข้าเยี่ยมชมและดูงานของกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

ข้าราชการจากสาธารณรัฐประชาชนจีน เข้าเยี่ยมชมและดูงานกองต่าง ๆ ของกรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการจัดฝึกอบรมการรักษาความปลอดภัยเกี่ยวกับอค์ก๊อชให้แก่ข้าราชการระดับผู้อำนวยการกองและหัวหน้าฝ่าย ณ ห้องประชุมกรมวิทยาศาสตร์บริการ



สำนักงานเลขานุการกรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ จัดการอบรมปฐมนิเทศข้าราชการและลูกจ้างประจำที่เข้าปฏิบัติงานใหม่ ณ ห้องประชุมกรมวิทยาศาสตร์บริการ





ข้าราชการและลูกจ้างดีเด่น วศ.



นางสาวละม่อม ชันชโภคัย  
 เกิด 30 ธันวาคม 2486  
 วุฒิการศึกษา ประกาศนียบัตรมัธยมศึกษาตอนต้น  
 โรงเรียนศรีอยุธยา  
 เริ่มรับราชการครั้งแรกเมื่อ 12 พฤศจิกายน 2509  
 ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง เจ้าหน้าที่ธุรการ 3 กองสนเทศ  
 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
 คุณสมบัติในการทำงาน บริการด้วยน้ำใจ ยิ่งบริการมาก  
 ยิ่งได้ประสบการณ์มาก ปฏิบัติงานทุกอย่างที่ได้รับ  
 มอบหมายด้วยความรับผิดชอบ



นางสาวประทุม พุทธิวินิช  
 เกิด 8 ธันวาคม 2492  
 วุฒิการศึกษา ปริญญาตรี สาขาเคมี มหาวิทยาลัยมหิดล  
 เริ่มรับราชการครั้งแรกเมื่อ 29 มิถุนายน 2515  
 ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 6 กองวิทยา-  
 ศาสตร์ชีวภาพ  
 คุณสมบัติในการทำงาน ทำทุกอย่าง อย่างดีที่สุด



นายปัญญา ชรรมเดช  
 เกิด 9 กันยายน 2498  
 วุฒิการศึกษา ม.ศ.3 บาลีสารศึกษศึกษา วัดพระเชตุพนฯ  
 เริ่มรับราชการครั้งแรกเมื่อ 10 เมษายน 2528  
 ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง คนงาน กองเคมี  
 คุณสมบัติในการทำงาน มีความซื่อสัตย์ สุจริต ทำงาน  
 ให้ได้ผลดีและถูกต้องที่สุด พร้อมทั้งจะช่วยพัฒนาประเทศ  
 ให้เจริญรุ่งเรือง



กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้รับโล่ขอบคุณ  
 จากศูนย์ศิลปาชีพพิเศษบางไทร ที่ได้นำผลงาน  
 เซรามิกไปร่วมจัดงานและได้รับโล่ขอบคุณจาก  
 สภารักษาความสงบเรียบร้อยแห่งชาติในการ  
 เคลื่อนย้ายและทำลายสารเคมีบริเวณท่าเรือ  
 กลองเคย

การฝึกอบรมทางวิชาการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ จัดอบรมการรักษาความปลอดภัย ให้แก่  
 ข้าราชการระดับหัวหน้าฝ่ายและผู้อำนวยการกอง

อบรมปฐมนิเทศข้าราชการและลูกจ้างประจำที่เข้าปฏิบัติงานใหม่  
 ครั้งที่ 1

อบรมวิชาเคมีวิเคราะห์ วิชาปิโตรเคมี วิชาปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์  
 ขั้นสูง การใช้เครื่องมือหาความขุ่น Flame emission spectrometry เทคนิค  
 เกี่ยวกับการวิเคราะห์แฉะและโลหะ การวิเคราะห์เคมีภัณฑ์และผลิตภัณฑ์  
 อุตสาหกรรม การวิเคราะห์เชื้อเพลิงและหล่อลื่น ให้แก่นักศึกษามหาวิทยาลัย  
 มหิดล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร มหาวิทยาลัย  
 เชียงใหม่ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยบูรพา และจุฬาลงกรณ์  
 มหาวิทยาลัย

อบรมการแปรรูปการถนอมอาหารให้แก่ นักศึกษามหาวิทยาลัย  
 ขอนแก่น มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน สถาบันเทคโนโลยี  
 พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เจ้าหน้าที่เคหกิจการเกษตร จ.สุพรรณบุรี จ.สิงห์บุรี  
 จ.นนทบุรี และผู้สนใจ

อบรมการวิเคราะห์ทางเคมีด้วยเครื่องมือ อุตสาหกรรมยางและ  
 พลาสติก ให้แก่นักศึกษาวิทยาลัยครูสวนดุสิตและวิทยาลัยครูสวนสุนันทา  
 ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์ไบโชนา ให้แก่อาจารย์  
 สมาชิกโครงการศิลปาชีพ ศูนย์ศิลปาชีพ บางไทร และสวนจิตรลดา

อบรมการออกแบบ การเขียนลวดลาย การใช้สี การปั้น การกลึง  
 การทำแบบพิมพ์ปูนปลาสเตอร์ ให้แก่นักเรียนศิลปาชีพบางไทร และศูนย์  
 ศิลปาชีพบ้านแม่ต้า จ.ลำปาง

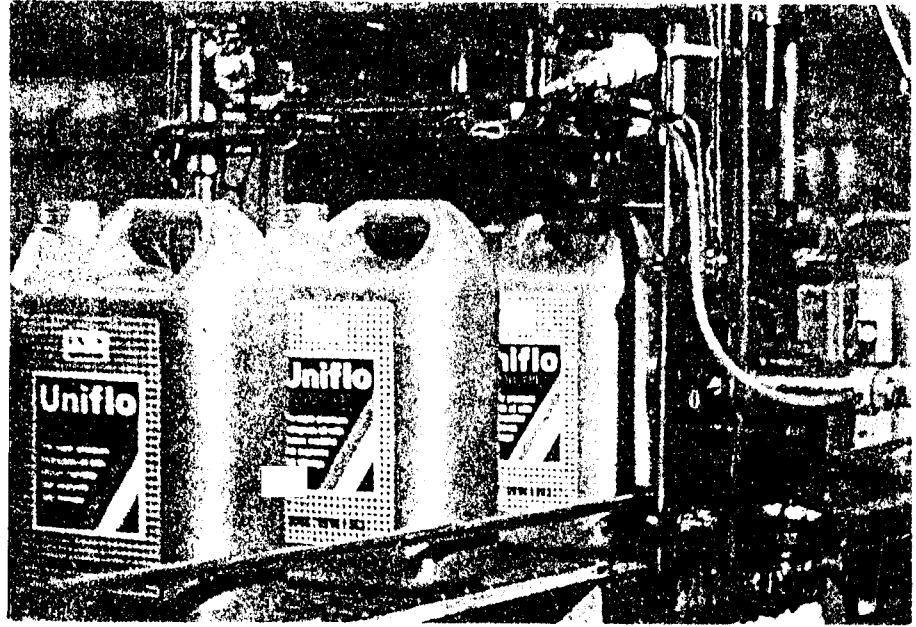
การพัฒนาบุคลากรในต่างประเทศ

1. นายเกษม สนิทวงศ์ ณ อยุธยา อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ นาย  
 บัณฑิต ดันตวัฒน์ และนายวินัย นุตมากุล ข้าราชการกองฟิสิกส์และ  
 วิศวกรรม ไปร่วมประชุมปรึกษาหารือกับเจ้าหน้าที่ British Council  
 และหน่วยงานทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกี่ยวกับมาตรฐานที่ประเทศ  
 อังกฤษ
2. นางสาวสุนทรี เป็รื่องการ ข้าราชการกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ไป  
 ประชุมคณะกรรมการวิชาการสาขาสารเจือปนและสารปนเปื้อนใน  
 อาหาร ครั้งที่ 23 ที่ประเทศเนเธอร์แลนด์
3. นางสุนัด ศรีคงศรี ข้าราชการกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ไปประชุม  
 คณะกรรมการวิชาการสาขาวิเคราะห์และชักตัวอย่าง ครั้งที่ 17  
 ที่ประเทศอังกฤษ
4. นางอรวดี ทวีสกุลวัชร ข้าราชการกองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ไป  
 สัมมนาที่ Patent, a Unique Source of Technical Information  
 ด้วยทุน BPO/EPO/WIPO ที่ประเทศอังกฤษ เนเธอร์แลนด์ เยอรมัน  
 ออสเตรียและสวีเดน
5. นายมานพ สิทธิเดช ข้าราชการกองเคมี ไปฝึกการใช้เครื่อง Varian  
 HPLC Star System ด้วยทุนบริษัท ไทยยูนิค จำกัด ที่ประเทศสหรัฐ  
 อเมริกา
6. ว่าที่ร.ต.สรรค จิตรไคร่รวญ และ นายสมศักดิ์ มณีรัตนกุล ข้าราชการ  
 กองฟิสิกส์และวิศวกรรมไปฝึกเทคนิคการใช้และวิธีการวัดของเครื่อง  
 NIKON Measurescope ด้วยทุนบริษัทฮอลลีวูด อินเทอร์เน็ต เนชั่นแนล จำกัด  
 ที่ประเทศญี่ปุ่น

# น้ำมันเครื่องสำคัญต่อ เครื่องยนต์อย่างไร

ศิริวรรณ ทิลปสกุลสุข

นักวิทยาศาสตร์ 6 กองเคมี



ปัจจุบันได้มีการพัฒนาปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันเครื่องหรือน้ำมันหล่อลื่น เพื่อใช้หล่อเครื่องยนต์และป้องกันเครื่องยนต์ไม่ให้เกิดความเสียหาย น้ำมันเครื่องจะทำหน้าที่ต่าง ๆ คือ

- ช่วยในการสตาร์ทเครื่องยนต์ให้ติดได้ง่าย
- หล่อลื่นชิ้นส่วนของเครื่องยนต์
- ป้องกันการสึกหรอ (wear)
- ลดแรงเสียดทาน (friction) ระหว่างชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ที่ต้องเสียดสีกัน
- ป้องกันการสนิม (rust) และการกัดกร่อน (corrosion)
- รักษาชิ้นส่วนเครื่องยนต์ให้สะอาด
- ป้องกันการรั่วซึมของความดันในระบบสูบ
- ไม่เกิดเป็นฟอง
- ลดความร้อนของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

## ช่วยในการสตาร์ทเครื่องยนต์ให้ติดได้ง่าย (permit easy starting)

ความง่ายในการติดเครื่องยนต์นอกจากจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขต่าง ๆ ได้แก่ เงื่อนไขการจุดระเบิดแบตเตอรี่ การไหลของเชื้อเพลิง และอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงแล้วยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในการไหลของน้ำมันเครื่อง ถ้าน้ำมันเครื่องนั้นมีความหนืดมากเกินไป ที่อุณหภูมิที่ทำการติดเครื่องยนต์ จะทำให้เกิดแรงต้านกับส่วนที่เคลื่อนที่ของเครื่องยนต์ ทำให้เครื่องยนต์ไม่สามารถหมุนเหวี่ยงได้เร็วเพียงพอที่จะทำให้เครื่องยนต์ติด และทำงานอย่างต่อเนื่อง

จากการที่อุณหภูมิต่ำทำให้น้ำมันข้นขึ้น น้ำมันที่ใช้ในฤดูหนาวจะต้องไม่ข้นเกินไปที่อุณหภูมิต่ำสุดที่จะติดเครื่องยนต์และจะต้องไหลไปยังลูกปืน (bearing) ได้อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เพื่อป้องกันการสึกหรอจากการเสียดสี นอกจากนี้ น้ำมันที่ใช้อย่างดีต้องมีความเหนียวเพียงพอ เมื่ออุณหภูมิของเครื่องยนต์สูงขึ้นถึงระดับทำงานปกติ

คุณสมบัติของน้ำมันที่บ่งบอกถึงความยากหรือง่ายในการติดเครื่อง คือ ความหนืดของน้ำมันที่อุณหภูมิที่ทำการติดเครื่องนั้น ความหนืดของน้ำมันเป็นปริมาณที่แสดงถึงความต้านทานต่อการไหลของน้ำมัน ความต้านทานนี้ทำให้น้ำมันสามารถอยู่ระหว่างผิวสัมผัสของส่วนที่

เคลื่อนที่ ในเครื่องยนต์ภายใต้แรงกดหรือความดัน ความต้านทานต่อการไหลของน้ำมันขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางโมเลกุลของน้ำมันเนื่องจากความต้านทานนี้มีผลในการต้านการหมุนของเครื่องยนต์ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเลือกใช้ใช้น้ำมันเครื่องที่มีความหนืดเหมาะสมกับความเร็วในการหมุนของข้อเหวี่ยงเพื่อติดเครื่อง มีอัตราไหลที่เหมาะสมและยังคงมีความเหนียวเพียงพอสำหรับการหล่อลื่นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

## หล่อลื่นและป้องกันการสึกหรอ (lubricate and prevent wear)

เมื่อทำการติดเครื่องยนต์ น้ำมันเครื่องต้องไหลไปหล่อลื่นทุกส่วนที่เคลื่อนไหวทันที เพื่อป้องกันโลหะเสียดสีกันอันจะทำให้เกิดการสึกหรอในเครื่องยนต์ ในตลับลูกปืนและผนังลูกสูบ (cylinder wall) ต้องมีน้ำมันไหลเคลือบเป็นฟิล์มที่เพียงพอ น้ำมันที่ไหลผ่านส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ทำหน้าที่หล่อลื่นและป้องกันการสึกหรอและป้องกันการสึกหรอของพื้นที่ผิวของ

โลหะ โดยน้ำมันจะต้องเกิดเป็นฟิล์มระหว่างผิวอย่างสมบูรณ์และมีความต่อเนื่องตลอดเวลา (full-film lubrication) ซึ่งจะเกิดขึ้นได้เมื่อความหนืดของน้ำมันสูงพอขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน ฟิล์มของน้ำมันที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์จะป้องกันการสัมผัสเสียดสีของโลหะด้วยเหตุนี้การสึกหรอจะเกิดขึ้นน้อยมาก นอกจากนี้ชิ้นส่วนต่าง ๆ ถูกชุบขีดโดยสิ่งที่หนากว่าฟิล์มของน้ำมัน

ในบางสภาวะถ้าไม่สามารถทำให้เกิดฟิล์มของน้ำมันขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ทำให้ผิวสัมผัสระหว่างโลหะกับโลหะที่น้ำมันไหลผ่านสัมผัสกันเป็นบางขณะ ภายใต้สภาวะเช่นนี้ ฟิล์มของน้ำมันจะช่วยลดภาระของเครื่องยนต์เพียงบางส่วน การเสียดสีที่เกิดขึ้นระหว่างผิว ถ้าไม่ได้รับการแก้ไขที่เหมาะสมทำให้โลหะที่สัมผัสกันเกิดความร้อนและหลอมละลาย ทำให้ชิ้นส่วนฉีกขาดและเกิดความขรุขระบนพื้นผิวสัมผัสเหล่านั้น

