วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ

ISSN 7684-7543
ปีที่ 43 ฉบับที่ 138 พฤษภาคม 2538

สุขใจ ใจกาวุฒนา ๑

สิทธิ์ เปนนฤทธิ์ในใจใน ๑

สมเกียรติ ศุภวไชยกุล

เจ้าของ
กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์
เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม
ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี
กรุงเทพฯ 10400
โทร. 245-5523

ที่ปรึกษา
นายรัตนะ พุ่มเล็ก
นางรวงทอง พันพาไพร
ดร.อนามัย สิงหะพันธุ

บรรณาธิการ
ดร.สุจินดา โชติพานิช

กองบรรณาธิการ
สุจินต์ ศรีคงศรี
เรณู ตามไท
วราภรณ์ วรเศวต
ธิดา เกิดกำไร
อำนวยพร ฤทธิจันทร์
สุดาวดี เสริมนอก
ธารทิพย์ เกิดในมงคล

ศิลปกรรม
วิเวก อรุณรัตน์

ฝ่ายภาพ
วิไลวรรณ สะตะมณี

สารบัญ

3
สีธรรมชาติ
นวพร โรจนนาค : กองการวิจัย

7
สาระน่ารู้เกี่ยวกับกระดาษทราย
วนิดา ชุลิกาวิทย์ : กองเคมี

10
หลักประกันคุณภาพผลวิเคราะห์ทดสอบในห้องปฏิบัติการ
อัจฉรา พุ่มฉัตร : กองการศึกษาเคมีปฏิบัติ

15
เทคนิคการตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกด้วยสีบนเคลือบโดยวิธีแอร์บรัช
ภานุพงศ์ หลาบขาว : กองการวิจัย

21
ดรรชนีหัวเรื่อง
ดาเรศ บรรเทิงจิตร : กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

24
สังกะสี
ทรงศักดิ์ ลิ่มไพบูลย์ : กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

26
การตรวจสอบคุณภาพของน้ำดื่มมาตรฐาน
ดุษฎี มั่นความดี : กองเคมี

32
อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก
สรรค์ จิตรใคร่ครวญ : กองฟิสิกส์และวิศวกรรม

วารสารรายสี่เดือน
กำหนดออกปีละ 3 ฉบับ
มกราคม
พฤษภาคม
กันยายน

สีธรรมชาติ

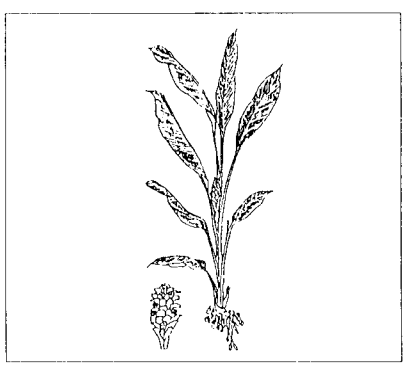
นวพร โรจนนาค

มนุษย์ในสมัยโบราณใช้สีธรรมชาติในการย้อมผ้าและแต่งสีอาหารและยา สีธรรมชาติส่วนใหญ่ได้มาจากพืช ได้แก่ เปลือกไม้ ใบไม้ ลูกไม้ ดอกไม้และรากไม้ นอกจากนี้ยังได้มาจากสัตว์และแร่ธาตุต่าง ๆ ส่วนสีสังเคราะห์เริ่มมีใช้เป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2399 แม้สีธรรมชาติจะมีสมบัติด้อยกว่าสีสังเคราะห์ กล่าวคือ สีตกได้ง่าย ไม่คงทนต่อการซักฟอกและตากแดด แต่ก็มีส่วนดีที่ไม่เป็นอันตรายและสีไม่ฉูดฉาด ทั้งยังมีสีเย็นตากว่าสีสังเคราะห์อีกด้วย สีธรรมชาติที่ใช้ในการแต่งสีอาหารและยาและเป็นสีย้อมมีดังนี้

สีธรรมชาติสำหรับแต่งสีอาหารและยา

สีเหลือง

ขมิ้นชัน ใช้ส่วนที่เป็นเหง้าอยู่ใต้ดิน มีสารที่สำคัญ คือเคอร์คิวมิน (curcumin) อยู่ประมาณร้อยละ 5 เป็นสารสีเหลืองปนส้ม ใช้แต่งสีแกง ข้าวหมกไก่ หรือข้าวเหนียว

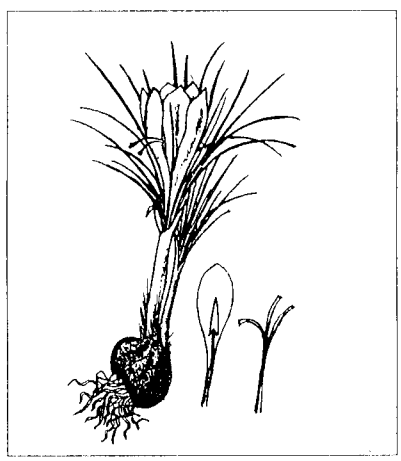


ดอกโสน ใช้ดอกที่โตเต็มที่กำลังจะบาน ในดอกโสนจะมีสารพวกแคโรทีนอยด์ (carotenoid) เป็นสารสีเหลืองใช้แต่งสีขนมขี้หนู ขนมบัวลอย

ลูกพุด ใช้เมล็ดข้างในผลซึ่งมีสารที่ให้สีเหลือง คือ โครซิน (crocin) ใช้แต่งสีเต้าหู้เหลือง

ดอกกรรณิการ์ ใช้ส่วนของดอกที่เป็นหลอดสีส้ม ในสมัยก่อนใช้ย้อมจีวรพระ มีสารพวกแคโรทีนอยด์ใช้แต่งสีขนมน้ำดอกไม้

หญ้าฝรั่น ใช้ส่วนตอนบนของเกษรตัวเมียของดอกหญ้าฝรั่น สารที่ให้สีคือ โครซิน ซึ่งเป็นสารตัวเดียวกับที่มีในเมล็ดของลูกพุด ใช้ทำยานัตถุ์ น้ำยาอุทัย

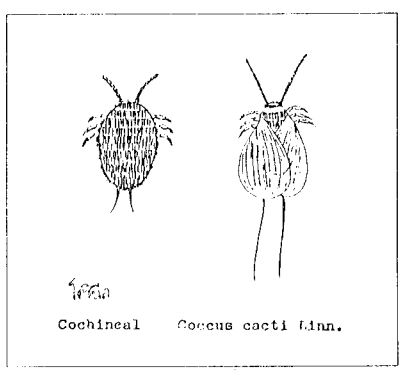


ดอกคำฝอย ใช้ส่วนที่เป็นดอกเล็ก ๆ มีสีแดงเข้ม สารที่ให้สีเหลืองคือ แซฟฟลอเวอร์เยลโล (safflower yellow)และมีสารสีแดง ชื่อ คาร์ทามีน (carthamin) เป็นสารพวกฟลาโวนอยด์ (flavonoid) นอกจากนี้ยังมีฟักทอง ดาวเรือง หัวแครอทและพริก เป็นต้น

สีแดง

ครั่ง (lac) เป็นแมลงตัวเล็ก ๆ อาศัยอยู่ตามต้นไม้ใหญ่ เช่น ก้ามปู โพธิ์ ทองกวาว สารสีแดงได้จากครั่งคือ กรด laccaic สีที่ได้นี้หากอยู่ในสภาวะกรดจะได้สีส้ม ถ้าอยู่ในสภาวะเบสจะให้สีแดงอมม่วงคล้ายสีเปลือกมังคุด

โคชินีล (cochineal) เป็นแมลงชนิดหนึ่งคล้ายตัวเต่าทอง อาศัยอยู่บนต้นกระบองเพชรชนิดหนึ่ง มีสารที่ให้สี คือ คาร์มีน ใช้แต่งสียา



ข้าวแดงเมืองจีน สีที่ได้เป็นสีที่เกิดจากราซึ่งขึ้นบนเมล็ดข้าว ทำให้เมล็ดข้าวเป็นสีแดงเข้ม สีแดงนี้เป็นสารพวก pyrone นิยมใช้แต่งสีเต้าหู้ยี้

มะเขือเทศสุก ใช้ผลมะเขือเทศที่แดงสุก สีในผลมะเขือเทศเป็นสารพวกแคโรทีนอยด์มีชื่อว่า lycopene นิยมใช้แต่งสี

อาหารคาว

กระเจี๊ยบ ใช้ส่วนที่เป็นดอก สีของกลีบดอกเป็นพวกแอนโทไซยานิน มีสารสำคัญคือ เดลฟินิดิน-3-แซมบิวโอไซด์ และ ไซยานิดิน-3-แซมบิวบิโอไซด์ สารทั้งสองตัวนี้รวมกันจะได้สีแดงใช้ทำเครื่องดื่มและแยม

พริกแดง ใช้พริกชี้ฟ้าที่สุกแดง สีจากพริกเป็นสารพวกแคโรทีนอยด์มีชื่อว่า capsanthin ใช้แต่งสีอาหารคาว ใช้ทำซอสพริก

หัวผักกาดแดง ใช้ส่วนหัวที่อยู่ใต้ดินซึ่งมีสีแดงเข้ม เป็นพวกแอนโทไซยานิน มีสารสำคัญคือบีทาเลอีน (betalaine) ซึ่งมีทั้งสารสีแดงและสีเหลืองรวมอยู่ด้วยกัน ใช้แต่งสีขนมบัวลอย ขนมน้ำดอกไม้ ไส้กรอกบด เนื้อบด

คำแสด ใช้ส่วนของเมล็ดในของผลคำแสด มีสารที่ให้สีแดง คือ annatto และมีสารสีส้มคือ bixin สมัยโบราณใช้ทาแก้มเรียกว่า "ชาด" นิยมใช้แต่งสีขนม เช่น ทองหยิบ ฝอยทอง ไอศกรีม เนย น้ำมัน นอกจากนี้ยังใช้ย้อมผ้า

ได้ทั้งผ้าฝ้ายและผ้าไหม

ฝาง เป็นไม้ต้นขนาดเล็กชนิดหนึ่งที่ใช้ส่วนของแก่นมาแช่น้ำจะได้สีชมพูเข้ม ใช้แต่งสีน้ำยาอุทัย สารสำคัญที่ให้สีคือ brazilin

แอลคาเนต ใช้ส่วนที่เป็นราก นำมาตากแห้ง ในรากของพืชชนิดนี้มีสารที่ให้สีแดงคือกรด alkanic และกรด anchusic สีที่ได้มักใช้แต่งสียาที่เป็นพวกน้ำมันและขี้ผึ้ง

คำป่า ส่วนที่ให้สีคือขนของผล สารสำคัญที่ให้สีเป็นพวกเรซิน ชื่อว่า rottlerin และ isorottlerin สีที่ได้ใช้แต่งสียา

สีม่วง

ดอกอัญชัน ใช้ดอกอัญชันสดสีน้ำเงินซึ่งมีสารพวกแอนโทไซยานิน สีที่ได้จากดอกอัญชันเป็นสีน้ำเงิน เมื่อใส่น้ำมะนาวลงไปเล็กน้อยจะได้สีม่วง ใช้แต่งสีขนมเรไร ขนมน้ำดอกไม้ ขนมขี้หนู

โคชินีล เป็นแมลงชนิดหนึ่งที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น ใช้เฉพาะตัวเมียที่กำลังมีลูกอ่อนอยู่ในท้อง สารสำคัญที่ให้สีคือ คาร์มีน

คัดแบร์ เป็นพืชชั้นต่ำ มักขึ้นอยู่ตามซอกหิน ต้นมีขนาดเล็ก ใช้ต้นพืชที่ตากแห้งนำมาบดแล้วหมักในน้ำยาแอมโมเนียประมาณ 1 สัปดาห์ นำน้ำข้น ๆ ไปทำให้แห้งแล้วบดละเอียดจะได้ผลสีม่วง เมื่อละลายในน้ำหรือแอลกอฮอล์จะได้สีแดงเข้ม ถ้าอยู่ในสภาวะที่เป็นกรดจะให้สีชมพู สารสำคัญที่มีสี คือ erythrolitmin เป็นผลึกสีแดง และสารที่ให้สีน้ำตาลแดงคือ azolitmin ใช้แต่งสียาและใช้ในทางศิลปกรรม นอกจากนี้ยังมีข้าวเหนียวดำ ถั่วดำ ลูกผักปลังสุก มันเลือดนก ซึ่งมีสารที่ให้สีม่วงคือ แอนโทไซยานิน ส่วนใหญ่นิยมใช้แต่งสีอาหาร

สีดำ ได้จากถ่านกาบมะพร้าวและดอกดิน โดยสารที่ให้สีคือ aucubin นอกจากนี้ยังได้จากถั่วดำ ซึ่งสีจากเปลือกของถั่วดำเป็นสารพวกแอนโทไซยานินใช้แต่งสีขนมต่างๆ

สีเขียว

ใบเตยหอม ใช้ใบที่ค่อนข้างแก่และสดจะให้สีเขียวและมีกลิ่นหอม ใช้แต่งสีขนมลอดช่อง วุ้นกะทิ ขนมเปียกปูน น้ำเก็กฮวย ข้าวมัน

ใบย่านาง ใช้ส่วนใบของเถานำมาโขลกเติมน้ำเล็กน้อยแล้วกรองออกได้สีเขียว ใช้แต่งสีอาหารคาว นอกจากนี้ยังมี ใบพริก ใบมะตูม ที่ให้สีเขียวเช่นเดียวกัน

สีธรรมชาติที่ใช้เป็นสีย้อม

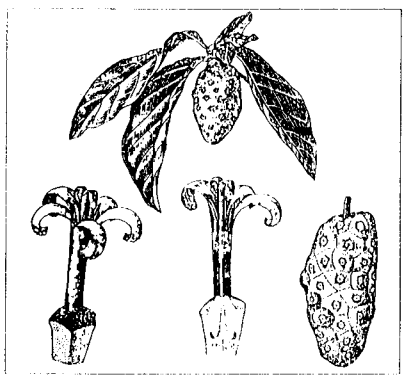
สีเหลือง ส่วนใหญ่ใช้ย้อมจีวรพระ จะไม่ใช้สีสังเคราะห์ย้อมเพราะให้สีเหลืองสดเกินไป เปลือกหอมหัวใหญ่และเปลือกต้นโอค มีสารสำคัญที่ให้สีเหลืองคือ quercetin ซึ่งอยู่ในกลุ่มของฟลาโวนอล

แก่นแกแล แก่นขนุนและหม่อน พืชทั้งสามชนิดนี้มีสารที่ให้สีเหลืองคือ morin นอกจากนี้ยังมี เสนียด รงทองและสุพรรณิการ์ ที่ให้สีเหลืองเช่นเดียวกัน

สีส้ม

รากยอ ส่วนที่ใช้ก็คือ เปลือกรากและราก ส่วนที่เป็นเปลือกรากจะให้สีแดง เนื้อของรากให้สีเหลือง ถ้าใช้ทั้งรากให้สีส้ม ใช้ย้อมผ้าไหมและไหม

พรม ถ้าเติมพวกเกลือของโลหะบางชนิดลงไป จะทำให้ได้สีแตกต่างกันและช่วยให้สีติดคงทนขึ้น



ดอกกรรณิการ์ ส่วนที่ใช้คือส่วนของดอกที่เป็นหลอดสีส้ม นิยมใช้ย้อมผ้าไหมและจีวรพระ

ดอกคำฝอย ลักษณะคล้ายดอกบานชื่น มีดอกย่อยสีแดงส้ม ใช้ส่วนที่เป็นดอกย้อมผ้าไหม สารที่ให้สีแดง คือ คาร์ทามีน ส่วนสารที่ให้สีเหลือง คือ แซฟฟลอเวอร์-เยลโลว์ ซึ่งใช้แต่งสีอาหารได้

สีแดง

ฝาง เป็นไม้พุ่มแกมเถา ต้นมีหนาม ใช้ส่วนที่เป็นแก่น มีสารที่ให้สีคือ brazilin

ประดู่บ้าน เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ ดอกเป็นช่อสีเหลือง ใช้ส่วนของแก่นซึ่งมีสีแดงคล้ำมาย้อมผ้า สารที่ให้สีจากไม้ประดู่ คือ narrin ซึ่งไม่ละลายน้ำ นอกจากนี้ยังมีครั่ง คำแสด ที่ให้สีแดงเช่นเดียวกัน

สีดำ

มะเกลือ ส่วนที่ใช้คือ ผลที่โตเต็มที่ ในผลมีสารสำคัญคือ diospirol ซึ่งเมื่อถูกออกซิไดส์จะเปลี่ยนเป็นสีดำในการย้อมผ้าอาจใช้ร่วมกับกระเม็ง โดยใช้กระเม็งทั้งต้นตำรวมกับผลมะเกลือ จะทำให้ผ้าที่ย้อมมีคุณภาพดีขึ้น

สมอไทย ในผลและเปลือกต้นจะสารพวก pyrogallol ซึ่งให้สีดำ นิยมใช้ย้อมแห อวน และทำน้ำหมึก

สีน้ำเงิน

คราม เป็นไม้ล้มลุกมีดอกเป็นช่อสีม่วง ใช้ทั้งต้นให้สีคราม (indigo) มีสารสีน้ำเงิน คือ indigotin หรือ indigo-blue หากใช้ร่วมกับเปลือกต้นมะพูด จะให้สีน้ำตาลใช้เป็นสีย้อมเสื่อในชวา

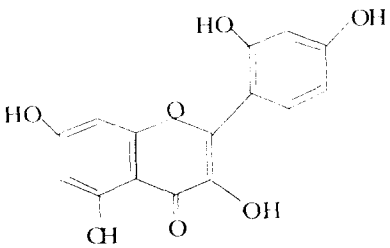
ฮ่อม ใช้ทั้งต้น นำมาย้อมผ้าที่เรียกว่า ผ้าม่อฮ่อม

สีน้ำตาล ได้จากเปลือกต้นมะพูดรวมกับต้นคราม เปลือกของผลทับทิมกับขมิ้นหรือกับคราม ผลหรือเปลือกของต้นตะโก นอกจากนี้ยังได้จากเปลือกโกงกาง และเปลือกเคี่ยม นิยมใช้ย้อมแห อวน

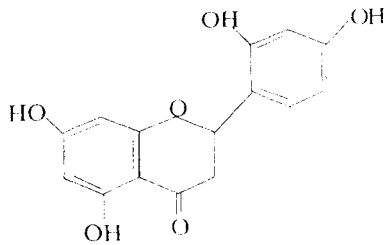
สีเขียว ได้จากเปลือกผลทับทิม เปลือกต้นมะพูด ใบหูกวาง แก่นแกแลรวมกับต้นคราม และใบส้มป่อยกับขมิ้น โดยใช้ใบ 2 ส่วนต่อผงขมิ้น 1 ส่วน ส่วนสีเขียวขี้ม้าจะได้จากผลสมอพิเภก

ตัวอย่างสารที่ให้สีของพืช

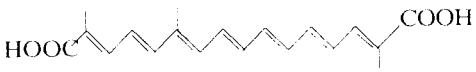
สารที่ให้สีเหลือง



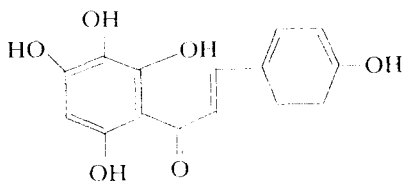
Morin



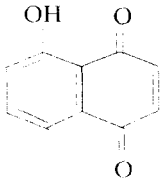
Guercetin



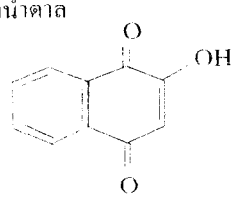
Crocetin



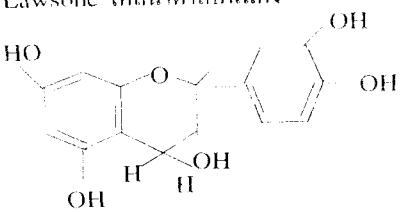
Carthamin



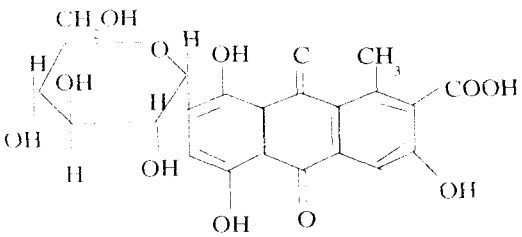
Juglone เป็นพวก naphthoquinone ให้สีเขียวถึงน้ำตาล



Lawsone ให้สีน้ำตาลปนแดง

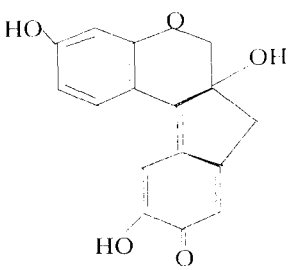


Catechin ให้สีน้ำตาลปนดำ

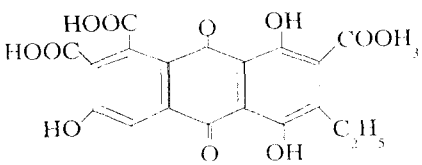


Caxminic acid ให้สีม่วง

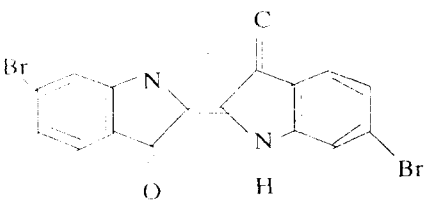
สารที่ใช้สีแดง



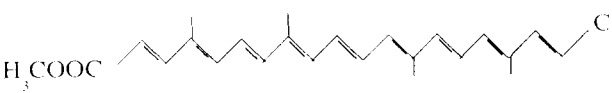
Brazilin



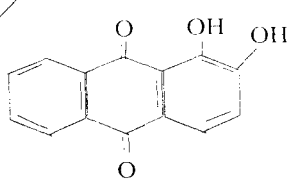
Laccaic acid



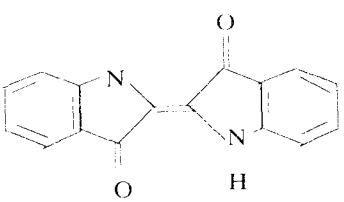
Tyrian purple ให้สีม่วงแดง



Bixin



Alizarin



Indigo ให้สีน้ำเงิน

เอกสารอ้างอิง

เทียนศักดิ์ เมฆพรรณโอภาส. สารให้สีของพืช. **วารสารวิทยาศาสตร์.** มีนาคม - เมษายน. 2536. ปีที่ 47. ฉบับที่ 2. หน้า 118 - 124.

