

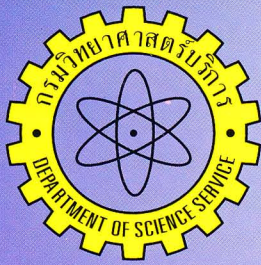


วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ



ISSN 0857-7617

ปีที่ 50 ฉบับที่ 160 กันยายน 2545



ศูนย์ วิทยาศาสตร์

เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม

ศูนย์ วิทยาศาสตร์



กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทร. 0 2644 7021 โทรสาร 0 2245 5523

ที่ปรึกษา

นายอิทธิ พิชยนทรโยธิน
นางสาวสุจินดา โชติพานิช
นางสุดา ศิริกุลวัฒนา

บรรณาธิการ

นางอัจฉรา พุ่มฉัตร

กองบรรณาธิการ

นางพิมพ์วิมล วัฒนโนภาส
นางสาวอารี ชูวิสิฐกุล
นางสาวเรณู ตามไท
นางวรรณกร วรเสวต
นางสาวเบญจภัทร์ จาตุรงค์ศรี
นางสาวธิดา เกิดกำไร
นางสาวอรุณวรรณ อุ่นแก้ว
นางสุดาวดี เสริมนอก
นางธารทิพย์ เกิดในมงคล

ศิลปกรรม

นายวิเวก อรุณรัตน์

ฝ่ายภาพ

นางสาววิไลวรรณ สะตะมณี

สารบัญ

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

อารยา หงษ์เพชร

1

ฟอสฟอรัส

ทรงศักดิ์ ลัมไพบุลย์
ปัทมดา เทียนส่องใจ

5

น้ำมันพืชสำหรับบริโภค

วิภาวรรณ ศรีมุข

9

ดูดยอ : สมุนไพรธรรมชาติ

วริศรา แสงไพโรจน์

13

สารยับยั้งการกัดกร่อน

ปัทมดา เทียนส่องใจ
โอบเอื้อ อัมวิทยา

21

การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของดิน

เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก

วสันต์ ชีระพิทยานนท์

24

การประยุกต์ใช้กรดแพนโทนิค-วิตามินบี 5 ในผลิตภัณฑ์สุขภาพ

อรทัย ลีลาพจนานพร

28

อ่างควบคุมอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส

มาลินี แสงจูง

32

วารสารรายสี่เดือน

ปีละ 3 ฉบับ

มกราคม, พฤษภาคม, กันยายน

เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช (Plant Tissue Culture)

อารยา พงษ์เพชร

เทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเป็นเทคโนโลยีชีวภาพแขนงหนึ่งที่ได้มีการพัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1902 โดยนักวิทยาศาสตร์ชื่อ Haberlandt เป็นคนแรกที่ได้พยายามเอาเซลล์จากใบของพืชมาเพาะเลี้ยง โดยมีแนวคิดว่าเซลล์เพียงเซลล์เดียวนี้จะสามารถพัฒนาเจริญไปเป็นพืชต้นใหม่ได้ แต่ปรากฏว่าประสบความสำเร็จเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ชิ้นส่วนของพืชที่นำมาเลี้ยงไม่สามารถเจริญเป็นต้นได้ เนื่องจากเซลล์ดังกล่าวแยกมาจากพืชใบเลี้ยงเดี่ยวซึ่งเพาะเลี้ยงยาก และเวลานั้นยังไม่รู้จักการใช้ฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโตของพืช แต่อย่างไรก็ตามแนวคิดของ Haberlandt ได้เป็นพื้นฐานให้นักวิทยาศาสตร์รุ่นต่อๆ มาพยายามพัฒนาเทคนิคนี้ จนกระทั่งปัจจุบันเทคโนโลยีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชได้เจริญก้าวหน้าไปอย่างมาก สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายและเป็นที่สนใจของคนทั่วไป

หลักการเบื้องต้นในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช คือ การนำเอาส่วนใดส่วนหนึ่งของพืช เช่น ใบ ตายอด ตาข้าง เนื้อเยื่อ หรือเซลล์ มาเพาะเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ซึ่งประกอบด้วยแร่ธาตุ น้ำตาล ไรโบฟลาวิน และสารควบคุมการเจริญเติบโต นอกจากนี้ยังต้องทำการเพาะเลี้ยงในสภาพที่ปราศจากเชื้อจุลินทรีย์และในสภาวะที่ควบคุมสิ่งแวดล้อมได้แก่ อุณหภูมิ แสง และความชื้น ซึ่งชิ้นส่วนของพืชดังกล่าวจะมีการเจริญเติบโตและพัฒนาไปในรูปแบบต่างๆ เช่น เกิดเป็นยอด เกิดเป็นราก เกิดเป็นเอ็มบริโอ หรือเกิดเป็นกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่า “แคลลัส” ที่สามารถชักนำให้เกิดเป็นพืชต้นใหม่ที่สมบูรณ์จำนวนมากได้

หลักการสำคัญของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชคือ ต้องใช้ทำในสภาพที่ปราศจากเชื้อจุลินทรีย์กล่าวคือทุกขั้นตอนต้องปราศจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ โดยขั้นตอนในการทำงานจะเริ่มจากการฟอกฆ่าเชื้อที่ชิ้นส่วนพืชแล้วตัดเอาเฉพาะส่วนที่ต้องการนำมาวางเพาะเลี้ยงในหลอดทดลองหรือขวดแก้วที่บรรจุอาหารสังเคราะห์ซึ่งได้



ผ่านการฆ่าเชื้อมาแล้วเช่นกัน ขวดเพาะเลี้ยงนี้จะถูกนำมาวางเลี้ยงในห้องที่มีการควบคุมสภาวะต่างๆ เช่น แสง อุณหภูมิ ให้เป็นไปตามที่ต้นพืชต้องการ ชิ้นส่วนของพืชจะได้รับแร่ธาตุและสารอาหารจากอาหารสังเคราะห์และเจริญเติบโตต่อไป ซึ่งการเจริญเติบโตของชิ้นส่วนพืชนี้สามารถควบคุมได้โดยการเลือกใช้สูตรอาหารและสารควบคุมการเจริญเติบโตที่เหมาะสม เช่น ฮอร์โมนพืช ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการเพาะเลี้ยงว่าต้องการให้ชิ้นส่วนนั้นเจริญไปเป็นส่วนใด เช่น ถ้าต้องการให้เจริญไปเป็นส่วนลำต้นก็สามารถทำการชักนำโดยใช้ฮอร์โมนพืชกลุ่มไซโตไคนิน (Cytokinin) หากต้องการให้เกิดรากอาจใช้ฮอร์โมนกลุ่มออกซิน (Auxin) หรืออาจจะใช้ฮอร์โมนหลายๆ ชนิดรวมกัน

ปัจจัยที่มีผลในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความสำเร็จของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช คือ อาหารเพาะเลี้ยง ชิ้นส่วนของพืชที่นำมาเพาะเลี้ยง และสภาวะที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง

1. อาหารเพาะเลี้ยง เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งต่อความสำเร็จในการเพาะเลี้ยง อาหารเพาะเลี้ยงมีมากมายหลายสูตรให้เลือกใช้งาน เช่น สูตร Murashige and Skoog (MS) เป็นสูตรพื้นฐานที่นิยมใช้กับพืชทั่วไป สูตร Vacin and Went เหมาะสำหรับการเพาะเลี้ยง



กล้วยไม้สกุลต่างๆ สูตร Woody Plant Medium (WPM) เหมาะสำหรับการเพาะเลี้ยงพืชพวกไม้เนื้อแข็ง โดยทั่วไปสูตรอาหารเหล่านี้จะมีส่วนประกอบของธาตุอาหารชนิดต่างๆ ที่พืชต้องการ ดังนี้

1.1 ธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการในปริมาณมาก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K)

1.2 ธาตุอาหารรองที่พืชต้องการในปริมาณเพียงเล็กน้อย เช่น โบรอน (B) โมลิบดีนัม (Mo) แมงกานีส (Mn) โคบอลต์ (Co) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) ไอโอดีน (I)

1.3 กลุ่มสารอินทรีย์ ได้แก่ วิตามิน กรดอะมิโน และน้ำตาลซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงาน เนื่องจากพืชในขวดจะสังเคราะห์แสงได้น้อย

1.4 สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช ที่นิยมใช้มีสองกลุ่มคือ กลุ่มออกซิน เช่น 2,4-ไดคลอโรฟีนอกซี อะซิติกแอซิด (2,4-D), แนฟธาซีน อะซิติกแอซิด (Naphthaleneacetic acid, NAA), และกลุ่มไซโตไคนิน เช่น ไคเนติน (Kinetin), 6-เบนซิลอะมิโนพิวรีน (6-Benzylaminopurine, BA)

1.5 สารอื่นๆ เช่น น้ำมะพร้าว มันฝรั่งกล้วยหอม สารสกัดจากยีสต์ ซึ่งจะมีสารช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืชรวมอยู่ด้วย

1.6 สารที่ไม่ออกฤทธิ์ เช่น วน ใช้เพื่อให้อาหารมีสภาพกึ่งแข็งทำให้พืชสามารถยีนต้นอยู่ได้

2. ชิ้นส่วนพืชที่นำมาเพาะเลี้ยงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญเพราะแต่ละส่วนของพืชจะตอบสนองต่อการเพาะเลี้ยงแตกต่างกัน ส่วนที่ง่ายที่สุดต่อการเพาะเลี้ยงคือส่วนของตาข้างและตายอดเพราะพร้อมที่จะเจริญเป็นต้นอยู่แล้ว และการนำมาเพาะเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์จะให้ผลที่รวดเร็ว แต่ในพืชบางชนิดที่ไม่มีตาจะต้องเลือกใช้ส่วนอื่น เช่น กลอกซิเนีย แอฟริกันไวโอเล็ต หน่วว ใช้ส่วนของใบอ่อนจะให้ผลดีที่สุด ส่วนเขยิบรานั้นจะนิยมใช้ฐานช่อดอกมาเพาะเลี้ยง

3. สภาพที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง เช่น อุณหภูมิและแสงเป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องคำนึงถึง โดยทั่วไปห้องเพาะเลี้ยงจะมีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และแสงสว่าง 100-200 ฟุตแคนเดิล

ประโยชน์ของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

1. การขยายพันธุ์พืช การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อสามารถขยายพันธุ์พืชที่ขยายพันธุ์ด้วยวิธีอื่นได้ยาก หรือขยายได้ช้า เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสามารถเพิ่มจำนวนต้นได้จำนวนมากอย่างรวดเร็ว สามารถผลิตต้นพันธุ์ได้ตลอดปี ซึ่งต้นพันธุ์ที่ได้จะมีลักษณะเหมือนเดิมทุกประการและให้ผลผลิตคุณภาพดี พืชหลายชนิดที่มีปัญหาในการขยายพันธุ์แบบปกติแต่ปัจจุบันประสบความสำเร็จในการขยายพันธุ์โดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เช่น กล้วยไม้ หน่วว หน่อไม้ฝรั่ง

2. การผลิตต้นพันธุ์ที่ปราศจากโรค พืชหลายชนิดจะมีเชื้อไวรัสแฝงตัวอยู่ในท่อน้ำเลี้ยง จึงเป็นการยากต่อการผลิตพันธุ์พืชที่ปราศจากโรค ดังนั้นการเพาะเลี้ยงส่วนของปลายยอดที่ยังไม่มีท่อน้ำเลี้ยงจะสามารถจัดการปนเปื้อนของไวรัสเหล่านั้นได้ มีพืชหลายชนิดที่ใช้เทคนิคนี้ได้สำเร็จ เช่น มันฝรั่ง สตอเบอร์รี่ ชิง ฯลฯ

3. การผลิตสารสำคัญ พืชหลายชนิดสามารถผลิตสารสำคัญได้ ซึ่งสารสำคัญเหล่านี้ เช่น สารต้านมะเร็ง สารต้านอนุมูลอิสระ สารต้านการอักเสบ ซึ่งการนำพืชเหล่านี้มาเพาะเลี้ยงในสภาวะที่ควบคุมได้จะสามารถชักนำให้เซลล์ของพืชผลิตสารในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น

4. การอนุรักษ์พันธุกรรมและการแลกเปลี่ยนพันธุ์พืช เป็นการเก็บรวบรวมพันธุ์พืชโดยการเพาะเลี้ยงไว้ในขวดและบังคับให้เติบโตอย่างช้าๆ ซึ่งทำให้สามารถเก็บรักษาพันธุ์พืชไว้ได้นาน ประหยัดพื้นที่และแรงงาน นอกจากนี้ยังสะดวกต่อการแลกเปลี่ยนพันธุ์พืชกับต่างประเทศเพราะอยู่ในขวดและปราศจากเชื้อโรค

5. การปรับปรุงพันธุ์พืช เป็นการนำเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมาประยุกต์ใช้ เช่น การสร้างพืชโครโมโซมชุดเดียว การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ การรวมเซลล์พืช (Protoplast Fusion) และ พันธุวิศวกรรมของพืช

แนวโน้มและทิศทางของการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชในเชิงธุรกิจ

ปัจจุบันการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชที่มีบทบาทในเชิงธุรกิจ มีสองกลุ่ม คือ

1. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อการขยายพันธุ์และการผลิตพืชพันธุ์ใหม่



2. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพื่อการผลิตสารสำคัญ สำหรับประเทศไทยนั้นให้ความสำคัญกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพื่อการขยายพันธุ์และการผลิตพืชพันธุ์ใหม่ ทั้งนี้เนื่องจากการผลิตสารสำคัญจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชนั้นต้องใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่ยุ่งยากและเทคโนโลยีที่สูงพอสมควร ส่วนการขยายพันธุ์นั้นใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ และวิธีการที่ไม่ยุ่งยากมากนัก จึงทำให้นักวิทยาศาสตร์ไทยให้ความสนใจศึกษาและพัฒนาวิธีการในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมาเป็นเวลานานแล้ว และที่ประสบความสำเร็จสูงสุดคือการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้ ซึ่งปัจจุบันเราสามารถผลิตต้นพันธุ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผลิตต้นพันธุ์กล้วยไม้ลูกผสมใหม่ๆ ได้อยู่ตลอดเวลา ทำให้ประเทศไทยอยู่ในอันดับต้นๆ ของประเทศที่ส่งออกกล้วยไม้ ซึ่งมีทั้งดอกและต้นพันธุ์ ส่วนพืชไร่พืชสวนอื่นๆ ก็มีการขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ซึ่งได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากสามารถผลิตต้นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตดีได้เป็นจำนวนมาก และเมื่อนำไปปลูกจะมีการเจริญเติบโตในรูปแบบและอัตราเดียวกันทั้งแปลงทำให้ง่ายต่อการดูแลรักษา

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพื่อการผลิตสารสำคัญนั้นจะได้รับความสนใจมากจากบริษัทฯ ของประเทศผู้นำทางเศรษฐกิจ เช่น อเมริกา ญี่ปุ่น และยุโรป เทคนิคนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสารสำคัญให้ได้ปริมาณมาก ซึ่งหากนำมาใช้ผลิตสาร เช่น สารตัวยาบางชนิด ก็จะทำให้ได้รับผลตอบแทนที่มหาศาล เนื่องจากยาเหล่านี้มีตลาดที่ใหญ่และราคาแพง จึงมีการทุ่มเททำการวิจัยและพัฒนาในหลายประเทศ แต่ปัญหาสำคัญที่พบคือ เซลล์เพาะเลี้ยงจะผลิตสารได้น้อยกว่าที่พืชในธรรมชาติผลิต ซึ่งนักวิทยาศาสตร์จะต้องทำการวิจัยค้นหาให้ได้ว่าจะทำอย่างไรจึงจะทำให้เซลล์เพาะเลี้ยงสามารถผลิตสารที่ต้องการได้ในปริมาณสูง มีการนำวิธีการต่างๆ มาทดลองใช้ เช่นการกระตุ้นด้วยแสง อุณหภูมิ สอรีโมน หรือการใช้สารชักนำ ซึ่งในพืชบางชนิดก็ประสบความสำเร็จ และสามารถนำไปใช้ผลิตเพื่อการค้าได้ แต่ส่วนใหญ่ยังคงต้องทำการศึกษาวิจัยต่อไป สารตัวยาที่สามารถผลิตโดยใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช เช่น วินบลาสติน (Vinblastin) และ วินคริสติน (Vincristin) จากเซลล์เพาะเลี้ยงของพวงพวยฝรั่ง (Catharanthus roseus) ซึ่ง

ใช้รักษาโรคมะเร็ง สารชิโคนิน (Shikonin) จากเซลล์เพาะเลี้ยงของต้น *Lithospermum erythrorhizon* ซึ่งใช้เป็นสารสีในอุตสาหกรรม

พืชสมุนไพรกับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพื่อวัตถุประสงค์ทั้งสองกลุ่มที่กล่าวไว้ข้างต้นสามารถนำมาใช้กับพืชสมุนไพรได้ทั้งสิ้น พืชสมุนไพรของไทยหลายชนิดที่เพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์ได้ยาก ชาวบ้านมักเข้าไปขุดออกมาจากป่าและนำมาขาย ซึ่งมักจะไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาดและมีราคาแพง อีกทั้งยังจะทำให้เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ของสมุนไพรนั้นๆ อีกด้วย การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะสามารถแก้ปัญหานี้ได้เพราะการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อนั้นสามารถผลิตต้นพืชได้จำนวนมากในเวลารวดเร็ว จึงเป็นอีกหนทางหนึ่งที่สามารถส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกพืชสมุนไพรเพื่อเพิ่มพูนรายได้

ปัจจัยสำคัญอีกอย่างที่ต้องคำนึงถึงคือปริมาณสารตัวยาที่สะสมอยู่ในพืชสมุนไพรนั้นมักจะผันแปร โดยขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และการดูแลรักษา ทำให้วัตถุดิบสมุนไพรที่ได้ในแต่ละแปลงแต่ละฤดูกาล มีคุณภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะมีผลกระทบต่อศักยภาพในการแปรรูปพืชสมุนไพรให้เป็นยาหรืออาหาร ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงมีแนวคิดว่า การนำเอาสมุนไพรเหล่านั้นมาเพาะเลี้ยงในสภาพแวดล้อมที่ควบคุมได้จะสามารถบังคับให้เซลล์เพาะเลี้ยงผลิตสารได้ในปริมาณมากและมีคุณภาพสูง ข้อจำกัดของวิธีการนี้คือมีต้นทุนสูงมากจึงเหมาะที่จะใช้กับพืชที่ผลิตสารราคาแพงเท่านั้น

กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้ทำการศึกษาทดลองเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสมุนไพรเอื้องหมายนา (*Costus speciosus*) เพื่อนำเอาเซลล์เพาะเลี้ยงมาสกัดสารไดออส-จินิน (Diosgenin) ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตสเตอรอยด์ สอรีโมนที่ใช้ในยาเม็ดคุมกำเนิดและยาอื่นๆ จากการทดลองพบว่าเซลล์เพาะเลี้ยงจะผลิตสารได้น้อยกว่าปริมาณที่พบสะสมอยู่ในเหง้าของพืชเอื้องหมายนาในธรรมชาติ ซึ่งเป็นปัญหาที่พบบ่อยในพืชทั่วๆ ไปด้วยเช่นกัน ดังนั้นจึงยังต้องมีการศึกษาวิจัยต่อไปว่าจะสามารถกระตุ้นเซลล์เพาะเลี้ยงให้ผลิตสารปริมาณสูงขึ้นได้หรือไม่อย่างไร การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชสมุนไพรยังมีการพัฒนาอยู่เรื่อยๆ มี



การค้นพบเทคนิคใหม่และนำมาใช้อยู่เสมอ เมื่อไม่นานมานี้ บริษัทของญี่ปุ่นชื่อ Nitto Denko ได้ผลิตเซลล์ของโสมจากการเพาะเลี้ยงเพื่อจำหน่ายเป็นสารเติมแต่งอาหารสำหรับไวน์ เครื่องดื่มให้พลังงาน เครื่องดื่มบำรุงสุขภาพ และบริษัทดังกล่าวกำลังดำเนินการขออนุญาตหน่วยงานในประเทศเพื่อจดทะเบียนเป็นยาด้วย เซลล์โสมที่ได้จากการเพาะเลี้ยงนี้มีปริมาณสาร Saponin อยู่ประมาณร้อยละ 21.1 ซึ่งสูงกว่าที่พบในเหง้าโสมที่เพาะปลูกตามธรรมชาติที่มีอยู่เพียงร้อยละ 4.1% เทคนิคนี้น่าจะสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในประเทศไทยได้เช่นกัน เนื่องจากภูมิอากาศของประเทศไทยไม่เหมาะต่อการปลูกโสมแต่ปริมาณการบริโภคโสมมีมากพอสมควร ซึ่งหากเราสามารถเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและผลิตเซลล์โสมขึ้นมาได้เองด้วยต้นทุนที่ต่ำกว่าก็จะสามารถลดการนำเข้าจากต่างประเทศได้

เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชแม้จะไม่ใช่วิทยาศาสตร์ใหม่ แต่ก็มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา การนำเทคโนโลยีนี้ไปใช้ สามารถก่อให้เกิดประโยชน์ได้หลายด้าน ประเทศไทยมีศักยภาพในด้านนี้สูง และที่สำคัญเทคโนโลยีนี้สามารถนำมาใช้งานได้ในระดับชาวบ้าน โดยทั่วไปก็สามารถนำไปใช้ได้เช่นกันหากได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีอย่างเหมาะสม ซึ่งมีหน่วยงานของราชการหลายแห่งได้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีนี้ให้แก่ผู้สนใจอยู่เสมอ กรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นอีกหน่วยงานหนึ่งที่มีการจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีนี้ให้กับบุคคลทั่วไปด้วยเช่นกัน ซึ่งผู้สนใจสามารถติดต่อสอบถามได้ที่ กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ โทร 02-2201-7119



เอกสารอ้างอิง

- Murashige, T. and Skoog, F. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture. **Physiological Plant**, 1962, vol. 15. p 473-497.
- Plant tissue culture: An alternative for production of useful metabolite. Available: <http://www.fao.org/docrep/t0831e/t0831e03.htm>. 22 May 2002.
- ประสาทศร เกื้อมณี. เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2536, 140 หน้า.
- ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ. เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชพัฒนาอาชีพ. 2541, 3-8 สิงหาคม ; กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2541.
- อรดี สหวัชรินทร์. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช. เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพื่อการส่งออก รุ่นที่ 1. 2545, 13-22 พฤษภาคม, กรุงเทพมหานคร ; สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2545.