## ลดแรงเสียดทาน (reduce friction)

ภายใต้สภาวะที่น้ำมันเคลือบเป็นฟิล์ม

อย่างสมบูรณ์ ฟิล์มที่เหนียวของน้ำมันจะป้องกัน โลหะกับโลหะสัมผัสกันระหว่างการเคลื่อนไหว ของชิ้นส่วนในเครื่องยนต์ การเคลื่อนไหวเหล่านี้ ชิ้นส่วนที่ได้รับการหล่อลื่นต้องการแรงให้เพียงพอ ที่จะเอาชนะแรงเสียดทานที่เกิดจากความหนืด ของน้ำมัน แต่ความหนืดของน้ำมันจะต้องสูงพอที่จะ รักษาไม่ให้ฟิล์มขาดและต้องไม่สูงเกินความ จำเป็นด้วย เพราะถ้าความหนืดมากเกินไปจะต้องเพิ่มปริมาณของแรงที่จะเอาชนะแรงเสียดทาน นี้ขึ้นอีก

ผู้ผลิตรถยนต์จะกำหนดช่วงความหนืดตาม SAE เกรด เพื่อให้แน่ใจว่าสามารถหล่อลื่นได้ อย่างเพียงพอ ไม่หนืดเกินไปที่สภาวะการทำงาน เมื่อน้ำมันถูกปนเปื้อนความหนืดจะเปลี่ยนไป เช่น มีเขม่า (soot) สิ่งสกปรก (dirt) หรือพวก โคลนตม (sludge) จะทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น หรือเมื่อน้ำมันถูกเจือจางด้วยเชื้อเพลิง ความหนืด จะลดลง การเปลี่ยนไปของความหนืดจะทำให้ เครื่องยนต์อยู่ในอันตราย ด้วยเหตุนี้ ระดับการ ปนเปื้อนของน้ำมันเครื่องจะต้องได้รับการควบคุม ให้อยู่ในระดับต่ำอยู่เสมอ โดยการเปลี่ยนน้ำมัน เครื่องในช่วงเวลาที่เหมาะสม

### **ป้องกันสนิมและการกัดกร่อน (protect against rust and corrosion)**

ภายใต้สภาวะอุดมคติ (ideal condition) การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจะเกิดคาร์บอนได- ออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) และน้ำ แต่ในความเป็นจริง มีเหตุผลหลายอย่างที่เครื่องยนต์ไม่สามารถเผา ไหม้เชื้อเพลิงทั้งหมดได้อย่างสมบูรณ์ เช่น บาง ส่วนของน้ำมันเบนซินหรือดีเซลที่ถูกเผาไหม้ เปลี่ยนเป็นสารเคมีเชิงซ้อน (complex chemical) ระหว่างการเผาไหม้ บางครั้งเกิดเป็นเขม่าหรือ คาร์บอน บางส่วนของเขม่าและเชื้อเพลิงที่ถูก เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ จะผ่านออกทางท่อไอเสียใน รูปควันดำหรือกลิ่นเหม็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อ ส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงมีความไม่ เหมาะสม หรือกระบอกสูบด้าน บางส่วนของ เขม่าและเชื้อเพลิงที่ไม่ถูกเผาไหม้อาจเล็ดลอด ผ่านแหวนลูกสูบ และเข้าไปในอ่างข้อเหวี่ยง (crankcase) รวมตัวกับน้ำเกิดโคลนตมและคราบ จับ (sludge และ varnish deposits) บนชิ้นส่วน ที่วิกฤติของเครื่องยนต์ พวกโคลนตมที่เกิดขึ้นจะ อุดทางเดินของน้ำมันเครื่องซึ่งจะทำให้ น้ำมันไหล

น้อยลง การไหลของน้ำมันที่จำกัดเป็นเหตุให้ส่วน ของเครื่องยนต์ที่สำคัญติดขัดและทำหน้าที่ได้ไม่ดี ผลสุดท้ายจะทำให้เครื่องยนต์เสียเร็วขึ้น

ในขณะที่เชื้อเพลิงถูกเผาไหม้จะเกิดน้ำขึ้น เป็นจำนวนมาก ถึงแม้ว่าน้ำเกือบทั้งหมดนี้จะ กลายเป็นไอและออกไปทางท่อไอเสีย บางส่วนที่ เหลืออยู่จะรวมตัวเป็นหยดน้ำในผนังของกระบอก- สูบหรือเล็ดลอดผ่านแหวนลูกสูบ แล้วถูกจับใน อ่างข้อเหวี่ยงซึ่งอาจเกิดขึ้นชั่วคราว ปรากฏการณ์ เช่นนี้เกิดขึ้นบ่อยครั้งในสภาพอากาศเย็นก่อนที่ เครื่องยนต์จะร้อนถึงอุณหภูมิทำงาน

นอกเหนือจากน้ำและสิ่งที่เกิดจากการ เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง ยังมีสิ่งอื่น ๆ ที่ ก่อให้เกิดการกัดกร่อนชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ได้แก่

1. ก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ซึ่งมีคุณสมบัติ ในการกัดกร่อน (corrosive combustion gases) สามารถผ่านแหวนลูกสูบเข้าไปในอ่างข้อเหวี่ยง และกลั่นตัวเป็นหยดหรือละลายในน้ำมัน
2. กรดที่เกิดจากปฏิกิริยาของน้ำมันกับ ออกซิเจน (oxidation)
3. ศักย์ในการเกิดสนิม
4. ตะกอนจากการสึกกร่อน

อายุของชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ขึ้นอยู่กับ ความสามารถของน้ำมันเครื่อง ที่จะป้องกันไม่ให้เกิดการกัดกร่อนต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาแล้ว เพื่อ การนี้ นักเคมีที่วิจัยทางน้ำมันได้ค้นคว้าจนประสบความสำเร็จ สามารถพัฒนาและสร้างสารเคมีที่ ใช้เติมลงในน้ำมัน และป้องกันการกัดกร่อน ดังกล่าวได้ สารนี้จะถูกเติมลงในน้ำมันในโรงงาน ผลิตน้ำมันเครื่อง เพื่อให้ น้ำมันเครื่องทำหน้าที่ ป้องกันชิ้นส่วนของเครื่องยนต์จากการ ชำรุด เนื่องจากการกัดกร่อนและการเกิดสนิม

### **รักษาชิ้นส่วนเครื่องยนต์ให้สะอาด (keep engine parts clean)**

น้ำมันเครื่องคุณภาพดีในปัจจุบัน ไม่เพียง แต่จะรักษาชิ้นส่วนเครื่องยนต์ให้สะอาดเพียง อย่างเดียว แต่ยังป้องกันโคลนตมและคราบจับ ไม่ให้รบกวนการทำงานของเครื่องยนต์อีกด้วย โคลนตมของเครื่องยนต์เกิดขึ้นจากการที่ เครื่องยนต์ทำงานที่อุณหภูมิต่ำ โดยการรวมตัว ของสิ่งต่าง ๆ คือ น้ำ สิ่งสกปรก ผลิตภัณฑ์ของ น้ำมันที่เสื่อมสภาพ และการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

พวกโคลนตมที่เกิดขึ้นเริ่มแรกจะมีขนาดเล็กจน ที่กรองน้ำมันไม่สามารถกรองได้ ขนาดของ โคลนตมนี้ถ้ายังมีขนาดเล็กกว่าความหนาของ ฟิล์มน้ำมันและยังกระจายตัวได้ดี จะไม่ทำให้ เกิดการสึกหรอกับชิ้นส่วนของเครื่องยนต์แต่เมื่อ ปริมาณของโคลนตมนี้เพิ่มขึ้นในน้ำมัน โคลนตม เล็ก ๆ นี้จะรวมกันเป็นโคลนตมขนาดใหญ่ และ ขัดขวางการไหลของน้ำมัน การเกิดโคลนตมจะ รวดเร็วยิ่งขึ้น เมื่อมีไอน้ำซึ่งกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ ในอ่างข้อเหวี่ยงขณะที่เครื่องยนต์กำลังทำงานที่ อุณหภูมิต่ำ อัตราการเกิดโคลนตมในน้ำมัน ภายในอ่างข้อเหวี่ยงยังขึ้นกับสาเหตุอีกหลาย อย่างซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานของเครื่องยนต์ เช่น ส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงที่มีเชื้อเพลิง มากไป เมื่อใช้ (choke) ติดขัด เดินเครื่อง ขณะที่ได้กรองอากาศสกปรก การจุดระเบิด ไม่ติด เป็นต้น

น้ำมันโดยธรรมชาติจะมีขีดจำกัดในการ ป้องกันสิ่งสกปรกรวมตัวเป็นโคลนตมขนาดใหญ่ ภายในเครื่องยนต์ เพื่อให้ น้ำมันเครื่องสามารถ ป้องกันการรวมตัวของโคลนตม จำเป็นต้องเติม สารเติมแต่งลงในน้ำมันซึ่งเป็นสารผสมของ detergent/dispersants สารเติมแต่งนี้จะรักษา ให้เครื่องยนต์สะอาด และทำให้สิ่งสกปรกขนาด เล็กไม่รวมตัวกัน และแขวนลอยอยู่ในน้ำมัน ซึ่ง กำจัดได้ โดยการเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง

Detergent/dispersants ยังสามารถ ป้องกันไม่ให้เกิดคราบจับภายในเครื่องยนต์อัน เป็นผลมาจากปฏิกิริยาเคมีของน้ำมันกับออกซิเจน ในอ่างข้อเหวี่ยง เกิดสารประกอบเคมีเชิงซ้อน และถูกความร้อนของเครื่องยนต์กลายเป็นของแข็ง เคลือบอยู่บนส่วนที่ร้อนของเครื่องยนต์ เช่น บริเวณไฮดรอลิกลิฟเตอร์ (hydraulic lifters) แหวนลูกสูบ และลูกปืนซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่เกิด คราบจับเกาะได้ง่าย เมื่อปล่อยให้สิ่งที่เกิด คราบสะสมในบริเวณดังกล่าวแล้ว จะทำให้ เครื่องยนต์ชำรุดได้

โคลนตมที่เกิดขึ้นที่ไส้กรองน้ำมัน (oil pump screens) ขัดขวางการไหลของน้ำมันไปยัง ส่วนสำคัญของเครื่องยนต์ และทำให้เกิดการ สึกหรอได้เร็วขึ้น แหวนของลูกสูบที่ติดขัดหรือ ฉีกเนื่องจากการสะสมของพวกคราบ จะทำให้ เครื่องยนต์ไม่สามารถทำงานอย่างเต็มที่ การ อุดตันหรือการเกิดโคลนตมที่แหวนควบคุมน้ำมัน



ขัดขวางการไหลของน้ำมันเครื่องส่วนเกินที่ผ่นลูกสูบ ทำให้ใช้น้ำมันหล่อลื่นมากเกินไป

### ป้องกันการรั่วซึมของความดันในกระบอกสูบ (seal combustion pressures)

พื้นผิวของแหวนลูกสูบ ร่องแหวนลูกสูบ (ring grooves) และผนังกระบอกสูบจะไม่เรียบอย่างสมบูรณ์ ถ้าขยายภาพพื้นที่บริเวณดังกล่าว พื้นผิวจะมีลักษณะขรุขระเป็นเหมือนเนินเขาและหุบเขา ด้วยเหตุนี้โดยลำพังแหวนลูกสูบไม่สามารถป้องกันการรั่วซึมของความดัน จากบริเวณความดันสูงที่เกิดการเผาไหม้ไปยังห้องข้างเคียงที่มีความดันต่ำ ซึ่งจะทำให้กำลังของเครื่องยนต์และประสิทธิภาพลดลง น้ำมันเครื่องจะเข้าไปอยู่ในส่วนที่มีลักษณะเหมือนเนินและหุบเขา บนพื้นที่แหวนและผนังกระบอกสูบและช่วยอุดช่องว่างที่เกิดการรั่วซึมของความดันจากการเผาไหม้ เนื่องจากฟิล์มของน้ำมันที่ค่อนข้างบางคือ น้อยกว่า 0.025 มิลลิเมตร ถ้ามีการสึกกร่อนที่แหวนลูกสูบ ร่องแหวนลูกสูบ และผนังกระบอกสูบมากเกินไป ฟิล์มของน้ำมันจะไม่สามารถอุดช่องว่างได้หมด ในสภาวะเช่นนี้จะทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเครื่องมาก ในเครื่องยนต์ใหม่หรือเครื่องยนต์ที่ซ่อมแซมมาใหม่ อาจมีการสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่องจากสาเหตุนี้ได้ จนกว่าร่องรอยขรุขระระหว่างพื้นผิวจะลดลง ทำให้น้ำมันสามารถปิดช่องว่างได้อย่างแน่นอน

### การไม่เกิดเป็นฟอง (be non-foaming)

เนื่องจากชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องยนต์มีการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็ว อากาศในอ่างข้อเหวี่ยงจะถูกดีดเข้ากับน้ำมันอย่างต่อเนื่อง เกิดเป็นฟองขึ้น โดยปกติฟองนี้จะขึ้นมายบนผิวและแตก แต่ถ้ามีน้ำและสิ่งปนเปื้อนอย่างอื่น จะทำให้การแตกของฟองช้าลง ทำให้เกิดมีฟองจำนวนมากจากการที่ฟองอากาศไม่เป็นตัวนำความร้อนที่ดี ดังนั้นถ้ามีฟองอากาศมาก การหล่อเย็นเครื่องยนต์จะไม่มีประสิทธิภาพ เพราะความร้อนกระจายได้ไม่ดี และเนื่องจากอากาศจะหดตัวได้เมื่อถูกกดทำให้ฟองอากาศไม่สามารถรับแรงกดคืน และไม่สามารถป้องกันการสึกหรอของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เช่น วาล์วลiftเตอร์ (valve lifters) และลูกปืนต่างจากน้ำมันที่ปราศจากอากาศซึ่งจะไม่ถูกบีบหรือกดให้หดตัวได้ง่ายจึงสามารถรับแรงกดได้ดี

### ลดความร้อนของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ (cool engine parts)

คนจำนวนมากเข้าใจว่าการหล่อเย็นเครื่องยนต์ จะทำได้ด้วยการทำงานของสารหล่อเย็น (water-antifreeze mixture) ซึ่งใช้ในระบบหล่อเย็น ความจริงแล้วสารผสมนี้สามารถทำงานในด้านหล่อเย็นเพียง 60% และเป็น การหล่อเย็นเพียงส่วนบนของเครื่องยนต์เท่านั้น คือ ในหัวกระบอกสูบ ผนังลูกสูบ และวาล์ว ส่วนเพลาช้อเหวี่ยง (crankshaft) ลูกปืนเพลากันลูกเบี้ยว (camshaft) เฟืองตั้งเวลา (timing gears) ลูกสูบ และส่วนอื่น ๆ ที่อยู่ด้านล่างของเครื่องยนต์ จะหล่อเย็นโดยน้ำมันเครื่อง ชิ้นส่วนเครื่องยนต์เหล่านี้จะมีขีดจำกัดในการทนต่อความร้อน ดังนั้นอุณหภูมิจึงต้องไม่สูงเกินไป บางส่วนของเครื่องยนต์อาจสามารถทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้ดี ขณะที่ส่วนอื่น ๆ เช่น ลูกปืนเพลางานในขณะที่ยืน เพื่อหลีกเลี่ยงต่อการชำรุด ชิ้นส่วนเหล่านี้จึงต้องการน้ำมันเครื่องที่ยืนในปริมาณเพียงพอสำหรับการระบายความร้อน น้ำมันที่พาความร้อนจากชิ้นส่วนต่าง ๆ จะไหลเวียนกลับไปอย่างข้อเหวี่ยงและความร้อนที่พามากับน้ำมันจะระบายออกสู่อากาศรอบ ๆ