พยอม ตันติวัฒน์. สีย้อมธรรมชาติ. **วารสารวิทยาศาสตร์.** พฤศจิกายน. 2524. ปีที่ 35. ฉบับที่ 11. หน้า 795 - 802.

พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ. **สีธรรมชาติและสีสังเคราะห์.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: สวิตาการพิมพ์. 2525. หน้า 21 - 55.

ส่งเสริมอุตสาหกรรม. กรม. ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมภาคเหนือ. สีย้อมธรรมชาติ. **จดหมายข่าว.** กรกฎาคม. 2528. ฉบับที่ 7. หน้า 4 - 5.

สาระน่ารู้เกี่ยวกับกระดาษทราย

วนิดา ชุลิกาวิทย์

ทุกวันนี้วัตถุจำพวกไม้ โลหะ ที่ทำเฟอร์นิเจอร์ อุปกรณ์เครื่องใช้ในบ้าน สำนักงาน ของเด็กเล่น เครื่องจักร ยานพาหนะต่าง ๆ ล้วนเงางามผิวเรียบไม่ขรุขระ น่าใช้กว่าในอดีต สิ่งที่มีส่วนช่วยทำความสะอาด ขัดลอกสีเก่า สนิมหรือลบรอยขรุขระ แต่งเหลี่ยมคมให้เรียบเป็นเงาก่อนทาสีหรือเคลือบผิวคือ "สารขัดถู" มนุษย์รู้จักใช้สารขัดถูมานานแล้ว โดยนำกรวด ทราย หรือหินที่มีความแข็ง ความคมมาขัดผิวเครื่องมือ เครื่องใช้ให้สะอาด มันวาว และลับอาวุธจำพวกมีด หอก ดาบให้แหลมคมขึ้น จากหลักฐานบางประการปรากฏว่าในสมัยที่ชาวอังกฤษออกล่าอาณานิคม ลูกเรือใช้แร่เอเมอรี่ซึ่งเป็นที่รู้จักกันในชื่อ หินชาเมียร์ (Shamir) ลอกเอาเมือกและเพรียงออกจากลำเรือและดาดฟ้าเรือ นอกจากนั้นยังใช้แร่ชนิดนี้ขัดพื้นและสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ในโบสถ์ของพระเจ้าซาโลมอนโดยขุดหินหรือแร่แล้วนำมาใช้งานในสภาพนั้น ๆ เลย ต่อมาได้ดัดแปลงนำสารขัดถูจำพวกทรายมาโรยบนกระดาษ เพื่อความสะดวกในการขัดถูเครื่องมือ เครื่องใช้ต่าง ๆ และตั้งชื่อวัสดุหรือผลิตภัณฑ์นั้นว่ากระดาษทราย แม้ต่อมามีการดัดแปลงผลิตภัณฑ์ขัดถูให้มีประสิทธิภาพการใช้งานดีขึ้นโดยนำวัสดุพื้นและ/หรือสารขัดถูชนิดอื่นที่มีประสิทธิภาพสูงมาใช้ ทั้งยังปรับปรุงรูปร่างลักษณะของสารขัดถูให้ส่วนที่มีความคมหรือมีเหลี่ยมสัมผัสกับผิวชิ้นงานที่ต้องการขัดถูมากที่สุด แต่คนทั่วไปก็ยังคงเรียกผลิตภัณฑ์ดังกล่าวว่า กระดาษทรายเช่นเดิม

กระดาษทราย แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ สารขัดถู (abrasive) กาวหรือสารยึดติด (adhesive) และวัสดุพื้น (backing material)

1. สารขัดถู เป็นส่วนสำคัญของกระดาษทราย เพราะถ้าเลือกใช้ผิดประเภทหรือผิดขนาด จะทำให้ประสิทธิภาพของการขัดถูน้อยลง ทำให้สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่าย เช่น ถ้าใช้สารขัดถูที่มีอำนาจการขัดถูต่ำ ชิ้นงานก็ไม่เรียบ ไม่สะอาด ในทางกลับกันถ้างานบางชนิดขัดถูง่าย แต่ใช้สารขัดถูที่ดีเกินไปจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น สารขัดถูที่ดีต้องสามารถทำให้ผิวของวัตถุหรือชิ้นงานเรียบ สะอาด เงางาม แวววาว ดังนั้นการกำหนดสมบัติของสารขัดถูต้องดูจากความแข็ง ความคม ความหนาแน่นสัมพัทธ์ รูพรุน ความต้านทานการแตกภายใต้ความเค้นเฉือน (shear stress) ของการขัด ขนาด และ รูปร่างของเม็ดสารขัดถู

สารขัดถูที่ใช้ทำกระดาษทรายได้แก่

– อะลูมิเนียมออกไซด์ ซึ่งได้จากธรรมชาติหรือสังเคราะห์ขึ้น ส่วนใหญ่ได้จากแร่คอรันดัม แร่นี้มีปริมาณอะลูมิเนียมออกไซด์สูง ประมาณร้อยละ 92 ขึ้นไป ส่วนที่เหลือเป็นเหล็กออกไซด์และซิลิคอนไดออกไซด์ มีความแข็งอันดับที่ 9 รองจากเพชร ถ้าบริสุทธิ์มาก ๆ จะไม่มีสี โปร่งใส แต่ถ้ามีสารปนเปื้อนอยู่จะทำให้เกิดสีต่าง ๆ ได้ แร่ชนิดนี้มีความหนาแน่นสัมพัทธ์ 3.9-4.1 สารขัดถูประเภทนี้มีความแข็งมาก เหมาะกับการขัดถูวัสดุที่ขัดได้ยาก เช่น ขัดพวกโลหะต่าง ๆ ได้แก่ เหล็ก เหล็กไร้สนิม ทองเหลือง ฯลฯ นอกจากนี้พวกหินเจียรต่าง ๆ สายพานที่ขัดอย่างต่อเนื่องโดยใช้มอเตอร์หมุน และเครื่องขัดพื้นที่เป็นรูปแผ่นกลม ก็ใช้อะลูมิเนียมออกไซด์เป็นสารขัดถูด้วย

– ซิลิคอนคาร์ไบด์ เป็นสารขัดถูที่มีความแข็งและคมมาก เหมาะกับงานที่ต้องการความสะอาดสูง และรวดเร็วมาก ใช้กันอย่างแพร่หลายในการทำความสะอาด ขัดถู ขัดเงาพวกพลาสติค แก้ว ไม้ หนัง และสารเคลือบผิว รวมทั้งการขัดผิวขัดสนิมตัวถังรถยนต์ก่อนพ่นสี ซิลิคอนคาร์ไบด์นำมาทำกระดาษทราย และกระดาษทรายน้ำได้ แต่ถ้าเป็นกระดาษทรายน้ำวัสดุพื้นและสารติดยึดต้องทนน้ำได้เป็นอย่างดี

– เอเมอรี่ (amery) เป็นแร่ที่มีคอรันดัม (corundum) ผสมกับเหล็กออกไซด์ มีสารปนเปื้อนต่าง ๆ เช่น แมกนีเซียม (magnesia) และซิลิคอน

ไดออกไซด์ มีความแข็งอันดับที่ 8 ความหนาแน่นสัมพัทธ์ประมาณ 4 มีสมบัติเป็นสารแม่เหล็ก แร่เอเมอรี่ นอกจากทำกระดาษทราย ผ้าทรายแล้ว ยังทำหินเจียร ทำโม่สำหรับสีข้าว และยังใช้ขัดเครื่องมือ เครื่องใช้ที่ทำด้วยโลหะได้อีกด้วย

– การ์เนต (garnet) เป็นแร่ที่มีซิลิเกต (silicate) เป็นส่วนประกอบหลัก ผลึกเป็นรูปลูกเต๋า (cubic crystal) มีส่วนประกอบทางเคมีต่าง ๆ กัน ซึ่งมีผลทำให้แร่ชนิดนี้มีสีต่าง ๆ การ์เนตที่นำมาทำสารขัดถู คือ almandite ($3FeO.Al_2O_3.3SiO_2$) มีสีแดงถึงน้ำตาล andradite ($3CaO.Fe_2O_3.3SiO_2$) มีสีเขียวเหลือง ถึงดำ และ rhodotite ซึ่งเป็นส่วนผสมของ pyrope ($3MgO.Al_2O_3.3SiO_3$) แดงถึงดำ 2 ส่วน และ almandite 1 ส่วน ทำให้มีสีชมพูถึงแดง สมบัติทางฟิสิกส์จะแตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบทางเคมี มีความหนาแน่นสัมพัทธ์ 3.9-4.2 จุดหลอมเหลวของแร่ชนิดนี้ต่ำประมาณ 1,300°ซ. มีความแข็งตาม Mohr's scale = 6.5-7.5 และแข็งมากกว่าแก้วและควอรตซ์ การ์เนตมีค่าสูงในอุตสาหกรรมกระดาษและผ้าทรายสำหรับงานช่างไม้และเฟอร์นิเจอร์ โดยบดเป็นเม็ดเล็ก ๆ แหลมคมเคลือบลงบนกระดาษหรือผ้า นอกจากนั้นยังใช้ในอุตสาหกรรมหินอ่อน หินชนวนและหินที่มีเนื้ออ่อน โดยกรรมวิธีแบบการพ่น (sand blasting technic)

– ฟลินต์ (flint) เป็นซิลิคอนไดออกไซด์ที่แข็ง มีความหนาแน่นสัมพัทธ์ประมาณ 2.6 ความแข็งตาม Mohr's scale = 7 สารขัดถูชนิดนี้เป็นที่มาของคำว่ากระดาษทราย เพราะสมัยก่อนนิยมนำฟลินต์หรือที่คนส่วนใหญ่เรียกว่า ทราย มาเคลือบบนกระดาษ คนจึงเรียกว่ากระดาษทรายมาจนถึงทุกวันนี้

นอกจากนั้นยังมีพวกควอรตซ์ แก้ว กรวด ทราย อีกด้วย

2. **สารยึดติด** ได้แก่ พวกกาวต่าง ๆ มี 3 ชนิด

– กาวที่ได้จากสัตว์ (glue)

– กาวที่ดัดแปลงมาจากพืชและเรซินจากธรรมชาติ

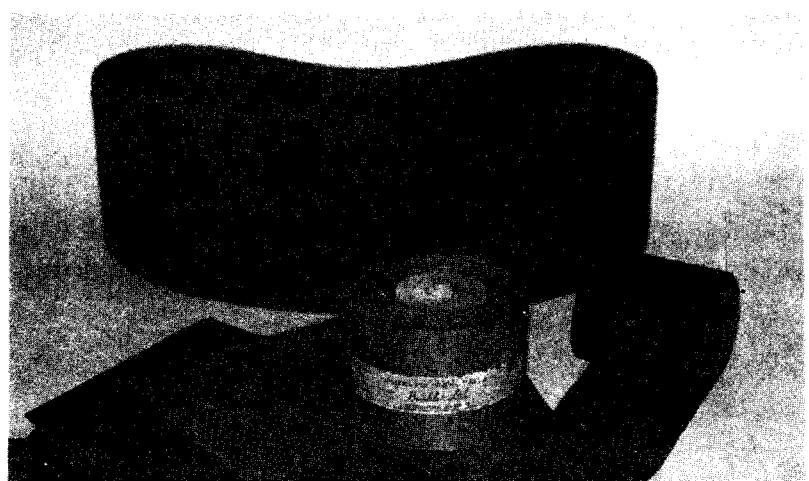
– เรซิน ที่สังเคราะห์ขึ้นรวมทั้งพวกฟีโนลิก และยูเรีย

กาวที่ได้จากสัตว์ใช้ยึดสารขัดถูจำพวกฟลินต์ แก้ว และการ์เนต ใช้สำหรับงานที่มีความร้อน ความชื้น และใช้แรงต่ำ ๆ งานทนความร้อนและเกี่ยวข้องกับน้ำสารยึดติดเป็นพวกเรซินที่ได้จากธรรมชาติ และสังเคราะห์ขึ้น ส่วนงานขัดที่ใช้กระดาษทรายแบบม้วน เป็นงานที่ใช้แรงสูง สารยึดติดควรเป็นเรซินที่สังเคราะห์ขึ้น ดังนั้นการเลือกสารยึดติดมีความสำคัญมาก เช่น งานที่ต้องใช้แรงเสียดสีสูงควรใช้กาวที่มีความเหนียวมากเพื่อยึดสารขัดถูไม่ให้หลุดหล่นออกจากวัสดุพื้นได้ง่าย

3. **วัสดุพื้น** แบ่งเป็น 4 ชนิด คือ กระดาษ ผ้า ยาง และแผ่นวัสดุแข็งที่ซ้อน ๆ กัน ในบรรดาวัสดุพื้นทั้ง 4 ชนิดนั้นนิยมใช้กระดาษมากที่สุดเพราะราคาถูก นำมาผลิตได้ถึงกระดาษทรายแห้งและกระดาษทรายน้ำ ทั้งแบบแผ่นและแบบม้วน แบบม้วนบางชนิดอาจทำเป็นรูปเข็มขัดหรือสายพานหมุนด้วยมอเตอร์ เหมาะกับงานที่ต้องการขัดถูอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ๆ

กรรมวิธีการฉาบหรือเคลือบ (coating) เป็นสารขัดถูให้ติดกับวัสดุหรือกระดาษพื้น ต้องอาศัยสารยึดติดหรือกาวโดยทากาวลงบนกระดาษปากด้วยลูกกลิ้งให้เรียบเพื่อโรยเม็ดสารขัดถู การโรยเม็ดสารขัดถูมี 2 วิธี คือ gravity coating และ eiectrostatic coating ทั้งสองวิธีมีขบวนการและรายละเอียดต่างกัน แต่หลักการที่สำคัญคือ โรยเม็ดสารขัดถูให้ส่วนป้านหรือทู่ติดกับกระดาษพื้นโดยใช้กาวเป็นตัวยึด ให้ส่วนแหลมหรือคมอยู่ด้านบนของกระดาษพื้นเพื่อให้สัมผัสกับชิ้นงานขัดถูได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลิตภัณฑ์กระดาษทรายที่วางขายตามท้องตลาดมี 2 แบบคือ แบบแผ่นและแบบม้วน แต่ละแผ่นหรือม้วนมีเครื่องหมาย สัญลักษณ์แสดงประเภท ชนิด เบอร์หรือขนาดเม็ดสารขัดถู รหัสที่ทำ ชื่อโรงงานหรือผู้ผลิต พิมพ์อย่างชัดเจน ดังรูปที่แสดง



ตัวอักษรที่พิมพ์อยู่บนผลิตภัณฑ์กระดาษทรายมีความหมายต่าง ๆ กัน เช่น

แบบแผ่นมีอักษร AW, CW, DW ส่วนแบบม้วนจะมีอักษร EW อักษรเหล่านี้แทนน้ำหนักของกระดาษพื้นเรียงจากน้ำหนักน้อยไปจนถึงน้ำหนักมากมีหน่วยเป็นกรัมต่อตารางเมตร ส่วนสัญลักษณ์ AA, CC.E, AE, G และ F แทนชนิดของเม็ดสารขัดถูจำพวกอะลูมิเนียมออกไซด์ ซิลิคอนคาร์ไบด์ เอเมอรี่ธรรมชาติ เอเมอรี่สังเคราะห์ และฟลินต์หรือซิลิกาอื่นตามลำดับ ส่วนตัวเลขต่าง ๆ เช่น 180 400 1000 ที่พิมพ์บนกระดาษทรายแทนขนาดของเม็ดสารขัดถู ถ้าเป็นชนิดหยาบมีขนาดไม่เกิน 220 ชนิดละเอียดมีขนาดตั้งแต่ 240 ขึ้นไป และสำหรับกระดาษทรายน้ำ จะมีคำว่า Water Proof เขียนบอกไว้ชัดเจนเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้

กระดาษทรายแต่ละชนิดมีประสิทธิภาพการขัดถูต่างกัน ถ้านำมาใช้กับชิ้นงานที่ผิดประเภทจะไม่ได้รับประโยชน์เท่าที่ควร และอาจเกิดผลเสียหายแก่งานได้ เพราะชิ้นงานบางอย่างต้องการความปราณีตสูง แต่ถ้าใช้กระดาษทรายชนิดหยาบมาขัด จะทำให้เกิดรอยลึก บนพื้นผิวเกินควร ปัจจุบันนี้ประเทศไทยเราเสียดุลการค้าจากการนำเข้าเม็ดสารขัดถูในปีหนึ่ง ๆ เป็นเงินจำนวนมหาศาล ดังนั้นก่อนลงมือทำงานหรือใช้กระดาษทรายควรศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับสมบัติและประสิทธิภาพการใช้งานของผลิตภัณฑ์กระดาษทรายชนิดนั้น ๆ ก่อน เพื่อประหยัดเงินตรา เวลา แรงงาน และลดดุลการค้าในการนำเข้าเม็ดสารขัดถู

เอกสารอ้างอิง

Charlmers, L. Domestic and industrial chemical specialties. London : Leonard Hill, 1966. p. 356-357, 373.

Materials and Technology : a systematic encyclopedia of the technology of materials used in industry and commerce, including food stuffs and fuel ; based upon a work (in Dutch) originally devised by the late J.F. Van oss. Harlow : Longmans, 1968. p. 126-130, 158-160.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระดาษทราย, มอก. 1151-2536. 2536

หลักประกันคุณภาพผลวิเคราะห์ทดสอบในห้องปฏิบัติการ

อัจฉรา พุ่มฉัตร

บทนำ

การดำเนินงานห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบทางวิทยาศาสตร์ เป็นงานบริการทางวิชาการเฉพาะด้าน ผู้บริหารจัดการห้องปฏิบัติการจึงต้องคำนึงถึงคุณภาพของผลงาน และมีความรับผิดชอบต่อผู้ใช้บริการเช่นเดียวกับกิจกรรมการบริการอื่น ๆ ยิ่งกว่านั้นผลงานทางห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ยังมีผลกระทบข้างเคียงอีกหลายประการ ในหลายระดับ ขึ้นกับบทบาทหน้าที่และขีดความสามารถของห้องปฏิบัติการแต่ละแห่ง เช่น มีผลต่อการดูแลสุขภาพอนามัยของประชาชน ต่อระบบการกำกับดูแลคุณภาพสินค้าทั้งภาครัฐและเอกชน คุณภาพของสิ่งแวดล้อม การพัฒนารูปแบบและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การแข่งขันทางเศรษฐกิจในยุคโลกาภิวัฒน์ การพัฒนาด้านอาวุธยุทโธปกรณ์ การพัฒนาด้านการเกษตร การพัฒนาด้านพลังงาน การพัฒนาอุตสาหกรรมโทรคมนาคม การพัฒนาทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ การพัฒนาทางเทคโนโลยีของประเทศ

ปัจจุบันการค้าโลกเริ่มจะเข้าสู่ระบบการแข่งขันอย่างเสรีมากขึ้น ผู้ผลิตสินค้าจำเป็นต้องอาศัยห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ในการตรวจวิเคราะห์ทดสอบเพื่อการควบคุมและการประกันคุณภาพสินค้าให้เป็นที่เชื่อถือและนิยมของผู้ซื้อ นอกจากนี้กฎหมายของประเทศต่าง ๆ ที่กำกับดูแลคุณภาพผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีผลโดยตรงต่อสุขภาพของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ เช่น อาหาร ยา เครื่องสำอาง รวมทั้งเวชภัณฑ์บางชนิด ก็มักกำหนดให้โรงงานผู้ผลิตต้องมีห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อตรวจวิเคราะห์ทดสอบและประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้นลักษณะการดำเนินงานห้องปฏิบัติการจึงขยายออกจากภาครัฐไปสู่ภาคเอกชนอย่างกว้างขวางยิ่งขึ้น

สำหรับการสร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพของห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ทดสอบ องค์กรทางวิชาการและองค์กรด้านมาตรฐานระหว่างประเทศ รวมทั้งองค์กรระดับภูมิภาคและระดับประเทศหลายองค์กรได้พยายามกำหนดเกณฑ์รูปแบบวิธีปฏิบัติ เพื่อเป็นหลักประกันคุณภาพของผลงานทางห้องปฏิบัติการขึ้น เช่น International Organization for Standardization (ISO) กำหนดเกณฑ์มาตรฐาน ISO/IEC GUIDE 25 : General requirements for the competence of calibration and testing laboratories เป็นข้อกำหนดทั่วไปที่จะใช้แสดงความสามารถของห้องปฏิบัติการที่ดำเนินการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือและห้องปฏิบัติการที่ดำเนินการวิเคราะห์ทดสอบ

ส่วน European Oraganization for Testing and Certification (EOTC) ได้จัดทำข้อตกลงในการรับรอง (certify) ด้านระบบคุณภาพ (quality system) ของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบ องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) จัดทำเอกสารเผยแพร่ ด้าน quality assurance in the food control ทั้งด้าน microbiology laboratory และ chemical laboratory นอกจากนี้ AOAC International ยังได้จัดทำเอกสารวิชาการเผยแพร่เกี่ยวกับ Quality Assurance Principles for Analytical Laboratory สหภาพยุโรป จัดทำมาตรฐานที่เรียกว่า

