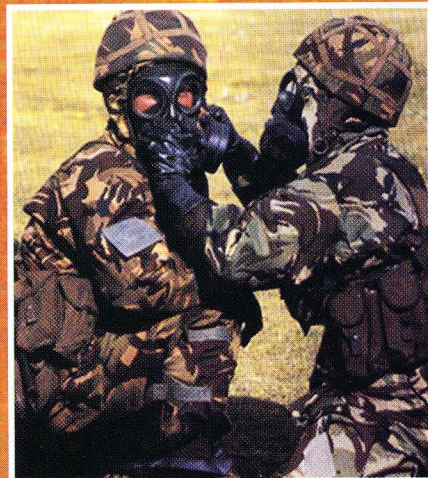
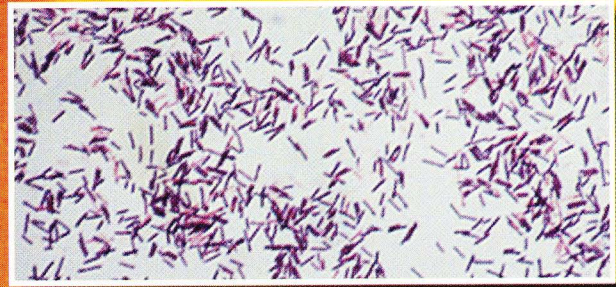