เพื่อรักษาขบวนการระบายความร้อน ปริมาณน้ำมันจำนวนมากจะต้องหมุนเวียนอย่างสม่ำเสมอผ่านชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ถ้าปริมาณน้ำมันถูกขัดขวาง ส่วนต่าง ๆ เหล่านี้จะร้อนขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการเสียดสีที่เพิ่มขึ้น และอุณหภูมิของการเผาไหม้

เพื่อที่จะระบายความร้อนจากเครื่องยนต์จะต้องมีน้ำหนักจำนวนมากเพียงพอที่จะหมุนเวียนผ่านชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ที่ร้อน ซึ่งทำได้โดยใช้ปั๊มส่งน้ำมันที่มีขนาดใหญ่ และเส้นทางสำหรับการไหลของน้ำมันเหมาะสมกับปริมาณของน้ำมัน สิ่งสกปรกที่กีดขวางตามเส้นทางผ่านของน้ำมันทำให้น้ำมันไม่สามารถไหลผ่านและหล่อเย็นเครื่องยนต์ ในที่สุดเครื่องยนต์ก็จะชำรุด ฉะนั้นจึงควรเปลี่ยนน้ำมันเครื่องก่อนที่ระดับการปนเปื้อนจะมากเกินไป จนก่อให้เกิดการอุดตันของทางเดินน้ำมัน นอกจากนี้การระบายความร้อนที่เหมาะสมจะเกิดขึ้นได้ ก็ต่อเมื่อต้องคอยตรวจสอบระดับน้ำมันในเครื่องยนต์ไม่ให้ต่ำกว่าระดับที่กำหนด

### ชนิดของสารเติมแต่งต่าง ๆ

เพื่อให้ได้น้ำมันเครื่องที่มีคุณสมบัติครบถ้วนตามที่กล่าวข้างต้น จำเป็นต้องเติมสารเติมแต่งซึ่งเป็นสารประกอบเคมีลงไปสู่น้ำมันเครื่อง เพื่อทำให้คุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางเคมีดีขึ้น สารเติมแต่งเหล่านี้มีหลายชนิดและมีหน้าที่ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

### สารลดจุดไหลเท (pour point depressants)

ทันทีที่เครื่องยนต์ติด น้ำมันจะเริ่มไหลหมุนเวียน น้ำมันหลายอย่างมีแนวโน้มจะแข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อเป็นเช่นนี้ น้ำมันจะไม่สามารถไหลผ่านจากไส้กรองไปยังปั๊มได้เมื่อเครื่องยนต์ติด ดังนั้นจึงมีน้ำมันไม่เพียงพอกที่จะหล่อลื่นเครื่องยนต์ อันจะทำให้เครื่องยนต์เสียได้ ปัญหานี้เกิดจากไขที่อยู่ในน้ำมันแข็งตัวซึ่งปกติจะอยู่ในรูปผลึก และผลึกนี้จะใหญ่ขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ โครงสร้างของผลึกมีลักษณะคล้ายรวงผึ้ง ซึ่งเหนียวและขัดขวางการไหลของน้ำมัน

การปรับปรุงขบวนการกลั่นเพื่อเอาไขออกจากน้ำมัน ทำให้ผลึกนี้ลดจำนวนเหลืออยู่เพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม ไขที่เหลือนี้ยังคงก่อให้เกิดปัญหาที่อุณหภูมิต่ำ จึงทำให้มีการใช้สารเคมี ที่เรียกว่า สารลดจุดไหลเท (pour point depressants) เช่น polymethacrylate polymers ผสมลงในน้ำมัน ซึ่งจะทำให้ผลึกของไขในน้ำมันอยู่ในรูปผลึกที่ละเอียด และไม่รวมตัวเป็นผลึกขนาดใหญ่ สารลดจุดไหลเทนี้ทำให้น้ำมันสามารถไหลได้ดีขึ้นที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นน้ำมันที่ใช้ในอุณหภูมิต่ำควรจะต้องมีสารเติมแต่งชนิดนี้ผสมอยู่ด้วย

### สารยับยั้งการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนและการกัดกร่อนของลูกปืน (oxidation and bearing corrosion inhibitors)

เครื่องยนต์ที่ร้อนเกินไปจะเป็นสาเหตุให้น้ำมันเครื่องทำปฏิกิริยากับออกซิเจน ทำให้เกิดโคลนตมคราบจับ และกรด สารเหล่านี้จะทำความเสียหายให้กับโลหะของลูกปืน ปัญหานี้เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์โดยทั่วไป จนกระทั่งได้มีการวิจัยผลิตสารเคมี ที่สามารถขัดขวางหรือลดอัตราการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนซึ่งมีอยู่หลายชนิด เช่น สาร organic ที่ประกอบ



ด้วยซัลเฟอร์ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ alkyl-phenols บางตัว สารเคมีเหล่านี้เป็นสารเติมแต่งที่ถูกนำมาผสมลงในน้ำมันเพื่อลดการทำปฏิกิริยาของน้ำมันกับออกซิเจนที่อุณหภูมิสูง สารนี้เรียก oxidation inhibitor นอกจากนี้ยังมีสารเคมีที่สามารถเคลือบอยู่บนผิวโลหะของลูกปืน เพื่อป้องกันการเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับลูกปืน สารชนิดนี้เรียกว่า bearing corrosion inhibitors เช่น Zn, Ba และ Ca thiophosphates ในเครื่องยนต์ที่วิ่งด้วยความเร็วสูงและอุณหภูมิสูง ลูกปืนที่ทำด้วยทองแดงมีความต้องการน้ำมันเครื่องที่มีสารเติมแต่งชนิดนี้ สารเติมแต่งเหล่านี้จะเสื่อมสภาพเมื่อน้ำมันเครื่องนั้นถูกใช้เป็นเวลานาน

### สารยับยั้งการเกิดสนิมและการกัดกร่อน (rust and corrosion inhibitors)

จากที่กล่าวมาแล้วว่าขบวนการเผาไหม้จะก่อให้เกิดน้ำและกรดกัดกร่อน เป็นสาเหตุของการเกิดสนิมและกัดกร่อนขึ้นในเครื่องยนต์ ความเสียหายเหล่านี้สามารถป้องกันได้ โดยใช้สารเติมแต่งซึ่งมีคุณสมบัติในการป้องกัน คือ

1. เป็นสารเคมีที่มีคุณสมบัติเป็นด่างที่ละลายได้ในน้ำมัน ด้วยคุณสมบัตินี้ สารเติมแต่งจะลบล้าง กรวดที่เกิดจากการเผาไหม้ ดังนั้นจึงสามารถป้องกันการกัดกร่อนจากกรด
2. เป็นสารเคมีที่ละลายในน้ำมันแล้วทำให้เกิดฟิล์มของน้ำมันที่ต่อเนื่องบนชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ฟิล์มนี้สามารถป้องกันไม่ให้น้ำผ่านได้ ดังนั้นจึงสามารถป้องกันสนิมซึ่งเกิดจากโลหะกับน้ำ

การเติมสารเติมแต่งนี้อาจเติมได้มากกว่า 1 ชนิด เพื่อทำหน้าที่ป้องกันสนิมและป้องกันการกัดกร่อน เช่น lithium salt ของ substituted succinic acid สารเติมแต่งนี้จะเหมือนกับสารเติมแต่งอื่น ๆ ถูกใช้ไปในการทำหน้าที่ของมัน เพื่อให้สารเติมแต่งนี้ยังคงมีอยู่ในระดับที่เพียงพอสำหรับป้องกันการเกิดความเสียหายกับเครื่องยนต์ ควรจะเปลี่ยนน้ำมันเครื่องในช่วงเวลาที่เหมาะสม

### สารชะล้างและกระจายตะกอน (detergent/dispersant additives)

การเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง

และการเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนของน้ำมันเครื่องจะทำให้เกิดโคลนตม โดยเฉพาะภายใต้ภาวะอุณหภูมิต่ำ เพื่อป้องกันการรวมตัวของโคลนตมซึ่งจะขัดขวางการไหลของน้ำมัน จำเป็นต้องเติมสารเติมแต่งที่เรียก สารชะล้างและกระจายตะกอน (detergent dispersant) เช่น Ba, Ca sulfonates และ phenates สารเติมแต่งนี้จะรักษาเครื่องยนต์ให้สะอาด โดยทำให้สิ่งสกปรกกระจายและแขวนลอยอยู่ในน้ำมัน และไม่รวมตัวเป็นก้อน เมื่อปริมาณโคลนตมที่แขวนลอยอยู่ในน้ำมันเพิ่มมากขึ้น สารเติมแต่งนี้ก็จะถูกใช้ไปมากขึ้นด้วย จนในที่สุดจะเกิดการรวมตัวของโคลนตมขึ้นได้อีก

### สารเพิ่มดัชนีความหนืด (viscosity index improvers)

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำมันเครื่อง ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ น้ำมันเครื่องที่จะใช้ในเครื่องยนต์นี้ต้องทำงานในสภาวะที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิมาก น้ำมันเครื่องจึงจำเป็นต้องมีคุณสมบัติการเปลี่ยนแปลงของความหนืดต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ค่าที่แสดงการเปลี่ยนแปลงนี้เรียกว่า ดัชนีความหนืด (viscosity index) ซึ่งแทนด้วยอักษรย่อ VI น้ำมันที่มีค่า VI สูงเป็นน้ำมันที่มีการเปลี่ยนแปลงความหนืด ต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้อยกว่าน้ำมันที่มีค่า VI ต่ำ สารเคมีที่ใช้เติมลงในน้ำมันเพื่อเพิ่มค่า VI เรียกว่า สารเพิ่มดัชนีความหนืด (VI improvers) สารนี้เป็นสารจำพวกโพลีเมอร์ ซึ่งจะทำให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของความหนืดต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิลดลงโดยที่ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นน้ำมันที่ไม่ได้ใส่สารเพิ่มดัชนีความหนืดมีแนวโน้มที่จะใสขึ้นเมื่อใส่สารเพิ่มดัชนีความหนืดแล้ว โมเลกุลของสารเพิ่มดัชนีความหนืดนี้จะคลายตัวออกและไปปนกับโมเลกุลของน้ำมัน เป็นการเพิ่มความหนืดให้กับน้ำมัน เมื่ออุณหภูมิยิ่งสูงมากขึ้น โมเลกุลนี้ก็ยิ่งคลายออก ส่วนที่อุณหภูมิต่ำ โมเลกุลที่ยาวนี้จะหดตัวและแขวนลอยอยู่ในน้ำมัน ทำให้น้ำมันเครื่องมีความหนืดลดลง ด้วยคุณสมบัติของสารเพิ่มค่าดัชนีความหนืดนี้ทำให้ได้น้ำมันที่มีความหนืดพอเหมาะกับการทำงานของเครื่องยนต์ในช่วงอุณหภูมิกว้างขึ้น ผลิตภัณฑ์น้ำมันชนิดนี้เรียกว่า น้ำมันมัลติเกรด (multigrade oil)

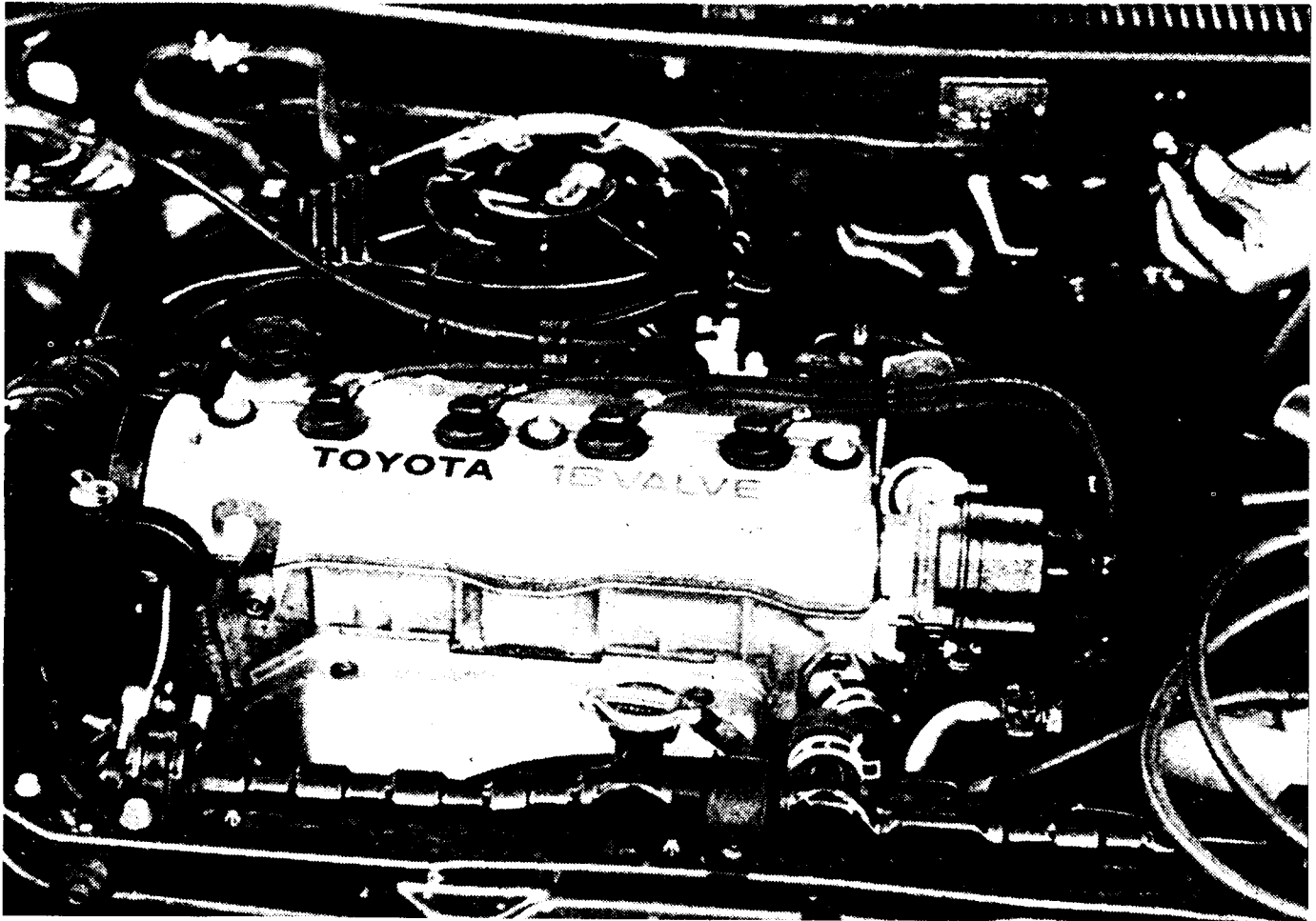
### สารป้องกันการเกิดฟอง (foam inhibitors)