EN Standards (EN 45000 series) เช่น

EN 45001 (1989) General criteria for the operation of testing laboratory,

EN 45002 (1989) General criteria for the assessment of testing laboratory,

EN 45003 (1989) General criteria for the laboratory accreditation bodies,

EN 45011 (1989) general criteria for the certification bodies operating product certification; NKO/STERIN/STERLAB Dutch Accreditation Board for Calibration and Test Laboratories and Inspection Bodies ของประเทศเนเธอร์แลนด์ ได้จัดทำ Common Criteria Edition 1993 ขึ้น เป็นเกณฑ์ในการรับรองความสามารถขององค์กรที่ดำเนินการให้บริการด้านห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบและองค์กรที่ดำเนินงานด้านการตรวจสอบ (laboratories and inspection bodies)

ความจำเป็นที่จะต้องนำหลักประกันคุณภาพมาปรับใช้กับห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบ

ระบบการค้าโลกเสรีในอนาคตจะทำให้แต่ละประเทศมีการแข่งขันด้านคุณภาพสินค้าและบริการสูงขึ้นเป็นลำดับ เพื่อให้ได้มาซึ่งส่วนแบ่งการตลาดที่สูงสุด ห้องปฏิบัติการที่บริการตรวจวิเคราะห์และทดสอบจึงจำเป็นจะต้องมีระบบหลักประกันคุณภาพเพื่อสร้างความเชื่อถือได้ในผลงาน ปัจจัยในการสร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพของผลงานทางห้องปฏิบัติการประกอบด้วยหลักสำคัญ 3 ประการได้แก่ (1) ป้องกันข้อผิดพลาด (2) ตรวจสอบความถูกต้อง และ (3) แก้ไขสิ่งบกพร่อง การดำเนินงานในระบบหลักประกันคุณภาพมีส่วนเกี่ยวข้องกับนโยบาย การบริหารจัดการและหน้าที่ความรับผิดชอบของบุคลากรต่อคุณภาพของผลงานของห้องปฏิบัติการนั้น ๆ โดยที่นโยบายด้านคุณภาพขององค์กรเป็นสิ่งสำคัญที่จะนำไปสู่ความสำเร็จ ผู้บริหารระดับสูงขององค์กรหรือห้องปฏิบัติการ จึงจำเป็นจะต้องกำหนดนโยบายด้านคุณภาพขององค์กรไว้เป็นลายลักษณ์อักษรเพื่อเป็นหลักฐานที่ระบุวัตถุประสงค์และเป็นพันธกรณีที่ทุกคนที่ร่วมงานในองค์กรหรือห้องปฏิบัติการ จะต้องถือปฏิบัติโดยเคร่งครัด

การบริหารจัดการ

ในการบริหารจัดการห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบ ฝ่ายบริหารจะต้องจัดทำโครงสร้างของบุคลากร เพื่อระบุให้แน่ชัดว่าใครเป็นผู้บังคับบัญชาในส่วนใด หากเกิดปัญหาด้านคุณภาพของงาน ผู้ใดจะต้องรายงานใคร โดยมีการระบุอำนาจหน้าที่และความรับผิดชอบของบุคลากรที่กำกับดูแลด้านคุณภาพอย่างชัดเจน ทั้งยังต้องจัดให้มีเอกสารคู่มือด้านคุณภาพและคู่มือปฏิบัติการฉบับปัจจุบันขององค์กรหรือห้องปฏิบัติการนั้น ๆ ไว้เป็นบรรทัดฐานในการดำเนินงานอีกด้วย

องค์กรหรือห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบที่ต้องการสร้างหลักประกันคุณภาพอย่างจริงจัง ควรจัดทำโครงการหลักประกันคุณภาพ โดยให้บุคลากรทุกคนได้ตระหนักถึงคุณภาพของงานในระดับที่องค์กรต้องการโครงการหลักประกันคุณภาพที่จัดทำขึ้น จะต้องมีขอบข่ายครอบคลุมการดำเนินงานทุกอย่างของห้องปฏิบัติการที่จะมีผลต่อคุณภาพของงาน โครงการหลักประกันคุณภาพจึงจะเป็นกลไกที่ใช้ในการสร้างความน่าเชื่อถือแก่ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นผลผลิตของห้องปฏิบัติการนั้นตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน โดยที่จะต้องวางแผนให้การดำเนินการทางห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบให้ได้ผลงานในเวลาอันสมควรและด้วยค่าใช้จ่ายที่สมเหตุสมผลด้วย ทั้งนี้ต้องมีการสร้างความมั่นใจว่าการดำเนินการทุกอย่างของห้องปฏิบัติการเป็นไปในแนวทางที่ได้ระบุไว้ รวมทั้งมีหลักฐานหรือเอกสารที่สามารถตรวจสอบทบทวนความถูกต้องได้หากจำเป็น รูปแบบของโครงการที่จะดำเนินการให้ได้ผลสำเร็จ ควรเป็นผลการตัดสินใจด้วยหลักการทั้งทางวิทยาศาสตร์และบริหารศาสตร์ เพื่อให้มีการแบ่งสรรทรัพยากรอย่างเหมาะสม

ในระบบหลักประกันคุณภาพจะต้องมีการกำหนดขอบข่ายเพื่อที่จะสร้างความเชื่อมั่นในการรายงานผลงานทุกชิ้นในประเด็นสำคัญดังต่อไปนี้

1. วัตถุตัวอย่างที่ห้องปฏิบัติการรับเข้าเพื่อวิเคราะห์ทดสอบนั้น มีการจัดดูแลรักษาอย่างถูกต้อง ไม่มีการสับเปลี่ยน ไม่เสื่อมสภาพ

2. การตรวจวิเคราะห์ทดสอบทำโดยบุคลากรผู้มีความชำนาญในการปฏิบัติงานนั้น ๆ

3. เครื่องมืออุปกรณ์ และวิธีการที่ใช้ถูกต้องและทำงานได้อย่างสมบูรณ์

4. ห้องปฏิบัติการต้องสามารถแสดงให้เห็นได้ว่ามีขีดความสามารถที่จะผลิตข้อมูลได้อย่างถูกต้อง

5. การจัดการกับเอกสารในระบบคุณภาพมีระเบียบและขั้นตอนที่ถูกต้อง

หน้าที่รับผิดชอบบุคลากรต่อสุขภาพของห้องปฏิบัติการ

เนื่องจากระบบการประกันคุณภาพห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบมีส่วน

เกี่ยวข้องกับบุคลากรทุกคนที่ต้องปฏิบัติงาน ฝ่ายบริหารจึงจะต้องทำความเข้าใจอย่างถ่องแท้กับบุคลากรในห้องปฏิบัติการว่าจะต้องทำอะไร และทำอย่างไร รวมทั้งสามารถแสดงได้ว่าได้มีการทำอย่างถูกต้องตามที่วิธีการกำหนด ดังนั้นการจัดทำระบบเอกสาร บันทึกหลักฐาน จึงเป็นส่วนสำคัญที่สุดส่วนหนึ่งของโครงการหลักประกันคุณภาพ ระบบการจัดทำและสืบค้นเอกสารจะต้องเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ฝ่ายบริหารควรให้บุคลากรระดับต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ มีส่วนร่วมในการจัดเตรียมเอกสารที่ใช้งานประจำวัน รวมทั้งโอกาสเสนอข้อคิดเห็นในการปรับแก้ได้ด้วยเพื่อที่จะก่อให้เกิดความคิดร่วมและมีความร่วมมือในการดำเนินงานต่อไป

องค์ประกอบของโครงการหลักประกันคุณภาพ

โครงการหลักประกันคุณภาพห้องปฏิบัติการที่จะประสบผลสำเร็จ ควรเป็นโครงการที่มีความชัดเจน เข้าใจง่าย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และเมื่อดำเนินการตามโครงการแล้ว สามารถทำให้การดำเนินงานวิเคราะห์ทดสอบแล้วเสร็จได้ในระยะเวลาอันสมควร ไม่เป็นอุปสรรคในการปฏิบัติงานประจำ และเมื่อได้ดำเนินการโครงการหลักประกันคุณภาพไประยะหนึ่งแล้ว จะทำให้เกิดผลในการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการให้บริการทางห้องปฏิบัติการ เนื่องจากห้องปฏิบัติการมีความจำเป็นที่จะต้องทำการวิเคราะห์ซ้ำเพื่อการยืนยันความถูกต้องน้อยลง

การดำเนินการโครงการหลักประกันคุณภาพของห้องปฏิบัติการ มีองค์ประกอบ 21 ประการ ที่จะต้องคำนึงถึงในการเตรียมการได้แก่

1. การระบุวัตถุประสงค์ของห้องปฏิบัติการ (objectives) ต้องมีการจัดทำเอกสารที่อธิบายว่า มีหน้าที่รับผิดชอบอย่างไร ดำเนินงานเพื่ออะไรและมีขีดความสามารถด้านการวิเคราะห์ทดสอบผลิตภัณฑ์ใด อย่างไร

2. นโยบายคุณภาพขององค์กร (quality policy) ซึ่งจะต้องกำหนดวัตถุประสงค์โครงการหลักประกันคุณภาพที่จะดำเนินงาน ระบุคำมั่นสัญญาของฝ่ายบริหารในการที่จะต้องอำนวยความสะดวกด้านทรัพยากรที่ต้องการในการดำเนินการโครงการ และกำหนดแนวทางที่จะดำเนินการโครงการ โดยที่ระบุผู้รับผิดชอบในการจัดทำรายละเอียดโครงการและคู่มือปฏิบัติการต่าง ๆ รวมทั้งกำกับดูแลการดำเนินงานโครงการ นอกจากนี้ยังจะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับนโยบายด้านคุณภาพกับบุคลากรผู้เกี่ยวข้องในทุกระดับด้วย

3. โครงสร้างขององค์กรที่เกี่ยวกับคุณภาพ (organization) ต้องมีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบของบุคลากรทั้งด้านบริหารและด้านเทคนิคสำหรับการสร้างความเชื่อมั่นในคุณภาพของผลงานให้ชัดเจน

4. การวางแผนการดำเนินงานด้านคุณภาพ (quality planning) จะต้องวางแผนงาน กำหนดทรัพยากรที่จะใช้ ทำแผนการฝึกอบรมบุคลากร และกรอบระยะเวลาดำเนินงานแต่ละกิจกรรม เพื่อการประเมินผลและปรับแผนสามารถทำได้ตามความจำเป็น

5. การจัดทำคู่มือมาตรฐานการปฏิบัติงาน (standard operating procedures -SOP's) ห้องปฏิบัติการจะต้องมีการจัดทำเอกสารระบุวิธีปฏิบัติงาน ในส่วนที่มิได้ระบุไว้ ในกำหนดวิธีปฏิบัติอื่น ๆ หรือวิธีวิเคราะห์ เช่นวิธีการรับและจัดการกับตัวอย่างที่รับวิเคราะห์ เพื่อให้บุคลากรผู้มีส่วนร่วมปฏิบัติงานทุกคนได้ศึกษาและใช้เป็นวิธีการทำงาน ซึ่งจะทำให้ผลงานที่ต้องการนั้น เกิดจากวิธีปฏิบัติที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน การจัดทำ SOP's จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง สำหรับกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวัตถุตัวอย่าง สารมาตรฐานอ้างอิง การดูแลสอบเทียบความถูกต้องของการปฏิบัติงานวิเคราะห์ทดสอบ การดูแลรักษาและเปรียบเทียบมาตรฐานเครื่องมืออุปกรณ์ รวมทั้งสารเคมี การจัดเก็บสืบค้นเอกสารหลักฐานต่าง ๆ การจัดเก็บสภาวะแวดล้อมและระบบการวิเคราะห์ทดสอบ ปัญหาด้านสุขภาพและความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน วิธีการสร้างความเชื่อมั่นในความถูกต้องของผลงาน ซึ่งรวมถึงวิธีการทำงานของบุคลากรผู้ทำหน้าที่กำกับดูแลคุณภาพของห้องปฏิบัติการด้วย

6. การจัดเก็บบันทึกหลักฐาน (record keeping) ห้องปฏิบัติการ จะต้องจัดระบบการเก็บสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวกับการปฏิบัติงานไว้เป็นหลักฐาน กำหนดระยะเวลาการเก็บรักษาและระบบการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลและหลักฐานต่าง ๆ ให้สามารถสืบค้นได้เมื่อจำเป็นเพื่อนำมาตรวจสอบยืนยันความถูกต้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7. การจัดทำวิธีการดูแลรักษาวัตถุตัวอย่าง (chain of custody procedures) ห้องปฏิบัติการจะต้องจัดให้มีระบบการรับ ลงทะเบียน จัดเก็บรักษา เบิกจ่าย ติดตามและการจ่ายคืนหรือทิ้งทำลาย ตัวอย่างที่รับวิเคราะห์ทดสอบอย่างมีประสิทธิภาพ โดยกำหนดให้มีบุคลากรผู้รับผิดชอบวิธีการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนด้วย

8. การแก้ไขสิ่งบกพร่อง (corrective action) จะต้องมีการกำหนดมาตรการแก้ไขไว้เป็นลายลักษณ์อักษรเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานทันที ในกรณีที่ปัจจัยประกอบในการปฏิบัติงานไม่อยู่ในมาตรฐานที่กำหนด และจัดให้มีบุคลากรผู้รับผิดชอบการแก้ไขตามมาตรการที่กำหนดไว้ ฝ่ายบริหารและผู้กำกับดูแลด้านคุณภาพจะต้องดูแลให้มีการแก้ไขสิ่งบกพร่องให้กลับสู่สภาวะปกติในเวลาอันสมควร หากพบข้อบกพร่องที่มีผลต่อความถูกต้องโดยตรงของผลวิเคราะห์ทดสอบ ภายหลังที่ได้ส่งรายงานให้แก่ผู้รับบริการแล้ว ห้องปฏิบัติการจะต้องแจ้งให้ผู้รับวิเคราะห์ทดสอบนั้นทราบด้วยเพื่อประกอบการตัดสินใจของผู้รับข้อมูลผลวิเคราะห์ทดสอบว่าสามารถใช้ประโยชน์จากผลวิเคราะห์ทดสอบนั้นได้หรือไม่

9. การฝึกอบรมด้านคุณภาพ (quality training) ฝ่ายบริหารของห้องปฏิบัติการจะต้องเตรียมการให้บุคลากรผู้ปฏิบัติงานได้รับการฝึกอบรม เพื่อให้สามารถทำงานได้ถูกต้องและให้ตระหนักถึงความสำคัญของคุณภาพของผลงาน สามารถปฏิบัติงานตามระบบคุณภาพที่องค์กรกำหนดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

10. การควบคุมเอกสาร (document control) องค์การจะต้องจัดระบบการควบคุมเอกสารที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมสำคัญของห้องปฏิบัติการ เพื่อให้มีความมั่นใจ เอกสารทุกประเภทจะมีการตรวจสอบความถูกต้อง ความครบถ้วนและผ่านการรับรองจากผู้มีอำนาจรับผิดชอบ ก่อนที่จะส่งออกจากองค์กรไปยังผู้ใช้บริการ รวมทั้งต้องจัดให้มีผู้รับผิดชอบดูแลให้เอกสารที่ใช้งานทุกประเภทและของผู้ปฏิบัติงานทุกคนเป็นฉบับที่ทันสมัย การเปลี่ยนแปลงเอกสารที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของงาน จะต้องมีการออกหมายเอกสารอ้างอิงตามระบบที่กำหนดไว้ในการจัดทำเอกสารของห้องปฏิบัติการนั้น และมีการจัดส่งให้ผู้เกี่ยวข้องทุกคนอย่างทั่วถึง เอกสารที่ไม่ใช้แล้วจะต้องเก็บออกจากสถานที่ปฏิบัติงานให้หมด เพื่อป้องกันการสับสน

11. การปรับเทียบความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือ (calibration of instruments) ห้องปฏิบัติการจะต้องจัดทำตารางเวลาการปรับเทียบมาตรฐานเครื่องมือในการวิเคราะห์ทดสอบ เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์ทดสอบนั้น ได้มีการปรับเทียบความถูกต้องแม่นยำตามระยะเวลาที่กำหนด การปรับเทียบมาตรฐานจะต้องสามารถสอบทวนไปยังระบบมาตรวิทยาระดับชาติหรือนานาชาติได้ ก่อนนำไปใช้งานในการให้บริการ และจัดทำหลักฐานยืนยันการปรับเทียบไว้ด้วย

12. การบำรุงรักษาเครื่องมือ (preventive maintenance) ห้องปฏิบัติการจะต้องจัดให้มีการดูแลรักษาเครื่องมือตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิต เพื่อให้เครื่องมือมีประสิทธิภาพดี สามารถใช้งานได้อย่างสม่ำเสมอ

13. สารเคมีและสารมาตรฐานอ้างอิง (reagent and reference standards) องค์กรจะต้องกำหนดเป็นนโยบายในการเลือกใช้เฉพาะสารเคมีและสารมาตรฐานอ้างอิงจากแหล่งผลิตที่เชื่อถือได้เท่านั้น และจัดระบบการดูแลอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เบิกจ่ายเป็นไปอย่างถูกต้องตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน พร้อมทั้งมีระบบการหมุนเวียนของพัสดุที่ดี เพื่อช่วยลดความสูญเสียของสารเคมี และป้องกันการหมดอายุของสารเคมีก่อนนำไปใช้งาน ซึ่งจะมีผลทั้งคุณภาพของผลงานและประหยัดค่าใช้จ่าย

14. การซื้อและการควบคุม (procurement and control) ห้องปฏิบัติการจะต้องกำหนดมาตรการจัดซื้อ จากผู้จำหน่ายที่สามารถจัดส่งสารเคมีหรือวัสดุทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณภาพตามที่ระบุไว้ ในการจัดซื้อจึงต้องระบุรายละเอียดเกี่ยวกับคุณภาพที่ต้องการด้วย การตรวจรับของต้องดูแลให้ตรงตามมาตรฐานที่กำหนด และในการควบคุมปริมาณสิ่งที่ใช้สิ้นเปลือง จะต้องมีการทำรายการบัญชีและรักษาปริมาณสารเคมีและวัสดุวิทยาศาสตร์ที่ต้องใช้ ให้อยู่ในระดับเพียงพอแก่การใช้งานตลอดเวลา การเก็บรักษาจะต้องจัดให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมเพียงพอที่จะป้องกันการเสื่อมสภาพของสารเคมีหรือวัสดุวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ได้

15. การให้หมายเลขหรือรหัสกำกับตัวอย่างและการควบคุม (sample identification and control) ห้องปฏิบัติการจะต้องกำหนดระบบการให้หมายเลขหรือรหัสประจำวัตถุตัวอย่าง ที่รับเข้าตรวจวิเคราะห์ทดสอบ เพื่อป้องกันการสับสนหรือสลับตัวอย่าง

16. การดูแลรักษาและส่งตัวอย่าง (handling, storage and delivery of samples) ห้องปฏิบัติการจะต้องจัดทำเอกสารวิธีการหรือข้อแนะนำในการรับ เก็บดูแลรักษา และทิ้งทำลายหรือจ่ายคืนตัวอย่าง เพื่อป้องกันมิให้เกิดความเสียหายหรือเปลี่ยนสภาพหรือมีสิ่งอันไม่พึงประสงค์เข้าปนเปื้อนในตัวอย่างในขณะที่อยู่ในความรับผิดชอบของห้องปฏิบัติการ

17. การวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการและการควบคุม (laboratory analysis and control) ห้องปฏิบัติการจะต้องกำหนดมาตรการ ในการคัดเลือกวิธีวิเคราะห์ทดสอบที่ใช้ เพื่อให้ได้คุณภาพของผลงานที่ดีเป็นที่ยอมรับ ต้องกำหนดวิธีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ทดสอบ วิธีตรวจว่าวิธีที่พัฒนาขึ้นนั้นใช้ได้ แล้วจึงทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบ เพื่อให้แน่ใจว่าผลการวิเคราะห์ทดสอบใช้ได้เป็นที่น่าเชื่อถือในความถูกต้องแม่นยำ

18. การสอบเทียบคุณภาพของผลวิเคราะห์ทดสอบทั้งภายในห้องปฏิบัติการเดียวกันและระหว่างห้องปฏิบัติการ (interlaboratory and intralaboratory testing programmes) ห้องปฏิบัติการจะต้องจัดให้มีการสอบเทียบคุณภาพของผลปฏิบัติงานวิเคราะห์ทดสอบเป็นการภายใน โดยให้ผู้วิเคราะห์หลายคนตรวจวิเคราะห์ทดสอบวัตถุตัวอย่างที่มีลักษณะเหมือนกัน และเข้าร่วมโครงการสอบเทียบขีดความสามารถในการตรวจวิเคราะห์ทดสอบระหว่างห้องปฏิบัติการตามโอกาสอันสมควร เพื่อให้แน่ใจว่าระดับความสามารถในการสร้างผลงานอยู่ในเกณฑ์ที่ถูกต้องเป็นที่ยอมรับ

19. การใช้สถิติในการควบคุมคุณภาพ (statistical quality control) ในการดำเนินการโครงการระดับหลักประกันคุณภาพ ห้องปฏิบัติการควรใช้หลักการทางสถิติในการประเมินคุณภาพของข้อมูลผลงานที่ผลิตขึ้น รวมทั้งคุณภาพขององค์กรในภาพรวมด้วย เช่นการใช้ control chart

20. การยืนยันว่าข้อมูลที่ผลิตจากห้องปฏิบัติการมีคุณภาพใช้ได้ (data validation) ห้องปฏิบัติการจะต้องกำหนด

วิธีการคัดลอก ถ่ายเทข้อมูลผลวิเคราะห์ การคำนวณผลและการกำกับดูแล ตรวจสอบติดตามถูกต้อง มีการสร้างความเชื่อมั่นว่าได้ใช้ทั้งระบบคุณภาพในการบริหารจัดการและมีขีดความสามารถทางด้านเทคนิควิชาการอย่างเพียงพอที่จะทำให้ผลงานเป็นที่น่าเชื่อถือ