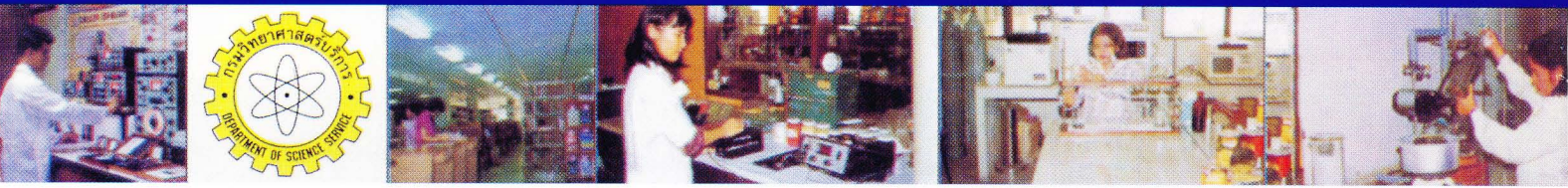


วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ



ISSN 0857-7617

ปีที่ 50 ฉบับที่ 158 มกราคม 2545



กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

โทร. 0 2644 7021 โทรสาร 0 2245 5523

ที่ปรึกษา

นายอิทธิ พิชยนทรโยธิน

นางสาวสุจินดา โชติพานิช

นางสุดา ศิริกุลวัฒนา

บรรณาธิการ

นางอัจฉรา พุ่มฉัตร

กองบรรณาธิการ

นางพิมพ์วัลลภ วัฒนภาส

นางสาวอารี ชูวิสิฐกุล

นางสาวเรณู ตามไท

นางวรรณกร วรเสวต

นางสาวเบญจกัณฑ์ จาตุรงค์ศรี

นางสาวธิดา เกิดกำไร

นางสาวอรุณวรรณ อุ่นแก้ว

นางสุดาวดี เสริมนอก

นางธารทิพย์ เกิดในมงคล

ศิลปกรรม

นายวิเวก อรุณรัตน์

ฝ่ายภาพ

นางสาววิไลวรรณ สะตะมณี

วารสารรายสี่เดือน

ปีละ 3 ฉบับ

มกราคม, พฤษภาคม, กันยายน

สารบัญ

อาวุธชีวภาพ

สุพรรณิ เทพอรุณรัตน์

1

การแปลงผลคะแนนเป็นเกรด

อนุสิทธิ์ สุขมวง

7

บริการข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ

ตามพระราชบัญญัติข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

สำรวล ดำแดง

10

กรมวิทยาศาสตร์บริการมีห้องปฏิบัติการตามมาตรฐานสากล

ISO/IEC 17025 รายแรกในภาคราชการของไทย

จันทร์เพ็ญ ใจธีรภาพกุล

12

สารกรองน้ำเพื่อการบริโภคอุปโภค

อรุณวรรณ อุ่นแก้ว

อรุณ กองแก้ว

14

เทคนิคการตกแต่งสีในเคลือบ

ธณสรณ์ โสคติโสภ

21

วิธีทดสอบเบื้องต้นสำหรับธาตุอาหารพืชในปุ๋ยเคมี

ทวีลักษณ์ อ้นองอาจ

ยุพา รุ่งเวชวุฒิวิทยา

22

ความน่าเชื่อถือของผลการวัด

สุรินทร์ อรรถกิจการคำ

27

กรณีศึกษาผู้แต่งและกรณีศึกษาเรื่อง

วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการปีที่ 49 (2544)

35

อาวุธชีวภาพ

สุพรรณิ เกษมอรุณรัตน์

อาวุธชีวภาพคืออะไร

อาวุธชีวภาพ (Biological weapon) คือ อาวุธสงครามล้างโลกในรูปแบบใหม่ที่ได้จากสิ่งมีชีวิตซึ่งครอบคลุมถึงตัวสิ่งมีชีวิตเอง (แบคทีเรีย ไวรัส รา ปรสิต) และสารอินทรีย์ที่สิ่งมีชีวิตผลิตขึ้นจากกระบวนการเมแทบอลิซึมที่สามารถทำให้สิ่งมีชีวิตเป้าหมายได้รับบาดเจ็บ ป่วย และตายได้ สารเหล่านี้ได้แก่ สารพิษจากสิ่งมีชีวิต หรือแม้กระทั่งสปอร์โมินหรือสารอินใดที่สิ่งมีชีวิตผลิตขึ้นมา

ประวัติการใช้อาวุธชีวภาพของมนุษย์

มนุษย์รู้จักใช้อาวุธชีวภาพตั้งแต่สมัยก่อนประวัติศาสตร์ โดยการทากหัวลูกศรหรือลูกดอกด้วยสารพิษที่ได้จากพืชหรือสัตว์เพื่อใช้ในการล่าสัตว์หรือฆ่าศัตรู การใช้พิษลักษณะนี้ยังคงมีใช้อยู่ในอเมริกาใต้และแอฟริกา บางครั้งใช้โดยจุ่มหัวลูกศรในอุจจาระหรือเนื้อมาก่อนที่จะใช้โจมตีคู่ต่อสู้ เป็นที่ทราบกันว่าในอุจจาระมีเชื้อทำให้เกิดโรคหลายชนิดรวมทั้งเชื้อบาดทะยัก บางครั้งทำลายศัตรูด้วยการทิ้งซากศพหรืออุจจาระลงในแหล่งน้ำใช้ของศัตรู ทำให้ศัตรูได้รับเชื้อโรคทำให้เจ็บป่วยหรือตายได้ ซึ่งวิธีนี้ยังมีการใช้อยู่ในปัจจุบัน

ในสมัยยุคกลางมีการใช้ศพที่ตายด้วยไข้ทรพิษหรือกาฬโรคเป็นตัวแทนโรคโดยโยนศพเข้าไปในเมืองที่โอบล้อมอยู่ นอกจากนี้ทหารอังกฤษได้ใช้อาวุธชีวภาพกับชนชาวพื้นเมืองในทวีปอเมริกาในรูปของผ้าห่มติดเชื้อไข้ทรพิษ สมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 ญี่ปุ่นได้ใช้อาวุธเชื้อโรคกับชาวจีน นอกจากนี้ยังมีการใช้อาวุธชีวภาพทางอ้อมโดยการกระตุ้นให้เกิดโรคระบาดในหมู่ศัตรูด้วยการปิดล้อมให้อดอยาก อ่อนแอ หรือบาดเจ็บ รวมทั้งขัดขวางการส่งอาหารและยาไปให้พลเรือน ทำให้โอกาสที่พลเรือนจะแพร่โรคไปสู่ทหารมีมากขึ้น