ฟอส

นรศักดิ์ ลัมไพภูชัย

ปภิตตา เกียนส่องใจ

บทนำ

สิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องการแร่ธาตุอนินทรีย์เพื่อการดำรงชีพ ธาตุทุกชนิดที่มีชื่อปรากฏในตารางธาตุ นั้น ส่วนใหญ่มีอยู่ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตรวมทั้งสิ่งที่คนนำมาเป็นอาหาร แต่ว่าบางธาตุไม่มีความจำเป็นในการดำรงชีพ สารอาหารในกลุ่มนี้เราเรียกว่า สารอาหารอนินทรีย์ ธาตุต่างๆ จะมีหน้าที่สัมพันธ์กัน และสร้างภาวะสมดุลในร่างกาย เช่น เหล็ก ทองแดง โคบอลต์ และวิตามินบี 12 มีความเกี่ยวข้องกันในการสังเคราะห์เม็ดเลือดแดง โซเดียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม โปแตสเซียม และคลอไรด์ ถูกสะสมไว้ในของเหลวของร่างกาย ธาตุเหล่านี้ที่มีอยู่ในร่างกายจะอยู่ในรูปของไอออน คือ มีประจุไฟฟ้า เช่น โซเดียมไอออน คลอไรด์ไอออน และฟอสเฟตไอออน

หน้าที่

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีหน้าที่ในร่างกายมากกว่าธาตุชนิดอื่น ฟอสฟอรัสรวมตัวกับแคลเซียมเป็น complex ของแคลเซียมฟอสเฟต พบมากในส่วนที่เป็นโครงสร้างของร่างกาย เช่น กระดูกและฟัน ทำให้กระดูกและฟันเกิดความแข็งแรง ฟอสฟอรัสเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมีมากมายในร่างกาย และเป็นประจุลบที่สำคัญอยู่ภายในเซลล์ทั่วไปของร่างกาย ฟอสฟอรัสที่อยู่ในเลือดและเซลล์จะพบในรูปของฟอสเฟตไอออนที่ละลายได้ เหมือนกับที่พบในไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และในเอ็นไซม์ที่ใช้ขนถ่ายและแลกเปลี่ยนพลังงาน ฟอสเฟตในร่างกายเสริมการทำงานของวิตามินบีหลายตัว ฟอสฟอรัสยังมีความสำคัญในการ metabolism ของ muscle energy, คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เนื้อเยื่อของระบบประสาท กลไกเคมีของเลือด การเติบโตของโครงสร้างกระดูกและฟัน รวมทั้งการขนส่งของกรดไขมัน ฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบของระบบเอ็นไซม์หลายชนิด การสะสมการส่งผ่านพลังงานใน phosphorylated compounds ได้แก่ adenosine

di และ triphosphate (ADP, ATP)

ฟอสฟอรัสในร่างกาย ประมาณร้อยละ 80 พบในเนื้อเยื่อโครงสร้างกระดูก และฟัน อีกประมาณร้อยละ 20 อยู่ในของเหลวในร่างกายและในทุกเซลล์ โดยมีหน้าที่เกี่ยวกับพลังงาน และ metabolism ทุกเซลล์ที่ยังมีชีวิตอยู่จำเป็นต้องมีปฏิกิริยาและกลไกดังกล่าว

ในโปรตีนหลายชนิดจะมี phosphate link เชื่อมต่อกับกรดอะมิโน (amino acid) ซึ่งเป็นองค์ประกอบย่อยของโปรตีน ใน nucleic acid, DNA, RNA ซึ่งเป็นส่วนที่ถ่ายทอดพันธุกรรม จะมีฟอสเฟตเป็นส่วนหลักของโครงสร้าง phospholipid ในผนังเซลล์ ตัวกลาง (intermediate) มากมายของการ metabolism ของคาร์โบไฮเดรต และสารอื่นๆที่มีฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ ล้วนแต่มีหน้าที่สำคัญในสิ่งมีชีวิต

การทำหน้าที่ร่วมกันของฟอสฟอรัสกับแคลเซียม คล้ายคลึงกับการทำหน้าที่ร่วมกันของโซเดียมกับโปแตสเซียม เพราะการทำงานสัมพันธ์กันใกล้ชิด นอกจากนี้ฟอสฟอรัสกับแคลเซียมยังทำงานสัมพันธ์กับวิตามินดีในร่างกายอีกด้วย ฟอสฟอรัสสำคัญต่อปฏิกิริยาเคมีที่มีการถ่ายเทพลังงานจากอาหาร เพื่อการสังเคราะห์สารที่ใช้ในร่างกาย และใช้ฟอสฟอรัสเปลี่ยนจากสารเคมีไปเป็นพลังงานทางไฟฟ้าในระบบประสาทและกล้ามเนื้อ

เนื่องจากแคลเซียมและฟอสฟอรัส เป็นส่วนประกอบหลักของกระดูกโครงสร้างและฟัน ธาตุ 2 ตัวนี้จึงมีน้ำหนักราวๆ ประมาณร้อยละ 70 ของน้ำหนักแร่ธาตุในร่างกาย ส่วนฟอสฟอรัสตัวเดียวจะมีน้ำหนักประมาณร้อยละ 1 ของน้ำหนักร่างกาย หรือประมาณ 1.5 ปอนด์ เมื่อคิดเป็นฟอสเฟต ฟอสฟอรัสจะกระจายอยู่ทั่วไปในร่างกายคน และมีอยู่ทั่วไปมากกว่าแคลเซียม ในเลือดมีฟอสฟอรัสประมาณ 35 - 45 มก./เลือด 100 มล. ในจำนวนนี้ 3 - 5 มก. จะอยู่ในรูปของสารฟอสเฟตอนินทรีย์ (inorganic phosphate) ซึ่งเป็นรูปที่ทำปฏิกิริยาเคมีได้



ความสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียม และสารฟอสเฟตอินทรีย์ ใน serum เป็นสัดส่วนกลับ คือ ถ้ามีแคลเซียมมาก จะมีสารฟอสเฟตอินทรีย์น้อย และถ้ามีแคลเซียมน้อยจะมีสารฟอสเฟตอินทรีย์มาก

ความต้องการฟอสเฟตของร่างกายคน

ฟอสฟอรัสไม่ค่อยมีปัญหาเกี่ยวกับโภชนาการ เนื่องจากอาหารที่คนบริโภคมักจะมีฟอสฟอรัสเพียงพอ และได้รับมากกว่าแคลเซียม [Ref.2] จึงมักไม่พบการขาดธาตุนี้ ผู้ใหญ่ในสหรัฐอเมริกาจะได้รับฟอสฟอรัสจากอาหารวันละประมาณ 1500 - 1600 mg [Ref.1] เมื่อคนใช้ยาลดกรด (antacids) ยาจะรวมตัวกับฟอสฟอรัสได้ทำให้ร่างกายดูดซึมฟอสฟอรัสไม่ได้ และถ้ารับประทานกลั้วเป็นเวลานานๆ ต่อเนื่องกันจะทำให้ร่างกายขาดฟอสฟอรัสได้ ภาวะเช่นนี้จะทำให้เกิดอาการเฉพาะ คือ อ่อนเพลีย (weakness) เบื่ออาหาร (anorexia) คลื่นไส้ วิงเวียนศีรษะ (malaise) ภาวะอาหารไม่ปกติ (upset stomach) และปวดในกระดูก อาการเหล่านี้หายได้เมื่อหยุดการให้ยาลดกรด และบริโภคฟอสฟอรัสจากอาหารให้เพียงพอ [Ref.3] การขาดฟอสฟอรัสบางครั้งเกิดขึ้นได้ในสัตว์กินหญ้า โดยเฉพาะพวกวัวควาย ทำให้นมที่ได้จากสัตว์เหล่านั้นขาดฟอสฟอรัสไปด้วย

อัตราส่วนของแคลเซียม/ฟอสฟอรัสในอาหารมีความสำคัญมาก เนื่องจากอัตราส่วนในอาหารควรจะสัมพันธ์กับอัตราส่วนในกระดูก เนื่องจากในกระดูกมีอัตราส่วนของแคลเซียม/ฟอสฟอรัสเป็น 2 : 1 ในอาหารที่บริโภคก็ควรจะมียอดอัตราส่วนของธาตุทั้งสองชนิดดังกล่าวใกล้เคียงกัน แต่เนื่องจาก RDA กำหนดค่าฟอสฟอรัสมากกว่าความจำเป็น คือ กำหนดอัตราส่วน 1 : 1 ซึ่งไม่สอดคล้องกับความคิดทั่วไปที่ว่า กระดูกเป็น active tissue คือ แคลเซียมที่จับยึดเป็นส่วนของกระดูก จะไม่คงที่ตลอดไป ขณะที่ร่างกายต้องการแคลเซียมเพื่อไปใช้ในส่วนอื่นของร่างกาย เพื่อทำหน้าที่อื่น มันสามารถละลายได้จากกระดูก และลำเลียงไปใช้งาน

อัตราการแลกเปลี่ยนของแคลเซียมและฟอสฟอรัสระหว่างกระดูกกับเนื้อเยื่อในผู้ใหญ่ จะมีค่าประมาณร้อยละ 0.5 - 1 ต่อวัน และมีการค้นพบมานานแล้วว่า การแลกเปลี่ยนนี้ควบคุมโดยวิตามินดีพบว่าเด็กบริโภคอาหารที่มีวิตามินดี

น้อย จะก่อให้เกิดอาการกระดูกผิปกติ และเกิดโรค rickets เนื่องจากร่างกายไม่ดูดซึมแคลเซียม และในเลือดซึ่งมีอัตราส่วนของแคลเซียม/ฟอสฟอรัส 2 : 1 เมื่อตัวใดตัวหนึ่งมากเกินไป กระดูกก็จะสูญเสียไป เพื่อรักษาหรือชะลอระดับอัตราส่วนไว้

การดูดซึมและการขับถ่าย

โดยปกติประมาณร้อยละ 70 ของฟอสฟอรัสที่ถูกย่อยจากอาหารจะถูกดูดซึม โดยน้ำย่อย phosphatase จากลำไส้เล็กจะขับไล่ simple phosphorus compound จากลำไส้ก่อนการดูดซึม ฟอสฟอรัสเหมือนกับแคลเซียม คือ การดูดซึมจะเกิดได้ดีในตัวกลางที่เป็นกรด การที่มีเหล็ก อะลูมิเนียม และแมกนีเซียมจำนวนมากๆ อยู่ร่วมด้วยจะรบกวน และขัดขวางการดูดซึมของฟอสฟอรัส เพราะทำให้เกิดฟอสเฟตชนิดที่ไม่ละลาย แต่เหตุผลข้อนี้ไม่ใช่สาเหตุสำคัญในอาหารปกติทั่วไป การดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัสได้ดีที่สุด เมื่ออาหารมีปริมาณของแร่ธาตุทั้ง 2 ชนิดเท่าๆ กัน อัตราส่วนของแคลเซียม/ฟอสฟอรัสที่ไม่ปกติในอาหารจะรบกวนการดูดซึมของธาตุทั้ง 2 ตัว และเป็นผลให้เกิดการขาดแคลเซียม การดูดซึมแคลเซียมและฟอสฟอรัส จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีวิตามินดี ซึ่งเป็นผล secondary effect

ปริมาณฟอสฟอรัสในอุจจาระแสดงถึง 2 สาเหตุ คือ การไม่ดูดซึมแร่ธาตุ และการที่ฟอสฟอรัสถูกขับไปยังลำไส้ ส่วนฟอสฟอรัสในปัสสาวะส่วนใหญ่เป็น inorganic phosphate จะมีมากน้อยเท่าใดไม่แน่นอนขึ้นกับปริมาณที่ดูดซึมได้จากอาหาร และยังขึ้นกับสาเหตุอื่น ได้แก่ การ catabolism ของเนื้อเยื่อในร่างกายในระหว่างการอดอาหาร หรือขณะหิว (starvation) จะขับฟอสฟอรัสจำนวนมากไปยังปัสสาวะ เมื่อบริโภคฟอสฟอรัสจำนวนคงที่ metabolism ของคาร์โบไฮเดรต จะเพิ่มขึ้นซึ่งต้องการฟอสฟอรัส ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในปัสสาวะลดลงชั่วคราว

แหล่ง

ฟอสฟอรัสพบในอาหารทั่วไป มีในพืช สัตว์ โดยเฉพาะอาหารที่มีโปรตีนมาก เช่น เนื้อ ปลา เบ็ด ไข่ ไข่ ผลิตภัณฑ์นม เนยแข็ง ถั่วเปลือกแข็ง (nuts) ถั่วมีผัก



(legumes) ในเมล็ด ธัญพืชโดยเฉพาะในส่วนของรำข้าว แต่ยังมีข้อสงสัยอยู่บ้างเนื่องจากฟอสฟอรัสอยู่ในรูปของ phytic acid ซึ่งเอามาใช้ไม่ได้ นักอาหารที่มีอัตราส่วนของแคลเซียม/ฟอสฟอรัสสูง ได้แก่ สาหร่ายทะเล (seaweed), whole fish flour และหญ้า Alfalfa เนื้อสัตว์จะมีฟอสฟอรัสมากกว่าแคลเซียม และเป็นที่น่าสังเกตว่าอาหารใดที่มีโปรตีนสูง จะมีฟอสฟอรัสมากด้วย แต่อาจมีแคลเซียมมากหรือน้อยก็ได้

นมและผลิตภัณฑ์นมเป็นแหล่งที่ดีของแคลเซียม เมื่อบริโภคในปริมาณน้อยลง ทำให้อัตราส่วนของอาหารมีแคลเซียม/ฟอสฟอรัส 1 : 1 หรือต่ำกว่าคือ 0.7 : 1 เนื่องจากการรับประทานฟอสฟอรัสมากเกินไปจากอาหารที่ผ่านกรรมวิธี ได้แก่ พวกเครื่องดื่ม (soft drink) และผลิตภัณฑ์เนื้อที่ผ่านกรรมวิธี (cured meat) ทำให้ร่างกายได้รับฟอสฟอรัสมากเนื่องจากการเติมฟอสเฟตลงในอาหารดังกล่าว ใช้เป็นสารเจือปนอาหาร (food additives) เติมน้ำในเนื้อเพื่อความนุ่มและชุ่มน้ำ เติมน้ำในเครื่องดื่มเพื่อเกิดรสเปรี้ยว และใช้เป็นวัตถุกันเสีย เครื่องดื่มบางชนิดมีฟอสฟอรัสสูงถึง 60 มิลลิกรัม ใน 1 กระป๋องที่บรรจุ 12 ออนซ์ จึงทำให้ร่างกายได้รับฟอสฟอรัสสูงมากขึ้น

คนอายุมากกว่า 30 ปี ถ้าบริโภคแคลเซียมไม่เพียงพอ กระดูกจะเสื่อม หรืออีกอย่างการบริโภคฟอสฟอรัสมากเกินไป จะทำให้เกิดโรคกระดูกพรุน เนื่องจากการสูญเสียแคลเซียม (osteoporosis) คือ กระดูกจะบาง สั่น เปราะ และไม่แข็งแรง ในผู้หญิงจะมีผลมากกว่าผู้ชาย และมักเกิดร่วมกับการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนหลังจากการหมดประจำเดือน คือ มีการเปลี่ยนแปลงของ metabolism ของแคลเซียม

การสูญเสียแคลเซียม สามารถป้องกันได้โดยการบริโภคแคลเซียมเพิ่มขึ้น และบริโภคผลิตภัณฑ์นมสม่ำเสมอที่ดีที่สุด ส่วนอุตสาหกรรมอาหารควรทำอาหารเสริมที่ผ่านกรรมวิธีโดยเพิ่มแคลเซียม และควรลดฟอสฟอรัสเท่าที่จะทำได้

ค่า RDA ของฟอสฟอรัสเท่ากับของแคลเซียม คือ วันละ 800 mg และองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) ได้กำหนดค่า RDA ดังประมาณครึ่งหนึ่งของที่กำหนดในสหรัฐอเมริกา เนื่องจากความต้องการแคลเซียมสัมพันธ์กับการบริโภคโปรตีน และคน

ส่วนใหญ่ของประชากรโลกบริโภคโปรตีนน้อยกว่าคนในอเมริกา ในทารก หญิงมีครรภ์ หญิงขณะให้นมลูก ได้กำหนดค่า RDA ของฟอสฟอรัสเท่ากับของแคลเซียม แต่ในผู้ใหญ่โดยทั่วไป การบริโภคจริงๆ จากอาหารจะได้ฟอสฟอรัสมากกว่าแคลเซียมเป็น 1.5 เท่า ดังนั้นในอาหารทั่วไป เมื่อได้รับแคลเซียมและโปรตีนเพียงพอ ก็จะได้รับฟอสฟอรัสเพียงพอด้วย

ค่า RDA ในทารกแรกเกิดกำหนดให้มีอัตราส่วนของแคลเซียม/ฟอสฟอรัส 1.5 : 1 และกำหนดเป็น 1 : 1 เมื่ออายุครบ 1 ปี เนื่องจากการตรวจพบว่าถ้าทารกดื่มนมวัวในอาทิตย์แรกเกิด จะมีอาการชักสั่นคล้ายบาดทะยักเนื่องจากขาดแคลเซียม (hypocalcemic tetany) [Ref.4] เพราะได้รับฟอสฟอรัสมากเกินไป คือในนมวัวมีอัตราส่วนแคลเซียม/ฟอสฟอรัส 1.5 : 1 ส่วนนมแม่มีอัตราส่วนเป็น 2 : 1

เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นโลหะแร่ธาตุที่จำเป็นเกี่ยวข้องกับระบบต่างๆมากมายของร่างกายดังได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข จึงยินยอมให้ใช้ฟอสฟอรัสในรูปของเกลือโซเดียมฟอสเฟตผสมในอาหาร ได้ออกประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 84 (พ.ศ. 2527) เรื่องวัตถุเจือปนอาหาร กำหนดให้เกลือฟอสเฟต ดังต่อไปนี้ใช้ผสมในอาหารได้