21. การตรวจสอบระบบงาน (system audits) ห้องปฏิบัติการจะต้องกำหนดวิธีการตรวจสอบระบบการควบคุมคุณภาพ โดยผู้ตรวจสอบเป็นกลุ่มบุคลากรที่ไม่ได้มีส่วนรับผิดชอบในการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการนั้น ๆ ทั้งนี้เพื่อตรวจหาปัญหาหรือข้อบกพร่อง ที่อาจเกิดขึ้นได้จากระบบการปฏิบัติงานของห้องปฏิบัติการอันจะนำมาซึ่งการปรับปรุงให้ได้คุณภาพของผลงานที่ดีที่สุด

การดำเนินงานโครงการหลักประกันคุณภาพ

วิธีการดำเนินการโครงการหลักประกันคุณภาพห้องปฏิบัติการ เริ่มต้นด้วยการที่ผู้บริหารจะต้องแสดงความรับผิดชอบและให้การสนับสนุนโครงการอย่างเต็มที่ โดยการออกประกาศเป็นหลักฐานถึงนโยบายและพันธผูกพันที่จะต้องดำเนินการ กำหนดวิธีการกำกับดูแลให้การดำเนินการโครงการเป็นไปตามแผนที่วางไว้ จากนั้นจึงกำหนดผู้รับผิดชอบในแต่ละขั้นตอน แต่งตั้งกลุ่มผู้ดำเนินการโครงการ (quality assurance unit) ขึ้นโดยเฉพาะ ซึ่งประกอบด้วย หัวหน้าคือผู้กำกับดูแลโครงการ (quality manager) และผู้ร่วมงานซึ่งจะทำหน้าที่ ประสานงานกับผู้วิเคราะห์ทดสอบในการจัดทำรายละเอียดของโครงการ และกำกับการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามโครงการที่กำหนดขึ้น รวมทั้งดูแลแก้ไขปรับปรุงและแจกจ่ายเอกสารในระบบคุณภาพที่เกี่ยวข้องกับโครงการหลักประกันคุณภาพตามที่กำหนด

คู่มือคุณภาพและคู่มือหลักประกันคุณภาพ

องค์กรที่ดำเนินการโครงการหลักประกันคุณภาพห้องผู้ปฏิบัติการ จะต้องจัดทำเอกสารเกี่ยวกับระบบหลักประกันคุณภาพของปฏิบัติการ ที่เรียกว่าคู่มือหลักประกันคุณภาพ (Quality Assurance Manual-QA Manual) ซึ่งระบุวิธีการปฏิบัติงานต่าง ๆ ของห้องปฏิบัติการภายใต้การบริหารจัดการระบบคุณภาพ ซึ่งอธิบายถึง นโยบายด้านคุณภาพ โครงสร้างองค์กร วัตถุประสงค์ของงาน กิจกรรมต่าง ๆ ของห้องปฏิบัติการและกิจกรรมด้านคุณภาพที่ได้กำหนดไว้ ให้บรรลุวัตถุประสงค์ตามที่ต้องการ QA Manual นี้จะใช้คู่กับเอกสารด้านคุณภาพของห้องปฏิบัติการแต่ละสาขางาน ที่เรียกว่า คู่มือควบคุมคุณภาพ (Quality Control Manual) QC Manual เป็นเอกสารที่ระบุรายละเอียดซึ่งเฉพาะเจาะจงเพื่อการบริหารงานด้านการควบคุมคุณภาพเฉพาะแต่ละห้องปฏิบัติการ หรือกลุ่มของห้องปฏิบัติการ เอกสาร QA Manual อาจเขียนได้ในหลายรูปแบบ เช่น US.Environmental Protection Agency (EPA) กำหนดให้ QA Manual ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

-ปกหน้าแสดงหัวข้อเรื่อง พร้อมมีลายมือชื่อของผู้รับผิดชอบที่ได้รับหมอบหมาย และระบุวันเดือนปีที่มีการรับรองเอกสารนั้น

-สารบัญ

-โครงสร้างองค์กร ซึ่งแสดงว่าห้องปฏิบัติการอยู่ในส่วนใดขององค์กรนั้น

-วัตถุประสงค์ของโครงการหลักประกันคุณภาพ

-องค์ประกอบหลักของโครงการ

-รูปแบบต่าง ๆ ของเอกสารด้านคุณภาพ เช่น Quality Control Procedures

-การกำหนดเกี่ยวกับการดูแลตรวจสอบ (audits)

-มาตรการแก้ไขข้อผิดพลาดและการติดตามผล

องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) เสนอแนะตัวอย่างหัวข้อสำหรับ QA Manual ของห้องปฏิบัติการเพื่อการควบคุมอาหารไว้ดังนี้

-หน้าปกเอกสาร ระบุเรื่อง มีลายมือชื่อของ ผู้อำนวยการป้องปฏิบัติการ ระบุข้อความ

ฉบับที่.. วันที่.... สำเนาที่.... ให้ไว้แก่...

-สารบัญ

-คำประกาศนโยบายด้านคุณภาพ

-การทดสอบขีดความสามารถ

-หน้าที่ความรับผิดชอบของบุคลากร

-วิธีการแก้ไขปรับปรุง

-โครงสร้างองค์กร

-หน้าที่ของ Quality Assurance Unit และ QA Manager/Officer

-วัตถุประสงค์ในการฝึกอบรมบุคลากร

-มาตรฐานวิธีการปฏิบัติงาน (Standard Operating Procedures)

-การกำกับตรวจสอบดูแลเกี่ยวกับคุณภาพของงาน

-ทบทวนการตรวจสอบคุณภาพของงาน

-ส่วนอื่น ๆ ของโครงการหลักประกันคุณภาพ

การกำกับดูแลการดำเนินงาน

การดำเนินงานโครงการหลักประกันคุณภาพห้องปฏิบัติการ เป็นการประสานความร่วมมือระหว่าง 3 ฝ่าย คือ (1) ฝ่ายบริหารจัดการ (2) หน่วยกำกับดูแลโครงการหลักประกันคุณภาพ และ (3) ผู้ปฏิบัติงานวิเคราะห์ทดสอบ โดยที่ฝ่ายบริหารให้การสนับสนุนด้านทรัพยากรที่จำเป็นในการดำเนินงานแก่โครงการ แต่งตั้งและมอบหมายอำนาจหน้าที่แก่หน่วยกำกับดูแลโครงการ ทั้งนี้ในการจัดทำแผนงานโครงการนั้น หน่วยกำกับดูแลโครงการจะต้องหารือทำความตกลงกับผู้ปฏิบัติงานวิเคราะห์ทดสอบ หลังจากแผนปฏิบัติ

(อ่านต่อหน้า 31)

เทคนิคการตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิก ด้วยสีบนเคลือบโดยวิธีแอร์บรัช

ภาณุพงศ์ หลาบขาว

การตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกให้เกิดความงาม มีเทคนิคการตกแต่งหลายวิธี เช่น การตกแต่งด้วยเคลือบสีต่าง ๆ การตกแต่งด้วยสีใต้เคลือบโดยวิธีเขียนลายหรือระบายสี (painting) การตกแต่งด้วยสีบนเคลือบโดยวิธีระบายสีด้วยพู่กันหรือแปรงขนสัตว์ ฯลฯ การจะเลือกวิธีใดมาตกแต่งนั้นขึ้นอยู่กับความต้องการของนักตกแต่ง และความนิยมของตลาด เทคนิคหนึ่งที่สามารถตกแต่งสีสันผลิตภัณฑ์ให้มีความงดงามได้เป็นอย่างดี ก็คือเทคนิคการตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกด้วยสีบนเคลือบโดยวิธีแอร์บรัช (air brush)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตกแต่ง มีดังนี้คือ

1. สีบนเคลือบ

เป็นสีที่ใช้ตกแต่งผลิตภัณฑ์ที่เคลือบและผ่านการเผาที่อุณภูมิสูงมาแล้ว (1,200° ซ. - 1,280° ซ.) และควรเป็นผลิตภัณฑ์ที่เคลือบด้วยเคลือบใสสีขาวจึงจะเหมาะสมแก่การตกแต่ง สีบนเคลือบเป็นสีที่มีจุดหลอมตัวต่ำ โดยใช้อุณภูมิในการเผาเพียง 750° - 800° ซ. สมัยก่อนเราใช้สีบนเคลือบที่เป็นผง เวลาจะใช้ต้องนำมาบดกับกลีเซอรีนและเติมน้ำยางสนเพื่อช่วยให้เนื้อสีติดบนผิวผลิตภัณฑ์ ไม่ไหลเยิ้มขณะทำการตกแต่ง ปัจจุบันมีสีบนเคลือบสำเร็จรูป ซึ่งทำให้สะดวกในการปฏิบัติยิ่งขึ้น

คุณสมบัติของสีบนเคลือบสำเร็จรูป

สีบนเคลือบสำเร็จรูปมีเนื้อสีเข้มข้น เพียงผสมด้วยน้ำจะใช้งานได้ทันที ทำให้ประหยัดเวลา เนื้อสีไม่ตกตะกอน สามารถระบายด้วยพู่กันหรือพ่นด้วยแอร์บรัชได้เป็นอย่างดี เนื้อสีนุ่มเนียนและแห้งเร็ว สามารถจับต้องได้โดยไม่หลุดลุ่ย เมื่อเผาแล้วจะทนต่อกรดและการขัดถูได้ดี เหมาะสำหรับบรรจุอาหารหรือเครื่องดื่ม

การหาค่าความถ่วงจำเพาะของสีบนเคลือบที่เหมาะสมกับการพ่นด้วยแอร์บรัช

อุปกรณ์ในการหาค่าความถ่วงจำเพาะ

- Hydrometer
- บิกเกอร์
- กระบอกตวง ขนาด 100 มล.
- ครกบด
- สีบนเคลือบ
- ถังใส่น้ำสะอาดสำหรับล้างภาชนะ

วิธีการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะของสีบนเคลือบ

- ทำความสะอาดอุปกรณ์ทุกชิ้น
- ตักเนื้อสีใส่ครกบด แล้วเทน้ำลง

ตารางที่ 1

การหาค่าความถ่วงจำเพาะของสีบนเคลือบที่เหมาะสมในการพ่นด้วยแอร์บรัช

ค่าความถ่วงจำเพาะ (baumé)	ลักษณะทั่วไปของสี	ผลการใช้
20	เหลวไป	เมื่อพ่นสีลงบนผลิตภัณฑ์ เนื้อสีจะไหล
25	พอใช้ได้	สีเริ่มจับผิวผลิตภัณฑ์ดีขึ้น แต่ต้องใช้เครื่องเป่าแห้งเป่าความร้อนให้ร้อนจัดขณะทำการพ่น
30	ใช้ได้	เนื้อสีจับผิวผลิตภัณฑ์ได้ดียิ่งขึ้น ใช้เครื่องเป่าแห้งเป่าความร้อนอ่อน ๆ ขณะทำการพ่น
35	ใช้ได้ดีมาก	เนื้อสีจับผิวผลิตภัณฑ์ได้ดีมาก ถ้าไม่ต้องพ่นสีซ้ำลงไปอีก อาจไม่ต้องใช้เครื่องเป่าแห้งเป่าความร้อนช่วยก็ได้
40	ข้นไปเล็กน้อย	ใช้ได้กับงานที่พ่นพื้นที่กว้างมาก ๆ และปล่อยลมให้แรง สม่ำเสมอเปิดหัวพ่นให้กว้าง จะไม่เกิดเม็ดสีบนผลิตภัณฑ์

ไปพอสมควร กวนสีให้เข้ากัน

- เทเนื้อสีลงในบิกเกอร์ เทน้ำลงไปอีกพอประมาณ กวนให้เข้ากันอีกครั้ง
- เทเนื้อสีลงในกระบอกตวง
- อ่านค่าความถ่วงจำเพาะ
- นำสีไปทดลองพ่น

จากนั้นคอยดูความเข้มข้นของสีและปฏิบัติตามขั้นตอนดังกล่าว อ่านค่าความถ่วงจำเพาะแล้วนำไปทดลองพ่นทุกครั้ง จนกว่าจะได้ค่าความถ่วงจำเพาะที่เหมาะสม ตามตารางที่ 1

2. แอร์บรัช

แอร์บรัชประกอบไปด้วยอุปกรณ์การทำงาน 2 ชุด คือ

1. พู่กันลม เป็นชุดเครื่องมือที่ใช้ตกแต่ง หรือใช้สำหรับเขียนภาพ

2. ปั๊มลม ทำหน้าที่ปั๊มลม ขณะทำงานต้องมีสายลม ต่อเชื่อมกับชุดที่ 1

ในการปฏิบัติงาน นักตกแต่งต้องเรียนรู้วิธีการแอร์บรัชให้ชำนาญก่อน จนสามารถควบคุมการทำงานให้เป็นไปตามความต้องการของนักตกแต่งได้

3. เครื่องเป่าแห้ง (hair dryer)

เครื่องเป่าแห้ง ทำหน้าที่เป่าความร้อนในขณะที่ทำการตกแต่ง เพื่อช่วยเร่งเนื้อสีที่พ่นบนผิวผลิตภัณฑ์แห้งเร็ว

การปฏิบัติทางเทคนิค

ในทางปฏิบัตินั้น การตกแต่งผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีแอร์บรัช ควรจะพ่นสีที่มีคุณค่าของสีที่แก่กว่าเป็นสีแรกก่อน เนื่องจากเราจะสามารถปัดละอองของสีที่กระจายไปยังพื้นที่ที่ไม่ต้องการพ่นสีแก่นั้นออกได้ จึงพ่นสีที่มีคุณค่าของสีที่อ่อนกว่าลงบนเนื้อที่ที่เราต้องการพ่น แม้ว่าสีที่พ่นนี้จะกระจายไปทับสีที่มีคุณค่าแก่กว่าที่พ่นเอาไว้นั้นบ้าง ก็จะไม่มีผลเสียเพราะหลังจากทำการอบแล้ว สีที่มีคุณค่าแก่กว่าจะข่มสีที่มีคุณค่าอ่อนกว่า และทำให้เห็นเพียงแต่สีที่มีคุณค่าแก่กว่าเท่านั้น ตรงกันข้ามถ้าเราพ่นสีที่มีคุณค่าของสีอ่อนกว่า แล้วจึงพ่นสีที่คุณค่าของสีแก่กว่าทับลงไป ถ้าละอองของสีกระจายไปทับสีที่อ่อนกว่าจะมีผลเสียทันที เพราะเมื่ออบสีแล้วเสร็จ บนพื้นที่ที่พ่นสีอ่อนกว่าจะมองเห็นละอองของสีแก่กว่า ทำให้ชิ้นงานมีตำหนิ ตัวอย่างเช่น เราจะตกแต่งสีดอกกล้วยไม้แคททลียา ซึ่งเป็นดอกสีเหลืองปากสีม่วง เส้นลายสีเหลือง ก้านดอกเป็นสีเขียวอ่อน มีขั้นตอนการลงสีดังนี้

- นำผลิตภัณฑ์ดอกกล้วยไม้แคททลียา (เนื้อดินโบนไชน่า) ที่ผ่านการเผาที่อุณภูมิ 1,080 ° ซ. มาเป่าความร้อนด้วยเครื่องเป่าแห้งประมาณ 1-2 นาที
- เตรียมสีม่วงซึ่งเป็นสีที่มีคุณค่าแก่กว่าใส่กรวยสี แล้วกวนให้เข้ากันอีกครั้งด้วยพู่กันแล้วพ่นสีลงบนส่วนที่เป็นปากโรยให้ทั่ว โดยเน้นน้ำหนักความอ่อนแก่ของสีเลียนแบบสีดอกไม้จริง
- ส่วนเส้นลายที่เป็นเส้นสีเหลืองตรงส่วนที่เป็นปากสีม่วง ใช้ปลายเข็มเล็ก ๆ ขูดเส้นลายและใช้พู่กันเบอร์ 0 พิเศษชุบน้ำสะอาด เดินเส้นลายตามเส้นที่ใช้เข็มขูดนั้น
- จะเกิดเป็นเส้นลายสีขาวพร้อมทั้งปัดสีม่วงที่กระจายไปยังเนื้อที่ที่จะพ่นสีเหลืองออกให้หมด
- ล้างกรวยสีให้สะอาด เตรียมสีเหลืองใส่กรวย กวนสีให้เข้ากัน พ่นสีเหลืองลงบนส่วนที่เป็นกลีบดอกทั้งดอก แล้วพ่นทับเส้นลายที่ขูดเป็นสีขาวนั้น ส่วนที่เป็นเส้นลายจะเกิดเป็นเส้นลายสีเหลือง
- เตรียมสีเขียวอ่อนพ่นตรงที่เป็นก้านดอก
- เตรียมสีเขียวพ่นตรงส่วนที่เป็นใบ โดยไล่น้ำอ่อนแก่ตามธรรมชาติ
- นำไปเผาที่อุณภูมิ 750 ° ซ. - 800 ° ซ. จะได้ผลงานดังภาพที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ข้อดีของการตกแต่งผลิตภัณฑ์เซรามิกด้วยสีบนเคลือบ โดยวิธีแอร์บรัช

1. สามารถให้น้ำหนักความอ่อนแก่ของสีได้เรียบเนียน สวยงามตามธรรมชาติ
2. สามารถผลิตได้รวดเร็ว ทำให้ประหยัดเวลาในการตกแต่งยิ่งขึ้น
3. ไม่สิ้นเปลืองเนื้อสีในการตกแต่งมาก
4. การใช้น้ำเปล่าผสมสี ทำให้สะดวกต่อการปฏิบัติและง่ายต่อการทำความสะอาด
5. ได้ผลงานที่สวยสมบูรณ์กว่าการตกแต่งด้วยพู่กัน

การตกแต่งสีบนเคลือบโดยวิธีแอร์บรัชยังสามารถนำไปประยุกต์กับงานตกแต่งประเภทงานเบญจรงค์ งานตกแต่งบนแจกันที่เป็นภาพทิวทัศน์ และงานเซรามิกอื่น ๆ ได้ทุก ๆ ประเภท

ภาพที่ 1 ภาพแสดงผลงานสำเร็จรูป

ภาพที่ 2 ภาพแสดงผลงานสำเร็จรูปที่ได้จากการตกแต่งด้วยเทคนิคแบบเดียวกัน

1 2 3 4

สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา สยามบรมราชกุมารี เสด็จเยี่ยมชมผลงานของกรมวิทยาศาสตร์บริการ ซึ่งนำไปร่วมแสดงในงานตลาดนัดเทคโนโลยี ณ ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (21-23 เม.ย. 2538)

2

3

5

นายธานินทร์ กรัยวิเชียร องคมนตรีเยี่ยมชมผลงานด้านเซรามิกและการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากผักและผลไม้ของกรมวิทยาศาสตร์บริการ ในงานศิลปาชีพบางไทร ครั้งที่ 11 (27 ม.ค.-5 ก.พ. 2538)

6

นายปรีชา มุสิกุล รัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ มาร่วมประชุมและปรึกษาหารือพร้อมทั้งมอบนโยบายให้แก่หัวหน้าส่วนราชการ และผู้บริการของกรมวิทยาศาสตร์บริการ (15 มี.ค.2538)

8 9 10

กรมวิทยาศาสตร์ฯ จัดงานวันคล้ายวันสถาปนากรมวิทยาศาสตร์บริการ (1 เม.ย. 2538) ในงานนี้มีการจัดพิธีสงฆ์ นิทรรศการ การแข่งขันกีฬาและจัดเลี้ยงข้าราชการลูกจ้างกรมวิทยาศาสตร์ฯ (3 เม.ย 2538)

9

12

นางรวงทอง พันพาไพร รองอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการแถลงข่าวเรื่องน้ำมันปลาแหล่งอาหารตามธรรมชาติ แก่ผู้สื่อข่าว ณ ห้องประชุมกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ (7 ก.พ. 2538)

1. นางสาวสุนทรี เปรื่องการ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิเคราะห์ทดสอบวิจัย (นักวิทยาศาสตร์ 8) ข้าราชการ กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เข้าร่วมประชุมคณะกรรมการวิชาการสาขาเจือปนและสารปนเปื้อนในอาหารครั้งที่ 27 ณ กรุงเฮก ประเทศเนเธอร์แลนด์

2. นางสาวนงนุช เมธียนต์พิริยะ นักวิทยาศาสตร์ 5 กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ฝึกอบรมหลักสูตร Enzyme Technology ณ ประเทศญี่ปุ่น ด้วยทุนภายใต้แผนโคลัมโบ

3. นางสาววิจิตรา ไพรคณะฮก นักวิทยาศาสตร์ 4 กองฟิสิกส์และวิศวกรรม ฝึกอบรมหลักสูตร Surface Modification Technology for Materials II ณ ประเทศญี่ปุ่น ด้วยทุนภายใต้แผนโคลัมโบ

นายวิเชียร อธิสุข ผู้ตรวจราชการกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ เป็นประธานในการเปิดการแข่งขันกีฬาภายในกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ ครั้งที่ 13 ซึ่งกีฬาที่แข่งขันได้แก่ เปตอง หมากกระดาน วอลเล่ย์บอล และกีฬามหาสนุก (24 มี.ค. 2538)

7

8

10

11

นายรัตนะ พุ่มเล็ก อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ และนางวรุณี ถิรมงคล ผู้เชี่ยวชาญพิเศษลงนามสัญญาถ่ายทอดเทคโนโลยีการเผาพลอยกับ บริษัทนพวงศ์ก่อสร้าง จำกัด และบริษัท นำกมล จำกัด