น้ำมันที่มีฟองอากาศจะทำให้ไม่สามารถระบายความร้อน และไม่สามารถหล่อลื่นได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ เนื่องจากอากาศหดตัวเมื่อถูกกด น้ำมันที่เป็นฟองจะยุบตัว ทำให้ความสามารถในการป้องกันการสึกหรอลดลง ในที่สุดจะทำให้เครื่องยนต์ชำรุดหรือทำงานผิดปกติ ดังนั้น น้ำมันเครื่องที่ดีควรมีส่วนผสมของสารป้องกันการเกิดฟอง (foam inhibitors) ซึ่งสามารถทำให้ฟองอากาศเล็ก ๆ อ่อนตัวลงและยุบเกือบทันทีที่เกิดขึ้นในน้ำมัน สารเติมแต่งนี้เรียก ซิลิโคน (silicone) ซึ่งมีส่วนผสมหลักเป็นไฮโดรเจนและซิลิคอน

### สารเติมแต่งสำหรับภาวะแรงกดสูง (extreme pressure additives)

สารเติมแต่งที่ประกอบด้วย กำมะถัน ฟอสฟอรัส และสารโซลัน มีความสามารถในการทำให้เกิดฟิล์มที่แข็งแรงบนชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ฟิล์มนี้สามารถลดการเสียดสี ลดการเกิดความร้อนและลดการสัมผัสของโลหะกับโลหะ สารเหล่านี้จะรู้จักในชื่อต่าง ๆ เช่น สารลดแรงเสียดทาน (friction modifiers, friction reducing agent) หรือสารต้านการสึกหรอ (antiwear compound) สารเคมีเหล่านี้จะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับพื้นผิวโลหะ ภายใต้สภาวะการทำงานหนักและอุณหภูมิสูงเกิดเป็นเคลือบติดแน่นบนผิวโลหะ เคลือบบนผิวโลหะนี้จะป้องกันการเชื่อมติดกันของพื้นผิวโลหะจากความร้อนและลดการสึกหรอของผิวจากการเสียดสี สารเติมแต่งที่ทำหน้าที่นี้เรียกว่าสารเติมแต่งสำหรับภาวะแรงกดสูง (extreme pressure additive) หรือสารเติมแต่ง EP

ทุกวันนี้สารเติมแต่งชนิดพิเศษจำนวนมาก สามารถทำให้น้ำมันเครื่องมีคุณภาพสูงขึ้น การใส่สารเติมแต่งลงในน้ำมันเครื่องจะไม่ใส่สารเติมแต่งทุกชนิดที่กล่าวมา เนื่องจากสารเติมแต่งบางชนิดสามารถเติมลงในน้ำมันเพื่อให้ทำหน้าที่มากกว่าหนึ่งอย่าง จำนวนสารเติมแต่งที่เหมาะสมหรือจำนวนสารเติมแต่งแต่ละอย่างที่ต้องการสามารถหาได้โดยการทดสอบทางเครื่องยนต์ (engine test) ซึ่งจำลองสภาวะการทำงานของ



เครื่องยนต์ตามแนวทาง หรือจุดมุ่งหมายในการที่จะนำน้ำมันเครื่องนั้นไปใช้

สิ่งสำคัญเกี่ยวกับการเติมแต่ง คือ สารเติมแต่งสามารถทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์ในช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น สารเติมแต่งจะถูกใช้ไปขณะที่ทำหน้าที่ของมัน ฉะนั้นเมื่อถึงกำหนดเวลาอันสมควรก็ต้องเปลี่ยนน้ำมันเครื่อง เพื่อให้ได้สารเติมแต่งในระดับที่เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ เทคโนโลยีทางด้านน้ำมันสามารถพัฒนาสารเติมแต่ง เพื่อป้องกันเครื่องยนต์และยืดอายุของเครื่องยนต์ ความสามารถนี้จะคงอยู่ได้เฉพาะในน้ำมันเครื่องที่มีคุณสมบัติที่ครบถ้วน

### การจัดแบ่งน้ำมันเครื่อง

น้ำมันเครื่องที่ได้รับการผสมสารดังกล่าวแล้ว ก็จะมีคุณลักษณะเฉพาะคือ มีความหนืดของน้ำมันเครื่องสัมพันธ์กับลักษณะการใช้งานของเครื่องยนต์แต่ละชนิด เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้ น้ำมันได้เหมาะสมกับรถ บริษัทเครื่องยนต์และบริษัทน้ำมันจะยึดกฎเกณฑ์ การจัดแบ่งน้ำมัน

ตามระบบการแบ่งน้ำมัน 2 ระบบ คือ แบ่งตามความหนืด และแบ่งตามชนิดและสภาพการทำงานของเครื่องยนต์

สมาคมวิศวกรรถยนต์ (Society of Automotive Engineers) จัดแบ่งน้ำมันเครื่องออกเป็น SAE เกรดตามความหนืดของน้ำมัน เช่น SAE 20W, SAE 25W, SAE 30W, SAE 40 และ SAE 50 เป็นต้น ค่าของ SAE สูงแสดงถึงน้ำมันที่มีความหนืดสูง เช่น SAE 50 จะมีค่าความหนืดสูงกว่า SAE 30 เกรดของน้ำมันเครื่องที่มีเครื่องหมาย W จะเป็นน้ำมันที่เหมาะสมสำหรับใช้ในแถบที่มีอากาศหนาว การทดสอบน้ำมันเกรด W จะวัดความหนืดที่อุณหภูมิต่ำ ส่วนเกรด SAE ที่ไม่มี W การทดสอบความหนืดจะวัดที่ 100 องศาเซลเซียส เพื่อให้แน่ใจว่าน้ำมันชั้นพอที่จะหล่อลื่นเครื่องยนต์ในอุณหภูมิที่เครื่องกำลังทำงาน

บริษัทผู้ผลิตน้ำมันเครื่องได้พัฒนาน้ำมัน โดยใช้สารเติมแต่งเพื่อเพิ่มดัชนีความหนืด ได้ น้ำมันเครื่องชนิดความหนืดรวม หรือที่เรียกว่า

multigrade นั้น หมายความว่าสามารถนำไปใช้งานในช่วงอุณหภูมิกว้างขึ้น เช่น น้ำมันเกรด SAE 10W-40 หมายถึงน้ำมันเครื่องที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จะมีความหนืดเท่ากับน้ำมันเครื่องชนิด SAE 10W แต่ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จะมีความหนืดเท่ากับน้ำมันเครื่องชนิด SAE 40 ดังนั้นน้ำมันเครื่องชนิดความหนืดรวม จึงเป็นน้ำมันที่ดีกว่าน้ำมันเครื่องชนิดความหนืดเดี่ยว เนื่องจากสามารถใช้งานได้กว้างกว่า

สถาบันปิโตรเลียมของอเมริกา (American Petroleum Institute) ได้กำหนดการแบ่งน้ำมันเครื่องตามชนิดและลักษณะการใช้งานของเครื่องยนต์ ดังนี้

1. น้ำมันเครื่องที่ขึ้นต้นด้วยอักษร S หมายถึง น้ำมันเครื่องที่ใช้กับเครื่องยนต์เบนซิน จัดเรียงตามลำดับดังนี้ SA SB SC SD SE SF และ SG น้ำมันในลำดับหลังจะเป็นน้ำมันเครื่องที่มีคุณภาพดีกว่าน้ำมันลำดับแรก เช่น SG จะมีคุณสมบัติดีกว่า SA SB SC SD SE และ SF เป็นต้น

2. น้ำมันเครื่องที่ขึ้นต้นด้วยอักษร C หมายถึง น้ำมันเครื่องที่ใช้กับเครื่องยนต์เซลจัดเรียงตามลำดับคุณภาพเช่นกัน เป็นดังนี้ CA CB CC CD และ CE

การเลือกใช้น้ำมันชั้นคุณภาพใด ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งานของเครื่องยนต์ ถ้าการใช้งานเบา เช่น รถตัดหญ้าหรือเครื่องยนต์รุ่นเก่า อาจเลือกน้ำมันชั้นคุณภาพแรก ๆ ได้ แต่ถ้าการใช้งานหนัก เช่น รถบรรทุก รถแทรกเตอร์ รถยนต์โดยสาร ก็ควรเลือกชั้นคุณภาพที่สูงขึ้น

### ทำไมผู้ใช้รถจะต้องเปลี่ยนน้ำมันในช่วงเวลาที่เหมาะสม

โดยปกติแล้วเมื่อรถยนต์ใช้งานไประยะหนึ่ง น้ำมันเครื่องจะได้รับการปนเปื้อนจากสารที่เกิดจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ ได้แก่ น้ำกรด เขม่า และจะเป็นดังนี้ไปอย่างต่อเนื่อง ในที่สุดสิ่งปนเปื้อนเหล่านั้นจะเกิดเป็นตะกอนอยู่ในน้ำมันเครื่อง เป็นผลให้ความสามารถในการป้องกันและหล่อลื่นเครื่องลดลงเรื่อย ๆ ถึงแม้ว่าในน้ำมันเครื่องจะมีสารเติมแต่งที่ทำหน้าที่กระจายตะกอน ป้องกันสนิมและป้องกันการกัดกร่อนอยู่ด้วยก็ตาม แต่สารเหล่านั้นจะทำหน้าที่ไปเรื่อย ๆ จนถึงระดับหนึ่งน้ำมันเครื่องจะเสื่อมประสิทธิภาพ ไม่สามารถหล่อลื่นหรือป้องกันเครื่องยนต์ได้อีกต่อไป เมื่อถึงขั้นนี้ก็จำเป็นต้องเปลี่ยนน้ำมันเครื่อง อัตราการปนเปื้อนและอัตราการถูกทำลายของสารเติมแต่งขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายประการด้วยกัน ตัวแปรหนึ่งก็คือ ลักษณะของการขับรถ เช่น ขับ ๆ หยุด ๆ บ่อยครั้ง ใช้รถในระยะทางสั้น ๆ เดินเครื่องที่อุณหภูมิต่ำ เครื่องยนต์หมุนโดยไม่ขับเคลื่อนเป็นเวลานาน ขับรถด้วยความเร็วสูงเกินไปและใช้งานหนักทุกอย่างดังกล่าวมีผลอย่างมาก และมีผลโดยตรงกับอายุการใช้งาน น้ำมันเครื่อง ตัวแปรอื่น ๆ ได้แก่ ประสิทธิภาพในการจุดระเบิด การปรับส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงในสัดส่วนที่เหมาะสมกับการเผาไหม้ ความสะอาดของอากาศที่ผ่านเข้าสู่เครื่องยนต์ การเปลี่ยนไส้กรองน้ำมันเป็นประจำสามารถช่วยให้ น้ำมันเสื่อมสภาพช้าลง อย่างไรก็ตาม ไส้กรองน้ำมันที่สะอาดและมีคุณภาพสูงในการกรองจะสามารถกรองได้เพียงอนุภาคที่เกิดจากการสึกกร่อนจากน้ำมัน แต่ไม่สามารถกรอง

เชื้อเพลิงที่เจือจางและสิ่งปนเปื้อนที่เป็นของเหลวออกจากน้ำมันได้

### ผู้ใช้รถยนต์ควรจะเปลี่ยนน้ำมันเครื่องเมื่อใด

เป็นที่ทราบกันว่าน้ำมันเครื่องเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งแล้วจะต้องเปลี่ยนใหม่ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ระดับการปนเปื้อนถึงจุดที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องยนต์ ผู้ใช้รถจะทราบว่าเมื่อใดการปนเปื้อนหรือคุณภาพของน้ำมันไม่อยู่ในระดับที่ใช้ได้อีกต่อไป โดยถูกต้องตามทฤษฎีนั้นเป็นไปได้ยาก ดังนั้นผู้ผลิตรถยนต์จึงกำหนดช่วงระยะเวลาและระยะทางใช้งานสูงสุดที่ควรจะต้องเปลี่ยนน้ำมัน ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อกำหนดใดจะถึงก่อน นอกจากนี้ช่วงเวลาและจำนวนระยะทางนี้ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งาน การเปลี่ยนน้ำมันจะต้องกระทำบ่อยยิ่งขึ้นหากเครื่องยนต์อยู่ในสภาวะการทำงานหนัก

ทั้งผู้ผลิตรถยนต์และบริษัทน้ำมันได้ทดลองหาข้อมูลไว้แล้วว่าการใช้รถในสภาวะใดจะทำให้เครื่องยนต์ต้องทำงานหนัก ซึ่งในสภาวะเช่นนี้จำเป็นต้องเปลี่ยนน้ำมันเครื่องบ่อยขึ้น สภาวะที่กำหนดให้เปลี่ยนน้ำมันเครื่องสำหรับรถยนต์ในคู่มือรถยนต์มี 2 กรณีคือ สภาวะการใช้งานปกติ และสภาวะที่เครื่องยนต์ทำงานหนักและมีโอกาสสูงที่จะเกิดการสึกหรอและชำรุด สภาวะการใช้งานปกติ หมายถึงการใช้รถในสภาวะขับเคลื่อนด้วยความเร็วสูงบนพื้นถนนที่เรียบ และปราศจากฝุ่นละออง ซึ่งสภาวะนี้เป็นเกณฑ์ที่ใช้กำหนดเวลาและระยะทาง การเปลี่ยนน้ำมันเครื่องสูงสุดในคู่มือรถยนต์

สภาวะที่เครื่องยนต์ทำงานหนัก ได้แก่ สภาวะต่าง ๆ ดังนี้ คือ การเดินทางบ่อยครั้งในระยะทางน้อยกว่า 16 กิโลเมตร ขับรถผ่านบริเวณที่มีฝุ่นและทราย ขับ ๆ หยุด ๆ ใช้รถในสภาพอากาศเย็น ซึ่งทำให้อุณหภูมิของเครื่องยนต์ต่ำกว่าอุณหภูมิที่เครื่องยนต์ทำงาน เดินเครื่องโดยไม่ขับเคลื่อนเป็นเวลานาน ขับรถด้วยความเร็วสูงเกินไปและใช้รถในการลากจูง

การใช้รถยนต์ในตัวเมืองที่การจราจรคับคั่ง ส่วนใหญ่แล้วจะอยู่ในขอบข่ายที่เครื่องยนต์ต้องทำงานอย่างหนัก ซึ่งหนึ่งในสภาวะการใช้งานเช่นนี้ที่พบได้บ่อย คือ การขับรถในระยะสั้นซึ่งจะต้องหยุดและติดเครื่องบ่อยครั้ง

หรือขับ ๆ หยุด ๆ บ่อยครั้ง ภายใต้อุณหภูมิของเครื่องยนต์จะต่ำกว่าอุณหภูมิทำงาน เพื่อป้องกันรักษาเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพดี ผู้ใช้รถควรคำนึงถึงสภาวะเหล่านี้และปฏิบัติตามคำแนะนำของผู้ผลิตรถยนต์นั้น ๆ

นอกเหนือจากการเปลี่ยนน้ำมันเครื่องตามปกติแล้ว การเปลี่ยนไส้กรองน้ำมันเครื่องเป็นสิ่งหนึ่งที่จะเป็นการช่วยให้เครื่องยนต์อยู่ในสภาพดีด้วย