โซเดียมโพลีฟอสเฟต, โซเดียมฟอสเฟตโมโนเบสิก, โซเดียมฟอสเฟตไดเบสิก, โซเดียมฟอสเฟตไตรเบสิก อาหารที่เติมเกลือฟอสเฟต ได้แก่ พวกผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เช่น ไส้กรอก, หมูแฮม, เบคอน ฯลฯ เพื่อเป็นตัวทำให้เนื้อนุ่ม มีรสสัมผัสดี ช่วยการชุ่มน้ำในเนื้อสัตว์ ปริมาณที่ใช้กำหนดไม่เกิน 100 ส่วนในล้านส่วน หรือมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หรือไม่เกินร้อยละ 0.1

ฟอสฟอรัสในรูปของเกลือฟอสเฟต ยังใช้มากในอุตสาหกรรมผลิตปุ๋ยเคมี และอุตสาหกรรมทั่วไป เนื่องจากมีคุณสมบัติในการกัดล้างคราบตะกอนในท่อน้ำ ในหม้อน้ำ ความดัน และแม้แต่น้ำยาทำความสะอาดทั่วไป ได้แก่ น้ำยาป้องกันสนิมหม้อน้ำรถยนต์ น้ำยาทำความสะอาดเครื่องประดับทองคำ น้ำยาทำความสะอาดเพทซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมการพิมพ์ รวมถึงสารละลายฟาวเทน น้ำยาทำความสะอาดแม่พิมพ์ น้ำยาล้างแอร์ น้ำยาล้าง



น้ำมันเครื่อง ผงขจัดคราบเมลามีน สารช่วยในการเชื่อม
พลอย น้ำยาปรับทอง และอื่นๆ

สารกลุ่มทำความสะอาดเหล่านี้ กลุ่มงานเคมี
ประยุกต์ กองเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้เคยตรวจสอบ
หาสูตรและองค์ประกอบแล้วพบว่า นอกจากพบสารอื่นๆ
ที่เฉพาะเจาะจงของน้ำยาแต่ละชนิดแล้ว ทุกชนิดจะมี
เกลือโซเดียมฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย บางชนิด

ก็มีน้อย บางชนิดก็มีผสมอยู่มาก คือ พบตั้งแต่ร้อยละ 1
จนถึงร้อยละ 35

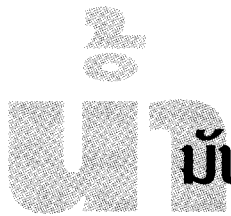
ที่กล่าวมาทั้งหมด คือ ประโยชน์ของแร่ธาตุ
ฟอสฟอรัส ซึ่งให้ประโยชน์ทั้งในร่างกาย และ อุตสาหกรรม
ต่างๆ เป็นที่น่าสังเกตว่าฟอสฟอรัสที่ใช้ในอาหารจะมี
ความเข้มข้นน้อยมาก คือเป็นส่วนในล้านส่วน แต่ใช้ใน
อุตสาหกรรมมีปริมาณค่อนข้างมากคิดเป็นปริมาณร้อยละ



เอกสารอ้างอิง

- Food and Drug Administration Bureau of Foods. **Compliance program evaluation FY 74 selected minerals in food survey. Program circular 7320.08c.** Washington, D.C : Department of Health, Education and Welfare, 1975. 6.p.
- Hegsted, D.M. Calcium and phosphorus. **In Modern nutrition in health and disease.** 5 th ed Edited by R.S. Goodhart and M.E. Shils., eds Philadelphia : Lea and Febiger, 1973. p. 268 - 286.
- Lotz, M.E. Zisman, and Bartter, F.C. Evidence for a phosphorus depletion syndrome in man. **New England Journal of Medicine**, 1968, 278, p.409-415.
- Mizrahi, A., London, R.D.; and Gribetz, D. Neonatal hypocalcemia-its causes and treatment. **New England Journal of Medicine**, 1968, 278, p. 1163-1165.





น้ำมันพืชสำหรับบริโภค

วิภาวรรณ ศรีบุญ

ไขมันเป็นสารอาหารที่มีความสำคัญต่อมนุษย์ โดยให้พลังงานแก่ร่างกายมากกว่าอาหารประเภทอื่น ทั้งยังช่วยในการดูดซึมวิตามินที่จำเป็นต่อร่างกายบางชนิด ซึ่งวิตามินเหล่านี้ละลายได้ในไขมัน ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอี วิตามินเค ไขมันบางชนิดยังเป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็น (essential fatty acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่คนเราต้องได้รับจากอาหารอย่างเพียงพอ เพราะมีผลต่อการเจริญเติบโตของร่างกาย โดยใช้ในการสร้างเซลล์และสารพรอสตาแกลนดินส์ (prostaglandins) ไขมันที่อยู่ในสภาพของแข็ง ณ อุณหภูมิห้องเรียกว่าไขมัน (fat) และที่อยู่ในสภาพของเหลว ณ อุณหภูมิห้องเรียกว่าน้ำมัน (oil)

ปัจจุบันไขมันที่สกัดจากผลิตผลทางการเกษตรประเภทพืชน้ำมัน (oil seed crops) ได้ถูกนำมาใช้เป็นน้ำมันบริโภค (edible oil) กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากน้ำมันพืชปราศจากคอเลสเตอรอล และยังมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงกว่าน้ำมันจากสัตว์ ทำให้ไม่เกิดโรคเส้นเลือดในหัวใจตีบ ประกอบกับมีการขยายการผลิตพืชน้ำมันขึ้นทั่วโลก ทำให้มีวัตถุดิบที่สามารถนำไปสกัดน้ำมันได้มากขึ้น น้ำมันพืชสำหรับบริโภคที่จำหน่ายในท้องตลาดปัจจุบันมีมากมายหลายชนิด เช่นน้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันปาล์ม น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน น้ำมันข้าวโพด น้ำมันดอกคำฝอย น้ำมันมะกอก

พืชน้ำมันซึ่งใช้ในทางอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันสำหรับบริโภคมีหลายชนิดทั้งพืชยืนต้นและพืชล้มลุก ซึ่งแบ่งออกได้ดังนี้

1. น้ำมันจากส่วนผลของพืชยืนต้น ได้แก่ น้ำมันมะกอก (olive oil) และน้ำมันปาล์ม (palm oil)

1.1 น้ำมันมะกอก นิยมใช้กันมากในประเทศแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ได้จากส่วนที่เป็นเนื้อ (pulp) ของผลมะกอก ให้น้ำมันถึงร้อยละ 75 น้ำมันมะกอกมีสีเขียวอมเหลือง มีกลิ่นรสเฉพาะตัว น้ำมันที่บีบจาก

ผลมะกอกที่มีคุณภาพดีนำไปบริโภคได้โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ (refining) น้ำมันมะกอกประเภทนี้เรียกว่า virgin oil

1.2 น้ำมันปาล์ม บีบได้จากส่วนเนื้อ (meso-carp) ของผลปาล์มซึ่งมีน้ำมันร้อยละ 56 ข้อเสียของน้ำมันปาล์ม คือ จะแตกตัว (hydrolyse) ได้ง่ายด้วยน้ำย่อยของผลปาล์มเองในระหว่างการเก็บเกี่ยวและการขนย้ายทำให้มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงและยังมีแคโรทีน (carotene) ปะปน ทำให้น้ำมันปาล์มมีสีส้มแดงต้องกำจัดสีโดยกระบวนการทำให้น้ำมันบริสุทธิ์

2. น้ำมันจากส่วนเมล็ดของพืชยืนต้น ได้แก่ น้ำมันเมล็ดในปาล์ม (palm kernel oil) น้ำมันมะพร้าว (coconut oil) และน้ำมันเมล็ดนุ่น (kapok seed oil)

2.1 น้ำมันเมล็ดในปาล์ม ส่วนของเนื้อในเมล็ดปาล์ม (kernel) มีน้ำมันร้อยละ 44 - 48 ซึ่งจะมีกรดไขมันอิ่มตัวอยู่ในปริมาณสูง น้ำมันชนิดนี้มักใช้ทำผลิตภัณฑ์มากกว่าจะนำไปประกอบอาหารโดยตรง

2.2 น้ำมันมะพร้าว สกัดจากเนื้อมะพร้าวแห้ง ให้ปริมาณน้ำมันร้อยละ 63 - 68 จัดเป็นน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูงสุดคือประมาณร้อยละ 90 ทำให้น้ำมันมะพร้าวเปลี่ยนสภาพเป็นไขเมื่ออากาศเย็น นิยมนำไปทำเนยขาว (shortening) และเนยเทียม (margarine)

2.3 น้ำมันเมล็ดนุ่น เมล็ดนุ่นมีน้ำมันอยู่ประมาณร้อยละ 25 ในประเทศไทยมีการนำมาสกัดใช้ในบางฤดูกาล

3. น้ำมันจากส่วนเมล็ดของพืชล้มลุก ได้แก่ น้ำมันเมล็ดฝ้าย (cottonseed oil) น้ำมันถั่วเหลือง (soybean oil) น้ำมันงา (sesame oil) น้ำมันถั่วลิสง (peanut oil) น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน (sunflower seed oil) น้ำมันเมล็ดดอกคำฝอย (safflower seed oil) น้ำมันรำ (rice bran oil)

3.1 น้ำมันเมล็ดฝ้าย นิยมใช้มานานในกลุ่ม



ประเทศที่สามารถปลูกฝ้ายได้ดี เช่น สหรัฐอเมริกา จัดเป็นน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง โดยเฉพาะกรดไลโนลินิกมีอยู่ประมาณร้อยละ 47 - 50 ของกรดไขมันทั้งหมด

3.2 **น้ำมันถั่วเหลือง** เป็นแหล่งน้ำมันพืชที่สำคัญ และนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย ทั้งๆ ที่เมล็ดถั่วเหลืองมีน้ำมันอยู่เพียงประมาณร้อยละ 13 - 20 เท่านั้น ในการบริโภคนิยมนำมาใช้ทำน้ำมันสลัด น้ำมันประกอบอาหาร และเนยเทียม เป็นต้น

3.3 **น้ำมันงา** ในเมล็ดงามีปริมาณน้ำมันอยู่ประมาณร้อยละ 35 - 50 มีปริมาณกรดไลโนลินิกอยู่ถึงร้อยละ 44

3.4 **น้ำมันถั่วลิสง** เมล็ดถั่วลิสงให้น้ำมันสูงถึงประมาณร้อยละ 47 - 50 น้ำมันถั่วลิสงมีกลิ่นเฉพาะตัว ลักษณะที่ต่างไปจากน้ำมันพืชชนิดอื่น คือมีกรดอาราซิดิก (arachidic acid) อยู่สูงร้อยละ 1.5

3.5 **น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวัน** เมล็ดดอกทานตะวันให้น้ำมันประมาณร้อยละ 39 - 45 ขึ้นกับสายพันธุ์ น้ำมันเมล็ดดอกทานตะวันเป็นน้ำมันที่มีคุณภาพดี จึงควรส่งเสริมการปลูกให้มากขึ้นในประเทศไทย เพื่อผลิตเป็นน้ำมันบริโภค

3.6 **น้ำมันเมล็ดดอกคำฝอย** ต้นคำฝอยเดิมปลูกมากในประเทศอินเดีย ปัจจุบันสหรัฐอเมริกามีพันธุ์ที่ปลูกเป็นการค้าสามารถให้น้ำมันถึงร้อยละ 39 - 49 ลักษณะที่แตกต่างจากน้ำมันพืชชนิดอื่นคือ มีกรดไลโนลินิกอยู่สูงถึงร้อยละ 78

3.7 **น้ำมันรำ** รำข้าวมีน้ำมันอยู่ร้อยละ 12 - 18 การสกัดน้ำมันจากรำข้าว จะต้องทำทันทีหลังจากที่ได้จากการสีข้าว ถ้ารำข้าวถูกทิ้งไว้นานจะทำให้ไขมันที่สกัดได้มีปริมาณกรดไขมันอิสระสูงทำให้น้ำมันมีกลิ่นหืนได้ง่าย จึงไม่เหมาะแก่การนำมาบริโภค และมักจะนำไปทำสบู่

กรรมวิธีในการผลิตน้ำมันและไขมันพืช

- การบีบหรือใช้แรงอัด (mechanical expression) เช่น ถั่วลิสง และเนื้อมะพร้าวแห้ง
- การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) ประเภทเฮกเซน อะซีโตน ไซโครเฮกเซน เช่น ถั่วลิสง ถั่วเหลือง เมล็ดฝ้าย เมล็ดถั่ว เป็นต้น

การทำน้ำมันให้บริสุทธิ์ก่อนนำไปใช้บริโภค

1. **Degumming** เป็นขบวนการที่แยกเอาสารประกอบฟอสฟาไทด์ หรือสารประกอบเชิงซ้อนของไขมันและโปรตีนออกมา

2. **Alkali refining** เป็นขบวนการที่แยกเอากรดไขมันอิสระออกจากน้ำมันโดยใช้สารละลายด่าง

3. **Bleaching** เป็นกระบวนการแยกรงควัตถุ (pigments) เช่น คลอโรฟิลล์ และแคโรทีน ออกจากน้ำมันพืช

4. **Deodorizing** เป็นการกำจัดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ออก เช่น ถั่วเหลือง

5. **Winterizing** แยกเอาผลึกไขมันออก เพื่อช่วยป้องกันการขุ่นของน้ำมันหรือการตกผลึกไขมันในระหว่างการเก็บรักษา เช่น น้ำมันสลัด

6. **Hydrogenation** เป็นการแปรรูปน้ำมันเหลวให้เป็นไขมันแข็งสำหรับบริโภคเพื่อใช้ประกอบอาหารและทำผลิตภัณฑ์อาหาร และยังช่วยไม่ให้ออกซิเจนเกิดการหืนง่าย เช่น เนยเทียม เนยขาว และสเปรด (spread)

ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำมันพืชสำหรับบริโภค

1. **เนยเทียม** เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีลักษณะและส่วนประกอบคล้ายเนยเหลว (butter) ต่างกันที่ชนิดของไขมันซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ โดยที่เนยเหลวทำจากไขมันสัตว์อันเป็นส่วนประกอบในน้ำมันวัว ส่วนเนยเทียมอาจทำได้จากทั้งไขมันสัตว์และน้ำมันพืช

2. **เนยขาว** เป็นผลิตภัณฑ์ไขมันที่ประกอบด้วยไขมันหลายชนิด ใช้สำหรับผสมเป็นส่วนประกอบในการผลิตทำผลิตภัณฑ์ขนมปัง ซึ่งประกอบด้วยไขมันจากสัตว์รวมทั้งน้ำมันพืชชนิดต่างๆ เช่น น้ำมันมะกอก น้ำมันถั่วเหลือง เป็นต้น

3. **น้ำมันสลัด (salad oil)** เป็นน้ำมันบริโภคพวกไฮดรอลิเซอร์ไรต์ที่ไม่แข็งตัว หรือขุ่นที่อุณหภูมิ 5 - 10 องศาเซลเซียสและไหลได้

4. **น้ำมันที่ใช้ทอดอาหาร (frying oil)** การทอดเป็นวิธีทำให้อาหารสุก โดยมีน้ำมันเป็นตัวนำความร้อน มี 2 แบบ คือ การทอดโดยใช้ไขมันน้อย (saute) และการทอดที่ใช้ไขมันปริมาณมาก (deep frying) เช่น การทอดปลาทอดไก่ ทอดมัน กุ้งแขก อุณหภูมิที่ใช้ในการทอดก็แตกต่างกันไปตามแต่ละชนิดของอาหาร



กรดไขมัน

กรดไขมันเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีคาร์บอน-อะตอมเกาะกันเป็นเส้นตรง กรดไขมันที่พบในธรรมชาติ มักมีจำนวนคาร์บอนอะตอมเป็นจำนวนคู่ กรดไขมันมี 2 ประเภท คือ ชนิดอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว กรดไขมันชนิด

ไม่อิ่มตัวจะมีพันธะคู่ระหว่างคาร์บอน 1 แห่ง หรือ 2 แห่ง กรดไขมันที่มีในน้ำมัน เช่น กรดคาโปรอิก กรดไมริสติก กรดปาล์มมิก กรดสเตียริก กรดไลโนเลอิก กรดไลโนเลนิก กรดอราซิก

ตารางแสดงชนิดและปริมาณของกรดไขมันในน้ำมันพืช 10 ชนิด (กรัม/100 กรัม)

ชนิดของน้ำมัน	กรดไขมันอิ่มตัว			กรดไขมันไม่อิ่มตัว			
	ปาล์มมิก	สเตียริก	ทั้งหมด	โอเลอิก	ไลโนเลอิก	ไลโนเลนิก	ทั้งหมด
น้ำมันข้าวโพด	10.9	1.8	12.7	24.2	58.0	0.7	82.9
น้ำมันเมล็ดฝ้าย	22.7	2.3	25.9	17.0	51.5	0.2	69.7
น้ำมันมะกอก	11.0	2.2	13.5	72.5	7.9	0.6	82.1
น้ำมันปาล์ม	43.5	4.3	49.3	36.6	9.1	0.2	46.3
น้ำมันถั่วลิสง	9.5	2.2	16.9	44.8	32.0	-	78.2
น้ำมันดอกคำฝอย (มีกรดไลโนเลอิกมาก)	6.2	2.2	9.1	11.7	74.1	0.4	86.6
น้ำมันดอกคำฝอย (มีกรดโอเลอิกมาก)	4.8	1.3	6.1	75.3	14.2	-	89.5
น้ำมันงา	8.9	4.8	14.2	39.3	41.3	0.3	81.4
น้ำมันถั่วเหลือง	10.3	3.8	14.4	22.8	51.0	6.8	81.2
น้ำมันดอกทานตะวัน	5.9	4.5	10.3	19.5	65.7	-	85.2

(Charley, Helen., 1982:229)

กรดไลโนเลอิก และไลโนเลนิก เป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (essential fatty acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันที่ไม่สามารถสร้างขึ้นในร่างกายได้ จึงต้องได้รับจากอาหาร ส่วนกรดอราซิดอนิกนั้นก็จัดว่าเป็นกรดไขมันที่จำเป็น แต่ร่างกายมนุษย์สามารถสร้างกรดอราซิดอนิกได้จากกรดไลโนเลอิก โดยที่กรดไลโนเลอิกมีมากในน้ำมันข้าวโพด น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันถั่วลิสง และน้ำมันถั่วเหลือง กรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายมีความสำคัญในการสร้างพอสตาแกลนดินส์ ซึ่งเป็นสารที่มีบทบาทมากต่อระบบต่างๆ ภายในร่างกาย เช่น การขับน้ำย่อยที่เป็นกรด การหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อเรียบ การควบคุมอุณหภูมิของร่างกาย การรวมตัวของแผ่นเลือด นอกจากนี้ไขมันและน้ำมันยังเป็นอาหารที่ให้พลังงานสูงมากโดยที่

ไขมัน 1 กรัม ให้พลังงานถึง 9 แคลอรี ซึ่งในผู้ใหญ่ควรได้รับพลังงานจากไขมันและน้ำมันร้อยละ 20-25 ของปริมาณแคลอรีทั้งหมด และในเด็กวัยรุ่น ควรได้รับร้อยละ 30 - 35 ของปริมาณแคลอรีทั้งหมดที่ร่างกายควรได้รับในแต่ละวัน โดยที่คณะกรรมการสาขาโภชนศาสตร์ ในคณะกรรมการโภชนาการแห่งชาติ แนะนำให้ผู้ใหญ่ปกติรับประทานไขมันหรือน้ำมันวันละ $2\frac{1}{2}$ - 3 ช้อนโต๊ะหรือโดยเฉลี่ยรับประทานมือหนึ่งประมาณ 1 ช้อนโต๊ะ

หลักในการเลือกบริโภคน้ำมันพืช

องค์ประกอบหลักของน้ำมันพืชคือ กรดไขมัน ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือกรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัว





(unsaturated fatty acid) เป็นตัวที่ทำให้น้ำมันพืชแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ผู้บริโภคควรเลือกบริโภคและนำไปใช้โดยพิจารณาจากปัจจัยหลักดังต่อไปนี้

- น้ำมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง เช่น น้ำมันปาล์ม น้ำมันมะพร้าว เหมาะสำหรับการทอด จะช่วยให้อาหารกรอบ ไม่เหม็นหืนง่าย แต่ไม่ควรใช้อุณหภูมิสูงเกิน 180 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดโรคมะเร็ง

- น้ำมันพืชที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันทานตะวัน น้ำมันรำข้าว น้ำมันข้าวโพด เหมาะสำหรับการประกอบอาหารโดยทั่วไป

- ควรบริโภคน้ำมันพืชหลายชนิด เพราะน้ำมันพืชแต่ละชนิดมีองค์ประกอบสำคัญอื่นๆ แตกต่างกันไป ซึ่ง

ขึ้นอยู่กับความต้องการและการตัดสินใจของผู้บริโภคเองว่าจะเลือกใช้ชนิดใด โดยอาศัยข้อมูลต่างๆ ประกอบ

สรุปได้ว่าน้ำมันพืชสำหรับบริโภคเป็นสิ่งจำเป็นในชีวิตประจำวัน ดังนั้นกระทรวงสาธารณสุขและกระทรวงอุตสาหกรรมจึงได้กำหนดให้น้ำมันและไขมันสำหรับบริโภคเป็นอาหารควบคุม และกำหนดมาตรฐานของคุณภาพขึ้นเพื่อประโยชน์และความปลอดภัยของผู้บริโภค กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นหน่วยงานหนึ่งที่รับผิดชอบกำหนดน้ำมันและไขมันบริโภคซึ่งส่งมาจากบริษัท โรงงานเอกชน และหน่วยงานราชการ รัฐวิสาหกิจ เพื่อขึ้นทะเบียนตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ดังนี้

- ฉบับที่ 22 (พ.ศ. 2522) เรื่องน้ำมันและไขมัน
 - ฉบับที่ 56 (พ.ศ. 2524) เรื่องน้ำมันปาล์ม
 - ฉบับที่ 57 (พ.ศ. 2524) เรื่องน้ำมันมะพร้าว
- และเพื่อขอเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ดังนี้

- มอก.44-2533 น้ำมันรำข้าวสำหรับบริโภค
- มอก.47-2533 น้ำมันและไขมันสำหรับบริโภค
- มอก.176-2533 น้ำมันถั่วเหลืองสำหรับบริโภค
- มอก.288-2533 น้ำมันปาล์มสำหรับบริโภค



เอกสารอ้างอิง

Bailey, Alton Edward. **Bailey's industrial oil and fat products**. 3rd ed. Edited by Daniel Swern. New York : Wiley, 1964.