ดร.อนามัย สิงหะพันธุ รองอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ ให้การต้อนรับผู้เชี่ยว ชาญจาก Physilalisch Technische Bandesanslalt (PTB) จากสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน และเจ้าหน้าที่กรมทะเบียนการค้าเพื่อปรึกษาหารือทางด้านมาตรวิทยา พร้อมทั้งเยี่ยมชมกิจการของกรมฯ

13

การฝึกอบรมทางวิชาการ

อบรมวิชา Petrochemistry, Organic Chemistry เคมีวิเคราะห์ทั่วไปทางเทคนิคและปฏิบัติการอินทรียเคมีประยุกต์ เคมีวิเคราะห์ขั้นสูง การวิเคราะห์ธาตุอาหาร NPK ในปุ๋ยเคมี เชื้อเพลิงหล่อลื่นและผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม การวิเคราะห์น้ำและวิเคราะห์ก๊าซ ให้แก่นักศึกษาเคมีปฏิบัติและมหาวิทยาลัยต่าง ๆ

อบรมการแปรรูปผลิตภัณฑ์ผลผลิตทางการเกษตร ทุเรียน น้ำผลไม้ วิธีวิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมันและค่าของกรด ให้แก่กลุ่มแม่บ้านเกษตรกร จ.เชียงใหม่ และ ลำพูน ศูนย์บริการการศึกษานอกโรงเรียน บริษัทไทยเพรซิเดนท์ฟูดส์ จำกัด

อบรมเทคนิคการผลิตเซรามิกทุกขั้นตอน เทคนิคพิเศษการออกแบบ การใช้สี การขึ้นรูป การตกแต่งโดยใช้แอร์บรัช การใช้มือ ใช้พู่กัน การราดสี เทคนิคการเผาด้วยเตาไฟฟ้า เตาแก๊สตามลักษณะของเคลือบวัตถุดิบ ให้แก่นักเรียนศิลปาชีพบางไทร สมาชิกศูนย์ศิลปาชีพพระดำหนักทักษิณราชนิเวศน์ จ.นราธิวาส ศูนย์ศิลปาชีพบ้านกุดนาขาม จ.สกลนคร และผู้สนใจ

บรรยายเชิงปฏิบัติวิชาเอกทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแก่นักศึกษาสถานศึกษาเคมีปฏิบัติ มหาวิทยาลัยรามคำแหง สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

14

15

กรมวิทยาศาสตร์บริการให้การต้อนรับอาจารย์และนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) อณะอาจารย์และนักวิชาการชาวเวียดนามและชาวภูฏาณ เข้าเยี่ยมชมห้องปฏิบัติการมาตรวิทยา กองฟิสิกส์และวิศวกรรมและการตรวจวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ของกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ จัดสนทนาประสาวศ. ครั้งที่ 31,32 เรื่องขั้นตอนการจัดตั้งและการบริหารสหกรณ์ออมทรัพย์, มอก.1300 (ISO Guide 25 : การบรรยายและการถกแถลง โดยวิทยาจากภานนอก (21 มี.ค., 25 เม.ย. 2538)

16

สำนักงานเลขานุการกรม จัดอบรมปฐมนิเทศข้าราชการใหม่ หลักสูตรการเสริมสร้างประสิทธิภาพการปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์ (6-10 มี.ค. 2538)

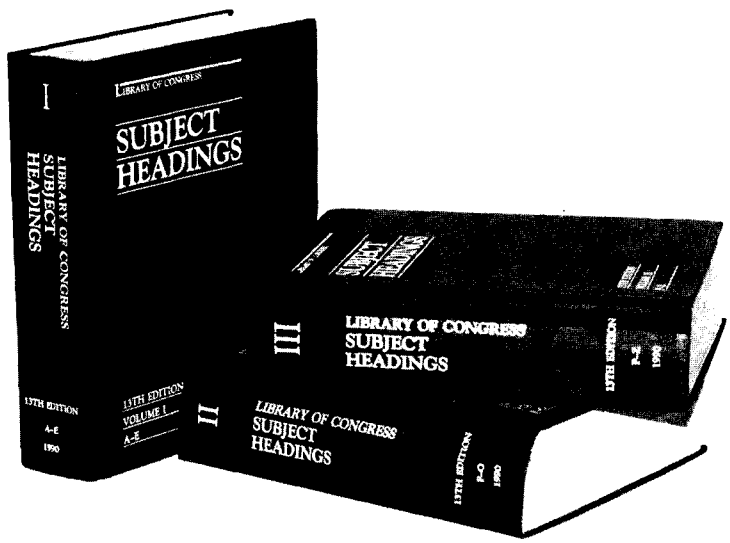
17

18

โครงการฝึกอบรมและพัฒนาเทคนิคทางวิทยาศาสตร์ กองการศึกษาเคมีปฏิบัติ จัดการฝึกอบรมเรื่องเทคนิคปฏิบัติ : การใช้เครื่อง HPLC ในการวิเคราะห์วิจัย ให้แก่ข้าราชการกรมวิทยาศาสตร์ฯ (24-28 เม.ย. 2538)

ดรรชนีหัวเรื่อง

ดาเรศ บรรเทิงจิตร



ในการสืบค้นหาข้อมูลต่าง ๆ ในยุคสมัยสารนิเทศเช่นใจปัจจุบันนี้ ผู้สืบค้นหาควรจะมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับคำศัพท์สำหรับการสืบค้น เพื่อช่วยให้สามารถสืบค้นเรื่องราวที่ต้องการได้อย่างมีประสิทธิภาพ บทความนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะแนะนำผู้ใช้บริการสารนิเทศให้มีความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์ที่ใช้เป็นหัวเรื่อง (subject heading) ที่กำหนดนโยบาย Library of Congress หรือที่เรียกว่า Library of Congress Suject Headings (LCSH) ซึ่งเป็นคู่มือในการกำหนดหัวเรื่องที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในห้องสมุดต่าง ๆ

ก่อนที่จะกล่าวถึงลักษณะของคำศัพท์ที่ใช้เป็นหัวเรื่องดังกล่าว จะอธิบายพอสังเขปถึงลักษณะและประเภทต่าง ๆ ของดรรชนี เพื่อให้เกิดความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับดรรชนี

ความหมายและประเภทของดรรชนี

คำว่า "ดรรชนี" หมายถึงเครื่องชี้นำไปสู่การค้นหาสารนิเทศที่ปรากฏในเอกสารสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ โดยได้จัดทำขึ้นอย่างมีระบบ ประเภทของดรรชนีสามารถจัดแบ่งได้หลายลักษณะ ประเภทของดรรชนีที่รู้จักกันโดยทั่วไป ได้แก่ ดรรชนีผู้แต่ง (author index) ดรรชนีชื่อเรื่อง (title index) ดรรชนีคำสำคัญจากชื่อเรื่อง (keyword from title index) และดรรชนีหัวเรื่อง (subject index)

ดรรชนีผู้แต่ง หมายถึงดรรชนีที่ใช้ชื่อผู้รับผิดชอบงานนั้น ๆ เป็นหลักในการลงรายการ โดยที่ชื่อผู้ที่รับผิดชอบอาจหมายถึง ชื่อผู้แต่งหนังสือ เอกสารสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ หรือชื่อผู้เขียนบทความ ซึ่งอาจจะเป็นบุคคล นิติบุคคล หรือหน่วยงานสถาบัน

ดรรชนีเรื่อง หมายถึงดรรชนีที่ใช้ชื่อเรื่องของหนังสือ เอกสารต่าง ๆ หรือบทความ เป็นหลักในการลงรายการ โดยทั่วไปการจัดทำดรรชนีชื่อเรื่องไม่เป็นที่นิยมทำ เพราะในการค้นหาสารนิเทศที่ต้องการผู้ใช้มักจำชื่อผู้แต่งมากกว่าจะจำชื่อเรื่องของเอกสาร ซึ่งมักจะค่อนข้างยาวยากแก่การจำ

ดรรชนีคำสำคัญจากชื่อเรื่อง เป็นดรรชนีที่นิยมทำกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน หมายถึงการนำเอาคำสำคัญจากชื่อเรื่องของเอกสารสิ่งพิมพ์มาทำเป็นศัพท์ดรรชนี โดยนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยในการจัดทำ ซึ่งมีเหตุผลว่า ชื่อเรื่องของเอกสารที่ผู้เขียนกำหนดขึ้นส่วนมากจะมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับเนื้อหาของเอกสาร โดยเฉพาะเอกสารในสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ลักษณะการจัดทำดรรชนีคำสำคัญจากชื่อเรื่องที่นิยมทำกันมาก ได้แก่ ดรรชนีควิก (KWIC -key-Word-in-Context Index) และดรรชนีควอก (KWOC -key-Word-out-of-Context Index) ซึ่งเป็นดรรชนีนำเอาคำสำคัญจากชื่อเรื่องของเอกสารหรือบทความมาหมุนเวียนเป็นศัพท์ดรรชนีโดยจัดเรียงลำดับตัวอักษร ดรรชนีสองลักษณะนี้แตกต่างกันที่ลักษณะการจัดรูปแบบโดยที่ดรรชนีควิกคำสำคัญที่เป็นศัพท์ดรรชนีจะอยู่ที่คอลัมน์กลาง ขณะที่ดรรชนีควอกจะอยู่ที่คอลัมน์ซ้ายมือของหน้ากระดาษ

ดรรชนีคำสำคัญจากชื่อเรื่องมีข้อดีคือสามารถจัดทำได้สะดวก รวดเร็ว และไม่จำเป็นต้องอาศัยผู้จัดทำดรรชนีที่มี

ความรู้ความสามารถเฉพาะด้านในการกำหนดศัพท์ดรรชนี อย่างไรก็ตามการจัดทำดรรชนีประเภทนี้มีข้อจำกัดคือ การใช้ระบบไม่ควบคุมคำศัพท์ในการจัดทำดรรชนี ทำให้ผู้ใช้จะต้องเลือกคำที่ต้องการจะค้นหาเอง และการค้นคว้าอาจมีข้อผิดพลาดได้ เนื่องจากชื่อเรื่องไม่ชัดเจน หรือมีความหมายไม่ตรงกับเนื้อหาในเอกสาร

ดรรชนีหัวเรื่อง เป็นดรรชนีที่มีความสำคัญมาก เพราะผู้ค้นหาสารนิเทศโดยส่วนใหญ่จะต้องการค้นเรื่องเอกสารสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ โดยระบุเรื่องที่ต้องการ มากกว่าการค้น โดยระบุชื่อผู้แต่งหรือชื่อเรื่อง ดรรชนีหัวเรื่อง หมายถึง ดรรชนีที่ใช้หัวเรื่องเป็นหลักในการจัดทำดรรชนี คำศัพท์ที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นหัวเรื่อง หรือที่เรียกว่า ภาษาดรรชนี แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

1. **ภาษาธรรมชาติ หรือศัพท์อิสระ** (natural language or free term) หมายถึง คำสำคัญทุกคำที่มีความหมาย ซึ่งอาจจะนำมาจากส่วนใดส่วนหนึ่งของเอกสารก็ได้ การใช้ศัพท์อิสระในการจัดทำดรรชนีทำให้มีโอกาสที่จะใช้คำที่มีความหมายไม่ชัดเจน ไม่เป็นแบบแผน ทำให้การสืบค้นสารนิเทศไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร การใช้ศัพท์อิสระอาจใช้กับภาษาเทคนิค และงานในสาขาวิทยาศาสตร์

2. **ภาษาที่ควบคุม หรือศัพท์บังคับ** (controlled language or controlled vocabulary) หมายถึง การกำหนดให้ศัพท์คำหนึ่งมีหน้าที่ควบคุมคำหลายคำที่มีความหมายอย่างเดียวกัน เพื่อความเป็นมาตรฐาน และช่วยให้สืบค้นสารนิเทศได้อย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ ศัพท์ที่มีการควบคุมจะช่วยแก้ปัญหาคำที่มีรูปศัพท์ต่างกันแต่มีความหมายเหมือนกัน ช่วยแก้ปัญหาการพ้องรูป และช่วยให้สามารถเข้าใจเรื่อง และรายละเอียดของศัพท์โดยการแสดงโครงสร้างความสัมพันธ์ของศัพท์ในลักษณะต่าง ๆ ประเภทของศัพท์ที่มีการควบคุมที่นิยมใช้โดยทั่วไปมี 2 ประเภท คือ หัวเรื่อง (subject heading) และศัพท์สัมพันธ์ (thesaurus) ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะ Library of Congress Subject Headings (LCSH) ซึ่งเป็นศัพท์บังคับประเภทหัวเรื่อง

หัวเรื่องใน LCSH

หัวเรื่องใน LCSH ประกอบด้วยหัวเรื่องหลัก (heading) และหัวเรื่องย่อย (subdivision) หัวเรื่องหลักอาจประกอบด้วยคำ ๆ เดียว หรือหลาย ๆ คำ หัวเรื่องหลักที่เป็นคำ ๆ เดียว (one-word heading) มักจะเป็นคำนามเช่น Viscosity และ Schools เป็นต้น คำนามที่มีลักษณะเป็นนามธรรม (concept) จะอยู่ในรูปเอกพจน์ ส่วนคำนามที่มีลักษณะเป็นรูปธรรม (object) จะอยู่ในรูปพหูพจน์ ทั้งนี้อาจมีข้อยกเว้นได้

หัวเรื่องหลักที่ประกอบด้วยคำ 2 คำ(two-word heading)มักจะประกอบด้วยคำคุณศัพท์และคำนาม ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของการจัดเรียงคำตามปกติ (normal word order) เช่น Nuclear physics และ Pumping machinery หรืออยู่ในรูปของการจัดเรียงคำในทางกลับ (inversion) เพื่อนำคำนามมาอยู่ที่ตำแหน่งตั้งต้น เช่น Gas, Natural และ Bridges, Concrete

การเพิ่มรายละเอียดให้กับหัวเรื่องหลักต่าง ๆ ทำได้โดย การให้หัวเรื่องย่อย (subdivision) เช่น photography------ Studios and darkrooms การให้หัวเรื่องในรูปของ inversion เช่น Insurance, Fire และการใช้เครื่องหมายวงเล็บ เช่น Cookery (Fish)

หัวเรื่องหลักที่ประกอบด้วยคำมากกว่า 2 คำ จะเป็นหัวเรื่องที่รวมคำสันธานไว้ หรือหัวเรื่องที่เป็นวลีบุพบท หัวเรื่องที่มีคำว่า and เป็นคำสันธานเชื่อมคำ อาจเป็นการเชื่อมคำเพื่อบอกความสัมพันธ์ร่วมกัน เช่น Technolgy and civlization หรืออาจเป็นการเชื่อมหัวเรื่อง 2 หัวเรื่องที่มีความหมายคล้ายคลึงกันมาก จะต้องถูกกล่าวถึงอยู่คู่กันเสมอ เช่น Bolts and nuts หัวเรื่องที่เป็นวลีบุพบท อาจจัดเรียงคำในทางกลับ เช่น Plants, Effect of the moon on หรือจัดเรียงคำตามปกติ เช่น Occupational therapy for children

ความสัมพันธ์ระหว่างหัวเรื่อง

การระบุความสัมพันธ์ระหว่างหัวเรื่องใน LCSH ใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ ดังนี้

NT	(เดิมใช้ sa)	บอกความสัมพันธ์กับหัวเรื่องที่มีขอบข่ายของเนื้อหาแคบกว่าหัวเรื่องหลัก
BT	(เดิมใช้ xx)	บอกความสัมพันธ์กับหัวเรื่องที่มีขอบข่ายของเนื้อหากว้างกว่าหัวเรื่องหลัก
UF	(เดิมใช้ x)	บอกให้ทราบว่าหัวเรื่องหลักนี้ใช้แทนหัวเรื่องใด
USE	(เดิมใช้ see)	บอกให้ทราบว่าหัวเรื่องหลักใดแทนคำศัพท์ดังกล่าว
RT		ระบุหัวเรื่องที่เกี่ยวข้องกับหัวเรื่องหลักที่มิได้สัมพันธ์แบบ NT และ BT

ความสมพันธ์ระหว่างหัวเรื่องใน LCSH อาจแยกได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

1. Equivalence relationship : USE references เป็นความสัมพันธ์ของหัวเรื่องหรือคำศัพท์ต่าง ๆ ในระดับเดียวกัน ได้แก่ การโยงคำจากคำที่ไม่ใช้เป็นหัวเรื่องไปสู่คำที่เป็นหัวเรื่องโดยใช้รหัส USE ภายใต้หัวเรื่องจะมีรหัส UF (Used For) ซึ่งนำหน้าคำที่ไม่ใช้เป็นหัวเรื่อง รหัส USE และ UF ทำหน้าที่สวนทางกัน (reciprocals) ดังตัวอย่าง

Motor - cars
USE Automobiles

Automobiles
UF Motor - cars

2. Hierarchical relationship: broader topics and narrower topics เป็นความสัมพันธ์ของหัวเรื่องต่าง ๆ ตามลำดับชั้น ใช้รหัส BT (broader topic)

และ NT (narrower topic) เชื่อมโยงหัวเรื่องที่มีความสัมพันธ์กันในระดับต่าง ๆ

ภายใต้หัวเรื่องหลักหนึ่ง ๆ รหัส BT นำหน้าหัวเรื่องใด ๆ แสดงถึงความเป็นสมาชิกของหัวเรื่องหลักต่อหัวเรื่องนั้น ๆ รหัส NT นำหน้าหัวเรื่องใด ๆ แสดงว่าหัวเรื่องหลักมีหัวเรื่องนั้น ๆ เป็นสมาชิก ดังตัวอย่าง

Exterior lighting

BT Lighting

Lighting

NT Exterior lighting

การสร้าง hierarchical references ทำให้สามารถค้นหาหัวเรื่องทั้งที่มีขอบข่ายกว้างขึ้นและมีขอบข่ายเฉพาะเจาะจงกว่าหัวเรื่องหลักที่กำลังค้นหาอยู่ได้อย่างเป็นระบบ ไม่ว่าเราจะอยู่ในระดับไหนของ hierarchy เราสามารถติดตาม BTs และ NTs เพื่อหาหัวเรื่องที่กว้างที่สุดหรือเฉพาะเจาะจงมากที่สุดได้ทั้งสิ้นดังตัวอย่าง:

Vehicles

BT Transportation

NT motor Vehicles

Motor vehicles

BT Vehicles

NT Trucks

Trucks

BT Motor vehicles

NT Dump trucks

Dump trucks

BT trucks

ด้วยการติดตาม NTs จะพบว่าหัวเรื่องที่เจาะจงมากที่สุดคือ Dump trucks และ ด้วยการติดตาม BTs จะพบหัวเรื่องที่กว้างที่สุดคือ Transportation

3. Associate relationship: related topics เป็นความสัมพันธ์เกี่ยวโยงของหัวเรื่องต่าง ๆ ในลักษณะอื่น ๆ นอกเหนือจากความสัมพันธ์ตามลำดับชั้น (hierarchy) ใช้รหัส RT (related topic) เชื่อมโยงหัวเรื่อง 2 หัวเรื่องที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวโยงกัน ดังตัวอย่าง :

Ornithology Birds

RT Birds RT Ornithology

หัวเรื่องย่อย

การให้หัวเรื่องตามหลักเกณฑ์ LCSH นิยมใช้หัวเรื่องย่อยเป็นตัวแยกแยะรายละเอียดต่าง ๆ ของหัวเรื่องหลักหนึ่ง ๆ หัวเรื่องย่อยอาจจำแนกได้ 4 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. Topical subdivisions ใช้ภายใต้หัวเรื่องหลักหรือหัวเรื่องย่อยเพื่อจำกัดขอบข่ายเนื้อหาของหัวเรื่องดังกล่าวไปที่ด้านใดด้านหนึ่ง ตัวอย่าง: Corn-----Harvesting

2. Form subdivision ใช้ระบุรูปแบบของเอกสารที่มีเนื้อหาตามหัวเรื่องที่กำหนดไว้ใน LCSH โดยบอกให้ทราบว่าเอกสารนี้มีรูปแบบการนำเสนอเช่นใด (เช่น เป็นพจนานุกรม คู่มือ รายงานการประชุม หรือ วารสาร) นิยมใช้เป็นหัวเรื่องย่อยท้ายสุดของแต่ละหัวเรื่อง ตัวอย่าง:

Science---------Social aspects ---------- Congresses

3. Chronological subdivisions ใช้จำกัดขอบข่ายของหัวเรื่องหลักหรือหัวเรื่องย่อยในด้านช่วงเวลา มักใช้กับ Topic subdivisions ที่อยู่ภายใต้หัวเรื่องหลักที่เป็นชื่อประเทศหรือดินแดน ดังตัวอย่าง:

United States---------- History---------- 1801 - 1809

4. Geographic subdivision ใช้จำกัดขอบข่ายของหัวเรื่องหลักหรือหัวเรื่องย่อยในด้านสถานที่ทางภูมิศาสตร์ การกำหนด (May subd Geog) หลังหัวเรื่องหลักหรือหัวเรื่องย่อยระบุว่าสถานที่ทางภูมิศาสตร์อาจใช้ตามหลังหัวเรื่องหลักหรือหัวเรื่องย่อยนั้น ๆ ได้ การกำหนด (Not Subd Geog)

Construction industry (May Subd Geog)

ให้หัวเรื่องย่อยที่ระบุสถานที่ทางภูมิศาสตร์ได้ดังนี้

Construction industry ------- Italy

หัวเรื่องและการสืบค้นสารนิเทศ

ในการสืบค้นสารนิเทศ ไม่ว่าจะเป็นการสืบโดยใช้บัตรรายการประเภทบัตรหัวเรื่องหรือการสืบค้นจากฐานข้อมูลต่าง ๆ โดยการใช้คำศัพท์ในการสืบค้นนั้น ความรู้เกี่ยวกับหัวเรื่องและความสัมพันธ์ระหว่างหัวเรื่อง จะช่วยผู้ใช้ให้สามารถหาเอกสารที่ต้องการได้ดียิ่งขึ้น โดยที่ผู้ใช้สามารถโยงคำศัพท์ที่ไม่ใช้เป็นคำค้น ไปสู่คำศัพท์ที่เป็นคำค้นได้ และในกรณีที่ไม่พบข้อมูลในเรื่องที่ต้องการค้นเพียงพอ ผู้ใช้สามารถเลือกค้นเรื่องที่มีขอบข่ายกว้างขึ้นหรือเฉพาะเจาะจงกว่าเรื่องที่ต้องการค้นได้ ทั้งยังสามารถเลือกค้นเรื่องอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับเรื่องที่ค้นอยู่ (related topics) ได้ด้วย ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหัวเรื่องดังกล่าวแล้วนี้ อาจนับเป็นส่วนหนึ่งของกลยุทธการสืบค้นเพื่อการเข้าถึงข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

Goodman, Doreen M. **Information organisation: principle & practice.** Belconnen, ACT: Canberra College of Advanced Education, 1985. pp. 35-51. ISBN 0 85889 265 0.