เนื่องจากเทคโนโลยีเกี่ยวกับน้ำมันได้ก้าวหน้าไปมาก น้ำมันเครื่องในปัจจุบันจึงมีคุณภาพป้องกันชิ้นส่วนเครื่องยนต์ และยืดอายุการทำงานได้นานกว่ามากขึ้นกว่าสมัยก่อน เพื่อที่จะให้น้ำมันเครื่องทำหน้าที่ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ผู้ใช้รถยนต์ควรปฏิบัติตามข้อกำหนดดังนี้

- ใช้น้ำมันให้ถูกต้องกับชนิดของเครื่องยนต์
- เลือกน้ำมันที่มีความหนืดเหมาะสมตามอุณหภูมิแวดล้อมที่บริษัทผู้ผลิตได้แนะนำไว้ในหนังสือคู่มือ
- และเปลี่ยนน้ำมันเครื่องในช่วงเวลาที่เหมาะสมตามสภาพการใช้งานและสภาพเครื่องยนต์

กรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นหน่วยงานหนึ่งที่ทำหน้าที่ เป็นห้องปฏิบัติการกลางของทางราชการที่ให้บริการวิเคราะห์ทดสอบวิจัยทางวิทยาศาสตร์ แก่หน่วยราชการ รัฐวิสาหกิจ อุตสาหกรรมและพ่อค้าประชาชน พร้อมทั้งให้บริการวิเคราะห์ทดสอบ คุณสมบัติทางเคมี และฟิลลิสของน้ำมันเครื่องทุกประเภทแก่ผู้สนใจทุกท่าน โปรดติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่ กองเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการ ทุกวันเวลาราชการ

### เอกสารอ้างอิง

1. Motor oil guide, fuel & lubricants committee, American Petroleum Institute.
2. Pugh, B. Practical lubrication Newnes-Butterworth London 1970
3. Know your motor oil, fuel & lubricants com. ittee. Marketing Department, American Petroleum Institute.
4. Dr. M.W. Ranney. Lubricant Additives. Noyeo data corporation London 1973

# แร่เฟลด์สปาร์ (feldspar)

ชลัย เสรีพันธ์พานิช

นักวิทยาศาสตร์ 6 กองการวิจัย

แร่เฟลด์สปาร์หรือแร่ฟันม้า หมายถึงกลุ่มแร่ประกอบหินที่เป็นส่วนประกอบของ alkali aluminosilicate เป็นแร่ซึ่งส่วนใหญ่พบในหินอัคนี (igneous rock) โดยมากเกิดรวมกับแร่ควอร์ตซ์ และไมก้า มีหลายชนิดแล้วแต่ชนิดและปริมาณอัลคาไลที่มีอยู่ในแร่คือ

1. โพแทชเฟลด์สปาร์ (potash feldspar) ชื่อแร่เรียกแร่ orthoclase และแร่ microcline

สูตรเคมี  $KAlSi_3O_8$   
ส่วนประกอบทางเคมี  
 $SiO_2$  ร้อยละ 64.7  
 $Al_2O_3$  ร้อยละ 18.4  
 $K_2O$  ร้อยละ 16.9

Orthoclase เป็นแร่ที่มีโครงสร้างอยู่ในระบบโมโนคลินิก (monoclinic) รูปผลึกส่วนใหญ่เป็นแท่งยาวแหลมหัวท้าย (Prismatic) มีความแข็งตามโมห์สเกล (Mohr's scale of hardness) 6 ความถ่วงจำเพาะ 2.57 มีสีขาว ถึงสีค่อนข้างเทาอ่อน

Microcline เป็นแร่ที่มีโครงสร้างอยู่ในระบบไตรคลีนิก (triclinic) รูปผลึกส่วนใหญ่เป็น Pinacoidal มีความแข็ง 6 ความถ่วงจำเพาะ 2.54-2.57 ก้อนแร่มีสีขาว ถึงสีค่อนข้างเหลืองอ่อน

2. โซดาเฟลด์สปาร์ (soda feldspar) ชื่อแร่เรียก Albite

สูตรเคมี  $NaAlSi_3O_8$   
ส่วนประกอบทางเคมี  
 $SiO_2$  ร้อยละ 68.7  
 $Al_2O_3$  ร้อยละ 19.5  
 $Na_2O$  ร้อยละ 11.8

Albite เป็นแร่ที่มีโครงสร้างในระบบไตรคลีนิก รูปผลึกเป็น Pinacoidal มีความแข็ง 6 ความถ่วงจำเพาะ 2.62 ก้อนแร่มีสีขาวถึงสีเทาอ่อน

3. ไลม์เฟลด์สปาร์ (lime feldspar) ชื่อแร่เรียก Anorthite

สูตรเคมี  $CaAl_2Si_2O_8$   
ส่วนประกอบทางเคมี  
 $SiO_2$  ร้อยละ 43.2  
 $Al_2O_3$  ร้อยละ 36.7  
CaO ร้อยละ 20.1

Anorthite เป็นแร่ที่มีโครงสร้างในระบบ

Plagioclase feldspar	Albite (%)	Anorthite (%)
Albite : Na ( $AlSi_3O_8$ )	100 - 90	0 - 10
Oligoclase	90 - 70	10 - 30
Andesine	70 - 50	30 - 50
Labradorite	50 - 30	50 - 70
Bytownite	30 - 10	70 - 90
Anorthite : Ca ( $Al_2Si_2O_8$ )	10 - 0	90 - 100

ไตรคลีนิก มีความแข็ง 6-6.5 ความถ่วงจำเพาะ 2.74-2.76 มีสีขาว เทา หรือแดง

เฟลด์สปาร์ที่เกิดในธรรมชาติไม่ใช่แร่บริสุทธิ์ โดยเกิดร่วมกันในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งแร่ผสมกันระหว่าง soda feldspar และ lime feldspar ซึ่งเรียกว่า plagioclase feldspar เป็นกลุ่มของ soda และ lime หรือ soda-lime feldspar ซึ่งรวมถึง albite บริสุทธิ์ ( $NaAlSi_3O_8$ ) จนถึง anorthite บริสุทธิ์ ( $CaAl_2Si_2O_8$ ) โดยปกติ แคลเซียม (Ca) จะเข้าแทนที่โซเดียม (Na) และขณะเดียวกันอะลูมิเนียม (Al) ก็จะเข้าแทนที่ซิลิคอน (Si) อย่างเป็นสัดส่วนกัน การจัดลำดับจะแบ่งออกเป็น 6 ลำดับตามความสัมพันธ์กันของจำนวน albite และ anorthite ดังตาราง

โดยเฉพาะ oligoclase ซึ่งประกอบด้วย albite ร้อยละ 70-90 และ anorthite ร้อยละ 10-30 นั้นเป็นแร่ที่ตรวจพบบ่อยมาก

แร่เฟลด์สปาร์ส่วนใหญ่มีสูตรทางเคมีไม่แน่นอน การวิเคราะห์โดยใช้ X-ray diffractometer สามารถบอกประเภทของแร่เฟลด์สปาร์ว่าจัดอยู่ในประเภทไหน แต่ผลการวิเคราะห์ทางเคมีมีความสำคัญมากที่จะจำแนกปริมาณสารประกอบในแร่ทำให้สามารถนำแร่เหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้ถูกต้อง

ประโยชน์ของแร่เฟลด์สปาร์ในอุตสาหกรรมเซรามิก

เฟลด์สปาร์หรือแร่ฟันม้าที่หลอมแล้วจะมี

ลักษณะคล้ายแก้วและวาวเหมือนมุก มีสีตั้งแต่สีขาว ครีมนม น้ำตาลอ่อน แดง เทา เขียว มีทั้งชนิดใสและขุ่นมีประโยชน์มากในอุตสาหกรรมเซรามิกเนื่องจากเฟลด์สปาร์มีคุณสมบัติทำหน้าที่เป็นตัวลดจุดหลอมตัว (flux) ให้แก่น้ำดินปั้นและน้ำเคลือบ แร่เฟลด์สปาร์จะหลอมตัวเป็นแก้วที่อุณหภูมิประมาณ 1,260°C. ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อม (bonding) ให้แก่สารประกอบอื่น ๆ ให้หลอมตัวตามหรือไม่ก็ไปเคลือบผิวอนุภาคเล็ก ๆ ของสารประกอบทนไฟ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติแกร่งและมีความโปร่งแสง

เฟลด์สปาร์จึงเป็นวัตถุดิบที่สำคัญตัวหนึ่งในอุตสาหกรรมเซรามิก นอกเหนือจากดินและควอร์ตซ์ เฟลด์สปาร์ที่มีความบริสุทธิ์สูงเหมาะที่จะใช้เป็นส่วนผสมในน้ำดินพอร์ซเลน เครื่องสุขภัณฑ์ ลูกถ้วยไฟฟ้า อุตสาหกรรมแก้วและอื่น ๆ นอกจากนี้ ยังใช้เป็นส่วนผสมที่สำคัญในน้ำเคลือบต่าง ๆ ส่วนเฟลด์สปาร์ที่มีคุณภาพด้อยลงมาสามารถนำมาใช้เป็นส่วนผสมของน้ำดินผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการความขาว เช่น กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องฝ้าผนัง และอิฐก่อสร้าง

ตัวอย่างส่วนผสมของวัตถุดิบ 3 ประเภท ได้แก่ ดิน ควอร์ตซ์ และเฟลด์สปาร์ ที่ผสมกันในอัตราส่วนต่าง ๆ กันทำผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาชนิดต่าง ๆ

เนื้อผลิตภัณฑ์ Earthenwares

ดินประมาณ ร้อยละ 40-50

ควอร์ตซ์ประมาณ ร้อยละ 40-50

เฟลด์สปาร์ประมาณ ร้อยละ 10-15

**เนื้อผลิตภัณฑ์กระเบื้องปูผนัง (Wall Tiles)**

ดินประมาณ ร้อยละ 40-60

ควอร์ตซ์ประมาณ ร้อยละ 20-40

เฟลด์สปาร์ประมาณ ร้อยละ 5-10

**เนื้อผลิตภัณฑ์ถ้วยชาม Porcelain**

ดินประมาณ ร้อยละ 50-60

ควอร์ตซ์ประมาณ ร้อยละ 20-25

เฟลด์สปาร์ประมาณ ร้อยละ 25-30

**น้ำเคลือบ Porcelain**

ดินประมาณ ร้อยละ 5-25

ควอร์ตซ์ประมาณ ร้อยละ 15-30

เฟลด์สปาร์ประมาณ ร้อยละ 40-55

นอกจากส่วนผสมดังกล่าวในน้ำเคลือบ ยังมีสารประกอบอื่น เช่น ZnO, CaCO<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, MgO และอื่น ๆ ผสมอยู่ด้วยแต่จำนวนน้อย

ในอุตสาหกรรมแก้ว เฟลด์สปาร์เป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิต ทำผลิตภัณฑ์แก้วประเภทต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่แล้วเฟลด์สปาร์จะถูกใช้แทนสารประกอบ SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O และ K<sub>2</sub>O ดังตารางแสดงการใช้แร่แทนสารประกอบในอุตสาหกรรมแก้ว

**แหล่งแร่เฟลด์สปาร์ในประเทศไทย**

**1. โทแทชเฟลด์สปาร์**

ภาคเหนือพบที่ อ.ฮอด อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่, ต.ท้องฟ้า ต.ทุ่งกระเซาะ อ.บ้านตาก จ.ตาก, อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี

ภาคกลางพบที่ จ.ราชบุรี จ.กาญจนบุรี

**2. โซดาเฟลด์สปาร์**

ภาคเหนือพบที่ ต.น้ำดิน อ.เมือง จ.ตาก

ภาคกลางพบที่ บ้านโปร่งกระทิง กิ่ง อ.สวนผึ้ง จ.ราชบุรี, อ.บ่อพลอย จ.กาญจนบุรี

ภาคใต้พบที่ อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช

แร่โทแทชเฟลด์สปาร์ใช้ในการผลิตพอร์ซเลนไฟสูง ผลิตภัณฑ์โบนไซนา เพราะจะช่วยลดการบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ และใช้ในการผลิตลูกถ้วยไฟฟ้าชนิดแรงดันสูง (high tension) เพราะช่วยทำให้ด้านทานแรงดันไฟฟ้าได้มากกว่าชนิดโซดาเฟลด์สปาร์ ส่วนโซดาเฟลด์สปาร์นิยมใช้ในอุตสาหกรรมแก้วกระจก เพราะเป็นแหล่งของอะลูมินาราคาถูก และใช้ในอุตสาหกรรมกระเบื้องปูพื้น สุขภัณฑ์ และเซรามิกประเภท friaxial bodies

Oxide required	Materials used
SiO <sub>2</sub>	glass sand, <b>feldspars</b> , petalite, nepheline syenite, PbSiO <sub>2</sub>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>feldspars</b> , petalite, nepheline syenite, calcined alumina, alumina-hydrate
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	borax, boric acid
Li <sub>2</sub> O	lipidolite, petalite spodumene, Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
K <sub>2</sub> O	feldspar, pearl ash, K <sub>2</sub> CO <sub>2</sub>
Na <sub>2</sub> O	soda ash, feldspar, nepheline syenite
MgO	dolomitic limestone, calcined magnesite
CaO	high-calcium and dolomitic limestones
PbO	litharge, PbSiO <sub>3</sub>
BaO	BaCO <sub>3</sub>
ZnO	ZnO

**คุณลักษณะของแร่เฟลด์สปาร์ที่ผลิตได้ในประเทศไทย**

	โทแทชเฟลด์สปาร์	โซดาเฟลด์สปาร์
	ต.ท้องฟ้า อ.บ้านตาก จ.ตาก	ต.น้ำดิน อ.เมือง จ.ตาก
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (loss on ignition) ร้อยละ	0.19	1.33
ซิลิกา (SiO <sub>2</sub> ) ร้อยละ	65.0	70.2
อะลูมินา (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) ร้อยละ	19.6	17.81
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) ร้อยละ	0.31	0.06
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO <sub>2</sub> ) ร้อยละ	—	0.26
แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ร้อยละ	1.0	0.11
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ร้อยละ	0.08	0.22
โซเดียมออกไซด์ (Na <sub>2</sub> O) ร้อยละ	3.8	8.8
โพแทสเซียมออกไซด์ (K <sub>2</sub> O) ร้อยละ	10.0	0.16

ที่อุณหภูมิสูง โทแทชเฟลด์สปาร์จะค่อย ๆ เปลี่ยนรูปร่างเป็นแรูไลต์ (leucite) โดยมีช่วงการเปลี่ยนแปลงกว้าง ขณะที่โซดาเฟลด์สปาร์จะเปลี่ยนเป็นแก้วที่อุณหภูมิประมาณ 1,150°ซ. และมีความหนืดต่ำกว่าโทแทชเฟลด์สปาร์ที่อุณหภูมิเดียวกัน นอกจากนี้แล้วโพแทชเฟลด์สปาร์เมื่อละลายจะให้ฟองอากาศขนาดใหญ่ แต่จำนวนน้อย ในขณะที่โซดาเฟลด์สปาร์ให้ฟองอากาศเล็กจำนวนมาก ซึ่งเป็นอีกเหตุผลหนึ่งที่ว่าทำไมจึงนิยมใช้โพแทชเฟลด์สปาร์ในผลิตภัณฑ์