_____. **Bailey's industrial oil and fat products**. 5th ed. Edited by Y.H.Hui. New York : Wiley, 1966.

Lowe, B. **Experiment cookery**. New York : Wiley, 1966.

Meyer, Lillian Hougland. **Food chemistry**. New Delhi : Affiliated East West Press PVT. 1973.

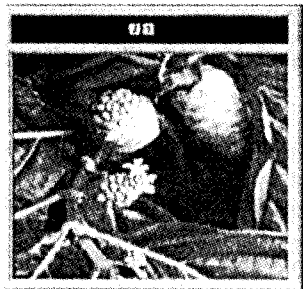
ศศิเกษม ทองยงค์ และ พรณี เดชกำแหง. **เคมีอาหารเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์, 2530.

หน้า 117 - 137.



ลูกยอ : สมุนไพรธรรมชาติ

วริศรา แสงไพโรจน์



ในปัจจุบันแนวโน้มความต้องการใช้สมุนไพรทั้งในและต่างประเทศเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ดังจะเห็นได้จากมีผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากสมุนไพรในท้องตลาดเป็นจำนวนมาก ทั้งที่อยู่ในรูปอาหาร ยา และเครื่องสำอาง ที่ความต้องการใช้สมุนไพรมากขึ้นนั้น อาจเนื่องมาจากสาเหตุ 2 ประการ ประการแรกคือ ผลข้างเคียงมีน้อยกว่ายาแผนปัจจุบัน แม้ว่าอาจจะให้ผลได้ช้ากว่า และประการที่สองคือ สมุนไพรสามารถรักษาโรคบางอย่างที่ยาแผนปัจจุบันไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ ทั้งนี้ในบรรดาผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นที่นิยมอยู่ในขณะนี้ ซึ่งนับว่ามีชื่ออยู่ในอันดับต้นๆ ก็คือ พืชสมุนไพรที่ชื่อว่า “ลูกยอ”

ลูกยอ

ลูกยอ มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Noni หรือ Indian Mulberry ชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Morinda Citrifolia Linn. และอยู่ในวงศ์ Rubiaceae มีชื่ออื่นๆ ได้แก่ ยอบ้าน มะดาเลื่อ แยมใหญ่ ลูกยอมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก เป็นใบเดี่ยวออกตรงกันข้าม โคนและปลายใบแหลม มีหูใบอยู่ระหว่างโคนก้านใบ ดอกเป็นดอกช่อออกที่ซอกใบ ฐานดอกอัดกันแน่นเป็นรูปทรงกลม กลีบดอกสีขาว ผลเป็นผลสดเชื่อมติดกันเป็นผลรวม ผิวเป็นปุ่มพอง เมื่อสุกมีสีขาวอมเขียว มีกลิ่นแรงเฉพาะตัว

ยอเป็นพืชที่พบขึ้นอยู่ทั่วไปในหลายประเทศทั่วโลก มีการนำผลลูกยอมาใช้แล้วกว่า 2,000 ปี ในหมู่เกาะโพลินีเซีย จีน อินเดีย หมู่เกาะแปซิฟิกทางตอนใต้

ตาฮิติ ฮาวาย มาเลเซีย หรือบริเวณพื้นที่ที่มีพื้นที่เป็นดินภูเขาไฟ และปราศจากมลพิษ ในประเทศไทยมีการนำรากยอมาใช้เป็นสีย้อมผ้าไหม และไหมพรม ใบยอใช้ปรุงอาหารได้หลายชนิด เช่น ใส่ในห่อหมก และแกงเผ็ด ส่วนผลยอสุกใช้รับประทานได้

สารสำคัญที่มีอยู่ในลูกยอ

จากการศึกษาวิจัยในประเทศสหรัฐอเมริกาโดยแพทย์และนักวิจัยหลายท่านพบว่า สารสำคัญที่พบในลูกยอมีมากมายถึงกว่า 140 ชนิด ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้ คือ

1. สารโปรเซอรอนีน (Proxeronine) เมื่อรวมตัวกับเอนไซม์โปรเซอรอนเนสจะได้เป็นสารเซอรอนีนที่ลำไส้ใหญ่และเมื่อดูดซึมกลับสู่เซลล์ต่างๆ ในร่างกายจะช่วยปรับสภาพเซลล์ให้มีความสมดุล แข็งแรง และมีภูมิคุ้มกันที่ดี อีกทั้งยังช่วยซ่อมแซมและยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ที่ผิดปกติและกระตุ้นให้เซลล์ใหม่เติบโตและทำหน้าที่ได้เป็นปกติ ซึ่งสารสำคัญนี้มีคุณสมบัติในการช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งและเนื้องอกได้

2. สารสโคโปเลติน (Scopoletin) สารชนิดนี้จะมีคุณสมบัติช่วยให้เส้นเลือดขยายตัวจึงสามารถลดความดันโลหิตสูงกลับเป็นปกติได้ และมีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ รวมทั้งยังช่วยให้มีพลังงานและขจัดความรู้สึกอ่อนเพลียลง

3. สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants) มีหลากหลายชนิด ซึ่งมีผลเสริมฤทธิ์กันในการขจัดอนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น

3.1 สารไบโอฟลาโวนอยด์ มีประโยชน์ในการบรรเทาปวดและต้านอักเสบ ทำให้หลอดเลือดมีความแข็งแรงขึ้น เพิ่มการไหลเวียนของเลือด เสริมภูมิคุ้มกันต่อการติดเชื้อแบคทีเรียและไวรัส ช่วยให้



ดับทำงานมีประสิทธิภาพขึ้น ลดระดับโคเลสเตอรอลและ บำรุงสายตา

3.2 คาร์ทีนอยด์ (Carotenoid) มีบทบาท สำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ และพบว่าได้ประโยชน์ โดดเด่นเกี่ยวกับสารไบโอฟลาโวนอยด์

3.3 วิตามินซี เป็นสารสำคัญที่มีฤทธิ์ใน การต้านการติดเชื้อไวรัส ช่วยในการสังเคราะห์คอลลาเจน ซึ่งเป็นโครงสร้างของผิวหนัง กระดูกและกล้ามเนื้อ นอกจากนี้ ยังช่วยป้องกันการอุดตันของหลอดเลือดได้อย่างมี ประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีผลลดระดับฮิสตามีน ซึ่งเป็นเหตุ สำคัญในการก่อให้เกิดอาการภูมิแพ้

3.4 วิตามินอี มีส่วนช่วยในการป้องกัน ภาวะอุดตันของหลอดเลือด และช่วยบรรเทาอาการปวด ชา ลดความดันเลือดสูง ช่วยให้แผลหายเร็วขึ้น

3.5 ซีสเตอีน (Cysteine) ซึ่งมีบทบาทใน การกำจัดอนุมูลอิสระ และยังมีผลในการขจัดสารพิษจาก แอลกอฮอล์ บุหรี่ และมลพิษในอากาศต่าง ๆ

3.6 ซีลีเนียม (Selenium) มีความสำคัญใน การป้องกันความเสื่อมที่พบในโรคเบาหวาน และมี บทบาทสูงในการเสริมภูมิคุ้มกันต้านทานโรค

4. วิตามินและเกลือแร่ มีหลากหลายชนิด เช่น แมกนีเซียม มีความสำคัญอย่างยิ่งในการทำงานของเอนไซม์ และช่วยในการดูดซึมแคลเซียมและโพแทสเซียม และ ยังพบธาตุเหล็กซึ่งจะช่วยในการสร้างเฮโมโกลบิน ซึ่งเป็น ส่วนประกอบของเม็ดเลือดแดงที่มีหน้าที่นำออกซิเจนไป เลี้ยงทั่วร่างกาย

5. กรดอะมิโน เป็นสารสำคัญที่ใช้ในการสังเคราะห์ โปรตีน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของโครงสร้างร่างกายมนุษย์ เพราะโปรตีนมีหน้าที่ในการสร้างกล้ามเนื้อ ผิวหนัง เอ็น เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน คอเมิไรท์ เล็บ ผม และกระดูก นอกจากนี้ยังมีส่วนในการสังเคราะห์ฮอร์โมน เอนไซม์ และยีนส์ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของพันธุกรรม

6. สารประเภทอื่นๆ นอกจากที่ได้กล่าวมาแล้ว ลูกยอยังประกอบด้วยสารสำคัญอีกกว่า 100 ชนิด เช่น แอนทราควิโนน (Antraquinone) ที่ช่วยควบคุมการ ติดเชื้อแบคทีเรีย ลดอาการอักเสบและฆ่าเชื้อโรคต่างๆ อีกทั้งยังมีการวิจัยพบว่าสามารถป้องกันโรคหัวใจและ โรคบิดได้

ผลิตภัณฑ์จากลูกยอ

ผลิตภัณฑ์จากลูกยอที่ขายในบ้านเรา จะมีอยู่ หลายรูปแบบ แต่ที่นิยมมากจะอยู่ในรูปน้ำผลไม้ผสม คือ น้ำลูกยอผสมกับน้ำผลไม้ชนิดอื่นๆ เพื่อให้มีกลิ่นรส ชวนดื่ม เนื่องจากโดยปกติแล้วลูกยอจะมีรสชาติไม่ชวน ให้อยากลิ้มลองเท่าใดนัก ยิ่งเป็นลูกยอสุกจะมีกลิ่นรุนแรง มากขึ้น โดยจะผลิตขายในลักษณะเครื่องดื่มเสริมสุขภาพ ทำให้มีราคาแพง นอกจากนี้ก็มีการผลิตในรูปแบบ ผงลูกยอแห้ง ซึ่งมีทั้งการทำแห้งแบบอบด้วยความร้อน และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze-dried) ผลิตภัณฑ์ ชนิดนี้จะบรรจุอยู่ในแคปซูล ซึ่งใช้ได้สะดวกและไม่มีปัญหา ด้านกลิ่นรสชาติ ทำให้ได้รับความนิยมมากขึ้น ทั้งยังมีความเข้มข้นกว่าแบบเป็นเครื่องดื่ม เก็บรักษาง่าย โดยเฉพาะ การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะให้สรรพคุณดีกว่าการอบแห้ง ด้วยความร้อน แต่มีต้นทุนการผลิตสูงกว่า นอกจากนั้น ก็อาจจะผลิตในรูปชาลูกยอใช้ชงน้ำดื่ม อย่างไรก็ตาม บางท่านอาจจะนำลูกยอดิบมาสับทำเป็นสัมนำรับประทาน โดยตรง ซึ่งก็ยิ่งดีเพราะได้ทั้งความสด รสชาติ อร่อย และบำรุงสุขภาพด้วย

การทำน้ำลูกยอ (น้ำโนนิ)

1. การทำน้ำลูกยอสด นำลูกยอสุกห่ามๆ (สีเขียว ออกเหลืองหรือขาวนวลเล็กน้อย) มาล้างน้ำให้สะอาด แคะเอาเม็ดออก บั่นแล้วคั้นเอาน้ำผสมกับน้ำผลไม้เข้มข้น ชนิดอื่นๆ เช่น น้ำสับปะรดหรือน้ำมะเขือเทศ เพื่อ ลดกลิ่นของลูกยอและเพิ่มรสชาติดีขึ้น แต่ถ้าต้องการ รสหวานเล็กน้อยให้นำน้ำผึ้งผสมน้ำอุ่นพอประมาณแล้ว นำไปผสมกับน้ำลูกยอที่คั้นได้ตามต้องการ ปัจจุบันนิยม นำลูกยอมาปั่นเป็นน้ำลูกยอคั้นสด เพราะเป็นวิธีที่สะดวก และง่ายที่สุด อีกทั้งสารสำคัญที่มีอยู่ในลูกยอยังมีความ คงตัวอยู่เช่นเดียวกับวิธีอื่นๆ แต่ปัญหาจะอยู่ที่รสฝาด และกลิ่นฉุนอาจดื่มได้ลำบาก การนำน้ำลูกยอที่คั้นได้ ผสมกับน้ำผลไม้ชนิดอื่นๆ เช่น น้ำองุ่น น้ำบลูเบอร์รี น้ำสับปะรด น้ำฝรั่ง โดยใช้ลูกยอ 9 ส่วน น้ำผลไม้อื่นๆ 1 ส่วน จะช่วยให้กลิ่นและรสชาติของน้ำลูกยอดีขึ้น

2. การทำน้ำลูกยอหมัก นำน้ำกับน้ำตาลทรายแดง ผสมให้เข้ากันในถังพลาสติกที่มีฝาปิด (ขนาด 20 ลิตร) ล้างลูกยอให้สะอาด นำไปผ่านเป็นชิ้นๆ ใส่ลงในถังแล้ว



กดให้มน้ำหนักทุกอย่างรวมกันแล้วปิดฝา นำไปตั้งไว้ในที่ร่ม หมักทิ้งไว้ 3 เดือน (7 วันแรกให้คนบ่อยๆ เพราะลูกยอจะลอยขึ้นมา หากไม่คนจะขึ้นราเพราะไม่มีจุลินทรีย์) หรืออาจหมักใส่ในโหล ไซบองปิดส่วนบน แล้วใช้ไม้ขีดเอาไว้ปิดฝาแต่ไม่ควรปิดแน่น เพราะระหว่างการหมักจะเกิดก๊าซจากการทำงานของจุลินทรีย์ อาจทำให้ขวดแตกได้ หรือเอาผ้าขาวบางปิดฝาไว้ แล้วเอาเชือกมัดปากโหลให้แน่น เมื่อหมักครบ 3 เดือนแล้วกรองเอาแต่น้ำเก็บไว้ น้ำลูกยอหมักที่ได้จะมีสีดำ อาจหมักไว้นานกว่า 3 เดือนยิ่งหมักไว้นานยิ่งดี หรือเมื่อครบ 3 เดือนแล้วมีการนำน้ำลูกยอหมักมาใช้ครั้งแรกก่อน ก็ยังสามารถทำน้ำลูกยอต่อไปได้อีก 2-3 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งต้องเติมน้ำตาลทรายแดงอีก 1 กก. ลงไปในถังหมักเพื่อให้จุลินทรีย์ทำงานได้เร็วขึ้น ใช้เวลาหมักเพียง 1 เดือนก็สามารถนำมาใช้ได้ น้ำลูกยอที่หมักได้จะมีความเข้มข้นสูง และมีรสเปรี้ยวและกลิ่นหอม เหมือนน้ำส้มสายชู

วิธีรับประทาน เราสามารถนำน้ำลูกยอหมักที่ได้มาทำเป็นน้ำลูกยอพร้อมดื่มได้ โดยนำน้ำลูกยอ 2-3 ช้อนโต๊ะผสมกับน้ำต้มสุก 1 แก้วแล้วเติมน้ำตาลทรายหรือน้ำผึ้งปรุงรสตามใจชอบ

การผสมน้ำลูกยอหมักสำหรับรับประทาน

- | | |
|------------------------------|--------|
| 1. น้ำหมักลูกยอ | 1 ส่วน |
| 2. น้ำผึ้ง (ไล่ความชื้นแล้ว) | 1 ส่วน |
| 3. น้ำต้มสุก | 5 ส่วน |

นำส่วนผสมทั้ง 3 อย่างมาผสมกัน อาจเติมเกลือป่นเพิ่มรสชาติก็ได้ สามารถเก็บใส่ขวดแช่ตู้เย็นเก็บไว้รับประทานได้นาน 7 วัน หากทิ้งไว้นานโดยไม่แช่ตู้เย็น น้ำลูกยอที่เก็บไว้จะมีรสเปรี้ยวเพราะจุลินทรีย์ทำงาน ต้องเติมน้ำผึ้งอีกครั้งเพื่อให้มีรสชาติเหมือนเดิม

ประโยชน์ของน้ำลูกยอ

จากผลการศึกษาวิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศสหรัฐอเมริกา สามารถสรุปเป็นประเด็นสำคัญดังต่อไปนี้

1. ให้สารอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ได้แก่ วิตามิน เกลือแร่ และกรดอะมิโนหลากหลายชนิด
2. ให้กำลังงานแก่ร่างกาย และควบคุมสมดุลในการทำงานของร่างกายให้เป็นปกติ
3. เสริมสร้างภูมิคุ้มกัน และป้องกันการติดเชื้อ

4. ช่วยบรรเทาอาการภูมิแพ้และโรคภูมิแพ้ทางทานทำร้ายร่างกาย (Autoimmune Diseases)

5. ป้องกันโรคที่เป็นผลสืบเนื่องมาจากร่างกาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกิดจากการทำลายของอนุมูลอิสระได้แก่ ภาวะการตีบตันของหลอดเลือดที่ไปเลี้ยงหัวใจ ความดันเลือดสูง ลำไส้ใหญ่อักเสบ คออักเสบ หลอดลมอักเสบ ต้อกระจก และมะเร็งบางชนิด

6. ช่วยลดความดันเลือดสูง

7. ลดกรดในกระเพาะอาหารและช่วยในการย่อยและดูดซึมอาหาร

8. บรรเทาอาการปวดและต้านอักเสบ

9. ช่วยในผู้ที่มีปัญหาโรคหัวใจ และหลอดเลือด

10. ช่วยในผู้ป่วยโรคทางเดินหายใจ

ผลข้างเคียงในการใช้น้ำลูกยอ

ผลข้างเคียงจากการดื่มน้ำลูกยอค่อนข้างน้อยมาก บางคนอาจเกิดอาการท้องอืด หรือระบายท้องในครั้งแรก ซึ่งอาการเหล่านี้จะหายไปได้โดยลดขนาดการรับประทานลง แต่ข้อควรระวังคือ น้ำลูกยอนั้นมีธาตุโพแทสเซียมสูงมาก เช่นเดียวกับน้ำมะเขือเทศ ผู้ป่วยเป็นโรคไตวายเรื้อรังจึงไม่ควรรับประทาน เพราะอาจเกิดอันตรายได้ และห้ามใช้ในหญิงมีครรภ์เพราะจะมีผลโดยตรงต่อระบบการหมุนเวียนโลหิตในครรภ์ ซึ่งอาจทำให้แท้งได้ และจากผลการทดสอบความเป็นพิษ พบว่าเมื่อนำสารสกัดด้วยแอลกอฮอล์กับน้ำ (1 : 1) มาทดลองในหนูถีบจักรด้วยวิธีป้อนหรือฉีดเข้าใต้ผิวหนังในขนาด 10 ก./กก. ไม่พบอาการเป็นพิษ