Library of Congress. **Library of Congress subject heading.** 13th ed. Washington, D.C.: Library of Congress, 1990. ISSN 1048-9711.

ชลัยพร เหมะรัชตะ. **การจัดทำดรรชนี. การค้นคืนสารนิเทศออนไลน์.** กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535. หน้า 20 - 35. เอกสารบรรณารักษ์ศาสตร์ เล่ม 31 ISBN 974-040-7

สังกะสี (ZN)

ทรงศักดิ์ สิ่มไพบูลย์

สังกะสีเป็นแร่ธาตุที่จำเป็นของพืช สัตว์ และคน เนื่องจากเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายตัวที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างและสลายของโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และการสังเคราะห์กรดไรโบนิวคลีอิก (RNA) หรือกรดนิวคลีอิก หน้าที่ของสังกะสีที่เกี่ยวข้องกับกรดไรโบนิวคลีอิกคือเป็นตัวขัดขวางการทำงานของ ribonuclease ถ้าไม่มีสังกะสีเอนไซม์ตัวนี้ทำลายกรดไรโบนิวคลีอิกเพิ่มขึ้น มีผลต่อการสังเคราะห์โปรตีนในร่างกายไม่เจริญเติบโต สังกะสีที่พบในร่างกายจะอยู่ในรูป Zn metaloenzyme พบในเนื้อเยื่อของอวัยวะต่าง ๆ แสดงว่าสังกะสีมีหน้าที่สำคัญ และมีความจำเป็นต่อการดำเนินชีวิต ช่วยในการเจริญเติบโต และพัฒนาการของอวัยวะต่าง ๆ

นอกจากนี้สังกะสียังเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ในตับ เช่น carboxypeptidase dehydro genase ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ ช่วยเพิ่มความเป็นกรดในกระเพาะอาหาร ช่วยทำลายแอลกลฮอล์ในร่างกาย และมีความสำคัญต่ออินซูลิน (insulin) เนื่องจากสังกะสีเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิด เช่น carbonic anhydrase, carbonic peptidase ช่วยในการทำงานของเอนไซม์ในร่างกายหลายชนิด เช่น arginase, peptidase, inolase สังกะสีจึงมีความสำคัญต่อร่างกายดังนี้ ช่วยการเก็บวิตามินเอในตับและการจ่ายออกไปในกระแสเลือด ช่วยให้ร่างกายใช้วิตามินซีได้ประโยชน์สมบูรณ์ขึ้น ช่วยการเจริญเติบโตของต่อมเพศและอวัยวะเพศ ช่วยการเจริญเติบโตของสเปิร์ม ช่วยการเจริญเติบโตของต่อมลูกหมาก ช่วยให้เกิดความอยากอาหาร ช่วยในการสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดง ช่วยระบบคุ้มกันโรคของร่างกายโดยเพิ่มเม็ดเลือดขาวที่เรียกว่า ที-เซลล์ ช่วยให้แผลหายเร็ว ช่วยการทำงานของ DNA, RNA ช่วยทำให้การหมุนเวียนของเลือดดีขึ้น เป็นต้น สังกะสีช่วยด้านพันธุกรรม เนื่องจาก DNA และ RNA เป็นสารพันธุกรรมที่จะถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมไปยังลูก RNA เป็นกรดนิวคลีอิกที่จะถ่ายทอดคำสั่งไปยังเซลล์ทุกเซลล์ในร่างกายให้ปฏิบัติงานให้ถูกต้องเหมาะสมเพื่อชีวิตและสุขภาพตามที่ DNA กำหนดไว้ นอกจากสังกะสีแล้ว นอกจากสังกะสีแล้ว วิตามินบี 6 บี12 และวิตามินเอ ยังมีส่วนช่วยสังเคราะห์ RNA และ DNA

อาการที่ปรากฏเมื่อร่างกายขาดธาตุสังกะสี คือไม่อยากรับประทานอาหาร ร่างกายไม่เจริญเติบโต ม้ามโต โลหิตจาง ผิวหนังมีบาดแผลหรือพิการ (lesion) แผลหายช้า ผมร่วง ลดความว่องไว และความชัดเจนของรสชาติ ในเด็กหญิงวัยรุ่นทำให้มีประจำเดือนไม่สม่ำเสมอ ในคนหนุ่มสมรรถภาพทางเพศลดลง อาจปวดเข่า ข้อตะโพก ถ้าขาดสังกะสีเรื้อรัง อาจทำให้เซลล์ร่างกายมีแนวโน้มในการเกิดมะเร็ง ทั้งยังทำให้เกิดความเครียด ความเหนื่อยเพลีย ติดเชื้อง่าย ลดความกระปี้กระเปร่า และแคล่วคล่อง ยืดเวลาการวิวัฒนาการของอวัยวะสืบพันธุ์

จากการศึกษาทดลอง พบว่าสัตว์ขณะตั้งท้องถ้าขาดสังกะสีแม้แต่เป็นการขาดชั่วคราวจะมีผลกระทบต่อลูกในท้อง คือพิการผิดรูปแบบหรือมีการรบกวนพฤติกรรม และอาจมีการงอกของอวัยวะบางส่วน (teratogenic) ในบางพื้นที่ ที่มีการขาดแคลนสังกะสีในดิน ผลที่ตามมาจะเกิดการขาดแคลนสังกะสีในพืชและสัตว์เลี้ยง จึงจำเป็นต้องเติมสังกะสีลงในปุ๋ยอาหารสัตว์ ในกรณีที่ขาดแคลนในคน นอกจากจะเกิดความไม่ปกติของต่อมสืบพันธุ์ คือ รังไข่ ลูกอัณฑะ แล้ว ยังเกิดอาการแคระ (dwarism) ส่วนอาการขาดอย่างรุนแรงจะมีอาการพุพองตามมือเท้าเนื่องจากโรคลำไส้ (acrodermatitis enteropathica) ซึ่งเป็นอาการของความผิดปกติของการดูดซึมในลำไส้ ไม่เกี่ยวข้องกับอาหารว่ามีสังกะสีมากหรือน้อย คนที่มีสังกะสีสะสมอยู่น้อย เมื่อเพิ่มการบริโภค จะทำให้แผลหายเร็วขึ้น ความไวความชัดเจนของการรับรู้รสชาติก็ดีขึ้น เหตุผลที่อธิบายในเรื่องนี้คือร่างกายได้รับสังกะสีจากอาหารไม่เต็มที่ เมื่อบริโภคเพิ่มขึ้นก็จะดูดซึมไปใช้ได้มากขึ้น การบริโภคสังกะสีเพิ่มขึ้นประมาณวันละ 0.4-0.8 มิลลิกรัมน้ำหนักตัวจะทำให้การผิดปกติเหล่านี้ดีขึ้นคือ การมีระดับสังกะสีในเส้นผม อาการขาดความไวความชัดเจนของการรับรู้รสชาติ อาการไม่หิวอาหาร อาการเจริญเติบโตไม่ปกติ จากการศึกษาและสำรวจในเด็กที่มาจากครอบครัวที่มีรายได้น้อยจะมีการเจริญเติบโตไม่เต็มที่ พบว่า 68 เปอร์เซนต์มีระดับสังกะสีต่ำในเส้นผมและพลาสมา และต่ำกว่าเด็กที่มาจากครอบครัวที่มีรายได้ปานกลาง ในช่วงอายุเท่ากัน มีการเติมสังกะสีลงในอาหารเสริมที่ใช้เลี้ยงทารกโดยเติม 1.8-5.8 มิลลิกรัม/ลิตร ผลทำให้มีสังกะสีเพิ่มขึ้นในเนื้อเยื่อและเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตในทารกเพศชาย แต่ไม่เพิ่มในทารกเพศหญิง

จากการศึกษาด้วยไอโซโทปกัมมันตรังสี (radioisotope) พบว่าร่างกายสามารถดูดซึมสังกะสีได้ 6 มิลลิกรัม/วัน หรือคิดเป็นร้อยละ 40 ดังนั้นจึงกำหนดค่าความต้องการในผู้ใหญ่เป็น 15 มิลลิกรัม/วัน ในช่วงการตั้งครรภ์เพิ่มขึ้นอีก 5 มิลลิกรัม เป็น 20 มิลลิกรัม/วัน ในช่วงระยะให้นม เพิ่มขึ้นอีก 10 มิลลิกรัม เป็น 25 มิลลิกรัม/วัน การให้เพิ่มในระยะตั้งครรภ์มาจากการคำนวณว่าการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์ และของรก (placenta) ต้องใช้สังกะสีวันละ 0.75 มิลลิกรัม และคิดว่ามีการดูดซึมจากอาหารเพียง 15 เปอร์เซนต์ และคิดจากอาหารที่ให้สังกะสีต่ำสุด และมีค่าความปลอดภัย (safety factor) มากกว่าคนกลุ่มอื่น และเพื่อให้ครอบคลุมถึงคนท้องทุกคน และเหตุผลของความสำคัญของสังกะสีต่อการพัฒนาการของทารก เพราะอาจทำให้เกิดพิการถ้าหากขาดสังกะสีจึงกำหนดค่าที่สูงเผื่อไว้ด้วย ส่วนการเพิ่มในระยะให้นมคำนวณมาจากการสูญเสียสังกะสีไปในน้ำนมประมาณวันละ 3 มิลลิกรัม และคิดว่ามาจากการดูดซึมจากอาหารเพียง 30 เปอร์เซนต์ของที่มีในอาหารทั้งหมด

ความต้องการสังกะสีในเด็กก่อนหนุ่มสาว พบว่าต้องการ 6 มิลลิกรัม/วัน แต่ข้อมูลที่ได้ในปัจจุบันบ่งบอกการสูญเสียทางผิวหนังมีค่ามากกว่าที่เคยคิดและสงสัยไว้ มีการรวมถึงสังกะสีที่มาจากแหล่งอื่น ๆ ด้วย จึงกำหนดค่าให้เป็น 10 มิลลิกรัม/วัน ในเด็กวัยนี้

ส่วนในทารก การหาความต้องการไม่มีข้อมูลที่แน่นอน โดยไม่ทราบว่าเป็นสมดุลลบของเด็กเกิดใหม่ หรือเป็นเพราะไม่ยอมสะสมในเนื้อเยื่อ เพื่อป้องกันการได้รับสังกะสีมากเกินไป แต่เมื่อคิดจากปริมาณที่มีในนมแม่พบว่ามีค่าแตกต่างกันมาก คือ ในนมน้ำเหลือง หรือน้ำนมที่ร่างกายผลิตออกมาในระยะแรก (colostrum) มีสังกะสีประมาณ 20 มิลลิกรัม/ลิตร ส่วนน้ำนมในระยะหลังจะมีประมาณ 2 มิลลิกรัม/ลิตร ดังนั้นถ้าคิดโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2-5 มิลลิกรัม/ลิตร ทารกจะได้รับจากนมแม่ประมาณ 2 มิลลิกรัม/วัน หรือมากกว่านิดหน่อย และเป็นสังกะสีที่อยู่ในสภาพที่ร่างกายเอาไปใช้ได้หมด จากรากฐานข้อมูลเหล่านี้ จึงกำหนดให้ทารก 6 เดือนแรกต้องได้รับวันละ 3 มิลลิกรัม/6 เดือนต่อมากำหนดเป็นวันละ 5 มิลลิกรัม

สังกะสีจะดูดซึมได้ในลำไส้เล็กบริเวณเดียวกันกับการดูดซึมเหล็ก ทำให้การดูดซึมเข้าสู่ร่างกายของธาตุทั้งสองพบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการดูดซึมคือเหล็กต่อสังกะสีเท่ากับ 2 ต่อ 1 จึงจะดูดซึมธาตุทั้งสองได้ดีที่สุด ในร่างกายมีสังกะสีอยู่ประมาณ 1.4-2.3 กรัม จะอยู่กระจัดกระจายในเนื้อเยื่อ อวัยวะและพลาสมาในพลาสมามีสังกะสีประมาณ 120 ไมโครกรัม/100 มิลลิตร บางส่วนจะไปเกาะจับ (deposit) ที่กระดูก สังกะสีส่วนนี้ไม่สามารถกลับคืนหรือเคลื่อนที่เพื่อรักษาความสมดุลในเนื้อเยื่อ หรืออวัยวะได้อย่างรวดเร็ว พบสังกะสีอยู่ในต่อมลูกหมากมากกว่าอวัยวะส่วนอื่นในร่างกาย คนเป็นโรคต่อมลูกหมากโต มะเร็งต่อมลูกหมาก จะมีสังกะสีลดลงอย่างมากในต่อมลูกหมาก ระดับสังกะสีในเลือดจะลดลงมากในคนที่เป็นโรคต่อไปนี้ ตับแข็งจากพิษสุราและโรคตับอื่น ๆ แผลในกระเพาะอาหาร พยาธิในลำไส้ การเสียเลือดจำนวนมากและเป็นเวลานาน โรคหัวใจที่มีภาวะวิกฤต โรคปัญญาอ่อน ซีสติกไฟโบซิส ในหญิงมีครรภ์ หรือกินยาคุมกำเนิด คนติดเหล้า

อาหารที่เป็นแหล่งสังกะสีที่ดีได้แก่ เนื้อ ตับ ไข่ อาหารทะเลพวกมีเปลือก เช่น หอย กุ้ง ปู โดยเฉพาะหอยนางรม ปลาทูน่า ปลาซาร์ดีน เพราะร่างกายสามารถดูดซึมไปใช้ได้ดี และอาหารกลุ่มนี้จะพบประมาณ 2-6 มิลลิกรัม/100 กรัม ส่วนในเมล็ดธัญพืชที่ไม่ผ่านการขัดสี เช่น ข้าวสาลี ข้าวไรย์ ข้าวโอ๊ต ขนมปัง ข้าวโพด ถั่วเปลือง พืชกินหัว ได้แก่ white turnips เครื่องปรุงรสได้แก่ พริกไทยดำ มัสตาร์ดบด จะมีสังกะสีส่วนที่ร่างกายดูดซึมไปใช้น้อยที่สุด ในกลุ่มนี้จะพบประมาณ 0.5 มิลลิกรัม/100 กรัม ส่วนน้ำดื่มมีน้อยมาก การมีสังกะสีน้อยในพืชผักจะขึ้นกับดินที่ปลูก

จากการศึกษาทดลองที่ผ่านมามีข้อมูลที่บ่งชี้ว่า เนื้อสัตว์ และอาหารทะเลเป็นแหล่งที่ดีของสังกะสี เนื่องจากร่างกายนำไปใช้และดูดซึมได้ดีกว่าสังกะสี ที่มีในอาหารในจำพวกพืชผักหรือธัญพืช เนื่องจากอาหารจำพวกหลังนี้มีปริมาณเส้นใย (fiber) สูงและยังมีไฟเทต (phytate) ด้วย ซึ่งทั้งสอง อย่างนี้จะขัดขวางการดูดซึมสังกะสีในลำไส้ ดังนั้นบุคคลที่ชอบบริโภคพืชผักและธัญพืช โดยเฉพาะพวกมังสวิรัติ จะต้องเพิ่มปริมาณการบริโภค เพื่อทดแทนบางส่วนที่ดูดซึมไม่ได้ ทั้งนี้เพื่อจะให้ร่างกายได้รับสังกะสีปริมาณพอเพียง อย่างไรก็ตามการขาดแคลนสังกะสีในคนอาจจะเกี่ยวข้องกับการดูดซึมไม่ดีมากกว่าปัญหาการขาดแคลนในองค์ประกอบของอาหาร

ความเป็นพิษของสังกะสีในคนมีน้อยมาก เนื่องจากสังกะสีจะถูกขับออกทางอุจจาระและปัสสาวะ วันละ 0.2 กรัม และยังถูกขับออกทางเหงื่อและผิวหนังอีกด้วย จะเกิดพิษภัยได้เมื่อรับประทานสังกะสีตั้งแต่ 2 กรัมขึ้นไป เช่นในกรณีที่รับประทานสังกะสีซัลเฟต 2 กรัม จะเกิดอาการระคายเคืองที่กระเพาะอาหารและลำไส้อย่างรุนแรงและอาเจียน ดังนั้นในทางการแพทย์จะใช้สังกะสีซัลเฟตที่ทำให้อาเจียน ในปริมาณ 0.6-2.0 กรัม นอกจากนี้ยังพบว่าในการรักษาบาดแผลให้หายเร็ว แพทย์จะใช้สังกะสีซัลเฟตแก่ผู้ป่วยในปริมาณ 220 มิลลิกรัม/วัน ขณะที่ผู้ป่วยรับประทานสังกะสีเพื่อการรักษานี้ไม่ควรรับประทานร่วมกับอาหารที่มีแคลเซียม ฟอสฟอรัส และไฟเทตสูง เช่น นม ไข่ อาหารทะเล ขนมปัง เป็นต้น อย่างไรก็ตามต้องระมัดระวังการบริโภคสังกะสีมากเกินควรเพราะจะกระทบต่อการขาดแคลนทองแดงในร่างกายได้

การตรวจสอบคุณภาพของน้ำดื่มมาตรฐาน

ดุษฎี มั่นความดี

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับร่างกาย นอกจากเป็นส่วนประกอบของร่างกายแล้ว น้ำยังช่วยในการควบคุมอุณภูมิของร่างกายอีกด้วย ตามปกติคนเราต้องการดื่มน้ำประมาณวันละ 6-8 แก้ว หรือ 1.5 - 2 ลิตรต่อวัน น้ำดื่มควรเป็นน้ำสะอาดปราศจากเชื้อโรค และสิ่งเจือปนต่าง ๆ หากร่างกายได้รับน้ำที่มีสารพิษ อาจก่อให้เกิดโรคที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพทั้งในระยะสั้น และระยะยาว สารพิษบางตัวก่อให้เกิดโรคมะเร็ง และโรคร้ายต่าง ๆ ที่ยากแก่การรักษา

ในปัจจุบันน้ำดื่มที่ได้รับความนิยมมากคือน้ำประปา และน้ำดื่มบรรจุขวด น้ำทั้ง 2 ชนิดนี้ มีสมบัติใกล้เคียงกันขึ้นอยู่กับแหล่งผลิต และกรรมวิธีการผลิต กล่าวคือ น้ำประปาบางแหล่งก็มีสมบัติเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภค บางแหล่งก็ไม่เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนน้ำดื่มบรรจุขวดก็เช่นเดียวกัน บางยี่ห้อได้รับการจดทะเบียนอาหารถูกต้องตามกฎหมาย บางยี่ห้อก็ไม่ได้ขึ้นทะเบียนอาหาร จึงเป็นหน้าที่ของผู้ผลิตที่จะต้องมีจรรยาบรรณและความรับชอบในการผลิต และจัดจำหน่าย รวมทั้งต้องมีหน่วยงานราชการที่คอยตรวจสอบคุณภาพน้ำดื่มให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อให้ผู้บริโภคได้ใช้น้ำดื่มที่สะอาด ปลอดภัย และยังสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน สำหรับการพัฒนาคุณภาพมาตรฐานน้ำดื่มให้สูงขึ้น คุณภาพของน้ำดื่มมาตรฐานซึ่งเป็นที่ยอมรับมี 2 มาตรฐานด้วยกัน

1. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) และฉบับที่ 135 (พ.ศ. 2534) ซึ่งสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ยึดถือเป็นมาตรฐานเพื่อประกอบการขอขึ้นทะเบียนอาหาร

2. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมน้ำบริโภค มอก. 257 เล่ม 1 (2521)

ทั้ง 2 มาตรฐานนี้มีรายการตรวจวิเคราะห์และเกณฑ์กำหนดใกล้เคียงกัน น้ำดื่มที่จะขอขึ้นตำรับอาหาร หรือขอใช้ฉลากอาหารจาก อย. ต้องผ่านการตรวจสอบคุณภาพตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 และ 135

กรมวิทยาศาสตร์บริการยึดถือวิธีวิเคราะห์ตามเอกสาร ต่อไปนี้

1. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water 18th ed. Washington, DC: Americn Public Health Association, 1992

2. American Society for Testing and Material. Annual Book of ASTM Standards Section 11 Volume 11.01, 11.02 Philadelphia PA: the Society, 1990.

เอกสารอ้างอิงทั้ง 2 ชุดนี้เป็นที่ยอมรับกันทั่วโลก และกรมวิทยาศาสตร์บริการยังได้เข้าร่วมโครงการทดสอบความชำนาญในการวิเคราะห์ NATA Waters Proficiency Testing Programe ซึ่งจัดโดย National Association of Testing Authorities ประเทศออสเตรเลีย โดยทางโครงการฯ ยึดถือวิธีวิเคราะห์ตาม Standard Methods for the

Examination of Water and Waste Water, 18 th ed.