**ตารางการผลิตแร่เฟลด์สปาร์**

	1989	JAN-SEPT 1990
เฟลด์สปาร์		
- โซเดียม	486,980 เมตริกตัน	230,838 เมตริกตัน
- โพแทสเซียม	16,838 เมตริกตัน	11,961 เมตริกตัน

ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี

**ตารางการส่งออกแร่เฟลด์สปาร์**

โหนดเฟลด์สปาร์	1989	JAN-SEPT 1990
- บด	3,824 เมตริกตัน	17,060 เมตริกตัน
- ก้อน	178,573 เมตริกตัน	173,792 เมตริกตัน

ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี

ที่ต้องการความโปร่งแสงสูง (high translucency) เพราะฟองอากาศขนาดใหญ่จำนวนมากจะไล่ออกได้ง่ายกว่า

ปัจจุบันนี้เหมืองแร่ที่ผลิตแร่โพแทชเฟลด์สปาร์ในประเทศจะพบปัญหาแร่เฟลด์สปาร์ที่มีความบริสุทธิ์สูงมีน้อยและคุณภาพไม่แน่นอน จึงเหลือแต่แร่คุณภาพต่ำและหางแร่คัดทิ้งปริมาณมาก แร่ผลหินที่ปะปนในแร่เฟลด์สปาร์ได้แก่ แร่ไมก้า การ์เน็ต ทัวไรท์และควอร์ตซ์ เป็นต้น ซึ่งเป็นสาเหตุให้แร่เฟลด์สปาร์หลอมตัวน้อยและมีสีหลังเผา แร่คุณภาพต่ำนี้ไม่สามารถแยกแร่ให้สะอาดได้ด้วยมือ ทั้งที่บางทีอาจมีเนื้อแร่เฟลด์สปาร์อยู่ปริมาณสูงประมาณร้อยละ 50-60 วิธีที่จะพัฒนาให้ได้แร่เฟลด์สปาร์ที่มีความบริสุทธิ์สูงคือการลอยแร่ เนื่องจากเป็นวิธีที่เหมาะสมในการแต่งแร่ที่มีแร่เม็ดละเอียดหลายชนิดรวมกัน ที่ไม่สามารถแยกออกได้โดยการคัดด้วยมือหรือแร่ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ต่ำ ให้ได้หัวแร่แต่ละชนิดที่มีความสะอาดหรือมีเปอร์เซ็นต์สูง และแร่ที่ได้มีขนาดที่พร้อมป้อนเข้าโรงงานอุตสาหกรรมได้ทันที มีคุณภาพสม่ำเสมอมากกว่าแร่ก้อนที่คัดจากเหมือง และที่สำคัญคือเหมาะสำหรับการดำเนินการขึ้นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เพราะมีประสิทธิภาพการผลิตสูง ในขณะที่มีโรงลอยแร่เฟลด์สปาร์เปิดดำเนินการอยู่ที่ จ.ตาก

ปัจจุบันปริมาณการผลิตแร่เฟลด์สปาร์ในประเทศไทยมีมูลค่าประมาณ 500,000 ตัน ส่วนใหญ่เป็นโซดาเฟลด์สปาร์ และได้มีการส่งออกแร่ดังกล่าวประมาณของทั้งหมดร้อยละ 60 ส่วนที่เหลือนำมาใช้ในอุตสาหกรรมแก้วและเซรามิกภายในประเทศ ดังตารางการผลิตแร่และการส่งออกแร่เฟลด์สปาร์

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นเห็นได้ว่าเฟลด์สปาร์จัดเป็นวัตถุดิบที่สำคัญอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมเซรามิกและแก้วไม่น้อยไปกว่า ดินขาว ดินเหนียว และควอร์ตซ์ ปัจจุบันอุตสาหกรรมเซรามิกของประเทศไทยมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว มีโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกเกิดขึ้นมากมาย ดังนั้นความต้องการแร่เฟลด์สปาร์สำหรับป้อนโรงงานอุตสาหกรรมเซรามิกยังมีอยู่มาก และความต้องการของตลาดต่างประเทศก็มีอยู่มากเช่นกัน

**เอกสารอ้างอิง**

1. ชาญ จรรยาวิชัย รายงานเรื่อง ดินขาว ดินเหนียว หินฟันม้า และทราย จากแหล่งต่าง ๆ เกี่ยวกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก Report of Investigation เล่มที่ 71 ฝ่ายแต่งแร่ กองการเหมืองแร่ กรมทรัพยากรธรณี ธันวาคม 2517
2. อุบลศรี ชัยสาร และเยาวลักษณ์ นิสสภาคณลักษณะของแร่ตามมาตรฐานการใช้งานและมาตรฐานการซื้อขายในตลาดแร่
3. พัทธ์ชัย หาญจวนิช เฟลด์สปาร์ในอุตสาหกรรมเซรามิก ข่าวสารการธรณี ปีที่ 26 ฉบับที่ 6
4. พัทธ์ชัย หาญจวนิช และคณะ การวิจัยการลอยแร่เฟลด์สปาร์เพื่ออุตสาหกรรมเซรามิก ฝ่ายแต่งแร่ และใช้แร่ กองเหมืองแร่ กรมทรัพยากรธรณี
5. Felix Singer and Sonja S.Singer, Industrial ceramics, London Chapman and Hall.
6. นิภา จุละจาริตต์ และชาญ จรรยาวิชัย เฟลด์สปาร์จากแหล่งตะโกปิดทอง อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี : ข่าวสารการธรณี ปีที่ 34 ฉบับที่ 8
7. สถิติแร่ในประเทศไทย ปี 1989, 1990 ฝ่ายสถิติ กองวิชาการและวางแผน กรมทรัพยากรธรณี

# การวิเคราะห์ไอออนโดยใช้เทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี

อุมาพร สุขม่วง  
นักวิทยาศาสตร์ 5  
กองการศึกษาเคมีปฏิบัติ

การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์สารเชิงปริมาณ และคุณภาพ มักมีจุดมุ่งหมายเหมือนกันคือ เพื่อให้ได้สภาพไว (sensitivity) สูง พร้อมทั้งมีความถูกต้อง (accuracy) และความเที่ยง (precision) นอกจากนั้นยังต้องประกอบด้วยขั้นตอนการวิเคราะห์ที่ง่ายและประหยัดเวลา จึงมีการนำเครื่องมือวิเคราะห์สมัยใหม่มาใช้ในงานวิเคราะห์มากขึ้น ทำให้ได้รับความสะดวก รวดเร็ว เหมาะกับงานที่ต้องทำเป็นประจำในปริมาณมาก อีกทั้งยังให้ความถูกต้องและความเที่ยงตรงอีกด้วย

การวิเคราะห์แคทไอออน (cations) และแอนไอออน (anions) เช่น  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{CN}^-$  และ  $\text{SO}_4^{2-}$  ก็เช่นเดียวกันเมื่อพิจารณาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน จะเห็นได้ว่ามีการพัฒนาปรับปรุงวิธีการต่าง ๆ เรื่อยมา เริ่มตั้งแต่วิธีวิเคราะห์ทางเคมี (chemical method) เช่น วิธีชั่งน้ำหนัก (gravimetric method) วิธีวัดปริมาตร (volumetric method) เป็นต้น จนกระทั่งถึงวิธีวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ (instrumental method) เช่น วิธีการวัดการดูดกลืนแสง (Spectrophotometric method) วิธีทางเคมีไฟฟ้า (electrochemical method) และการใช้เทคนิคทางโครมาโทกราฟี (chromatographic method) เป็นต้น

ที่จะกล่าวต่อไปนี้เป็นการพัฒนาเครื่องมือเพื่อวิเคราะห์ไอออน โดยใช้เทคนิคทางโครมาโทกราฟี เรียกว่าเครื่องมือไอออนโครมาโทกราฟี ซึ่งสามารถวิเคราะห์สารได้ในเวลาสั้นเพียงประมาณ 30-50 นาทีต่อ 1 ตัวอย่างเท่านั้น และยังมีข้อดีอีกหลายประการคือ การเตรียมสารละลายตัวอย่างง่าย ได้ผลการวิเคราะห์ถูกต้องเที่ยงตรง และยังสามารถวิเคราะห์ไอออนหลาย ๆ ชนิดที่อยู่รวมกันได้ในขณะเดียวกัน (simultaneous determinations) อีกด้วย ดังจะกล่าวเป็นลำดับโดยสังเขปดังต่อไปนี้

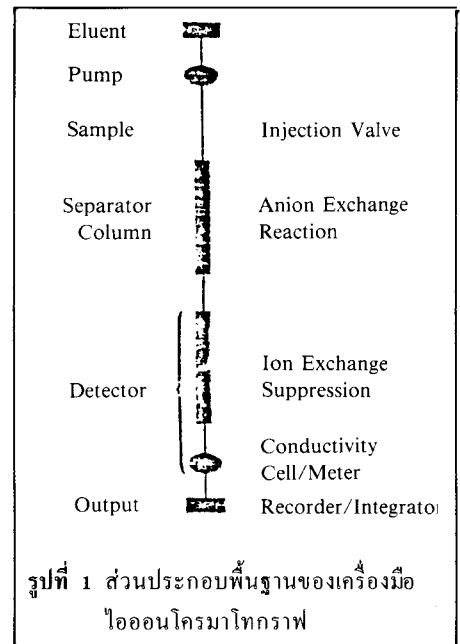
## เครื่องมือ (instrument)

เครื่องมือไอออนโครมาโทกราฟี (Ion Chromatograph, IC) พัฒนาโดย Small และคณะในปี พ.ศ. 2518 มีส่วนประกอบพื้นฐานคล้ายกับเครื่องมือไฮเพอร์ฟอแมนลิกวิดโครมาโทกราฟี (High performance liquid chromatograph, HPLC) แตกต่างกันในส่วนคอลัมน์คือ เครื่องมือประกอบด้วยคอลัมน์ 2 ชนิด ได้แก่ คอลัมน์ที่ใช้แยกสาร (separator column) ซึ่งเป็นคอลัมน์ชนิดแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange column) และซัพเพรสเซอร์คอลัมน์ (suppressor column) คอลัมน์นี้ทำหน้าที่ลดสัญญาณ (signal) ที่เกิดจากสารละลายตัวชะ (eluent) ซึ่งเรียกว่าแบคกราวนด์ นอกจากนั้นยังใช้คอนดักติวิตีดีเทกเตอร์ เป็นเครื่องวัด อย่างไรก็ตามเครื่องมือแบบนี้ก็มีข้อเสียหลายประการ ซึ่งจะได้กล่าวในรายละเอียดต่อไป

ต่อมาในปี พ.ศ.2522 Fritz และ Gjerde ได้พัฒนาเครื่องไอออนโครมาโทกราฟีระบบใหม่เพื่อลดปัญหาของเครื่องมือแบบแรก ส่วนประกอบของเครื่องคล้ายแบบเดิม แต่ใช้คอลัมน์เพียงชนิดเดียว คือคอลัมน์ที่ใช้แยกสาร ดังนั้นในปัจจุบันเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟีจึงสามารถแบ่งตามลักษณะการทำงานของเครื่องมือได้ 2 แบบคือ แบบที่มีซัพเพรสเซอร์คอลัมน์ และแบบไม่มีซัพเพรสเซอร์คอลัมน์

1. ไอออนโครมาโทกราฟีแบบที่มีซัพเพรสเซอร์คอลัมน์ เทคนิคนี้ใช้เครื่องมือซึ่งมีส่วนประกอบพื้นฐานดังแสดงในรูปที่ 1 การทำงานเริ่มจากการดูดบีบสารละลายตัวชะ (eluent) ส่ง (pump) ผ่านท่อต่าง ๆ เข้า injection valve คอลัมน์ และเครื่องวัด (detector) ตามลำดับอยู่ตลอดเวลาด้วยอัตราการไหลคงที่ เมื่อจะวิเคราะห์สารใช้ไมโครซีริงค์ดูด สารละลายตัวอย่างที่เตรียมอย่างเหมาะสมแล้ว ฉีดผ่าน injection

valve ซึ่งมี loop ปริมาตรคงที่ สารละลายตัวชะจะพาสารที่วิเคราะห์ผ่านเข้าสู่คอลัมน์แยก (separator column) หลังจากนั้นไอออนแต่ละชนิดจะผ่านออกจากคอลัมน์ในเวลาแตกต่างกัน แล้วจึงผ่านเข้าสู่ซัพเพรสเซอร์คอลัมน์ซึ่งจะเปลี่ยนไอออนที่วิเคราะห์เป็นกรดแก่หรือเบสแก่ที่มีสภาพนำไฟฟ้าจำเพาะ (specific conductivity) สูงขึ้น และเปลี่ยนสารละลายตัวชะเป็นน้ำ กรดอ่อน หรือเบสอ่อน ที่มีสภาพนำไฟฟ้าจำเพาะต่ำลง ดังนั้นสารละลายที่เข้าสู่เครื่องวัด จึงมีสภาพนำไฟฟ้าของสารตัวชะและสารที่วิเคราะห์แตกต่างกันมาก เป็นการเพิ่มสภาพไวของระบบทำให้ค่าต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ ต่ำถึงระดับนาโนกรัม อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์โดยวิธีนี้มีข้อเสียหลายประการคือ