ดังนั้นในการเลือกใช้สมุนไพรที่เหมาะสม ควรพิจารณาจากสายพันธุ์และพื้นที่ซึ่งใช้เพาะปลูก และหากใช้ในรูปแบบของยาสมุนไพรและผลิตภัณฑ์อาหารเสริม ควรพิจารณาถึงผู้ผลิตว่าจะมีมาตรฐานพอเพียงหรือไม่ และขนาดที่ใช้อย่างเหมาะสมควรถือตามข้อมูลที่เป็นผลการวิจัยหรือประสบการณ์ในการใช้

ความคุ้มค่าเชิงพาณิชย์

ศูนย์ข้อมูลสถิติไทยได้ประเมินมูลค่าตลาดรวมผลิตภัณฑ์จากสมุนไพรในปี 2544 ว่าจะมีมูลค่าสูงเกือบ 30,000 ล้านบาท โดยมีอัตราการขยายตัวประมาณ 30% โดยมีมูลค่าส่งออกสารสกัดจากสมุนไพรประมาณ 300-

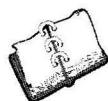


400 ล้านบาท แต่สมุนไพรที่ส่งออกยังแฝงอยู่ในสินค้าหลายชนิดเช่น อาหารไทย เครื่องสำอาง เครื่องดื่มสมุนไพร และสมุนไพรตัวหลักที่ให้ความสำคัญและได้ผ่านการศึกษาวิจัยคุณภาพมาตรฐานทางวิชาการในเบื้องต้น ประกอบด้วยสมุนไพร 4 ตัวคือ ขมิ้นชัน กวาวเครือ ฟ้าทะลายโจร และพญาขอ ซึ่งในลำดับต่อไปอาจจะเป็นโอกาสของสมุนไพรที่ชื่อว่า ลูกยอก็ได้ หากพบว่ามีการวิจัยถึงสรรพคุณที่แท้จริง ตลอดจนคุณภาพของสินค้าได้ตามเกณฑ์มาตรฐานตามที่ต่างประเทศได้กำหนดไว้

ในส่วนของน้ำลูกยอที่นำมาผลิตขายนั้น พบว่าการซื้อลูกยอมาในราคากิโลกรัมละ 6-15 บาท โดยนำมาผลิตขายทั้งที่อยู่ในรูปคั้นเป็นน้ำลูกยอสดผสมกับน้ำผลไม้อื่นๆ หรือน้ำลูกยอหมักผสมกับน้ำผึ้ง ขนาด 300 ซีซี ราคา 40-80 บาท ขนาด 900 ซีซี ราคา 200-240 บาท และถ้านำเข้าจากต่างประเทศ ขนาด 900 ซีซี จะมีราคา

ถึงขวดละประมาณ 1,500 บาท ซึ่งถือว่าราคาค่อนข้างแพง คุณลุงสมพงษ์ คงจันทร์ เป็นเกษตรกรท่านหนึ่งที่เป็นผู้นำบุกเบิกในการทำน้ำสกัดชีวภาพเพื่อสุขภาพจากลูกยอที่ปัจจุบันมีวางขายอยู่มากมายในท้องตลาด ปัจจุบันคุณลุงสมพงษ์สามารถจำหน่ายน้ำลูกยอได้วันละ 1,200-2,400 ขวด และเมื่อหักค่าใช้จ่ายแล้ว สามารถมีรายได้ขวดละประมาณ 8 บาท ซึ่งถือว่าเป็นรายได้ที่สามารถพึ่งตนเองได้ดีทีเดียว

สำหรับท่านใดที่กำลังสนใจในการนำพืชสมุนไพรพื้นบ้านมาใช้ประโยชน์ ในการดูแลและรักษาสุขภาพ ลูกยอจึงเป็นสมุนไพรที่เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการดูแลสุขภาพพื้นฐาน และหากท่านใดที่มีความสนใจต้องการขอดูรายละเอียดเพิ่มเติม ท่านสามารถมาศึกษาค้นคว้าหรือติดต่อสอบถามรายละเอียดได้ที่ กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้ทุกวันเวลาราชการ โทร. 0-2201-7259-62.



เอกสารอ้างอิง

Buckingham, J. **Dictionary of Natural Products**. Vol.4. London : Chapman & Hall, 1994. 1,170 p.

กอ สะแกกรัง และสมพงษ์ คงจันทร์. เกษตรไร้สารพิษเจ้าดำรับน้ำลูกยอ. **เกษตรกรรมธรรมชาติ**, มีนาคม, 2545, ฉบับที่ 3, หน้า 26.

กำพล ศรีวัฒนกุล. **น้ำสมุนไพรธรรมชาติโนนี่ (Noni Juice)**. กรุงเทพมหานคร : ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2542. 79 หน้า.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คณะวิทยาศาสตร์ ชมรมเทคโนโลยีทางอาหารและชีวภาพ. ผลิตภัณฑ์จากผลยอ. **เคลนิวิสต์**, กันยายน, 2544, ฉบับที่ 18,973, หน้า 8.

ภาวินี เจริญยิ่ง. “โนนี่” บุกไทย “คนรวย” ห่อกิน “น้ำลูกยอ” ต่างชาติ. **มติชน**, มีนาคม, 2545, ปีที่ 25, ฉบับที่ 8767, หน้า 1-2.

มหิตลชีสรรพคุณ ‘ยอไทย’ กระตุ้นภูมิคุ้มกัน. **กรุงเทพธุรกิจ**, พฤษภาคม, 2545, หน้า 10.

รายได้สมุนไพรเกือบ 3 หมื่นล้าน พิสูจน์ตลาดส่งออกยังสดใส. **กรุงเทพธุรกิจ**, ตุลาคม, 2544, ฉบับที่ 4773, หน้า 32.

วิฑูรย์ ปัญญากุล และคนอื่นๆ. น้ำลูกยอ. **เกษตรกรรมธรรมชาติ**, มีนาคม, 2545, ฉบับที่ 3, หน้า 15-17.

สมุนไพรสารานุกรมสมุนไพร. 2002 [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก :<http://medplant.mahidol.ac.th/pubhealth/index.html>.





(1, 2)

ดร.อิทธิ พิชเชนทรโยธิน อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ เป็นประธานในพิธีไหว้ครูสถานศึกษาเคมีปฏิบัติ ประจำปีการศึกษา 2545 และมอบโล่ประกาศเกียรติคุณแก่ศิษย์เก่าสถานศึกษาเคมีปฏิบัติเด่น และมอบประกาศนียบัตร แก่นักศึกษาปีการศึกษา 2544 ณ อาคารสถานศึกษาเคมีปฏิบัติ

(3)

ดร.อิทธิ พิชเชนทรโยธิน อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ แถลงข่าว เรื่องการนำผลิตภัณฑ์จากพืชท้องถิ่นและยางพารา มาใช้เพื่อเพิ่มมูลค่าของสินค้าเกษตร

(4)

ดร.อิทธิ พิชเชนทรโยธิน อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ เป็นประธานในพิธีลงนามบันทึกข้อตกลงความร่วมมือตามโครงการ พัฒนาห้องปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมอาหารส่งออก กับกรมอนามัย บริษัท พี.ซี.อาร์. มหาลาก (9999) จำกัด บริษัท คิงฟิชเชอร์ โฮลดิ้งส์ จำกัด บริษัท เซาท์อีสต์ เอเชีย ลานอราทอเรีย จำกัด (ซีล) เพื่อให้ห้องปฏิบัติการของหน่วยงานเป็นไปตามมาตรฐานสากล





ข่าวทั่วไป



5



9



6



10



7



11



8



12

(5)

นางสุดา ศิริกุลวัฒนา รองอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ กล่าวเปิดการฝึกอบรมหลักสูตรการใช้วารสารสารสังเขป เทคนิคการค้นคว้า Chemical Abstracts จัดโดย กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(6)

นางสุดา ศิริกุลวัฒนา รองอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ ให้สัมภาษณ์เกี่ยวกับการจะปรับระบบบริหารคุณภาพจาก ISO 9002 : 1994 เป็น ISO 9001 : 2000

(7)

นายจุมภฏ ก้อนแก้ว เลขานุการกรม มอบประกาศนียบัตรให้แก่ ข้าราชการและลูกจ้างที่บรรจุใหม่ ที่เข้ารับการฝึกอบรมโครงการปฐมนิเทศ ประจำปี 2545

(8)

นางอัจฉรา พุ่มฉัตร ผู้อำนวยการกองการศึกษาเคมีปฏิบัติ กล่าวต้อนรับนักศึกษาในโอกาส ปฐมนิเทศนักศึกษา สถานศึกษาเคมีปฏิบัติ ประจำปี 2545

(9)

กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ จัดฝึกอบรมโครงการพัฒนาห้องปฏิบัติการ เพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมอาหารส่งออก หลักสูตร “การเก็บรักษาเชื้อจุลินทรีย์ อ้างอิง (Reference Cultures) เพื่อใช้ในการควบคุมอุณหภูมิห้องปฏิบัติการทดสอบอาหารทางจุลชีววิทยา”

(10)

กองการวิจัย จัดโครงการฝึกอบรมหลักสูตร “เทคนิควิธีการผลิตกระดาษแบคทีเรียฯ เซลลูโลส และนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบ รุ่นที่ 1”

(11)

กองการวิจัย จัดฝึกอบรมถ่ายทอดเทคโนโลยี : การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “การผลิตกระดาษเชิงหัตถกรรมจากวัตถุดิบพื้นบ้าน และการสร้างมูลค่าเพิ่มจากกระดาษ” ณ ศูนย์บริการศึกษาออกโรงเรียนอำเภอวิเศษชัยชาญ จ.อ่างทอง และวัดอัมพวัน จ.นนทบุรี

(12)

กองเคมี จัดฝึกอบรมชุดโครงการพัฒนาระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการทดสอบด้านเคมี หลักสูตร Method validation for chemical laboratory หลักสูตร Quality control for chemical laboratory หลักสูตร Uncertainty of measurement for testing laboratory ณ กรมวิทยาศาสตร์บริการ และโรงแรมเอเชีย



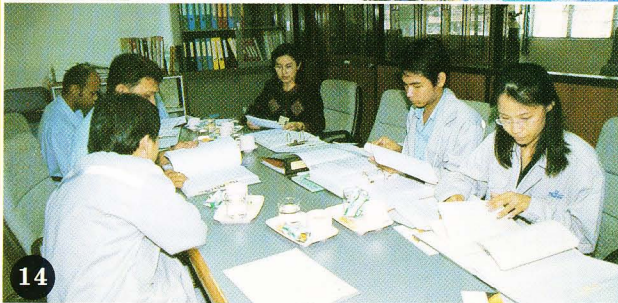
ข่าวทั่วไป



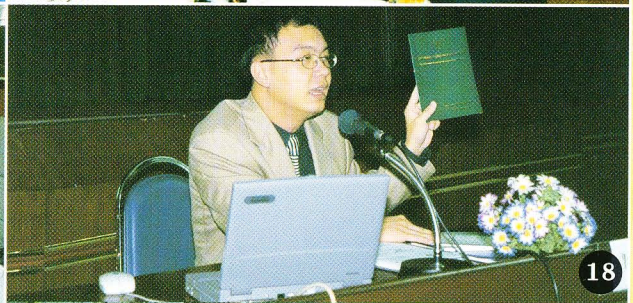
13



17



14



18



15



19



16



20

(13)

กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดฝึกอบรมเฉพาะกิจ เรื่อง “ข้อกำหนด ISO 9001 : 2000 เพื่อระบบบริการคุณภาพ จาก ISO 9002 : 1994 สู่อุตสาหกรรม ISO 9001 : 2000”

(14)

เจ้าหน้าที่บริษัทไทยน็อคซ์ สติล จำกัด และบริษัทไทยเอ็นจิเนียริ่ง เมททีเรียล อะเนลลิซิส จำกัด เชิญชมดูงานและศึกษาคู่มีคุณภาพของห้องปฏิบัติการด้านเคมี (ISO/IEC 17025)

(15)

นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนโพธิสารพิทยากร เชิญชมงานห้องปฏิบัติการกองเคมี กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กองการศึกษาเคมีปฏิบัติ

(16)

กรมวิทยาศาสตร์บริการ นำผลงานการศึกษาพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทุเรียนผง ผลิตภัณฑ์การแปรรูปจากทุเรียนผงบ่มแสดงนิทรรศการ “เทศกาลทุเรียนหอมทองและมังคุดปลอดภัย” ณ ศูนย์ปฏิบัติการฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมวิชาการเกษตร

(17, 18)

สำนักงานเลขาธิการกรมจัดสนทนาประจำ วศ. ครั้งที่ 78-82 เรื่อง ระเบียบคณะกรรมการตรวจเงินแผ่นดินว่าด้วยมาตรฐานการควบคุมภายในและการจัดวางระบบการควบคุมภายใน การเขียนบทความทางวิชาการ จริยธรรมในหมู่นักวิชาการและลูกจ้าง ระบบการรับรองห้องปฏิบัติการตามมาตรฐานสากล และการถ่ายทอดเทคโนโลยี

(19, 20)

กรมวิทยาศาสตร์บริการได้จัดวัน Big Cleaning Day เพื่อให้ข้าราชการและลูกจ้าง วศ.ร่วมกันทำกิจกรรม 5 ส.



ข่าวทั่วไป



นายพลการ สุวรรณรัฐ องคมนตรีผู้แทนพระองค์ เยี่ยมชมผลงานของกรมวิทยาศาสตร์บริการ เรื่อง กระดาษ Parchment ชนิดใหม่จากฐานน้ำมะพร้าว ผลิตภัณฑ์ลายขีดเซรามิก เซรามิกสำหรับใช้ในอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์พืชสมุนไพร เมรัยผลไม้ เครื่องทดสอบที่นอนยางพองน้ำลาเท็กซ์ เครื่องทดสอบความล้าของที่นอนพองน้ำ โพลียูรีเทน การทำผลิตภัณฑ์บดอัดยางปูพื้นและยางขวงถนนจำกัดความเร็วด้วย ยางพารา การวิเคราะห์หาความกระด้างของน้ำอุปโภค

บริโภค การทดสอบกรดแอสอร์บน้ำส้มสายชู และบอแรกซ์ในผงชูรส โดยมี นายสนธยา คุณปลื้ม รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ และนายอิทธิ พิชเชนทรโยธิน อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ ให้การต้อนรับในงานนิทรรศการ งานสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ ประจำปี 2546 ณ ศูนย์การแสดงสินค้าและการประชุมนานาชาติอิมแพค เมืองทองธานี จ.นนทบุรี

สารยับยั้งการกัดกร่อน (Corrosion Inhibitors)

ปัทมา เกียนส่องใจ

โอบเชื้อ อัมวิทยา

การเติมสารเคมีจำนวนเล็กน้อยลงไปในระบบงานบางอย่างเพื่อลดปฏิกิริยาการกัดกร่อนโลหะ เรียกว่าการยับยั้งปฏิกิริยา (inhibition) สารยับยั้งการกัดกร่อน (corrosion inhibitor) จะลดอัตราการเกิด anodic oxidation หรือ cathodic reduction หรือทั้งสองกระบวนการ การลดปฏิกิริยาเหล่านี้อาจเกิดจากการสร้างฟิล์มป้องกัน (protective film) มาปกคลุมผิวหน้าของโลหะ ซึ่งอาจจะเกิดจากการใช้ anodic, cathodic และ mixed inhibitors ก็ได้ การดูดซับสารยับยั้งการกัดกร่อนบนผิวหน้าของโลหะเกิดได้จากการดูดซับทางกายภาพ [physical (electrostatic) adsorption] หรือการดูดซับทางเคมี (chemisorption)

การดูดซับทางกายภาพเป็นผลจากการเกิดแรงดึงดูดทางไฟฟ้า (electrostatic attractive forces) ระหว่างไอออนอินทรีย์และผิวหน้าโลหะที่มีประจุไฟฟ้า ส่วนการดูดซับทางเคมีเป็นการส่งผ่าน หรือการใช้ร่วมกันของประจุในโมเลกุลของสารยับยั้งการกัดกร่อนกับผิวหน้าโลหะ ซึ่งจะเกิดการสร้างพันธะร่วมกัน (coordinate - type bond) สารยับยั้งการกัดกร่อนที่ถูกดูดซับไว้ จะช่วยลดการกัดกร่อนที่เกิดบนผิวหน้าของโลหะโดยการหน่วงปฏิกิริยา anodic dissolution ของโลหะ หรือโดย cathodic evolution ของ hydrogen หรือทั้งสองกระบวนการ

สารยับยั้งการกัดกร่อนสามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่มดังต่อไปนี้

1. Passivation inhibitors

Passivation inhibitors เป็นพวกสารออกซิไดซิง เช่น โครเมต (CrO_4^{2-}), ไนไตรต์ (NO_2^-) หรือสารอนินทรีย์ที่มีออกซิเจน เช่น บอเรต (BO_3^{3-} , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$, BO_2^-), ฟอสเฟต (PO_4^{3-}), โบรเมต (BrO_3^-), ซัลเฟต

(SO_4^{2-}) และซิลิเกต (SiO_3^{2-}) เป็นต้น สารพวกนี้สามารถเกิดการดูดซับบนพื้นผิวโลหะได้ดี

Passivation inhibitors ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง และมีประสิทธิภาพสูงสุดในบรรดา สารยับยั้งการกัดกร่อนทั้งหมด แม้ว่าสารยับยั้งการกัดกร่อนประเภทนี้จะมีประสิทธิภาพสูงสุด แต่ก็ต้องใช้อย่างระมัดระวังเนื่องจากความเป็นพิษ ซึ่งอาจทำให้เกิดผื่นคันเมื่อสัมผัสกับผิวหนังเป็นเวลานาน นอกจากนี้ถ้าใช้ passivation inhibitors ในปริมาณที่ไม่เพียงพอ กลับจะไปเร่งปฏิกิริยาการกัดกร่อน และอาจเป็นสาเหตุของการเกิดรูพรุนบนผิวโลหะ (pitting)

โครเมตเป็นสารยับยั้งการกัดกร่อนที่มีราคาถูกที่สุดที่ใช้สำหรับงานที่เกี่ยวข้องกับระบบน้ำ และใช้มากในงานพวกระบบน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์สันดาปภายใน หม้อแปลงไฟฟ้า และท่อทำความเย็น เป็นต้น มีการใช้โซเดียมโครเมตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.04 - 0.1 สำหรับงานดังกล่าว แต่ที่ความเข้มข้นสูงกว่านี้เหมาะสำหรับการใช้งานที่อุณหภูมิสูงขึ้น หรือในน้ำที่มีความเข้มข้นของคลอไรด์มากกว่า 10 ppm

ก่อนการเกิดปฏิกิริยาจะมีการเปลี่ยนรูปจาก Cr^{6+} ion เป็น Cr^{3+} ion ซึ่ง Cr^{6+} ion ละลายน้ำได้ และเป็นพิษ ขณะที่ Cr^{3+} ion ไม่ละลายน้ำ และมีลักษณะเป็น sludge ซึ่ง chromate sludge นี้ จัดเป็นของเสียที่มีอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม และก่อให้เกิดผลเสียทางเศรษฐกิจ เนื่องมาจากใช้ค่าใช้จ่ายสูงในการเปลี่ยนรูป การคงรูปของโครเมตไอออน และการกำจัดของเสียที่เป็นอันตราย นอกจากนี้การที่มีข้อจำกัดปริมาณโครเมตที่ปลดปล่อยสู่อากาศ เนื่องจากโครเมตทั้งสอง valences เป็นสารก่อมะเร็ง ทำให้การใช้โครเมตไม่ได้รับความนิยม

โครเมตมีแนวโน้มที่จะทำปฏิกิริยากับสารประกอบอินทรีย์ ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ในสารกันการแข็งตัว



(antifreeze solution) ได้ เนื่องจากส่วนใหญ่สารกันการแข็งตัวจะประกอบด้วยเมทานอล หรือเอทิลีนไกลคอล สารที่เหมาะสมสำหรับจุดประสงค์ดังกล่าวข้างต้น คือ โซเดียมเตตระโบเรต ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) หรือบอแรกซ์ สำหรับสารผสมระหว่างบอแรกซ์กับโซเดียมไนไตรด์นั้น เหมาะที่จะใช้ป้องกันการกัดกร่อนในระบบทำความเย็นที่มีโลหะหลายชนิดเป็นส่วนประกอบ เช่น ระบบที่ประกอบด้วยทองแดง เหล็ก และอะลูมิเนียม โดยบอเรตจะช่วยยับยั้งการกัดกร่อนด้วยการดูดซับออกซิเจน ส่วนไนไตรด์จะเป็นสารออกซิไดซิง