สำหรับการใช้อาวุธชีวภาพในยุคปัจจุบันมีการใช้จุลินทรีย์และสารพิษหลายชนิดและพัฒนาให้ใช้งานได้สะดวกและได้ผลมากขึ้น ประเทศผู้นำในวิทยาการด้านนี้ได้แก่สหรัฐอเมริกา รัสเซีย อิรัก และมีอีกหลายประเทศที่เชื่อกันว่ามีการผลิตหรือสะสมอาวุธชีวภาพ นอกจากนี้ยังเชื่อกันว่ามีกลุ่มผู้ก่อการร้ายอีกหลายกลุ่มได้ใช้อาวุธชีวภาพในการปฏิบัติการกับเหยื่อ รวมทั้งในสหรัฐอเมริกาที่มีการแพร่เชื้อแอนแทรกซ์ทางจดหมายจนทำให้มีผู้ป่วยและเสียชีวิตไปหลายราย

เป้าหมายของการใช้อาวุธชีวภาพ

อาวุธชีวภาพมีอำนาจในการทำลายล้างสูง โดยมีเป้าหมายเป็นสิ่งมีชีวิตหรือสิ่งแวดล้อม ได้แก่ มนุษย์ สัตว์ และพืชเศรษฐกิจ น้ำอุปโภคบริโภค ดิน อากาศ นอกจากนี้ยังทำลายระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อมทำให้ต้องใช้เวลานานกว่าจะคืนสู่สภาพที่ใช้การได้ จุดประสงค์ของการใช้อาวุธชีวภาพ ผู้ใช้ต้องการให้ทหาร ประชาชน สัตว์เลี้ยง หรือพืชของศัตรูป่วยเป็นโรคนอนอาจถึงตายได้ โดยการโจมตีมนุษย์เป็นการโจมตีโดยตรงเพื่อตัดกำลังรบ ส่วนการโจมตีสัตว์เลี้ยงและพืชเป็นการกระทำทางอ้อมเพื่อลดขีดความสามารถ ด้วยการกำจัดแหล่งอาหาร สัตว์พาหนะ และลดขีดความสามารถในการเพาะปลูก นอกจากนี้ยังเป็นการทำลายขวัญและกำลังใจ ทำให้การรบและการส่งกำลังบำรุงล้มเหลว

เป้าหมายของการโจมตีด้วยอาวุธชีวภาพหลักๆ จะอยู่ที่ระบบทำความเย็นหรือทำความอุ่นของอาคาร ระบบประปาของเมืองหรือหน่วยงานของรัฐ กองบัญชาการ กองบังคับการ ค่ายทหาร นายทหารที่ดำรงตำแหน่งสำคัญ นักการเมืองระดับผู้นำรัฐบาล เป็นต้น

พืชที่เป็นเป้าหมายหลักในการใช้อาวุธเชื้อโรคทำลาย ส่วนใหญ่จะเป็นพืชอาหารหลัก เช่น ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว มันฝรั่ง ข้าวสาลี ข้าวโพด ถั่วเหลือง มะนาว ฯลฯ และกลุ่มพืชเศรษฐกิจ อาทิ ชา กาแฟ ฝ้าย ยางพารา โดยจะใช้ในพื้นที่ศูนย์กลางการผลิตอาหารทางการเกษตรเพื่อทำให้เกิดภาวะการขาดแคลนอย่างหนักในยามสงคราม

คุณสมบัติของอาวุธชีวภาพที่ดี

จุลินทรีย์หรือสารชีวภาพที่นำมาผลิตเป็นอาวุธได้นั้นต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. มีพิษสูง ใช้ปริมาณเพียงเล็กน้อยก็สามารถทำให้เกิดผลต่อสิ่งมีชีวิตที่เป็นเป้าหมาย เช่น เชื้อไข้ทรพิษ (smallpox) สารพิษโบทูลินัม (botulinum toxin) หรือที่เรียกกันสั้นๆ ว่า สารพิษโบทอก (botox)
2. สามารถผลิตได้ง่ายในปริมาณมาก โดยใช้เทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อนมาก และต้นทุนการผลิตต่ำ
3. มีความคงทน เก็บรักษาไว้ได้นานโดยไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ทันที มีระยะฟักตัวสั้น สามารถอยู่ในสภาพแวดล้อมได้นานโดยที่ยังคงประสิทธิภาพในการทำลาย