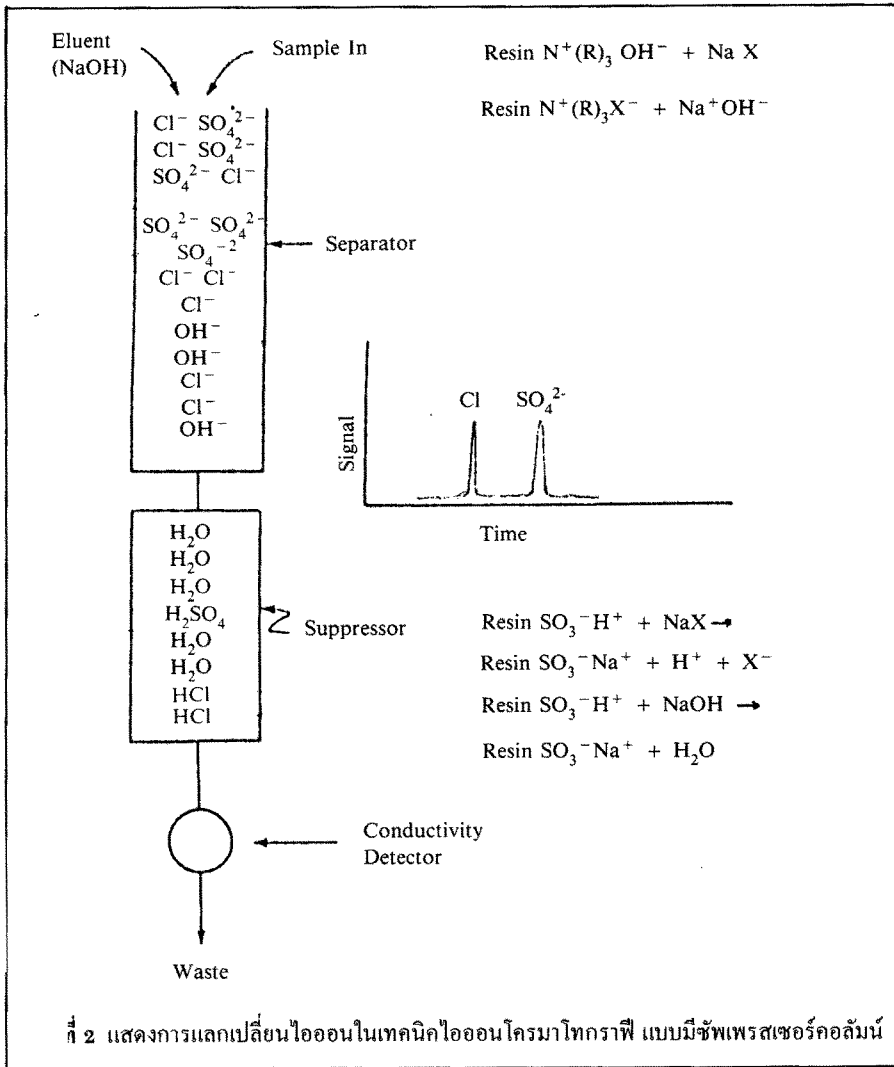


รูปที่ 1 ส่วนประกอบพื้นฐานของเครื่องมือไอออนโครมาโทกราฟี

(1) การเพิ่มซัพเพรสเซอร์คอลัมน์ ทำให้ประสิทธิภาพในการแยกลดลง เนื่องจากการกระจายของแถบไอออนกว้างมากขึ้น (band broadening)

(2) ซัพเพรสเซอร์คอลัมน์มีอายุการใช้งานสั้น จะต้องนำมาปรับสภาพใหม่ (regenerate) จึงจะสามารถใช้งานได้ ทำให้การทำงานไม่ต่อเนื่อง เสียเวลาและค่าใช้จ่าย ถึงแม้ในปัจจุบันจะมีเครื่องบางรุ่นที่สามารถ regenerate ซัพเพรสเซอร์คอลัมน์ได้ในระบบก็ตาม

(3) มีข้อจำกัดในการเลือกตัวชะ เช่น กรณีการวิเคราะห์แอนไอออน ตัวชะจะต้องเป็นสารละลายเบสเท่านั้น เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์



โซเดียมคาร์บอเนต หรือโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต เป็นต้น

(4) ในการวิเคราะห์แอนไอออนของกรดอ่อน เช่น กรดอินทรีย์ ใช้ได้ไม่ดี เนื่องจากเมื่อแอนไอออนเหล่านี้ผ่านซัพเพรสเซอร์คอลัมน์ จะเปลี่ยนเป็นกรดอ่อน ซึ่งมีสภาพนำไฟฟ้าต่ำ ทำให้สัญญาณที่ได้ต่ำ

2. ไอออนโครมาโทกราฟีแบบไม่ใช้ซัพเพรสเซอร์คอลัมน์ เนื่องจากไม่มีคอลัมน์สำหรับลดแบคกราวนด์ของสารตัวชะ จึงต้องเลือกสารตัวชะที่มีสภาพนำไฟฟ้าจำเพาะต่ำ ส่วนมากจะใช้กรดอินทรีย์ชนิดโรมาติก การพัฒนาเทคนิคนี้มีหลักสำคัญ 2 ประการ คือ

ประการที่ 1 เลือกคอลัมน์ที่มีจำนวนหมู่ฟังก์ชันัลที่เป็นประจุต่อหน้าหนึ่งของสารที่บรรจุคอลัมน์ต่ำ (low-capacity)

ประการที่ 2 เลือกตัวชะที่มีสภาพนำ

ไฟฟ้าจำเพาะต่ำ เตรียมให้มีความเข้มข้นต่ำระดับมิลลิโมลาร์

นอกจากนี้การพัฒนาไอออนโครมาโทกราฟีแบบไม่มีซัพเพรสเซอร์คอลัมน์ จะต้องพิจารณาถึงเรื่องต่างๆ ได้แก่ การเลือกสารละลายตัวชะ และการเลือกคอลัมน์ที่เหมาะสมในส่วน of เครื่องมือต้องเลือกวัสดุที่ใช้ทำระบบท่อ (tubing) บั้ม ให้ทนต่อสารตัวชะที่เป็นบัฟเฟอร์ รวมทั้งออกแบบคอนดักติวิตีเทคเตอร์ให้มีความเสถียร (stability) และมีสภาพไวสูงตลอดจนการใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ในการลดค่าแบคกราวนด์ของสารตัวชะ (electronic suppressor)

นอกจากไอออนโครมาโทกราฟีสองแบบที่กล่าวมาแล้ว ในระยะหลังการวิเคราะห์ไอออนโดยใช้เครื่องไฮเพอร์ฟอแมนลิตวิตโครมาโทกราฟียังคงใช้คอลัมน์ชนิดไอออนเอกซ์เชน แต่ใช้

เครื่องวัดชนิดอื่นนอกเหนือจากคอนดักติวิตีเทคเตอร์อีกด้วย เช่น ใช้เครื่องวัดชนิดดูดสเปกโตรโฟโตเมตริก (UV spectrophotometer) อิเล็กโทรเคมีคัลเทคเตอร์ (electrochemical detector) inductively coupled plasma atomic emission spectrophotometer (ICP) และ refractive index detector เป็นต้น เหล่านี้ก็จัดเป็นเทคนิคทางไอออนโครมาโทกราฟีเช่นเดียวกัน

การใช้เทคนิคไอออนโครมาโทกราฟีแบบไม่มีซัพเพรสเซอร์คอลัมน์ที่กล่าวข้างต้นสามารถแก้ปัญหาซึ่งเป็นข้อจำกัดของเทคนิคแบบแรกได้ แต่มีข้อเสียคือ ค่าต่ำสุดที่วิเคราะห์ได้สูงกว่าแบบแรกประมาณ 1-10 เท่า

นอกจากที่กล่าวมาแล้วข้างต้น การเพิ่มสภาพไวของการวิเคราะห์ไอออนในตัวอย่างสามารถทำได้โดยวิธีการเตรียมตัวอย่างให้เหมาะสม เช่น การเตรียมตัวอย่างให้เข้มข้นก่อนวิเคราะห์ (pre-concentrate) โดยวิธีการสกัดโดยวัฏภาคของแข็ง (solid phase extraction) เป็นต้น ซึ่งจะไม่กล่าวรายละเอียดในที่นี้

### ทฤษฎีเกี่ยวกับไอออนโครมาโทกราฟี

ไอออนโครมาโทกราฟีเป็นเทคนิคที่ใช้แยกและวิเคราะห์ไอออนหลายชนิด ซึ่งผสมรวมกันอยู่ในตัวอย่างเดียวกันได้ในเวลารวดเร็ว ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การแยก และการตรวจวัดสัญญาณ ดังจะกล่าวโดยสังเขปในลำดับต่อไปนี้

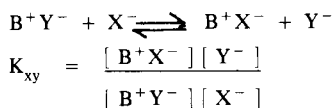
การแยกเกิดขึ้นโดยอาศัยหลักการที่สารแต่ละชนิดเคลื่อนที่ในคอลัมน์ได้แตกต่างกัน (differential migration) ทำให้สารแต่ละชนิดผ่านออกจากคอลัมน์ในเวลาที่แตกต่างกันและเวลาดังกล่าวเมื่อรายงานผลจะรายงานเป็นค่ารีเทนชันไทม์ (retention time) ของสารนั้น ส่วนกระบวนการแยกที่เกิดขึ้น เป็นผลจากความสัมพันธ์ของสารที่บรรจุในคอลัมน์ (stationary phase) และสารที่เคลื่อนที่ (mobile phase) หรือตัวชะ คอลัมน์ที่ใช้วิเคราะห์ไอออนเป็นชนิดไอออนเอกซ์เชนคอลัมน์ สารที่บรรจุในคอลัมน์เป็นเรซิน (resin) หรือ ซิลิกา (silica) ที่มีหมู่ฟังก์ชันัลเป็นประจุบวกหรือลบ เพื่อทำหน้าที่แลกเปลี่ยนไอออน หมู่ฟังก์ชันัลที่ใช้มีหลายชนิดดังเช่น

ใน cation-exchange column หมู่ฟังก์ชันนี้ใช้ได้แก่ sulphonic acid ( $-\text{SO}_3^- \text{H}^+$ ) หรือ carboxylic acid ( $-\text{COO}^- \text{H}^+$ )

และใน anion-exchange column หมู่ฟังก์ชันนี้ใช้ได้แก่ quaternary amine [ $-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3-\text{OH}^-$ ] หรือ tertiary amine [ $-\text{NH}^+(\text{CH}_3)_2-\text{OH}^-$ ]

ส่วนตัวชะในกรณีข้างต้นเป็นสารละลายบัฟเฟอร์ของกรดอินทรีย์ น้ำ และตัวทำละลายอินทรีย์พบว่าประสิทธิภาพของการแยกดังกล่าวขึ้นอยู่กับ การเลือกตัวชะ สารที่บรรจุในคอลัมน์ และสภาวะการวิเคราะห์ที่เหมาะสม

ในกระบวนการแยกข้างต้น การแลกเปลี่ยนไอออนเกิดจากการแข่งขัน (competitive) กันระหว่างไอออนที่วิเคราะห์กับไอออนของสารตัวชะ เพื่อจับกับประจุของสารที่บรรจุในคอลัมน์ ดังตัวอย่างเช่นในกรณีการวิเคราะห์แอนไอออน ซึ่งสามารถเขียนแสดงโดยสมการดังนี้



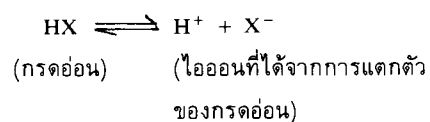
$K_{xy}$  = ค่าสมดุลยคงที่ (equilibrium constant or selectivity coefficient)

$\text{X}^-$  = แอนไอออนที่วิเคราะห์

$\text{Y}^-$  = แอนไอออนจากตัวชะ

$\text{B}^+$  = ประจุบนคอลัมน์

ค่า  $K_{xy}$  ขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายอย่าง ซึ่งเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของแอนไอออน เช่น ขนาดของไอออนที่มีน้ำล้อมรอบ (hydrate size) ประจุบนไอออน (charge number) และคุณสมบัติความไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ของไอออนนั้น ๆ นอกจากนี้ถ้าสารที่วิเคราะห์เป็นกรดอ่อน การเกิดไอออนจะขึ้นอยู่กับค่าคงที่ของการแตกตัว (dissociation constant,  $K_a$ ) อีกด้วย เนื่องจากสารที่จับกับคอลัมน์ต้องอยู่ในสภาพไอออนเท่านั้น ดังสมการต่อไปนี้



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{X}^-]}{[\text{HX}]}$$

สำหรับความเร็วในการเคลื่อนที่ของไอออนจากคอลัมน์นั้น สามารถพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย (Distribution coefficient,  $D_x$ ) ดังนี้

$$D_x = \frac{[\text{B}^+\text{X}^-]}{[\text{X}^-] + [\text{HX}]}$$

$$= K_{xy} \times \frac{[\text{B}^+\text{Y}^-]}{[\text{Y}^-]} \times \frac{1}{1 + \frac{[\text{H}^+]}{K_a}}$$

จากสมการ จะเห็นได้ว่า ค่า  $D_x$  เกี่ยวข้องกับตัวแปรหลายอย่าง ในทางปฏิบัติพบว่าการปรับ pH และการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายตัวชะ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่ารีเทนชันไทม์ของไอออนมาก สำหรับการวิเคราะห์แคทไอออน ก็สามารถเขียนสมการอธิบายได้ในทำนองเดียวกับแอนไอออนดังกล่าวข้างต้น

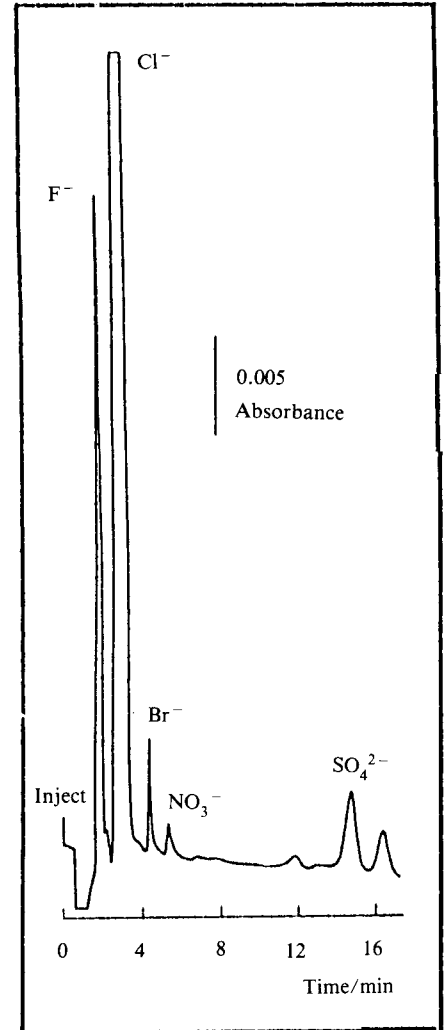
สำหรับขั้นตอนการตรวจวัดสัญญาณและการรายงานผลนั้น ไอออนแต่ละชนิดจะผ่านเข้าสู่เครื่องวัดในเวลาที่แตกต่างกัน สัญญาณที่ได้จะส่งไปยังเครื่องบันทึก (recorder) ซึ่งจะรายงานผลเป็นความสัมพันธ์ของ เวลา (นาที) กับความเข้มของสัญญาณ เรียกว่าโครมาโทแกรม (แสดงในรูปที่ 3, 4, 5) ส่วนการวิเคราะห์ผลเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณนั้น มีหลักการเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ผลโครมาโทแกรมใน HPLC ซึ่งจะไม่กล่าวรายละเอียดในที่นี้