ไนไตรด์ใช้งานในระบบน้ำหล่อเย็นชนิดที่มีสารกันการแข็งตัว เนื่องจากแทบจะไม่ทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ และเอทิลีนไกลคอล ซึ่งเป็นส่วนประกอบในสารกันการแข็งตัวเลย นอกจากนี้ไนไตรด์ยังถูกนำมาใช้ยับยั้งการกัดกร่อนพื้นผิวภายในท่อส่งน้ำมันและก๊าซ โดยการฉีดสารละลายโซเดียมไนไตรด์ความเข้มข้นร้อยละ 5 - 30 เข้าไปในท่ออย่างต่อเนื่อง

2. Organic inhibitors

สารประกอบอินทรีย์ที่มีสมบัติเป็นสารยับยั้งการกัดกร่อนจะประกอบด้วยหมู่ที่มีขั้วอย่างน้อย 1 หมู่กับอะตอมของธาตุ เช่น หมู่คาร์บอนิล, หมู่ไฮดรอกซิล และหมู่อะมิโน กับอะตอมซัลเฟอร์, ไนโตรเจน, ออกซิเจน หรือฟอสฟอรัส ซึ่งมีคู่อิเล็กตรอนเพื่อใช้สำหรับการสร้างพันธะทางเคมี ซึ่งจะปรากฏเป็นฟิล์มป้องกันบนผิวหน้า โดยที่สารยับยั้งการกัดกร่อนจะเป็นตัวให้อิเล็กตรอน และโลหะเป็นตัวรับอิเล็กตรอน สารประกอบอินทรีย์เหล่านี้แทบจะไม่มีผลกระทบต่อศักย์ไฟฟ้าของโลหะ

สารประกอบอินทรีย์หลายชนิด สามารถใช้ป้องกันการกัดกร่อนที่เกิดกับโลหะได้ โดยการสร้างฟิล์มป้องกัน ซึ่งมีลักษณะเป็นโมเลกุลที่ดูดซับอยู่บนผิวหน้าของโลหะ มันจะสกัดกั้นการละลายของโลหะในอิเล็กโทรไลต์ ความเข้มข้นของสารยับยั้งการกัดกร่อนอินทรีย์ที่ใช้ในการรักษาฟิล์มป้องกันค่อนข้างสูง และมีขอบเขตจำกัด โดยสารยับยั้งการกัดกร่อนแต่ละตัว จะมีความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในตัวกลางแต่ละชนิด ยกตัวอย่างเช่นโซเดียมเบนโซเอตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 หรือโซเดียมซินนาเมตที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 จะมีประสิทธิภาพในน้ำที่มี pH 7.5

และมีโซเดียมคลอไรด์ 17 ppm หรือเอริลออกเดนอล ร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก

สารยับยั้งการกัดกร่อนอินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดตัวหนึ่ง คือ sodium salt of 2 - mercaptobenzothiazole หรือ 2 - benzothiazolethiol ซึ่งใช้ยับยั้งการกัดกร่อนทองแดง และอัลลอย

สารยับยั้งการกัดกร่อนอินทรีย์ส่วนใหญ่เหมาะสำหรับใช้งานในสภาวะที่เป็นด่าง สารยับยั้งการกัดกร่อนเหล่านี้ ได้แก่ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีพันธะสาม; อะซิทิลเลนิกแอลกอฮอล์; ซัลฟอกไซด์; ซัลไฟด์ และเมอร์แคปแทน; สารประกอบอะลิฟาติก, อะโรมาติก หรือเฮเทอโรไซคลิกที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น โพลีเอมีน และ ฟอสฟอไรต์ เป็นต้น

3. Precipitation inhibitors

สารยับยั้งการกัดกร่อนชนิดนี้ ทำให้เกิดฟิล์มป้องกันโดยการตกตะกอนบนผิวหน้าของโลหะ ในกรณีน้ำกระด้าง ซึ่งมีปริมาณแคลเซียม หรือแมกนีเซียมอยู่มาก จะเกิดการกัดกร่อนน้อยกว่าน้ำอ่อน เนื่องจากแนวโน้มการเกิดเกล็ดในน้ำกระด้าง ซึ่งจะสร้างเป็นฟิล์มป้องกัน โดยตกตะกอนบนผิวหน้าของโลหะ

โซเดียมโพลิฟอสเฟตที่ความเข้มข้น 10 - 100 ppm หลังจากปรับ pH ของน้ำให้มีค่า 5 - 6 จะทำให้เกิดการตกตะกอนแคลเซียม หรือแมกนีเซียมอโรฟอสเฟตบนผิวหน้าของโลหะ นอกจากนี้เกล็ดของสังกะสีสามารถเติมลงไปเพื่อปรับปรุงปฏิกิริยายับยั้งการกัดกร่อนได้เช่นเดียวกัน

มีสารยับยั้งการกัดกร่อนอีกหลายชนิดที่ใช้ในงานพิเศษ เช่น สารประกอบชนิดไซโอยูเรียจะยับยั้งการกัดกร่อนในวัสดุที่แช่อยู่ในกรดซัลฟุริก สำหรับเหล็กและซิลิกเกตจะใช้สำหรับสารทำความสะอาดที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ซึ่งมีอะลูมิเนียมเป็นองค์ประกอบ ส่วนสารยับยั้งการกัดกร่อนที่ใช้ในสีกันสนิม ได้แก่ ตะกั่วแดง (red lead) และซิงก์โครเมต นอกจากนี้สารยับยั้งการกัดกร่อนที่ระเหยได้ จะใช้ป้องกันในสถานที่ที่มีไอระเหย

การใช้สารยับยั้งการกัดกร่อนเพื่อควบคุมการกัดกร่อนจะต้องทำอย่างต่อเนื่อง โดยการเติมสารยับยั้งการกัดกร่อนให้อยู่ในปริมาณ และความเข้มข้นที่เหมาะสมเสมอ



กลุ่มงานเคมีประยุกต์ ได้วิเคราะห์ตัวอย่างสารที่ใช้ยับยั้งการกัดกร่อน เช่น สารกันสนิม, น้ำยาป้องกันสนิมและปรับอุณหภูมิหม้อน้ำรถยนต์ เป็นต้น โดยอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์วิธีต่างๆ ได้แก่ FTIR spectroscopy, gas chromatography, column chromatography และปฏิกิริยาเคมี เป็นต้น สารที่ทำการวิเคราะห์ได้ส่วนใหญ่ ประกอบด้วยโซเดียมเบนโซเอต โซเดียมฟอสเฟต โซเดียมไนเตรต โซเดียมซิบาเคต

โซเดียมคาร์บอเนต โซเดียมโครเมต และโซเดียมไนไตรด์ เป็นต้น ท่านผู้ใดสนใจจะส่งตัวอย่างสารที่ใช้ยับยั้งการกัดกร่อนมาวิเคราะห์ทดสอบ โปรดติดต่อกองเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการ

(ผู้เรียบเรียงบทความ ขอขอบพระคุณ คุณทรงศักดิ์ ล้มไพบูลย์ นว.8ว. และคุณรติกร อลงกรณ์โชติกุล นว.5 ที่ให้คำแนะนำ และข้อมูลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้ประกอบในบทความ มา ณ ที่นี้)



เอกสารอ้างอิง

McCoy, James W. **The Chemical treatment of cooling water**. New York : Chemical Pub., 1974, 237p.

Schweitzer, Philip A, edit. **Corrosion and corrosion protection handbook**. 2nd ed., rev. and expanded. New York : Marcel Dekker, 1989, p.47-50.

ไพพรรณ สันติสุข. **Corrosion**. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ม.ป.ป., 130 หน้า.



การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของดิน เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก

วสันต์ ธีระพิกยานนท์

สวนวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก กรมวิทยาศาสตร์บริการ เป็นหน่วยงานที่ให้บริการตรวจสอบคุณภาพของดิน โดยใช้สมบัติทางกายภาพเป็นเครื่องบ่งชี้เพื่อดูว่าแหล่งดินต่างๆในประเทศไทยนั้นเหมาะที่จะใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกหรือไม่ หรือควรใช้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภทใด เช่นในกรณีของแหล่งดินที่จะใช้ทำกระเบื้องบุผนัง ซึ่งผ่านกระบวนการเผาไฟไม่สูง (ประมาณ 1000°C) มีการดูดซึมน้ำ 12-16% และเนื้อสีขาว เคลือบมัน เคลือบสี ความแข็งแรง (strength) พอประมาณ จึงนิยมใช้ฟรีด (คือเคลือบแก้วซึ่งทำจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ นำมาหลอมรวมกัน) ส่วนกระเบื้องปูพื้นนิยมเคลือบทึบ หรือเคลือบด้านกันลื่น มีความหนาเนื้ออาจมีสีคล้ำ เผาไฟสูง (ประมาณ 1200°C) เพื่อให้มีการดูดซึมน้ำต่ำ (<6%) ผลิตภัณฑ์บางประเภทต้องการสีขาว เช่น ถ้วย ชาม ต่างๆ ได้แก่ พอร์ซเลน สโตนแวร์ โบนไชนา เอิร์ธเทนแวร์ และโดโลไมต์แวร์ การตรวจสอบทางกายภาพที่ใช้ในการทดสอบดินสำหรับทำเซรามิก ได้แก่ การทดสอบการหดตัวหลังเผา การดูดซึมน้ำหลังเผา การดูสีหลังเผา การหาค่าความทนไฟของวัสดุทนไฟและการทดลองการทำผลิตภัณฑ์เซรามิก ซึ่งขั้นตอนในการทดสอบทางกายภาพ มีดังนี้

การหดตัวเชิงเส้นหลังเผา

1. การเตรียมชิ้นทดสอบ จำนวน 5 ชิ้น แต่ละชิ้นมีขั้นตอนดังนี้

1.1 อบตัวอย่างประมาณ 500 กรัม ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนแห้ง แล้ววัดให้ละเอียดจนสามารถผ่านแรงขนาด 250 ไมโครเมตรได้ ค่อยๆ เติมน้ำลงบนตัวอย่าง นวดจนเนื้อดินขาวเหนียวนุ่ม ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้ผ้าเปียกคลุมไว้ หลังจากนั้น นำมาเติมน้ำอีกครั้งหนึ่งพร้อมกับนวดเนื้อดินให้เหนียวพอที่จะยึดหรือขึ้นรูปเป็นแท่งได้

1.2 เคลือบผิวด้านในของแบบหล่อด้วยปิโตรเลียมเจลลีหรือน้ำมันก๊าดหรือน้ำมันเครื่องสำหรับงานเบา กดก้อนตัวอย่างลงในแบบหล่อระวังอย่าให้เกิดฟองอากาศ ปาดผิวหน้าของตัวอย่างให้เรียบ แล้วเซตตัวอย่างที่ติดอยู่ข้างๆ ออก ทำเครื่องหมายจุดบนผิวหน้า 2 จุด ห่างกันประมาณ 50 มิลลิเมตร วัดระยะห่างจุด 2 จุดนี้ให้ละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่สองด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ จำนวน 5 ชิ้น

1.3 ค่อยๆ ถอดชิ้นทดสอบออกจากแบบหล่อแล้วทิ้งไว้ให้แห้งช้าๆ โดยใช้ผ้าเปียกคลุมไว้ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เซตปิโตรเลียมเจลลีหรือน้ำมันที่ติดชิ้นทดสอบออก ทิ้งให้ชิ้นทดสอบแห้งในอากาศต่อไปอีก 48 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง โดยกลับด้านชิ้นทดสอบเป็นระยะๆ เพื่อให้ชิ้นทดสอบแห้งโดยทั่วถึง

2. วิธีทดสอบ

2.1 นำชิ้นทดสอบไปอบให้แห้งจนน้ำหนักคงที่ในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 ± 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำออกมาทิ้งไว้ให้เย็นในเดสิเคเตอร์ วัดระยะห่างระหว่าง 2 จุด อีกครั้งหนึ่ง ให้ละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่สองด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ บันทึกข้อมูลก่อนเผาเป็นค่า A

2.2 นำชิ้นทดสอบทั้ง 5 ชิ้น ไปเผาในเตาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส นำชิ้นทดสอบออกมาทิ้งไว้ให้เย็นในเดสิเคเตอร์ วัดระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด ให้ละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่สองด้วยเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ บันทึกข้อมูลหลังเผา เป็นค่า B

3. คำนวณหาการหดตัวของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้น โดยนำค่าระยะห่างระหว่างเครื่องหมายจุดก่อนเผาลบด้วยระยะห่างระหว่างเครื่องหมายจุดหลังเผาหารด้วยระยะห่างระหว่างเครื่องหมายจุดก่อนเผาหน่วยเป็นมิลลิเมตรคูณด้วยหนึ่งร้อย แล้วหาค่าเฉลี่ย ดังสูตร



$$\text{การหดตัว, \%} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

การดูดซึมน้ำหลังเผา

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างผ่านการเผาที่ 1000 องศาเซลเซียส ไปชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งไฟฟ้าความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกข้อมูลน้ำหนักแห้ง แล้วนำไปต้มในน้ำ ให้เดือดประมาณ 3 ชั่วโมง แล้วแช่ทิ้งไว้ข้ามคืน จากนั้นใช้ผ้าชุมน้ำหมาดๆ เช็ดชิ้นทดสอบ ชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้าความละเอียดทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักหลังดูดซึมน้ำ เปอร์เซ็นต์ของการดูดซึมน้ำ หาได้จากน้ำหนักน้ำหนักชิ้นทดสอบที่เช็ดด้วยผ้าชุมน้ำหมาดๆ ลบด้วยค่าของน้ำหนักชิ้นทดสอบแห้งหารด้วยน้ำหนักชิ้นทดสอบแห้งคูณด้วยหนึ่งร้อย

สีหลังเผา

จัดบันทึกสีของชิ้นทดสอบที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส เช่น สีครีม สีส้ม สีขาว เป็นต้น

การหาค่าความทนไฟ (Pyrometric cone equivalent, PCE)

- เตรียมตัวอย่าง โดยบดตัวอย่างแห้งประมาณ 50 กรัมให้ได้ขนาดก้อนใหญ่ไม่เกิน 6 มิลลิเมตร แล้วสุมตัวอย่างแบบแบ่งสี่ (quartering) แล้วบดต่อเนื่องในโกร่ง โดยระหว่างบดให้ร่อนผ่านแร้งขนาด 65 เมช และแบ่งสี่อีกครั้งจนได้ตัวอย่างที่ค้างบนแร้งขนาด 170 เมช ประมาณ 50 - 60%

- เตรียมโคนตัวอย่างโดยนำตัวอย่างแห้งที่บดแล้วมาผสมกับน้ำและตัวประสานอินทรีย์ที่ไม่มีค่าเชิงซ้อน เช่น เดกซ์ตริน (dextrin) กาว (glue) เป็นต้น แล้วนำมาทำเป็นโคนตัวอย่างในแบบหล่อโลหะ (รูปที่ 1)

- ตั้งโคนตัวอย่างและโคนมาตรฐาน (ได้จากการสั่งซื้อเข้ามา) บนแป้นที่ทำด้วยวัสดุทนไฟ ซึ่งมีส่วนประกอบที่ไม่ทำให้การหลอมตัวของโคนเปลี่ยนแปลง ปักฐานของโคนบนแป้น โดยให้เหลือความสูงด้านเอียงของโคนสูงจากแป้นประมาณ 23.8 มิลลิเมตร และด้านหน้าของโคนที่โคนจะโค้งงอทำมุมกับแนวราบประมาณ 82 องศา

- เผาแบบ oxidation ในเตาและเพิ่มอุณหภูมิตามอัตราที่กำหนดเพื่อควบคุมอุณหภูมิในเตาโดยสังเกต

จากการโค้งตัวของโคนมาตรฐาน

5. การอ่อนตัวของโคนจะเห็นได้จากการที่ปลายมนโค้งลงมาแตะกับแป้นหรือฐานที่โคนตั้งอยู่ (รูปที่ 2) เมื่อโคนตัวอย่างล้มแตะที่ฐานของมันในเวลาเดียวกับที่โคนมาตรฐานตัวใดล้มแตะฐานก็แสดงว่าตัวอย่างนั้นมีความทนไฟเท่ากับโคนมาตรฐานนั้น



รูปที่ 1 แบบหล่อโลหะ



รูปที่ 2 การตั้งโคนตัวอย่างและโคนมาตรฐานและลักษณะหลังจากทดลองแล้ว

ผลการตรวจสอบจากวิธีต่างๆ

ในการทดสอบตัวอย่างดิน ได้ทดสอบจากสมบัติภายหลังเผาและองค์ประกอบทางเคมีและสามารถอธิบายผลการวิเคราะห์และทดสอบได้ดังต่อไปนี้คือ

- สมบัติภายหลังเผา ประกอบด้วย การหดตัวหลังเผา การดูดซึมน้ำ สีหลังเผาโดยการนำตัวอย่างดินทำเป็นชิ้นทดสอบ และเผาที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส และรวมถึงหาค่าความทนไฟ



1.1 การหดตัวหลังการเผา มีผลต่อการแตกและบิดเบี้ยวของผลิตภัณฑ์ ถ้ามีค่าสูงค่าการหดตัวจะเพิ่มขึ้นเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงขึ้นเพดานขึ้น

1.2 การดูดซึมน้ำ เป็นค่าแสดงถึงความแกร่งและความไม่แกร่งของเนื้อผลิตภัณฑ์ เนื้อผลิตภัณฑ์ที่เผาแกร่งจะมีค่าการดูดซึมน้ำเป็นศูนย์ ผลิตภัณฑ์ที่เนื้อไม่แกร่งจะมีค่าการดูดซึมน้ำสูง

1.3 สีหลังเผา สีของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับปริมาณแร่ธาตุต่างๆ ในดิน เช่น เหล็ก (Fe_2O_3) ในเนื้อดินถ้ามีปริมาณเหล็กมากจะมีสีแดง ถ้ามีปริมาณเหล็กน้อยจะมีสีแดงอ่อนลงจนถึงสีครีม

1.4 ค่าความทนไฟ แสดงถึงความสามารถในการทนความร้อนจนถึงอุณหภูมิที่เริ่มเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือหลอมตัว เช่น การหาค่าความทนไฟของอิฐทนไฟชนิดต่างๆ

กรณีศึกษา

ฝ่ายวิเคราะห์และทดสอบ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก ได้รับการอนุเคราะห์ตัวอย่างจากกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน ซึ่งได้ทำการสำรวจแหล่งดินเพื่อเป็นแหล่งดินสำรองสำหรับเครื่องปั้นดินเผาจำนวน 2 หลุมคือ หลุมสำรวจ 1 (TP1) และหลุมสำรวจ 3 (TP3) เปรียบเทียบกับอีก 3 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นแหล่งดินสำหรับผลิตเครื่องปั้นดินเผาของบ้านโพนทราย อำเภอกันทรารมณีน จังหวัดศรีสะเกษ โดยทำการเผาขึ้นทดสอบที่อุณหภูมิ $1,000^{\circ}C$ จำนวน 4 รายการ ได้แก่ การหดตัวหลังเผา การดูดซึมน้ำหลังเผาซึ่งทำตามมาตรฐาน มอก.558 เล่ม 9 และ มอก. 495 - 2526 ส่วนกระเบื้องทดสอบที่อุณหภูมิ $1,200^{\circ}C$ จำนวน 2 รายการ คือ สีหลังเผา และการหดตัวหลังเผา ตาม มอก. 613 - 2529 ผลการวิเคราะห์ทดสอบทางกายภาพดังแสดงในตารางที่ 1 และการทดสอบผลิตภัณฑ์กระเบื้องดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบของตัวอย่างดินสำหรับเครื่องปั้นดินเผา เผาที่ $1,000^{\circ}C$