การจะตรวจวิเคราะห์น้ำดื่มน้ำบริโภคให้ได้ผลถูกต้องแม่นยำจำต้องคำนึงถึงขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. การเก็บตัวอย่าง (sample collection)

2. การรักษาคุณภาพตัวอย่าง (sample preservation)

3. การเตรียมสารสอบเทียบมาตรฐาน (calibration standard)

4. การวิเคราะห์ (analyses)

5. การรายงานผล (results reporting)

การเก็บตัวอย่าง ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อสภาพตัวอย่างว่าสามารถเป็นตัวแทนของตัวอย่างทั้งหมดได้ เนื่องจากเราไม่สามารถจะวิเคราะห์ตัวอย่างได้ทั้งหมด จึงต้องใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างที่เหมาะสม เมื่อได้ตัวอย่างที่เหมาะสมแล้วจะต้องมีการบันทึกรายละเอียดข้อมูลของตัวอย่าง เช่น ชนิด ตัวอย่าง สถานที่ และเวลาที่เก็บตัวอย่าง นอกจากนั้นวิธีการชักตัวอย่างน้ำที่บรรจุในภาชนะบรรจุปิดสนิท ต้องมีหลักเกณฑ์การชักตัวอย่างดังนี้

ขนาดรุ่น หน่วยภาชนะบรรจุ	ขนาดตัวอย่าง หน่วยภาชนะบรรจุ
ไม่เกิน 3,200	5
3,201 - 10,000	8
10,001 - 35,000	13
35,001 - 150,000	20
150,001 - 500,000	30
500,001 ขึ้นไป	50

หมายเหตุ รุ่น หมายถึง น้ำบริโภคที่บรรจุภาชนะเพื่อส่งออก เพื่อจำหน่ายจากถังเก็บเดียวกัน ในวันเดียวกัน การวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา ให้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง ทุกตัวอย่างตามจำนวนขนาด ตัวอย่าง ในการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และสารเป็นพิษให้รวมตัวอย่างที่เหลือเข้าด้วยกัน ซึ่งต้องไม่น้อยกว่า 4 ลิตร แล้วจึงนำไปวิเคราะห์

การรักษาคุณภาพตัวอย่าง

ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ ควรกระทำทันทีที่ได้รับตัวอย่าง แต่เนื่องจากมีรายการที่ต้องวิเคราะห์มากจึงไม่สามารถทำได้ทันทุกรายการ จึงต้องมีวิธีการเก็บรักษาคุณภาพตัวอย่างให้อยู่ในสภาพที่ดี มีความเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการแช่เย็นที่ 4 องศาเซลเซียส และต้องคอยระวังไม่ให้เป็นน้ำแข็ง นอกจากนั้นยังมีวิธีการเก็บรักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำที่เหมาะสมสำหรับแต่ละรายการที่วิเคราะห์ดังแสดงในตารางต่อไปนี้ (ดูตารางหน้า 28)

การเตรียมสารสอบเทียบมาตรฐาน

สารมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณต้องมีความบริสุทธิ์สูง และผ่านการเตรียมเพื่อให้มีความเข้มข้น อยู่ในช่วงที่เหมาะสมอย่างถูกต้อง ละเอียดรอบคอบ รวมทั้งน้ำกลั่นที่ใช้ ภาชนะต้องสะอาด สารมาตรฐานที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นสารละลายมาตรฐานที่ซื้อมาจากบริษัทผู้ผลิตซึ่งควรจะได้รับการรับรองจากสถาบันที่เชื่อถือได้ แต่อย่างไรก็ตามควรจะมีการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับ Certified reference materials (CRMS) ในตัวอย่างประเภทเดียวกัน เพื่อเป็นการประกันคุณภาพ

การวิเคราะห์

ต้องเลือกวิธีที่เหมาะสมสำหรับแต่ละการวิเคราะห์ ซึ่งต้องคำนึงถึงความถูกต้อง แม่นยำ และขีดความสามารถของวิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสมกับลักษณะตัวอย่าง หรือไม่ เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ต้องเหมาะสม และได้รับการดูแลอย่างดี รวมทั้งผู้วิเคราะห์ต้องมีความระมัดระวังและศึกษาถึงคุณลักษณะของตัวอย่าง และวิธีการวิเคราะห์อย่างถูกต้อง และรอบคอบ

การรายงานผล

ต้องรายงานผลการวิเคราะห์อย่างถูกต้อง และมีนัยสำคัญตามกระบวนการทางสถิติที่เหมาะสม

ตามที่ กรมวิทยาศาสตร์บริการยึดถือวิธีวิเคราะห์ ตามเอกสารที่อ้างถึงข้างต้นซึ่งมีรายละเอียดและความเฉพาะสำหรับตัวอย่างที่แตกต่างกันทั้งในแง่ปริมาณสารรบกวนและขีดความสามารถของวิธีวิเคราะห์ ผู้วิเคราะห์จึงต้องเลือกวิธีที่เหมาะสมสำหรับตัวอย่างนั้น ๆ สำหรับขีดความสามารถของวิธีการวิเคราะห์แต่ละรายการได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 1 และตัวอย่างผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 2

TABLE 1060:I. SUMMARY OF SPECIAL SAMPLING OR HANDLING REQUIREMENTS*

Determination	Container	Minimum Sample Size *mL*	Preservation	Maximum Storage Recommended/ Regulatory†
Acidity	P, G(B)	100	Refrigerate	24 h/14 d
Alkalinity	P, G	200	Refrigerate	24 h/14 d
BOD	P, G	1000	Refrigerate	6 h/48 h
Boron	P	100	None required	28 d/6 months
Bromide	P, G	—	None required	28 d/28 d
Carbon, organic, total	G	100	Analyze immediately; or refrigerate and add HCl to pH<2	7 d/28 d
Carbon dioxide	P, G	100	Analyze immediately	stat/N.S.
COD	P, G	100	Analyze as soon as possible, or add H_2SO_4 to pH<2; refrigerate	7 d/28 d
Chlorine, residual	P, G	500	Analyze immediately	0.5 h/stat
Chlorine dioxide	P, G	500	Analyze immediately	0.5 h/N.S.
Chlorophyll	P, G	500	30 d in dark	30 d/N.S.
Color	P, G	500	Refrigerate	48 h/48 h
Conductivity	P, G	500	Refrigerate	28 d/28 d
Cyanide:				
Total	P, G	500	Add NaOH to pH>12, refrigerate in dark	24 h/14 d; 24 h if sulfide present
Amenable to chlorination	P, G	500	Add 100 mg $Na_2S_2O_3$/L	stat/14 d; 24 h if sulfide present
Fluoride	P	300	None required	28 d/28 d
Hardness	P, G	100	Add HNO_3 to pH<2	6 months/6 months
Iodine	P, G	500	Analyze immediately	0.5 h/N.S.
Metals, general	P(A), G(A)	—	For dissolved metals filter immediately, add HNO_3 to pH<2	6 months/6 months
Chromium VI	P(A), G(A)	300	Refrigerate	24 h/24 h
Copper by colorimetry*				
Mercury	P(A), G(A)	500	Add HNO_3 to pH<2, 4°C, refrigerate	28 d/28 d
Nitrogen:				
Ammonia	P, G	500	Analyze as soon as possible or add H_2SO_4 to pH<2, refrigerate	7 d/28 d
Nitrate	P, G	100	Analyze as soon as possible or refrigerate	48 h/48 h (28 d for chlorinated samples)
Nitrate + nitrite	P, G	200	Add H_2SO_4 to pH<2, refrigerate	none/28 d
Nitrite	P, G	100	Analyze as soon as possible or refrigerate	none/48 h
Organic, Kjeldahl	P, G	500	Refrigerate; add H_2SO_4 to pH<2	7 d/28 d
Odor	G	500	Analyze as soon as possible; refrigerate	6 h/N.S.
Oil and grease	G, wide-mouth calibrated	1000	Add H_2SO_4 to pH<2, refrigerate	28 d/28 d
Organic compounds:				
Pesticides	G(S), TFE-lined cap	—	Refrigerate; add 1000 mg ascorbic acid/L if residual chlorine present	7 d/7 d until extraction; 40 d after extraction
Phenols	P, G	500	Refrigerate, add H_2SO_4 to pH<2	*/28 d
Purgeables by purge and trap	G, TFE-lined cap	50	Refrigerate; add HCl to pH < 2; add 1000 mg ascorbic acid/L if residual chlorine present	7 d/14 d
Oxygen, dissolved:	G, BOD bottle	300		
Electrode			Analyze immediately	0.5 h/stat
Winkler			Titration may be delayed after acidification	8 h/8 h
Ozone	G	1000	Analyze immediately	0.5 h/N.S.
pH	P, G	—	Analyze immediately	2 h/stat
Phosphate	G(A)	100	For dissolved phosphate filter immediately; refrigerate	48 h/N.S.
Salinity	G, wax seal	240	Analyze immediately or use wax seal	6 months/N.S.
Silica	P	—	Refrigerate, do not freeze	28 d/28 d
Sludge digester gas	G, gas bottle	—	—	N.S.
Solids	P, G	—	Refrigerate	7 d/2–7 d; see cited reference
Sulfate	P, G	—	Refrigerate	28 d/28 d
Sulfide	P, G	100	Refrigerate; add 4 drops 2*N* zinc acetate/100 mL; add NaOH to pH>9	28 d/7 d
Taste	G	500	Analyze as soon as possible; refrigerate	24 h/N.S.
Temperature	P, G	—	Analyze immediately	stat/stat
Turbidity	P, G	—	Analyze same day; store in dark up to 24 h, refrigerate	24 h/48 h

* See text for additional details. For determinations not listed, use glass or plastic containers; preferably refrigerate during storage and analyze as soon as possible. Refrigerate = storage at 4°C, in the dark. P = plastic (polyethylene or equivalent); G = glass; G(A) or P(A) = rinsed with 1 + 1 HNO_3; G(B) = glass, borosilicate; G(S) = glass, rinsed with organic solvents; N.S. = not stated in cited reference; stat = no storage allowed; analyze immediately.
† Environmental Protection Agency, Rules and Regulations. *Federal Register* 49; No. 209, October 26, 1984. See this citation for possible differences regarding container and preservation requirements.

ตารางที่ 1 แสดงสมบัติ ขีดความสามารถของวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมและค่ามาตรฐานของน้ำดื่ม

รายการวิเคราะห์	ขีดความสามารถ (detection limit)	ค่ามาตรฐานน้ำดื่ม
สมบัติทางฟิสิกส์		
สี, Pt-Co scale	5	20
กลิ่น		ไม่มี (ไม่รวมถึงกลิ่นคลอรีน)
ความขุ่น, NTU	0.05	5
ความเป็นกรด-ด่าง		6.5-8.5
สมบัติทางเคมี	(ppm)	ไม่เกิน, (ppm)
ปริมาณของแข็งทั้งหมด	1.0	500.0
ความกระด้างทั้งหมด คำนวณเป็น $CaCO_3$	1.0	100.0
สารหนู	0.001	0.05
แบเรียม	0.002	1.0
แคดเมียม	0.0001	0.005
คลอไรด์ คำนวณเป็น Cl	0.15	250.0
โครเมียม	0.002	0.05
ทองแดง	0.001	1.0
แมงกานีส	0.001	0.05
ปรอท	0.001	0.002
ไนเตรต คำนวณเป็น N	0.14	4.0
ฟีนอล	0.0005	0.001
เหล็ก	0.02	0.3
ตะกั่ว	0.001	0.05
ซีลีเนียม	0.002	0.01
เงิน	0.0002	0.05
ซัลเฟต	0.5	250.0
สังกะสี	0.005	5.0
ฟลูออไรด์ คำนวณเป็น F	0.1	1.5
อะลูมิเนียม	0.003	0.2
เอบีเอส	0.01	0.2
ไซยาไนด์	0.05	0.1
สมบัติทางจุลินทรีย์		
บักเตรีชนิดโคลิฟอร์มต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร โดยวิธีเอ็มพีเอ็น		น้อยกว่า 2.2
บักเตรีชนิด อี. โคไล		ไม่พบ
จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค		
ซาลโมเนลลา		ไม่พบ
คลอสตริเดียม-เพอร์ฟริงเจนส์		ไม่พบ
สแตไฟโลคอกคัส-ออเรียส		ไม่พบ

หมายเหตุ

1. เลือกวิธีวิเคราะห์ที่เหมาะสมกับช่วงความเข้มข้นของตัวอย่างจากเอกสารอ้างอิง

2. วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักโดยวิธี graphite furnace atomic absorption spectroscopy ยกเว้น เหล็ก สังกะสี ใช้วิธี flame atomic absorption spectroscopy และ ปรอท, สารหนู ใช้วิธี vapor generation technique

ตารางที่ 2 ตัวอย่างรายงานผลการวิเคราะห์น้ำดื่มยี่ห้อ "X"

รายการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์	ค่ามาตรฐานน้ำดื่ม
สมบัติทางฟิสิกส์		
สี, Pt-Co scale	5	20
กลิ่น	ไม่มี	ไม่มี (ไม่รวมถึงกลิ่นคลอรีน)
ความขุ่น, NTU	1.0	5.0
ความเป็นกรด-ด่าง	7.5	6.5-8.5
สมบัติทางเคมี	mg/dm3 (ppm)	ไม่เกิน, ppm
ปริมาณของแข็งทั้งหมด	310.0	500.0
ความกระด้างทั้งหมด คำนวณเป็น $CaCO_3$	53.5	100.0
สารหนู (Arsenic)	ไม่พบ	0.05
แบเรียม	ไม่พบ	1.0
แคดเมียม	ไม่พบ	0.005
คลอไรด์ คำนวณเป็นคลอรีน	82.0	250.0
โครเมียม	ไม่พบ	0.05
ทองแดง	0.01	1.0
แมงกานีส	0.01	0.05
ปรอท	ไม่พบ	0.002
ไนเตรต คำนวณเป็น N	0.12	4.0
ฟีนอล	ไม่พบ	0.001
เหล็ก	0.11	0.3
ตะกั่ว	0.002	0.05
ซีลีเนียม	ไม่พบ	0.01
เงิน	ไม่พบ	0.05
ซัลเฟต	72.0	250.0
สังกะสี	0.15	5.0
ฟลูออไรด์ คำนวณเป็น F	0.21	1.5
อะลูมิเนียม	0.01	0.2
เอบีเอส	ไม่พบ	0.2
ไซยาไนด์	ไม่พบ	0.1

รายการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์	ค่ามาตราฐานน้ำดื่ม ไม่เกิน, ppm
สมบัติทางจุลินทรีย์	**น้อยกว่า 2.2**	**น้อยกว่า 2.2**
บักเตรีชนิดโคลิฟอร์ม ต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร โดยวิธีเอ็มพีเอ็น		
บักเตรีชนิด อี. โคไล	ไม่พบ	ไม่พบ
จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค		
ซาลโมเนลลา	ไม่พบ	ไม่พบ
คลอสตริเดียม-เพอร์ฟริงเจนส์	ไม่พบ	ไม่พบ
สแตไฟโลคอกคัส-ออเรียส	ไม่พบ	ไม่พบ

หมายเหตุ : รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้ตรวจวิเคราะห์ ทดสอบเท่านั้น ไม่รับรองวัตถุหรือสินค้าที่ใช้รายงานนี้ในการโฆษณาหรืออ้างถึง

จากตัวอย่างผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณสารต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดจึงสรุปว่าสามารถใช้บริโภคได้และนำไปประกอบการขอขึ้นทะเบียนฯได้ ถ้ามีรายการใดรายการหนึ่งไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดก็ถือว่าไม่ได้มาตรฐาน

อาจมีข้อสงสัยว่าน้ำดื่มควรจะบริสุทธิ์ไม่ควรมีสารเจือปนอยู่เลย ซึ่งไม่ใช่สิ่งถูกต้อง เนื่องจากสิ่งเจือปนที่มีอยู่ในน้ำมีหลายชนิดด้วยกันดังนี้

1. สิ่งเจือปนปฐมภูมิ (primary contaminants) เป็นสิ่งเจือปนในน้ำที่มีผลต่อสุขภาพในทางเป็นพิษภัย ซึ่งทาง EPA (Environmental Protection Agency) ได้กำหนดเกณฑ์สูงสุดไว้ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สิ่งเจือปนปฐมภูมิในน้ำดื่ม

สิ่งเจือปน	เกณฑ์กำหนดสูงสุด, ppm
สารหนู	0.05
แบเรียม	1.0
แคดเมียม	0.01
โครเมียม	0.05
ตะกั่ว	0.05
ปรอท	0.002
ไนเตรต	10.0
ซีลีเนียม	0.01
เงิน	0.05
ฟลูออไรด์	1.5
ความขุ่น, NTU	5

2. สิ่งเจือปนทุติยภูมิ (secondary contaminants) เป็นสิ่งเจือปนที่ไม่มีพิษภัยต่อสุขภาพ แต่มีผลต่อความรู้สึกไม่น่าดื่มไม่น่าใช้ เช่น สี กลิ่น รส และสารบางชนิดดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สิ่งเจือปนทุติยภูมิในน้ำดื่ม

สิ่งเจือปน	เกณฑ์กำหนดสูงสุด, ppm
คลอไรด์	250
สี	15 Pt-Co scale
ทองแดง	1.0
การกัดกร่อน	Non-corrosive
Forming agent	0.5
เหล็ก	0.3
แมงกานีส	0.05
กลิ่น	3 TON*
pH	6.5-8.5*
ซัลเฟต	250
Total dissolved solid	500
สังกะสี	5

* TON = Threshold Odour Number

ตัวเลขเหล่านี้ได้มาจากการศึกษาวิจัยจากสถาบันที่เชื่อถือได้ในสหรัฐอเมริกา เป็นค่าเฉลี่ยที่ยอมรับได้ว่าถ้ามีการบริโภคน้ำดื่มที่มีสิ่งเจือปนเหล่านี้ในปริมาณตามเกณฑ์กำหนดสูงสุดเป็นเวลาติดต่อกันจนตลอดชั่วชีวิตก็ไม่มีความเสี่ยงแต่อย่างใด

เอกสารอ้างอิง

American Society for Testing and Materials. **Annual book of ASTM standards. section 11 volume 11.01** Philadelphia, PA: the society, 1990

American Society for Testing and Materials. **Annual book of ASTM standards. section 11 volume 11.02.** Philadelphia, PA: the society, 1990

Faust, Samuel D. **Chemistry of water treatment.** Boston: Butterworth Publisher, 1983.

Standard methods for the exmination of water and wastewater. 18th ed. Washington, DC: American Public Health Association, 1992

World Health Organization. **Guidelines for drinking water quality. vol. 1: Recommendations.** 2nd. ed Geneva, 1993, p. 31 - 33.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เรื่อง น้ำบริโภค เล่ม 1 ข้อกำหนดเกณฑ์คุณภาพ** มอก. 257 เล่ม 1 - 2521.

เลขาธิการรัฐมนตรี, สำนัก. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 61 (พ.ศ. 2524) เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท. **ราชกิจจานุเบกษา.** กันยายน 2524, เล่ม 98, ตอนที่ 157, หน้า 52 -56.