### การประยุกต์ใช้งาน

เนื่องจากไอออนโครมาโทกราฟีเป็นเทคนิคที่สามารถใช้วิเคราะห์ไอออนได้หลายชนิดในขณะเดียวกัน โดยใช้เวลาวิเคราะห์ต่อหนึ่งตัวอย่างสั้น ทำให้ประหยัดเวลา ผลการวิเคราะห์ถูกต้องและเที่ยงตรง จึงนำเอาเทคนิคนี้ไปใช้งานวิเคราะห์ไอออนในตัวอย่างต่าง ๆ ทั้งในลักษณะงานที่ต้องทำเป็นประจำ จำนวนตัวอย่างมาก (routine work) หรืองานที่ต้องตรวจสอบตัวอย่างเป็นช่วงเวลาอย่างต่อเนื่อง เช่น การควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์ในกระบวนการอุตสาหกรรมต่าง ๆ เป็นต้น นอกจากนี้ยังนำไปใช้วิเคราะห์ไอออนปริมาณต่ำมาก ๆ (ultratrace) ในตัวอย่างต่าง ๆ เช่น น้ำดื่ม น้ำเสีย น้ำทะเล อาหาร ยาสีฟัน เครื่องดื่ม น้ำผลไม้ ดิน และน้ำทิ้งในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ (kraft

liquor) เป็นต้น

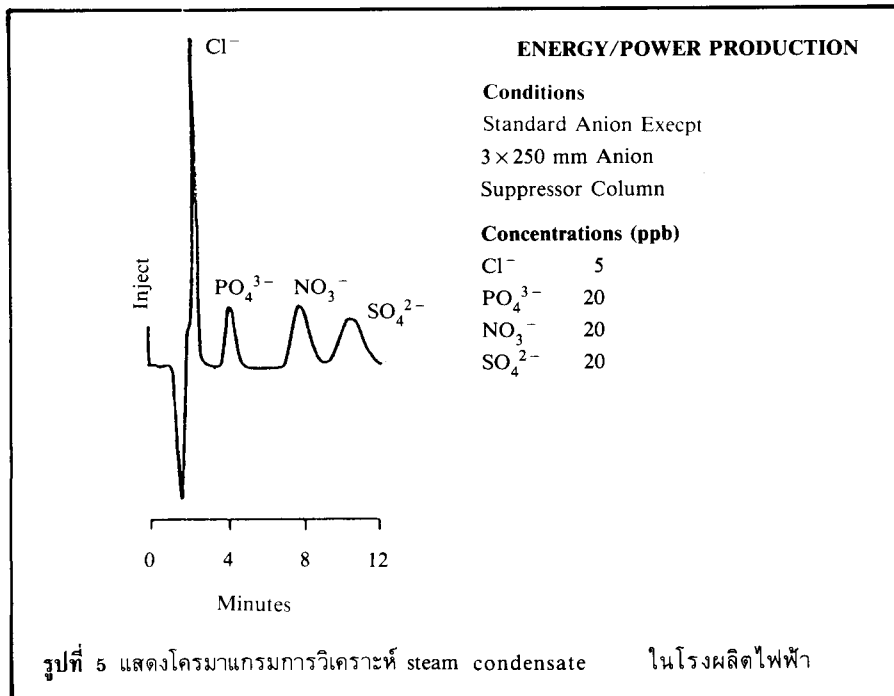
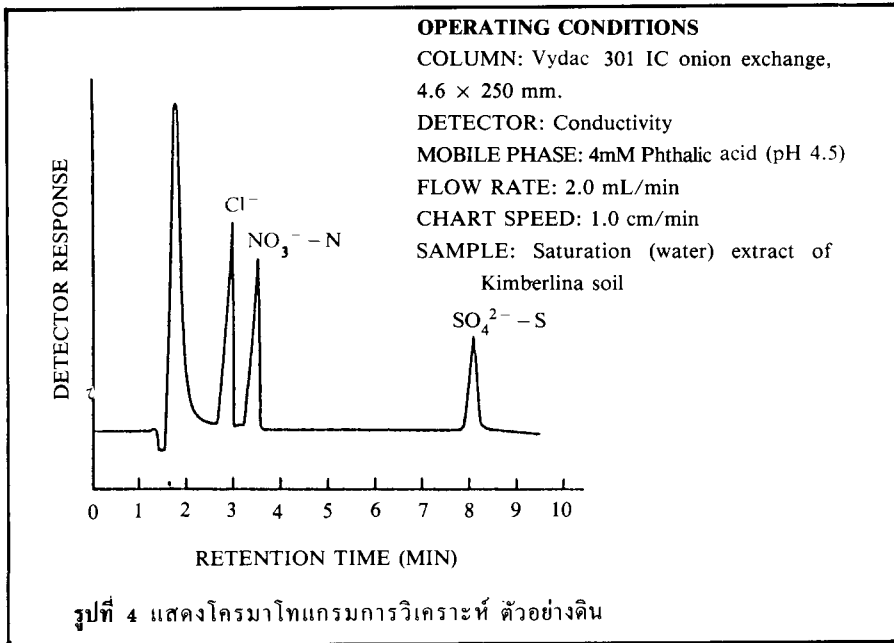
รูปที่ 3, 4, 5 แสดงโครมาโทแกรมของการวิเคราะห์ไอออนจากตัวอย่างเครื่องดื่ม ดิน และน้ำ จากโรงผลิตกำลังไฟฟ้า



รูปที่ 3 แสดงโครมาโทแกรมการวิเคราะห์ตัวอย่าง cocktail vegetable juice เจือจาง 8 เท่า

Condition : Eluent, 0.4 mM phthalate pH 7.0  
Flow rate 20 ml/min  
Detector, UV,  $\lambda$  254 nm  
Sample 10  $\mu$ l.  
Column PRP-X100, 4.1 X 100 mm.

การวิเคราะห์ไอออนโดยใช้เทคนิคไอออนโครมาโทกราฟีนั้น นับเป็นความก้าวหน้าสำหรับงานวิเคราะห์ วิจัยหลาย ๆ ด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานที่ต้องการวิเคราะห์ไอออนที่มีปริมาณน้อยมาก เช่น ระดับส่วนในพื้นล้านส่วน



(ppb) ก็สามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือแบบมีซีฟเฟรสเซอร์คอลัมน์ ซึ่งนับเป็นข้อดีของเครื่องมือแบบนี้ ส่วนเครื่องมือแบบไม่มีซีฟเฟรสเซอร์คอลัมน์นั้น ถึงแม้จะวิเคราะห์ไอออนได้ในปริมาณที่สูงกว่าแบบแรกก็ตาม แต่มีข้อดีในส่วนที่สามารถใช้เครื่อง HPLC แบบที่ใช้กันทั่วไปได้ เพียงแต่เลือกคอลัมน์สารตัวชะ และเครื่องวัดให้เหมาะสมที่จะวิเคราะห์ไอออนได้ ก็จัดเป็นเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟีเช่นเดียวกัน จึงกล่าวได้ว่าการพัฒนาเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟีแบบไม่มีซีฟเฟรสเซอร์คอลัมน์ เป็นการพัฒนาเครื่องมือเดิมที่มีอยู่ให้ใช้งานในขอบข่ายที่กว้างขึ้น

#### เอกสารอ้างอิง

1. Frankli, G.O. Ion chromatography provides useful analysis of the chemistry of pulping and bleaching liquors. **Tappi**, 1982, vol. 65, p. 107-111.
2. Haddad, P.R., and Brownie, G.H. Determination of inorganic anions. **Educ. Chem**, 1988, January, p. 12-14.
3. Nieto, K.F., and Frankenberger, W.T. Single Column ion Chromatography : I. Analysis of inorganic anion in soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 1985, Vol. 49, p. 587-592.
4. Small, H., Stevens, T.S., and Bauman, W.C. Novel ion exchange chromatographic method using conductimetric detection. **Anal. Chem.**, 1975, vol. 47, p. 1801-1809.
5. Smith, F.C., and Chang, R.C. **The practice of ion chromatography**. United States of America, John Wiley & Sons., 1983.

## **CABINET APPROVED COMPULSORY INSTALLATION OF CATALYTIC CONVERTER FOR MOTORCARS (11/15/90)**

The Cabinet approved the joint proposal from the ministries of Interior, Industry, Commerce, and Science, Technology and Energy to install catalytic converters on all new motorcars as one measure to alleviate the air pollution problem. The converters will be capable of drastically reducing three types of polluting gases, namely, carbonmonoxide, hydro-carbons, and oxides of nitrogen by chemical processes. In order that the catalytic converters be able to function efficiently, it is imperative that the petrol used be lead free, and the diesel used be lowsulphered. The process to reduce lead in petrol, and sulphur in diesel will necessarily take quite some time.

## **OAEP USES GAMMA RADIATION TO TREAT SPICES AND HERBS (11/1/90)**

Mr. Ratana Poomlek, the Deputy Secretary-General of the Office of Atomic Energy for Peace announced that OAEP had determined the appropriate level of radiation to destroy microbes and fungus spores in dried chillies and powdered chillies. The treated Chillies fully meet the quality standard set by the American Spices Trade Association, and the radiation dose not affect the aroma which is an important characteristic of each of the spices and herbs used in the experiments. OAEP has been experimenting with the gamma radiation of spices and herbs since 1989, and expects to be able to find the proper radiation level for pepper and ground pepper soon.

Mr Poomlek explained that Thailand had been exporting a substantial amount of both types of pepper, for example the

1988 export figures for chillies were 2,603 tonnes amounting to 2.3 million dollars, and 850,603 tonnes and more than three million dollars in value for pepper. In the past, a rather high portion of the export was damaged by insects, microbes and fungi. OAEP will next study the radiation of other herbs and spices, for example, dried and powdered ginger, and turmeric.

Presently, seventeen countries allow radiation treatment of herbs and spices. They are the Netherlands, Canada, USA, France, Belgium, Norway, Bangladesh, Brazil, Yugoslavia, USSR, Hungary, Chile, Denmark, South Africa, Finland, Israel and Thailand.

## **TECHNOLOGY TRANSFER IN ACTION**

Prior to full-scale implementation of TRB, there is a pilot programme being carried out, whereby technical assistance, technology licenses and joint ventures are being promoted between companies in the West and companies in two pilot project countries : Mexico and Thailand.

TRB (Technology Rights Bank) is a concept of UNDP and IFC for a systematised programme of technology transfer. It is conceived to function as a development bank but with a focus on enhancing existing technological capabilities in developing countries, by actually acquiring suitable technologies in the developed world and licensing those technologies to private sector firms with an existing solid level of capabilities.

At present, Mr Newendorp provides service to interested Thai companies seeking technical assistance or potential joint venture partners for the purpose of improving an existing line of business or creating an appropriate additional manufacturing capability. At no cost to the Thai company, Mr Newendorp will undertake a search for North American firms with capabilities in areas of specific interest to the Thai firm making the request. The Western firms are interviewed and the most likely suitable partners are presented to the Thai company,

along with suggestions/recommendations for further discussions.

The programme manager for the efforts in Thailand, is Terry A. Newendorp, Taylor-DeJongh, Washington, D.C. Thailand was targeted for the pilot project because of its recent rapid development of an industrial capacity, and the necessity that if it is to enhance its competitive position worldwide, its companies must begin to rely more and more on higher productivity through technology applications, rather than merely on low-cost labor.

It must be noted that the cost of all negotiations must be borne by each party, and, although Mr Newendorp will monitor and facilitate progress, there is no subsidisation of the technology transfer effort between the Thai and Western firms.

Currently, technology searches requested by Thai firms are underway for:

- refrigeration and air conditioning
- residential wastewater treatment equipment
- printing equipment
- rubber parts for motorcar industry
- chemical process to manufacture sodium sulphate
- environmental services for steel industry

Further, a U.S. firm with technology in brick making and procelainware is seeking a joint venture partner in Thailand.

Other fields likely to be good areas of cooperation and technology transfer between U.S. firms and Thai companies, include:

- coal/lignite combustion technology
- water and wastewater treating
- air pollution control equipment
- hazardous and toxic waste disposal
- precision-machined equipment

Excellent relations exist between MR. Newendorp and the official Thai government entities, including MOSTE. TRB is envisioned, however, as private sector activity. Consequently, Thai firms interested in initiating a serious search should contact:

Terry A. Newendorp  
2022 Columbia Rd., N.W. # 312  
Washington, D.C. 20009, U.S.A.  
Tel. 202-667-9519  
Fax. 202-462-2768

Further, a liaison office in Bangkok, to facilitate communication between Thai companies and Mr. Newendorp is expected to be operative soon.

### NECTEC ANNOUNCED 1991 GUIDELINES FOR RESEARCH SUPPORT (10/24/90)

Professor Dr. Pairash Thajchayapong, the Director of NECTEC announced that NECTEC would be accepting research proposals for consideration for NECTEC support throughout November. NECTEC has supported several research projects which have been completed and have become commercially available, for example, the 32-bit 80386SX 16 MHz and 80386SX 20 MHz computer projects, the computer-aided electric motor design software project, the Thai card IC design project, the Thai software standards specification project, and the mobile phone prototype project. For the year 1991, NECTEC has specified twelve sub-fields of electronics and computer in which research grants will be provided. The twelve fields are as follows:

1. Artificial Intelligence
2. Computer Network
3. VLSI
4. Medicine electronic computer
5. Electronic and computer technology transfer
6. Development of electronic circuits for industry
7. Development of materials and electronic parts technology
8. Computer systems technology
9. Computer software development
10. Tele-communication equipment development
11. Development of electric motor production for electrical appliances industry
12. Development of applications software for industry.

Dr. Thajchayapong emphasized NECTEC'S philosophy in granting the support that NECTEC always gives priority to a proposal which has the tri-partite structure, i.e., a research unit responsible for the technical research work, a private partner responsible for the marketing information and commercial production, and NECTEC, which will look after the policy and objective. Adhering to this philosophy should increase the chance that commercial production and industrial usage will result from the supported research, as well as promotion of other activities, which will

result in production and competition both in domestic and international markets.

### STDB TO PROMOTE TECHNICAL CONSULTING SERVICES FOR THE LOCAL INDUSTRIES (12/14/90)

Dr. Wirojana Tantraporn and Dr. Nikorn Mungkorntong of the Science and Technology Development Board (STDB) made an announcement that STDB had developed a project to provide technical consulting services to the local industries. The objective of the project is to promote and familiarise the local industries with the use of technical consulting services in solving operating problems, in the expansion of operations, and in product improvement.

Under this project, any local industrialist who faces any technical problem can seek help from STDB. STDB will provide a preliminary analysis of the problem free of charge. If the analysis indicates that external technical expertise is needed, a proper source of service will be arranged by STDB at a subsidised rate. STDB will pay 70% of the charge for the first service and 50% for the second. There are limits, however, of 20 man-month and \$1600 for the STDB subsidy for the first consultation. For the second and subsequent consultations, if any, STDB will continue to provide free preliminary analyses but not the subsidised consulting fee.

STDB hopes to create confidence among small and medium local industries in solving technical problems the correct way so that the standards of finished products will improve and become competitive in the international market. The project should also help to create an industrial consulting industry and promote proper usage of industrial personnel.

#### List of abbreviations

OAEP	Office of Atomic Energy for Peace
STDB	Office of the Science & Technology Development Board
TRB	Technology Rights Bank
UNDP	United Nations Development Programme
IFC	International Finance Corporation
MOSTE	Ministry of Science, Technology and Energy
NEC	National Electronics and Computer Technology Centre





เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณโลหะ  
ICP (Inductively Coupled Plasma)

3 กระดาษจากผักตบชวา

5 เทคโนโลยีเพื่อชาวอีสาน : อุตสาหกรรม

7 การทำผลิตภัณฑ์จากน้ำยางชั้นโดยวิธีจุ่ม

11 ข้าวโพดของไทย

14 ฐานข้อมูลวิชาการในแผ่น ซีดี-รอม

17 ข้าวทั่วไปใน วศ.

21 น้ำมันเครื่องสำคัญต่อเครื่องยนต์อย่างไร

27 แร่เฟลด์สปาร์ (feldspar)

30 การวิเคราะห์ไอออนโดยใช้เทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี

34 OSCT Newsletter

ส ล ร ปี ๒๕