รายการทดสอบทางฟิสิกส์	ตัวอย่างดินสำหรับเครื่องปั้นดินเผา				
	VI 890 (ตัวอย่างที่ 1) (ดินเชื้อ)	VI 891 (ตัวอย่างที่ 2) (ดินดี)	VI 892 (ตัวอย่างที่ 3) (TP-1)	VI 893 (ตัวอย่างที่ 4) (TP-3)	VI 894 (ตัวอย่างที่ 5)
1. การหดตัวหลังเผาที่ $1000^{\circ}C, \%$	2.9	1.9	1.0	1.6	1.3
2. การดูดซึมน้ำหลังเผาที่ $1000^{\circ}C, \%$	21.1	14.9	13.5	20.3	22.8
3. สีหลังเผา, $1000^{\circ}C$	ชมพูอ่อน	แดงอ่อน	ชมพูอ่อน	แดง	แดง
4. ความทนไฟ, $^{\circ}C$	1,699	1,564	1,564	1,512	1,564

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา (กระเบื้อง) เผาที่ $1200^{\circ}C$

รายการทดสอบผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา (กระเบื้อง)	ตัวอย่างดินสำหรับเครื่องปั้นดินเผา				
	VI 890 (ตัวอย่างที่ 1) (ดินเชื้อ)	VI 891 (ตัวอย่างที่ 2) (ดินดี)	VI 892 (ตัวอย่างที่ 3) (TP-1)	VI 893 (ตัวอย่างที่ 4) (TP-3)	VI 894 (ตัวอย่างที่ 5)
การหดตัวหลังเผา %	9.8	4.6	0.9	0.9	2.7
สีหลังเผา	ชมพูอ่อน	ครีม	ครีม	แดง	แดงอ่อน

หมายเหตุ ทดสอบทำผลิตภัณฑ์ทำเป็นกระเบื้องขนาด 4×4 นิ้วโดยการอัดดินผงความชื้น 7% เผาที่ $1200^{\circ}C$



จากผลการวิเคราะห์และทดสอบที่กล่าวมา สรุปได้ว่าตัวอย่างดินทั้ง 5 ตัวอย่างสามารถนำมาใช้ทำหรือผสมทำเซรามิกเนื้อไม่ขาวได้ (ตามมาตรฐานดินขาวสำหรับเครื่องปั้นดินเผา มอก. 485 - 2526) ซึ่งถือได้ว่าผลการทำวิจัยครั้งนี้ประสบผลสำเร็จ อันนำมาซึ่งการพัฒนาแหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิกต่อไปได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังอาจมีการพัฒนาต่อไปอีก เช่น การแยกทรายออกหรือการผสมกับดินจากแหล่งอื่นบ้าง

เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เซรามิกที่มีคุณภาพตามต้องการ

จากการตรวจสอบดินจากแหล่งต่างๆ ในประเทศไทย พบว่าสามารถใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเซรามิก การทำผลิตภัณฑ์เซรามิกประเภทต่างๆ เช่น กระเบื้อง อิฐทนไฟ และเครื่องปั้นดินเผาจะขึ้นอยู่กับแหล่งดินที่นำไปใช้ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยวิธีการทางกายภาพ โดยฝ่ายวิเคราะห์และทดสอบ ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก



เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี. เซรามิกและแก้วของไทย : วัตถุดิบและแนวทางพัฒนา. เอกสารประกอบการ

สัมมนา. กันยายน 5; 2543. ห้องประชุมกรมทรัพยากรธรณี. 2543. หน้า 5/2.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. การดูดซึมน้ำ. มอก. 558 เล่ม 9 - 2528. 5 หน้า.

_____. การหดตัวเชิงเส้นหลังเผา. มอก. 485 - 2526. หน้า 12.

_____. วิธีทดสอบกระเบื้องดินเผาเคลือบบุผนังภายใน. มอก. 613 - 2529. หน้า 1-5.

_____. วิธีทดสอบวัสดุทนไฟสมมูลไพโรเมตริกโคน (พีซีอี). มอก. 558 เล่ม 3 - 2528. 10 หน้า.



กาสร ประยุกต์ใช้กรดแพนโทธินิค-วิตามินบี 5 ในผลิตภัณฑ์สุขภาพ

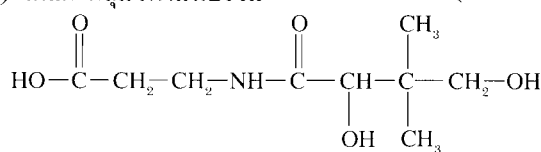
อรทัย สีลาพจนานพ

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาเราได้ตระหนักถึงความสำคัญของการมีสุขภาพพลานามัยที่ดีและแข็งแรงมากขึ้น ทำให้มีความตื่นตัวที่จะศึกษาหาความรู้และข้อมูลต่างๆ ทางด้านโภชนาการที่เกี่ยวกับบทบาทหน้าที่รวมทั้งประโยชน์ของสารอาหารที่รับประทานเพื่อเลือกสรรแต่สิ่งดีๆ ให้กับร่างกาย โดยเฉพาะเรื่องวิตามิน ซึ่งเป็นหนึ่งในสารอาหารหลักที่ร่างกายต้องการ ในปริมาณ ระดับ ไมโครกรัมต่อวัน วิตามินเป็นสารประกอบทางอินทรีย์เคมีที่ถูกนำมาแสดงเพื่อการกล่าวอ้างสรรพคุณบนฉลากอาหารในข้อมูลโภชนาการเช่นเดียวกับปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีนและไขมัน เพื่อแสดงให้ผู้บริโภคได้รับทราบว่า ในหนึ่งหน่วยบริโภคของอาหารนั้นๆ จะได้รับคุณค่าทางด้านโภชนาการในปริมาณมากน้อยเท่าไร

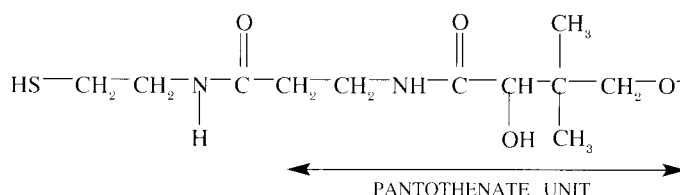
วิตามินมีบทบาทสำคัญต่อร่างกาย โดยเป็นตัวเสริมสร้างและควบคุมรักษากระบวนการทางเคมีต่างๆ ในร่างกายให้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้อวัยวะต่างๆ ทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้ชีวิตดำรงสภาพต่อไปได้อย่างปกติ ในกลุ่มวิตามินที่ร่างกายคนต้องการทั้ง 13 ชนิดแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ วิตามินที่ละลายในน้ำ (Water - soluble Vitamins) ได้แก่ กลุ่มวิตามินบีรวม

วิตามินซี และวิตามินที่ละลายในน้ำมัน (Fat - soluble Vitamins) ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินดี วิตามินอีและวิตามินเค ซึ่งวิตามินประเภทนี้จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อร่างกายได้ต้องอาศัยอาหารประเภทไขมันเป็นตัวนำ

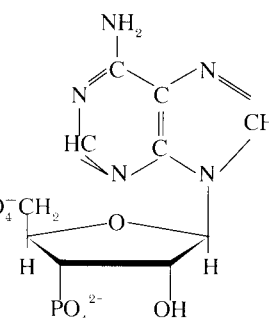
กรดแพนโทธินิค (Pantothenic acid) หรือวิตามินบี 5 เป็นวิตามินชนิดที่ละลายได้ในน้ำ จัดอยู่ในกลุ่มวิตามินบีรวม เป็นสารประกอบอินทรีย์เคมีที่เป็นกรดอิสระ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโคเอนไซม์เอ (Coenzyme A) ในร่างกาย มีลักษณะเป็นของเหลวหนืดสีเหลืองอ่อน เป็นสารชนิดเดียวกันที่เป็นปัจจัยการเจริญเติบโตของยีสต์ สารป้องกันการเป็นโรคผิวหนังในลูกไก่ (Chick anti-dermatitis factor) และสารที่เป็นปัจจัยที่ป้องกันผมหงอก (antigray - hair factor) กรดแพนโทธินิคจากธรรมชาติสกัดได้จากตับ มีความคงตัวในสภาวะที่เป็นกลาง จะสลายตัวหรือถูกทำลายได้ง่ายในสารละลายที่มีสภาวะเป็นกรดแก่และด่างแก่ กรดแพนโทธินิคที่สังเคราะห์ขึ้นทั่วไปจะอยู่ในรูปของเกลือแคลเซียม แพนโทธีเนต ซึ่งค่อนข้างคงตัว มีกรดแพนโทธินิค 92% และแคลเซียม 8% โดยน้ำหนัก และในรูปของแอลกอฮอล์ คือ แพนทีนอล (Panthenol)



รูปที่ 1 สูตรโครงสร้าง กรดแพนโทธินิค



รูปที่ 2 สูตรโครงสร้าง โคเอนไซม์ เอ



ในกระบวนการเมตาบอลิซึมทั้งหลายของร่างกาย กรดแพนโทธินิคมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเปลี่ยนแปลงคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ให้เป็นพลังงาน กระบวนการสร้างกรดไขมันและระบบการสร้างภูมิคุ้มกัน

ร่างกายคนต้องการกรดแพนโทธินิคในการทำงานของเส้นประสาท กล้ามเนื้อ รักษาระดับน้ำในร่างกาย นอกจากนี้ กรดแพนโทธินิคยังมีบทบาทหน้าที่สนับสนุนการทำงานของต่อมหมวกไตให้ปกติ จึงได้ชื่อว่าเป็นวิตามินลด



ความเครียด (Anti-stress vitamin) และมีบทบาทหน้าที่เสริมฤทธิ์ทำงานร่วมกับวิตามินบีอื่นๆ เพื่อรักษาระดับปริมาณวิตามินในร่างกายให้อยู่ในสมดุล

ปริมาณของวิตามินชนิดนี้ที่ร่างกายเราควรได้รับจะแตกต่างกันตามวัย โดยทั่วไปผู้ใหญ่ควรจะได้รับกรดแพนโทนิค 6- 8 มิลลิกรัมต่อวัน แต่วัยรุ่น สตรีที่มีครรภ์

และมารดาในระยะให้นมบุตร ร่างกายต้องการกรดแพนโทนิคสูงกว่าปกติเล็กน้อย คือประมาณ 6-12 มิลลิกรัมต่อวัน คณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาได้กำหนดปริมาณกรดแพนโทนิคที่ร่างกายควรจะได้รับในแต่ละวัน (U.S. Recommended Dietary Allowances) ในปริมาณที่แตกต่างกันตามวัยดังนี้

ปริมาณกรดแพนโทนิคที่ร่างกายควรจะได้รับในแต่ละวัน	มิลลิกรัม ต่อวัน
ทารกแรกเกิด ถึง ขวบปีแรก	3
เด็กเล็ก	5
วัยรุ่น-ผู้ใหญ่ และสตรีมีครรภ์	10

แหล่งอาหารที่พบกรดแพนโทนิค

กรดแพนโทนิคเป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของยีสต์ (Yeast growth factor) เราพบว่ายีสต์มีปริมาณกรดแพนโทนิคสูงมาก ปกติเราจะได้รับกรด

แพนโทนิคจากอาหารทั่วไปแทบทุกชนิดทั้งในพืชและเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะเครื่องในสัตว์ ได้แก่ หัวใจ ตับ ไต ไข่ ไก่โดยเฉพาะไข่แดง และพืชสีเขียว มีรายละเอียดดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 : ปริมาณกรดแพนโทนิคในอาหาร

ชนิดอาหาร	ปริมาณกรดแพนโทนิค (มิลลิกรัม/100 กรัม)
น้ำมันพาสเจอร์ไรซ์	0.35
โยเกิร์ตไขมันต่ำ	0.45
นมผงชนิดละลายได้ทันที	4.02
โมเดลลิน	3.03 - 4.24
ตับ	8.0
ไข่ไก่ ทั้งฟอง	1.77
ไข่แดง	4.6
เนื้อวัว เนื้อแกะ	0.6
เนื้อหมู	0.7-1.1
Royal Jelly (fresh)	11.3
สาหร่ายเกลียวทอง	0.11
เครื่องดื่มมอลต์สก็ด	1.72 - 8.96
ข้าวขาว	0.4
กะหล่ำปลี	0.2
บรอกโคลี	1.2
หัวผักกาด	0.25
เห็ด	2.0
ข้าวโพดหวาน	0.7
ยีสต์ (สำหรับทำขนมปัง)	11.0

- ที่มา 1. The Technology of vitamins in food หน้า 36
2. กรมวิทยาศาสตร์บริการ กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ



กรมวิทยาศาสตร์บริการโดยกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ให้บริการการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณกรดแพนโทนิค ในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ โดยวิธีทางจุลชีววิทยา (Microbiological assay) โดยใช้แบคทีเรีย *Lactobacillus plantarum* (ATCC 8014) ซึ่งเป็นวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสม สำหรับการหาปริมาณกรดแพนโทนิคในอาหาร เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งไม่ทำให้เกิดมลภาวะเนื่องจากไม่ใช้ สารละลายอินทรีย์เคมี สารละลายต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการทดลองมีสถานะเป็นกลาง

เนื่องจากกรดแพนโทนิคเป็นส่วนหนึ่งของ โคเอนไซม์ เอ ดังนั้นการที่จะวิเคราะห์หาปริมาณกรดแพนโทนิคทั้งหมด ในขั้นตอนการเตรียมสารละลายตัวอย่างจำเป็นต้องย่อยสลายโคเอนไซม์ เอ ทั้งหมดก่อน โดยการใช้เอนไซม์ไดแอสเตสและเปาเปนย่อยสลายตัวอย่าง (Enzymatic hydrolysis) ในสารละลายบัฟเฟอร์อะซิเตด ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายตัวอย่างให้เป็นกลางที่ 6.8 ทำให้มีสถานะที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และความคงตัวของกรดแพนโทนิค

ในผลิตภัณฑ์อาหารและนมผง ผู้ผลิตจะเสริมคุณค่าด้วยการเติมกรดแพนโทนิคในรูปของเกลือ คือ แคลเซียม แพนโทธีเนต เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์ในด้านการสร้างพลังงาน ช่วยลดอาการอ่อนเพลีย ในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มชูกำลังซึ่งเป็นที่นิยมในกลุ่มผู้ขับรถบรรทุกที่ขับระยะทางไกล ผู้ผลิตจะแจ้งปริมาณเด็กซ์แพนธินอลในส่วนประกอบ เพื่อการให้พลังงานอย่างโดยตรงแก่ผู้ดื่มเครื่องดื่มชนิดนี้ ทำให้รู้สึกสดชื่น ไม่เหนื่อยง่าย ไม่เครียดเมื่อต้องทำงานนานๆ

ด้านเครื่องสำอาง และผลิตภัณฑ์เสริมความงาม มีผู้นำไปใช้ในผลิตภัณฑ์เสริมสุขภาพ เสริมความงาม

หลายชนิดในรูปของแอลกอฮอล์ ยกตัวอย่าง เช่น ครีมทาผิว แชมพูสระผม และครีมนวดผม เนื่องจากคุณสมบัติเป็นสารป้องกันผมหงอก บำรุงผิวพรรณ ผลิตภัณฑ์บางชนิดแสดงสรรพคุณของแพนธินอล และแพนธินิล เอทิลเอเทอร์ในส่วนประกอบ ด้วยจุดประสงค์เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นให้ผิวหนัง สร้างความแข็งแรงแก่เส้นผม ช่วยปรับคุณภาพของเส้นผม เพื่อให้เป็นที่ยอมรับสำหรับผู้ที่ต้องการเสริมความงาม

โรคภัยไข้เจ็บ-อาการเจ็บป่วยเมื่อร่างกายขาดกรดแพนโทนิคจะไม่ปรากฏอาการรุนแรงชัดเจนนัก นอกจากจะเป็นเพียงอาการครั่นเนื้อครั่นตัว อ่อนเพลีย รู้สึกไม่ค่อยสบาย ระบบย่อยอาหารไม่สมบูรณ์ การทำงานของกล้ามเนื้อ และการไหลเวียนของโลหิตที่ไปเลี้ยงหัวใจไม่ปกติ

เราอาจจะกล่าวได้ว่าประโยชน์ที่ได้รับจากกรดแพนโทนิคโดยตรงคือ แก้อาการอ่อนเพลีย ทำให้ผิวหนังชุ่มชื้น ช่วยลดอาการเครียด ในทางการแพทย์จะใช้กรดแพนโทนิคช่วยบรรเทาอาการบวม เนื่องจากโรคข้ออักเสบและอาการท้องร่วง

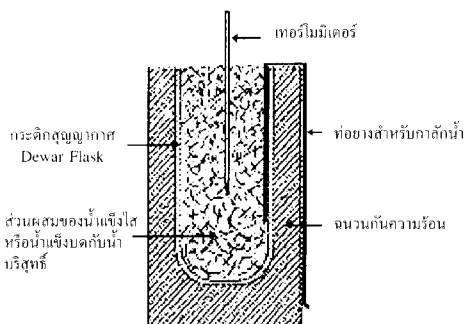
เมื่อท่านศึกษาข้อมูลต่างๆ ทางด้านโภชนาการ ที่ถูกนำมาแสดงเพื่อการกล่าวอ้างสรรพคุณ และอ่านฉลากเกี่ยวกับส่วนประกอบที่สำคัญของผลิตภัณฑ์ต่างๆ ท่านจะพบว่า ปัจจุบันการเติมเสริมวิตามินลงในผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เพิ่มคุณค่า และให้ประโยชน์แก่ผู้บริโภค ไม่ได้มีเพียงเฉพาะผลิตภัณฑ์อาหารเท่านั้น ผู้ผลิตสินค้า ผลิตภัณฑ์ประเภทอื่นๆ ที่ทราบคุณประโยชน์ บทบาทหน้าที่ของวิตามิน ก็จะนำวิตามินไปใช้เพิ่มเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนั้นท่านจะเห็นได้ว่าเราสามารถรับกรดแพนโทนิคเสริมได้จากผลิตภัณฑ์ต่างๆ หลายรูปแบบไม่เพียงแต่เฉพาะในรูปของอาหารเท่านั้น



- Kutsky, R. J., **Handbook of vitamins, minerals and hormones**. 2nd ed. New York : Van Nostrand Reinhold, 1981. p.286-295.
- Leenneer, André P. De., et al., edit. **Modern chromatographic analysis of vitamins**. 2nd. New York : Marcel Dekker, 1992. p.515-555. (Chromatographic science series Vol. 60,)
- Machlin, L. J., edit. **Handbook of vitamins**. 2nd ed. New York : Marcel Dekker, 1991. p.430-447.
- The Technology of vitamins in food**. Edited by P.B. Ottaway, Glasgow : Blackies Academic & Professional, 1993. p.35-37.
- U.S. Recommended Daily Allowance**. available: http://www.fda.gov/ora/inspect_ref/igs/nleaattc.html. 3 July 2002.
- Vitamin B5 (Pantothenic Acid)**. available : <http://www.healthhandage.com/html>. 6 June 2002.
- ศรีนวล เจียจันทร์พงษ์, ผู้แปลและเรียบเรียง. **อาหารและสุขภาพ**. ฉบับที่ 30. กรุงเทพฯ : ธนวัชรการพิมพ์, มปป. หน้า 28.