เลขาธิการรัฐมนตรี, สำนัก. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 135 (พ.ศ. 2534) เรื่อง น้ำบริโภคในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 2) **ราชกิจจานุเบกษา.** เมษายน 2534, เล่ม 108, ตอนที่ 61, หน้า 3041 - 3042

วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน, กระทรวง. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. **การสัมนาทางวิชาการเรื่องปัญหาการวิเคราะห์สารพิษ.** สิงหาคม 2527, วันที่ 7-8, หน้า 25-26

หลักประกันคุณภาพผลวิเคราะห์ฯ (ต่อจากหน้า 14)

การโครงการได้รับความเห็นชอบแล้ว จึงจะเริ่มดำเนินงานตามแผนปฏิบัติการได้ หน่วยกำกับดูแลโครงการจะทำการตรวจสอบผลงานตามโครงการเป็นครั้งคราว พร้อมกับจัดทำรายงานผลการตรวจสอบและข้อเสนอแนะนำเสนอให้ฝ่ายบริหารจัดการพิจารณา ซึ่งผู้บริหารจะพิจารณาสั่งการ เพื่อให้การบริหารจัดการเป็นไปตามแนวทางคุณภาพที่โครงการได้กำหนดไว้ ส่วนผู้ปฏิบัติงานวิเคราะห์ทดสอบทางห้องปฏิบัติการ จะต้องรับผิดชอบในการปฏิบัติงานประจำ ตามรายละเอียดที่ระบุไว้ในแผนงานโครงการ สำหรับวิธีดำเนินงานโครงการนั้น อาจทำพร้อมกันทั้งระบบงานหรือเริ่มทำงานทีละส่วนก็ได้ หากเลือกการทำทีละส่วน ควรเลือกดำเนินการในส่วนที่มีผลกระทบต่อคุณภาพของงานสูงสุดก่อน เช่น การรับและดูแลวัตถุตัวอย่างที่ส่งให้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบ การปรับเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดค่าต่าง ๆ เพื่อความน่าเชื่อถือในค่าที่วัดได้ อย่างไรก็ตามการทำทีละส่วนจะมีข้อดีกว่ากล่าวคือ มีเวลาทำความเข้าใจและฝึกอบรมบุคลากรได้อย่างเพียงพอ และถ้าหากเกิดปัญหาทางปฏิบัติขึ้น หน่วยกำกับดูแลโครงการซึ่งมักมีจำนวนบุคลากรจำกัดจะสามารถเข้าช่วยแก้ไขได้อย่างทันต่อเหตุการณ์ ทั้งนี้จะต้องมีการวางแผนให้กิจกรรมที่ดำเนินการเบื้องต้นและกิจกรรมที่จะต้องดำเนินการต่อมาให้ประสานสอดคล้องกันได้เป็นอย่างดี

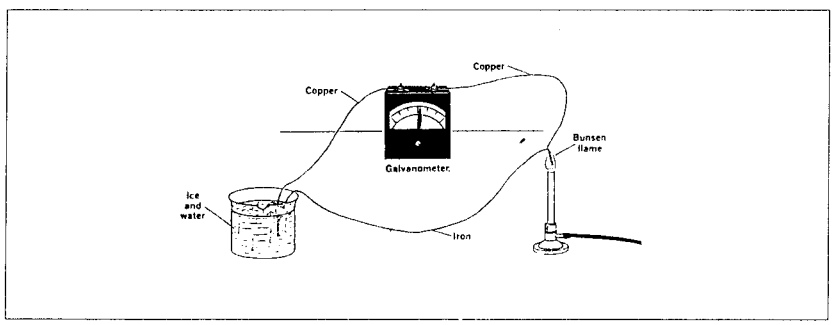
การดำเนินงานบริหารจัดการเพื่อให้คุณภาพของงานทางห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบเป็นไปตามระดับที่ต้องการ จะต้องมีการกำกับดูแลอย่างเป็นระบบ การที่จะแสดงว่าคุณภาพของงานตรวจวิเคราะห์ทดสอบเป็นที่น่าเชื่อถือหรือไม่นั้น อาจทำได้หลายวิธี ที่นิยมใช้ได้แก่ การสอบเทียบขีดความสามารถของการตรวจวิเคราะห์ทดสอบ และการสอบทานการดำเนินงานของห้องปฏิบัติการ จากนั้นจึงประเมินผลหาข้อบกพร่องหรือสิ่งที่เบี่ยงเบนไปจากที่คู่มือคุณภาพกำหนดไว้ การทำรายงานต่อฝ่ายบริหารพร้อมข้อเสนอแนะจัดดำเนินการแก้ไขปรับปรุงและการติดตามผล

(อ่านต่อฉบับหน้า)

อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก

สรรค์ จิตรใคร่ครวญ

อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริก (thermoelectric device) หมายถึง อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ประโยชน์จากปรากฏการณ์ไฟฟ้า-ความร้อน (thermoelectric effect) ที่เกิดขึ้นที่จุดเชื่อมต่อ (junctions) ของคู่ควบความร้อน (thermocouple) ซึ่งคือการนำเอาปลายของตัวนำโลหะที่ต่างกันสองชนิดมาเชื่อมต่อกัน เมื่อจุดเชื่อมต่อทั้งสองข้างถูกกระตุ้นด้วยความร้อนและความเย็นหรือให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านก็จะเกิดปรากฏการณ์ไฟฟ้า-ความร้อน ดังแสดงในภาพที่ 1

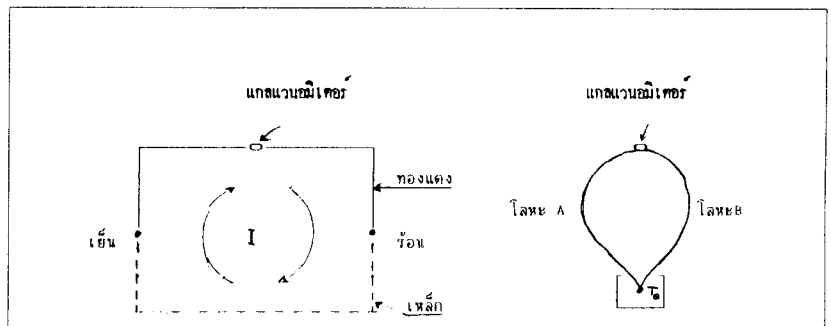


ภาพที่ 1 ลักษณะคู่ควบความร้อน (thermocouple)

ลักษณะการเกิดปรากฏการณ์ไฟฟ้า-"ความร้อน มี 3 แบบ คือ

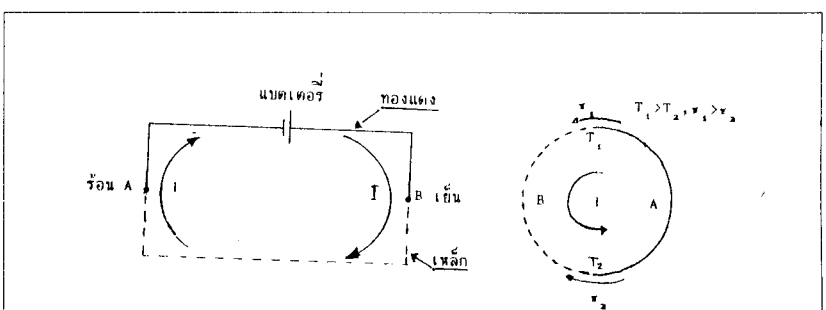
แบบที่ 1 Seebeck effect : "เมื่อจุดเชื่อมต่อที่ปลายทั้งสองด้านของโลหะต่างชนิด ถูกทำให้มีอุณภูมิแตกต่างกัน จะก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในวง (loop) ที่เกิดจากโลหะทั้งสองนั้น" ซึ่งเป็นแบบที่รู้จักกันดีทั่วไป ลักษณะการเกิดกระแสไฟฟ้าแบบดังกล่าวแสดงในภาพที่ 2 (ก)

อุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ตามลักษณะการเกิดปรากฏการณ์ไฟฟ้า-ความร้อนแบบนี้ได้แก่ เครื่องวัดอุณภูมิที่เรียกว่า เทอร์โมอิเล็กทริกไพโรมิเตอร์ (thermoelectric pyrometer) (ภาพที่ 2 ข) โดยจุดเชื่อมต่อของเหล็กกับทองแดงสามารถวัดอุณภูมิได้ถึง 275 ° ซ. แต่จุดเชื่อมต่อของทองแดงกับคอนสแตนเทน (โลหะผสมของทองแดงกับนิเกล) จะใช้สำหรับการวัดที่ระดับอุณภูมิต่ำ ๆ แต่ถ้าเป็นจุดเชื่อมต่อของทองคำขาวกับโรเดียม (rhodium) จะสามารถวัดอุณภูมิได้สูงมากถึง 1,600° ซ.



ภาพที่ 2 (ก) ลักษณะการเกิดไฟฟ้าแบบ Seebeck effect
(ข) ลักษณะอย่างง่าย ๆ ในการวัดอุณภูมิ

แบบที่ 2 Peltier effect: Jean C.V. Peltier ค้นพบในปี ค.ศ. 1834 ว่า "ถ้าให้ไฟฟ้ากระแสตรงไหลผ่านจุดเชื่อมต่อของโลหะต่างกันสองชนิดมีผลทำให้จุดเชื่อมต่อนั้นเย็นหรือร้อนได้ โดยขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า" (ภาพที่ 3) การเกิดความร้อนหรืออัตราการดูดความร้อนจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณกระแสไฟฟ้าและขึ้นกับอุณภูมิของจุดเชื่อมต่อ อุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ตามลักษณะการเกิดปรากฏการณ์ไฟฟ้า-ความร้อนแบบนี้คือ อุปกรณ์ทำความเย็น (cooling) ที่ใช้แทน

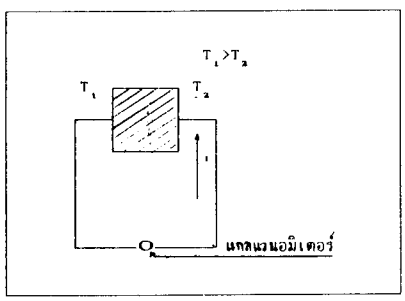


ภาพที่3 ลักษณะการต่อวงจรแบบ peltier effect(π)

เครื่องทำความเย็นที่ทำงานด้วยระบบคอมเพรสเซอร์ (compressor-based refrigeration system) แบบที่ 3 Thomson effect: "ถ้าทำให้ผิวหน้าทั้ง

สองของของแข็งเนื้อเดียว (homogenous solid materials) มีค่าลาด อุณภูมิ (temperature gradient) สม่ำ เสมออยู่ตลอดเวลาจะก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้า โดยทิศทางของกระแสไฟฟ้านั้นจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของของแข็งนั้น"

(ภาพที่ 4) คุณลักษณะแบบนี้ถูกนำไป สร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในเรือดำน้ำและในยานอวกาศที่ไม่มีคนอยู่ โดยใช้ความร้อนจากสารกัมมันตรังสี

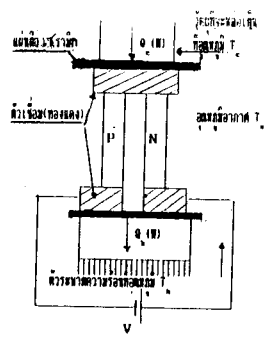


ภาพที่ 4 ลักษณะการเกิดกระแสของ " Thomson effect"

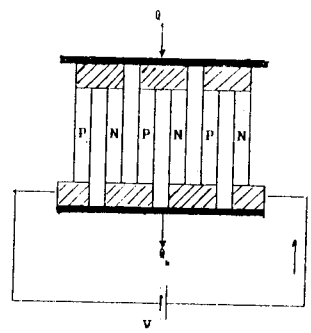
นับตั้งแต่มีอุปกรณ์ที่ทำงานโดยปรากฏการณ์ไฟฟ้า-ความร้อน จำพวกแรกที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นในระหว่างปี ค.ศ. 1960 เพื่อใช้ประโยชน์ในทางทหารและทางด้านอวกาศแล้ว ก็ได้มีการคิดค้นและพัฒนาอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับใช้ประโยชน์ทางด้านอื่นๆ อีก ปัจจุบันได้มีการพัฒนาและประยุกต์เอาสารกึ่งตัวนำ (semiconductor) และวัสดุเซรามิก (ceramic) มาใช้ทำคู่ควบแทนโลหะต่าง ๆ เนื่องจากสารกึ่งตัวนำมีประสิทธิภาพในการแปรเปลี่ยนไฟฟ้า - ความร้อนได้ปริมาณมากและดีกว่าโลหะ อุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกที่นำมาใช้ประโยชน์ในปัจจุบันส่วนมากจะใช้ลักษณะการเกิดปรากฏการณ์ไฟฟ้า-ความร้อนแบบ Peltier effect

การนำสารกึ่งตัวนำมาทำเป็นคู่ควบของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกตามลักษณะแบบ Peltier effect มีรูปแบบง่าย ๆ ดังแสดงในภาพที่ 5 เป็นคู่ควบไฟฟ้า-ความร้อนเดี่ยว โดยมีสารกึ่งตัวนำที่ถูกโด๊ป (dope) ให้เป็นชนิด P และ N เป็นตัววัสดุคู่ควบ นำวัสดุดังกล่าวมาบัดกรีติดกับแผ่นทองแดงแล้วหุ้มผิวด้านนอกของแผ่นทองแดงด้วยแผ่นฉนวนไฟฟ้าซึ่งทำด้วยเซรามิก อีกชั้นหนึ่ง

ขณะที่อยู่ในสภาพวงจรเปิด



ภาพที่ 5 แสดงลักษณะของคู่ควบความร้อน-ไฟฟ้าแบบชุดเดียว



ภาพที่ 6 แสดงลักษณะของคู่ควบความร้อน-ไฟฟ้าที่ต่อกันหลายชุด

อุปกรณ์ก็เหมือนคู่ควบธรรมดาอันหนึ่ง แต่ถ้าทำให้เกิดค่าลาดของอุณภูมิจะเกิดศักย์ไฟฟ้าขึ้นที่ขั้วของอุปกรณ์ และถ้าอุปกรณ์ถูกต่อเป็นวงจรปิดด้วยโหลดไฟฟ้าก็จะก่อให้เกิดพลังงานไฟฟ้าขึ้น ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเป็นฟังก์ชั่นของความแตกต่างของอุณภูมิระหว่างผิวหน้าของแผ่นเซรามิกทั้งสองด้าน (the ceramic face plates) ความร้อนซึ่งเหลือทิ้งจากเครื่องจักรและเครื่องยนต์ในโรงงานอุตสาหกรรมหรือเครื่องทำความเย็นขนาดใหญ่อาจนำกลับมาทำเป็นพลังงานไฟฟ้าได้อีกโดยการต่อแหล่งความร้อนเข้ากับผิวด้านหนึ่งของอุปกรณ์และทำให้ผิวด้านตรงข้ามเย็นลงด้วยอุณหภูมิของอากาศที่อยู่โดยรอบหรือด้วยตัวระบายความร้อนที่เหมาะสม

ในทางตรงกันข้าม ถ้าต่ออุปกรณ์เป็นวงจรปิดและมีแบตเตอรี่จ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้อุปกรณ์แทนแล้ว แผ่นเซรามิกที่ปลายด้านหนึ่งของอุปกรณ์จะเกิดความเย็นเนื่องจากความร้อนถูกดูดกลืนไปและถูกระบายออกสู่อากาศด้วยตัวระบายความร้อน (heat sinker) ที่ต่ออยู่กับแผ่นเซรามิกที่ปลายอีกด้านหนึ่งที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้น เมื่อต้องการทำวัตถุใด ๆ ให้มีอุณภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้องก็นำวัตถุนั้นมาวางไว้ที่แผ่นเซรามิกด้านที่เย็นกว่าซึ่งจะดูดความร้อนจากวัตถุแล้วถ่ายเทออกสู่อากาศที่แผ่นเซรามิกอีกด้านหนึ่ง

ในทางปฏิบัติแล้วอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกจะประกอบด้วยคู่ควบหลาย ๆ ชุดต่ออนุกรมกันในทางด้านไฟฟ้าและต่อแบบขนานกันทางด้านความร้อนดังรูปแบบง่าย ๆ ที่แสดงในภาพที่ 6 อุปกรณ์ที่ผลิตในเชิงพาณิชย์ส่วนใหญ่จะใช้สารกึ่งตัวนำที่โด๊ปด้วย bismuth telluride แต่ถ้าในงานที่ใช้อุณหภูมิสูงจะโด๊ปด้วย lead telluride

โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกแบบนี้จะมีขนาดตั้งแต่ 0.16" x 0.06" x 0.11 "จนถึงขนาดที่ใหญ่กว่า 2" x 2" x 0.2" ต้องการกระแสไฟฟ้าในช่วงตั้งแต่จำนวนเป็นมิลลิแอมแปร์ไปจนถึงหลายสิบแอมแปร์ อุปกรณ์เทอร์อิเล็กทริกชุดเดี่ยวสามารถก่อให้เกิดความแตกต่างของอุณหภูมิได้ 70 ° ซ. ถ้านำมาต่ออนุกรมเข้าด้วยกันหลาย ๆ ชุดก็จะเพิ่มค่าความแตกต่างของอุณหภูมิขึ้นไปอีก

ปัจจุบันได้มีการนำระบบไมโครโปรเซสเซอร์มาประยุคกับอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกทำให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมายยิ่งขึ้น ในทางวิทยาศาสตร์และทางการแพทย์ เช่น ใช้ทำความเย็นเครื่องวัดแสงอินฟราเรด รักษาอุณหภูมิตัวอย่าง

ในเครื่องวิเคราะห์เลือด และควบคุมอุณหภูมิตัวอย่างของเหลวในเครื่องวัดความหนาแน่นแบบอัตโนมัติ เป็นต้น

ข้อดีของอุปกรณ์เทอร์โมอิเล็กทริกมีดังนี้

1. มีขนาดรูปร่างที่เล็กกระทัดรัดและน้ำหนักเบา ทำให้สะดวกในการติดตั้งและใช้งาน

2. สามารถใช้งานได้แม้ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม รวมทั้งในสภาวะที่สั่นสะเทือนหรือช๊อค (shock) ทั้งนี้เพราะอุปกรณ์ดังกล่าวมีสถานะเป็นของแข็ง ชิ้นส่วนต่าง ๆ จึงอยู่คงที่

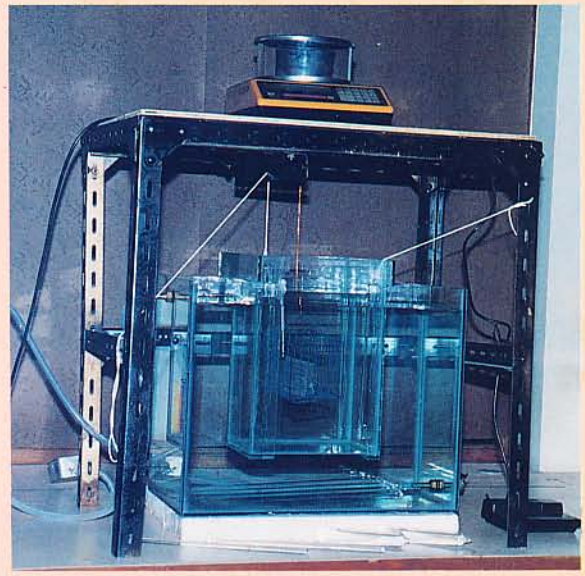
3. ไม่ก่อให้เกิดการรบกวนทางเสียงและทางไฟฟ้า เหมือนเช่นที่เกิดจากเครื่องทำความเย็นที่ใช้ระบบคอมเพรสเซอร์ซึ่งไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)

4. สามารถออกแบบสำหรับใช้งานต่าง ๆ ได้สะดวกและไม่ยุ่งยากเนื่องจากใช้กับไฟฟ้ากระแสตรง (DC)

เอกสารอ้างอิง

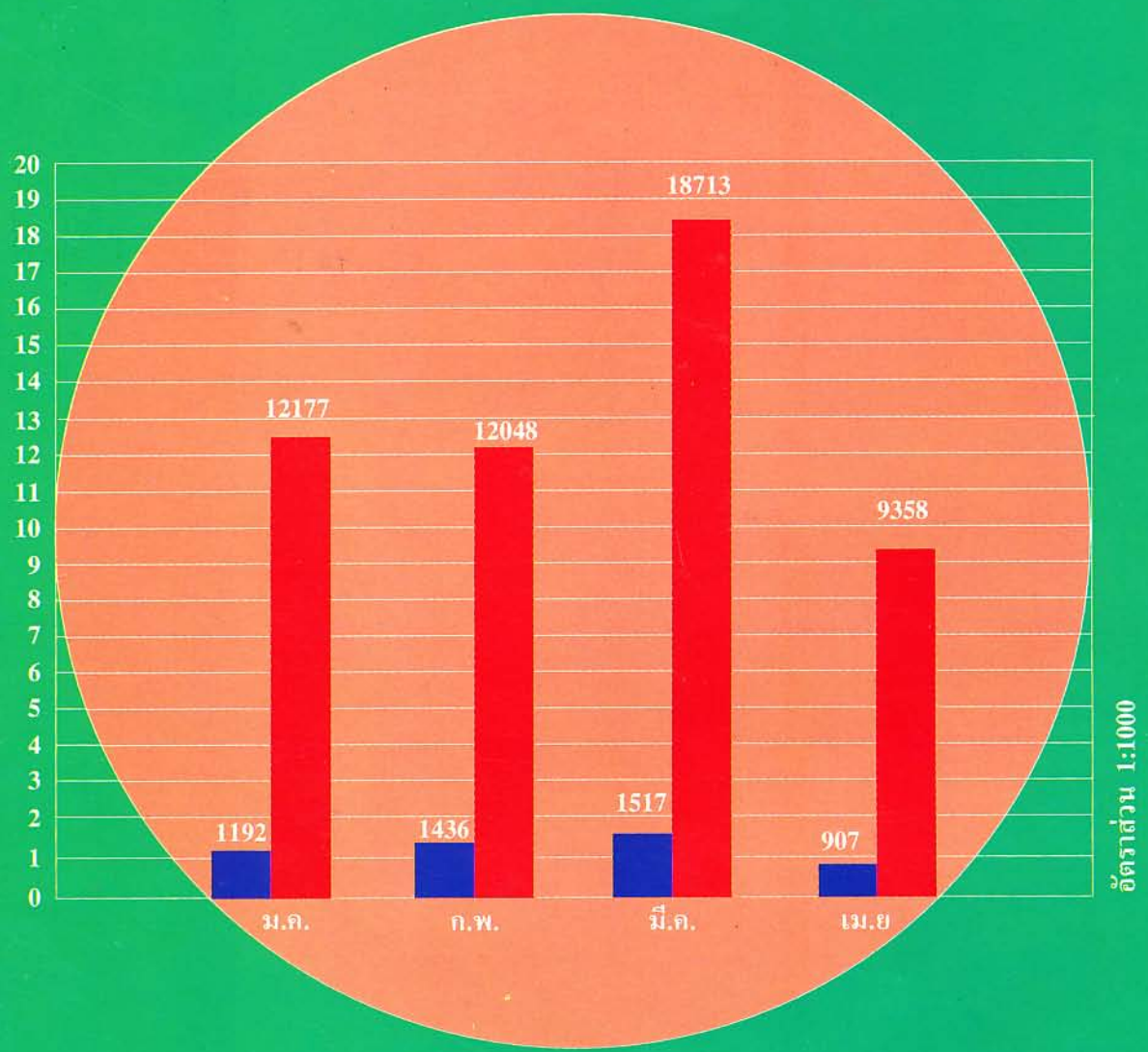
Stehlin, Dori. Latex Allergies. **FDA Consumer**. September, 1992. p. 17 - 19

ถุงมือยางไม่หวั่นสหรัฐฯ สั่งติดคำเตือน. **หนังสือพิมพ์ผู้จัดการ**. กรกฎาคม 1, 2536, ปีที่ 3, ฉบับที่ 824 (1522) หน้า 1-2.



อุปกรณ์สำหรับทดสอบหาค่าความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของของแข็งที่มีขนาดใหญ่ เช่น วัตถุโบราณ ทองรูปพรรณ หรือ ตัวอย่างที่ไม่สามารถแบ่งหรือทำลายได้ซึ่งฝ่ายฟิสิกส์ กองฟิสิกส์และวิศวกรรม ได้พัฒนาอุปกรณ์และเทคนิคขึ้นมาเอง

(กองฟิสิกส์และวิศวกรรม)



สถิติแสดงจำนวนตัวอย่างและรายการการวิเคราะห์ทดสอบวัตถุตัวอย่าง เดือนมกราคม - เมษายน 2538

จำนวนตัวอย่าง

จำนวนรายการ