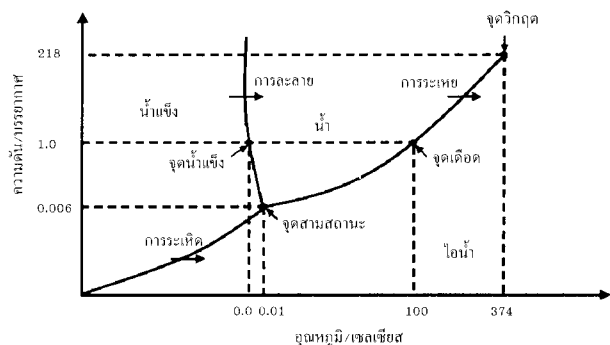
อ่างจุดน้ำแข็ง (Ice Point Bath) อย่างง่าย (รูปที่ 1) ผู้ใช้สามารถเตรียมได้เองภายในห้องปฏิบัติการ จุดน้ำแข็งยังคงมีความสำคัญต่องานทางด้านอุณหภูมิ มาจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากสามารถใช้เป็นอุณหภูมิอ้างอิงให้กับเทอร์โมมิเตอร์หลายชนิด [เทอร์โมมิเตอร์อุตสาหกรรมแบบความต้านทานทองคำขาว (Industrial Platinum Resistance Thermometer : IPRT หรือ Platinum RTD), เทอร์โมมิเตอร์แบบของเหลวในหลอดแก้ว (Liquid-in-Glass Thermometer), เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) เทอร์มิสเตอร์บางชนิด (Thermistor) นอกจากนี้ยังสามารถนำจุดน้ำแข็งไปใช้ในการทวนสอบ (Verification)



รูปที่ 1 อ่างจุดน้ำแข็ง

จุดน้ำแข็งเป็นอุณหภูมิอ้างอิงของจุดตรึงทางธรรมชาติ (Natural Fixed-Point Reference Temperature) จุดหนึ่งซึ่งมีนิยามว่า “จุดน้ำแข็งคืออุณหภูมิที่สภาพสมดุลของน้ำแข็งและน้ำที่อิ่มตัวไปด้วยอากาศ (Air-Saturated Water) ภายใต้ความดันบรรยากาศปกติ (Normal Atmospheric Pressure)” อุณหภูมิที่จุดนี้คือ 273.15 K หรือ 0°C (รูปที่ 2)

และควบคุมคุณภาพของเทอร์โมมิเตอร์ เพื่อประกันว่าเทอร์โมมิเตอร์นั้นๆ ยังคงใช้งานได้อย่างถูกต้อง แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะสามารถเตรียมจุดน้ำแข็งได้ดีเพียงใด เพื่อให้มีความสามารถสอบกลับได้ (Traceability) ในทางมาตรวิทยา (Metrology) ก็ยังมีความจำเป็นต้องใช้เทอร์โมมิเตอร์มาตรฐานที่ได้รับการสอบเทียบแล้วและสามารถสอบกลับได้ไปยังมาตรฐานแห่งชาติ (National Standards) หรือมาตรฐานระหว่างประเทศ (International Standards) หรือระบบหน่วยการวัดสากล (International System of Units: SI Units) ทำการวัดอุณหภูมิ เพื่อยืนยันความถูกต้องก่อนนำไปใช้งาน



รูปที่ 2 เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความดันของน้ำ

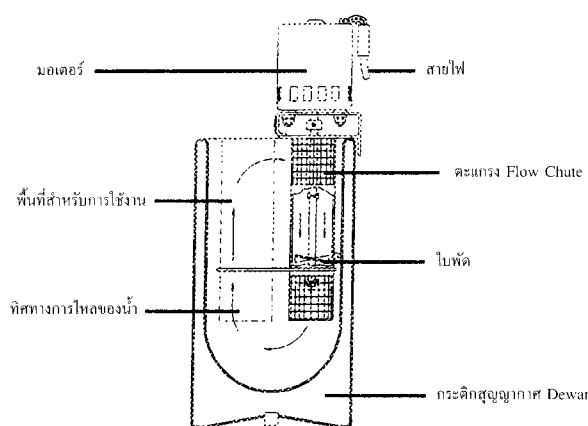
หมายเหตุ: ความดันบรรยากาศปกติมีค่าเท่ากับ 101,325 ปาสคาล (Pa) หรือเท่ากับความดันมาตรฐาน 1 บรรยากาศ (1 Atmospheric Pressure = 1 atm)

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออุณหภูมิที่จุดน้ำแข็ง

การเตรียมให้ได้จุดน้ำแข็ง 0°C มีข้อควรระวังหลายอย่าง เนื่องจากอ่างจุดน้ำแข็งเป็นระบบเปิดความดัน

ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศ (Barometric Pressure) มีผลต่ออุณหภูมิที่จุดน้ำแข็ง จากการวิจัยพบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ dt/dp มีค่าเท่ากับ $-7.42 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C/kPa}$ ที่ความดันบรรยากาศปกติ นั่นคือเมื่อความดันสูงขึ้นอุณหภูมิที่จุดน้ำแข็งหรืออุณหภูมิที่สภาพสมดุลก็จะต่ำลง หรือเท่ากับ $-7.3 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C/cm}$ สำหรับทุกๆ เช่นมิติเมตรของความลึกที่ต่ำกว่าผิวของเหลว อันเนื่องมาจากความดันไฮโดรสแตติก ในกรณีส่วนใหญ่ที่ไม่ต้องการนัยสำคัญมากนัก ผลของความดันที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของความกดอากาศจะมีค่าน้อยมากซึ่งสามารถตัดทิ้งได้

อากาศที่ละลายในน้ำเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อจุดน้ำแข็งอีกอย่างหนึ่ง เนื่องจากปริมาณอากาศที่ละลายในน้ำเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความดันที่เกิดจากความกดอากาศ ดังนั้นจึงมีการออกแบบอ่างจุดน้ำแข็งให้มีอุปกรณ์ที่สามารถเติมอากาศลงไปให้น้ำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วนคือส่วนที่เป็นเครื่องกวน (Stirrer) ที่ทำจากมอเตอร์ และส่วนที่เรียกว่า Flow Chute ซึ่งมีลักษณะคล้ายตะแกรง โดยมีใบพัดของเครื่องกวนอยู่ภายใน (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 ส่วนประกอบของอ่างจุดน้ำแข็งแบบมีเครื่องกวน

ปัจจัยอื่นๆ เช่น สิ่งเจือปนต่างๆ ในน้ำและน้ำแข็ง รวมถึงจำนวนคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายในน้ำ และความสะอาด ถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างมาก เนื่องจากจำนวนของเกล็ดที่ละลายอยู่เพียงเล็กน้อย รวมถึงสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ไม่ยกเว้นแม้แต่อากาศ สามารถทำให้อุณหภูมิที่สภาพสมดุลต่ำกว่าอุณหภูมิของจุดน้ำแข็งได้ ดังนั้นอุปกรณ์ทั้งหมดที่สัมผัสกับส่วนของน้ำและน้ำแข็งจะต้องทำให้สะอาดก่อนการนำมาใช้ ผู้ปฏิบัติงานควรสวมถุงมือพลาสติกที่สะอาดและต้องล้างด้วยน้ำกลั่นบริสุทธิ์เช่นกัน สำหรับใช้หีบจับน้ำแข็งและอุปกรณ์ต่างๆ

การล้างอ่างจุดน้ำแข็ง โดยทั่วไปจะล้างด้วยน้ำประปา ก่อนแล้วจึงล้างด้วยน้ำกลั่นบริสุทธิ์ (Pure Distilled Water) ชนิดเดียวกันกับที่ใช้เป็นตัวกลาง (Medium) ในอ่างจุดน้ำแข็งนั้น ขณะที่ทำการล้างด้วยน้ำนั้นให้วิธี

การเขย่าด้วยมือ หรืออาจใช้เครื่องทุ่นแรงอื่นๆ ก็ได้ เขย่าให้ทั่วถึง (ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเตรียมจุดน้ำแข็ง รายงานบางฉบับล้างด้วยน้ำชนิดต่างๆ อย่างละ 10 ครั้ง)

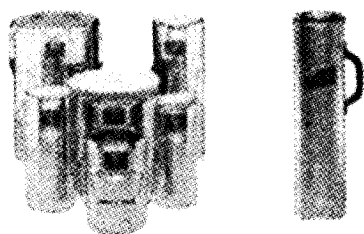
จากผลการวิจัยที่กระทำในห้องปฏิบัติการมาตรฐานแห่งชาติชั้นนำไม่ว่าจะเป็นที่ National Institute of Standards and Technology (NIST) ประเทศสหรัฐอเมริกา หรือที่ Measurement Standards Laboratory of New Zealand ประเทศนิวซีแลนด์ โดยใช้อ่างจุดน้ำแข็งและส่วนประกอบต่างๆ ที่ดีที่สุด รวมไปถึงขั้นตอนในการเตรียมต่างๆ อย่างพิถีพิถัน อุณหภูมิของจุดน้ำแข็งที่วัดได้จะมีค่าใกล้เคียงกันคือ ประมาณ $+ 0.000089^{\circ}\text{C}$ ที่ค่าความไม่แน่นอนของการวัดเท่ากับ 0.002°C



ส่วนประกอบที่สำคัญของอ่างจุน้ำแข็ง

อ่าง (Bath) ควรเป็นภาชนะที่มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน กระติกสุญญากาศรูปทรงกระบอกที่เรียกว่า Cylindrical Dewar Flask (รูปที่ 4) เป็นภาชนะแบบหนึ่งที่ยิมนำมาทำอ่างจุน้ำแข็ง

เนื่องจากภายในผนังของอ่างเป็นสุญญากาศ ทำให้มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดี ซึ่งจะช่วยให้การละลายของน้ำแข็งช้าลง เป็นการรักษาอุณหภูมิให้คงที่นานขึ้น แต่อ่างชนิดนี้มีราคาแพงมาก สำหรับอ่างที่มีราคาถูกกว่า และใช้งานได้ดีพอสมควร มักทำจากวัสดุจำพวกไฮโดรคาร์บอน เช่น Expanded Polystyrene วัสดุที่ใช้ทำอ่างควรเป็นวัสดุที่ไม่สามารถละลายได้ เช่น สเตนเลสสตีล หรือแก้ว เพื่อป้องกันการปนเปื้อน ควรเลือกอ่างที่มีปากกว้างและมีฝาปิดที่เป็นฉนวนกันความร้อนและหีบแสง หรือเครื่องป้องกันความร้อนอื่นๆ เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนผ่านผิวของอ่าง ขนาดของอ่างควรเลือกให้มีความเหมาะสมกับสภาพของงานและ



รูปที่ 4 อ่างจุน้ำแข็ง Cylindrical Dewar Flasks

น้ำบริสุทธิ์ (Pure Water) น้ำถือว่าเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญมากที่สุดในการเตรียมจุน้ำแข็ง น้ำชนิดต่างๆ จะให้คุณภาพของจุน้ำแข็งที่แตกต่างกัน น้ำที่มีความบริสุทธิ์สูงที่สุดที่เรียกว่า Ultra-Pure Water ซึ่งได้มาจากการกลั่นและทำให้ปราศจากไอออนจะให้คุณภาพดีที่สุด น้ำกลั่นบริสุทธิ์ (Pure Distilled Water) น้ำที่ปราศจากไอออน (De-Ionized Water) น้ำที่ปราศจากแร่ (De-Mineralized Water) ก็จะให้คุณภาพที่ดีเช่นกัน แต่ไม่ดีเท่าชนิดแรก หรืออาจใช้น้ำชนิดเดียวกันกับที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมีชนิด IV (Type IV Reagent

เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ซึ่งจะต้องคำนึงถึงความลึกของการจุ่มด้วย เพื่อหลีกเลี่ยงความคลาดเคลื่อนต่างๆ ที่เกิดขึ้น อ่างควรจะมีขนาดใหญ่พอเพียงกับจำนวนของเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ ขนาดของมันไม่มีผลต่ออุณหภูมิที่สภาพสมดุลระหว่างน้ำและน้ำแข็ง ใ้สำหรับการใช้งานปกติ เส้นผ่าศูนย์กลางของอ่างควรมีขนาดอย่างน้อย 70 มิลลิเมตร และลึกอย่างน้อย 300 มิลลิเมตร

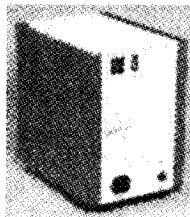
เนื่องจากน้ำที่เติมลงไปในอ่างซึ่งรวมกับน้ำที่เกิดจากการละลายของน้ำแข็ง ส่วนใหญ่จะอยู่ที่บริเวณก้นอ่าง น้ำซึ่งมีความหนาแน่นมากจะทำให้อุณหภูมิที่บริเวณก้นอ่างสูงกว่าบริเวณตอนบน มีผลทำให้อุณหภูมิภายในอ่างไม่สม่ำเสมอ เพื่อแก้ไขปัญหานี้จึงมีการออกแบบอ่างจุน้ำแข็งให้มีเครื่องกวน (Stirrer) หรือเครื่องปั่น (Agitator) ที่หมุนอย่างช้าๆ ซึ่งจะทำให้เกิดการไหลเวียนของน้ำ มีผลทำให้อุณหภูมิมั่วเสมอมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังช่วยเติมอากาศให้กับน้ำอีกด้วย (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 อ่างจุน้ำแข็งแบบมีเครื่องกวน

Water) ที่เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ASTM D 1193 (ASTM = American Society for Testing and Materials) ก็ได้ แต่ถ้าหาไม่ได้ก็อาจใช้น้ำกรอง RO (Reverse Osmosis) แต่คุณภาพของจุน้ำแข็งก็จะลดลงไปด้วย สำหรับน้ำก๊อก (Tap Water) หรือน้ำประปา ไม่แนะนำให้ใช้ เนื่องจากคุณภาพของน้ำจากแหล่งต่างๆ มีความแตกต่างกันมาก น้ำจะทำหน้าที่เป็นตัวกลางที่ดีทางอุณหภูมิซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญมาก ถ้าใช้น้ำที่มีคุณภาพไม่ดีพอ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจะสูงมาก

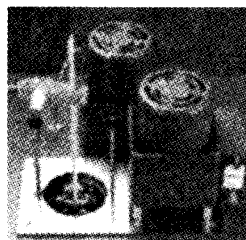
น้ำแข็งบริสุทธิ์ (Pure Ice) ให้ใช้น้ำบริสุทธิ์ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นสำหรับทำน้ำแข็ง น้ำแข็งที่ดีจะมีลักษณะใสซึ่งแสดงถึงความบริสุทธิ์ของน้ำที่ใช้ทำ แต่ถ้ามีสีขาวขุ่นก็แสดงว่าน้ำแข็งนั้นไม่บริสุทธิ์อาจมีสิ่งเจือปน น้ำแข็งที่ใช้ควรมีลักษณะละเอียดและมีขนาดสม่ำเสมอ คล้ายหิมะ ซึ่งอาจใช้เครื่องไสที่เรียกว่า Mechanical Ice Shaver หรือ Grinder น้ำแข็งที่ได้จะเรียกว่า น้ำแข็งไส (Shaved Ice) หรืออาจใช้วิธีการบด (Crushing) แต่ขนาดของน้ำแข็งไม่ควรเกิน 2 ถึง 3 มิลลิเมตร น้ำแข็งที่ได้จะเรียกว่า น้ำแข็งบด (Crushed Ice) แต่ถ้าต้องการความสะอาดก็อาจใช้เครื่องทำน้ำแข็งเกล็ด (Flake Ice Machine) สำเร็จรูปที่มีขายกันทั่วไป แต่ราคาค่อนข้างแพงมาก เนื่องจากน้ำแข็งที่ได้มาจากการไสหรือการบดส่วนใหญ่จะมีความเค็มในเม็ดน้ำแข็งสูงมาก ทำให้การเข้าสู่สภาพสมดุลทางอุณหภูมิต้องใช้เวลานาน ในกรณีที่ต้องการจุดน้ำแข็งที่ตีมาก อาจเก็บน้ำแข็งไว้ก่อนเป็นเวลา 1 วันก่อนนำไปใช้งาน เพื่อลดความเค็มให้น้อยลง จุดน้ำแข็งที่ได้จะมีคุณภาพมากขึ้น



รูปที่ 6 อ่างจุดน้ำแข็งแบบของเหลว



รูปที่ 7 อ่างจุดน้ำแข็งแบบแห้ง



รูปที่ 8 อ่างควบคุมอุณหภูมิแบบของเหลว

ท่อสำหรับกาลักน้ำ (Siphon Tube) เนื่องจากน้ำแข็งที่ละลายจะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่บริเวณกันอ่าง อุณหภูมิอาจสูงถึง 4°C ดังนั้นจึงต้องใช้ท่อสำหรับกาลักน้ำดูดน้ำส่วนเกินทิ้งไป และต้องเติมน้ำแข็งเพิ่มลงไปเป็นระยะๆ เพื่อรักษาระดับของน้ำแข็งและอุณหภูมิให้คงที่ตลอดการใช้งาน

สำหรับผู้ที่ไม่ต้องการความยุ่งยากในการเตรียม เราอาจใช้อ่างจุดน้ำแข็งแบบไฟฟ้าที่เรียกว่า Thermo-electrically-Operated Ice Point Devices ซึ่งใช้อุปกรณ์โซลิดสเตต (Solid-State Cooler) ในการทำความเย็น มีให้เลือกทั้งแบบของเหลว (รูปที่ 6) และแบบแห้ง (รูปที่ 7) ที่นิยมใช้กับจุดต่ออ้างอิง (Reference Junction) ของเทอร์โมคัปเปิล แต่เครื่องมือประเภทนี้ไม่เหมาะกับเทอร์โมมิเตอร์แบบของเหลวในแก้ว และนอกจากนี้เรายังสามารถใช้อ่างควบคุมอุณหภูมิแบบของเหลวที่เรียกว่า Stirred Liquid Bath (รูปที่ 8) ก็ได้แต่เครื่องมือจะมีราคาแพงกว่า ทั้งนี้เราสามารถทดสอบเทียบเทอร์โมมิเตอร์ชนิดต่างๆ ได้ด้วย



อ่างจุดน้ำแข็งที่ใช้ในห้องปฏิบัติการสอบเทียบ
อุณหภูมิ กลุ่มสอบเทียบเครื่องมือวัดวิเคราะห์ ทดสอบ
กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการนั้น มี
อยู่ด้วยกันหลายชนิด ขึ้นอยู่กับชนิดและความเหมาะสม
ของเทอร์มิเตอร์ที่ต้องการนำมาวัด

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นจะเห็นได้ว่า การเตรียม

จุดน้ำแข็งเพื่อใช้เป็นอุณหภูมิอ้างอิงและเพื่อการทวนสอบ
อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ จะต้องใช้ทั้งความรู้ ทักษะ และ
ประสบการณ์ จึงจะประสบผลสำเร็จ และถึงแม้ว่าโลกของ
เราจะมี ความเจริญก้าวหน้าเพียงใดก็ตาม จุดน้ำแข็งก็
ยังคงเป็นแหล่งกำเนิดอุณหภูมิอ้างอิงที่มีความสำคัญ
ตราบนานเท่าที่โลกนี้ยังคงต้องการวัดอุณหภูมิ



เอกสารอ้างอิง

- American Society for Testing and Materials. Standard practice for preparation and use of an ice-point bath as a reference temperature. In **Annual book of ASTM standards: vol 14.03 : E 563-97**. 1999. p.1-3.
- Cole-Parmer Instrument. **Cole-Parmer** 2001/02. Vernon Hills, IL : Cole-Parmer Instrument. 2000. p.265.
- CSIRO Telecommunications and Industrial Physics, National Measurement Laboratory, **Resistance and liquid-in-glass thermometry**. Edited by Robin E Bentley, [n.d.] : Springer-Verlag, 1998. (Handbook of temperature measurement, Vol 2.). p.148-150.
- Hart Scientific Inc. **Hart scientific temperature calibration equipment 2001-2002**. American Fork, Utah : Hart Scientific. [n.d.]. p.112.
- Heto-Holten A/S. **Heto calibration baths in systems**. Denmark. [n.d.]. p.8.
- Isothermal Technology Ltd. **ISOTECH: Reference manual for temperature products and services**. 2nd ed. Southport, Merseyside : Isothermal Technology, [n.d.]. p.11/136.
- Mangum, B.W. **Reproducibility of the temperature of the ice point in routine measurements**. Washington : U.S. Government Printing Office, 1995. 24p. (NIST technical note 1411).
- Nicholas, JV., and White, DR. **Traceable temperature : an introduction to temperature measurement and calibration**. New York : Wiley, 1994. (Wiley series in measurement science and technology). p.91-94.
- Rosemount Inc. **Instruction manual constant temperature ice bath model 911A**. rev. 3rd ed. Minneapolis : Rosemount, 1984. (Instruction manual 107728C, REV. A). 11p.





กรมวิทยาศาสตร์บริการจัดงาน “เปิดโลกความรู้ ก้าวสู่
กรมวิทยาศาสตร์บริการ” โดยเปิดห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์
ห้องสมุด มุมนักวิทยาศาสตร์มือใหม่ ให้แก่ หน่วยราชการ
บริษัท โรงงาน นักเรียน นักศึกษาและผู้สนใจเข้าเยี่ยมชม
ระหว่างวันที่ 20-22 สิงหาคม 2545

สถิติแสดงจำนวนตัวอย่างและรายการ
วิเคราะห์ทดสอบวัตถุตัวอย่าง
เดือนพฤษภาคม - สิงหาคม 2545

■ จำนวนตัวอย่าง
■ จำนวนรายการ



อัตราส่วน 1 : 1000