4. มีความสามารถในการก่อโรครุนแรง เข้าสู่ร่างกายได้หลายทาง เช่นสูดดม ความต้านทานต่อยาสูง หรือไม่มีการรักษา

5. ตรวจสอบได้ยาก ซึ่งมนุษย์รู้จักการผลิตอาวุธชีวภาพนี้โดยเลียนแบบจากการเกิดโรคระบาดตามธรรมชาติ ดังนั้นความหายณะที่เกิดจากอาวุธชีวภาพนั้นไม่ได้ด้อยไปกว่าระเบิดปรมาณูเลย

การใช้อาวุธชีวภาพ

การใช้อาวุธชีวภาพสามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น

1. การปล่อยกระเจาเป็นละอองฝอย (Aerosol Method) โดยการใช้เครื่องบินเล็ก รถยนต์ หรือเครื่องมือเกษตรฉีดพ่น หรือใช้วัตถุระเบิด เช่น จรวด ระเบิดติดสายลวง ระเบิดให้อาวุธชีวภาพฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศ ในรูปของ ฝุ่น ละออง ควั่น หมอก แต่วิธีนี้ไม่ค่อยได้ผล เนื่องจากแรงระเบิดจะทำให้อาวุธชีวภาพเสื่อมสภาพจึงได้ผลไม่เต็มที่

2. การปล่อยกระเจาไปกับสัตว์พาหะโดยจะใช้วิธีการทำให้สัตว์ติดเชื้อเป็นอาหารติดเชื้อ แล้วให้สัตว์เหล่านั้นเข้าไปในพื้นที่เป้าหมาย เพื่อให้เป็นพาหะนำเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ เช่น ยุง หมัด เห็บ เหา ไร โดยปัจจุบันมีโรคติดต่อร้ายแรงกว่า 100 ชนิด เช่น ไข้เหลือง กาฬโรค ไข้เยื่อหุ้มสมองอักเสบ ไข้เลือดออก

3. การปนเปื้อนอาวุธชีวภาพไปในน้ำ อาหาร หรืออื่นๆ การก่อวินาศกรรมมักจะใช้วิธีนี้เนื่องจากใช้อาวุธชีวภาพในปริมาณน้อยมาก การตรวจสอบและป้องกันทำได้ยาก ดังที่เป็นข่าวในช่วงเดือนตุลาคม - พฤศจิกายน 2544 นี้ที่มีการตรวจพบเชื้อ และมีผู้ป่วยด้วยโรคแอนแทรกซ์จากสปอร์ของเชื้อที่ปนเปื้อนมากับจดหมายในประเทศสหรัฐอเมริกา

การจำแนกชนิดของอาวุธเชื้อโรค

อาวุธชีวภาพไม่สามารถทำให้เกิดการสูญเสียได้ทันทีเหมือนอาวุธอื่น แต่คุณสมบัติที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำให้อาวุธชีวภาพมีความสามารถในการแพร่กระจายสูง และมีผลกระทบในเชิงจิตวิทยาได้ดี จึงมีการคัดเลือกเชื้อจุลินทรีย์บางประเภทและสารพิษโดยธรรมชาติผลิตเป็นอาวุธชีวภาพ โดยจำแนกชนิดได้ ดังนี้

1. **แบคทีเรีย** แบคทีเรียเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ส่วนใหญ่เติบโตได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ แบคทีเรียทำให้เกิดโรคหลายโรคและมักรักษาให้หายขาดได้ด้วยยาปฏิชีวนะ แบคทีเรียหลายชนิดสามารถใช้เป็นอาวุธชีวภาพ เช่น เชื้อโรคแอนแทรกซ์ เชื้อคลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์

(*Clostridium perfringens*) เชื้อกาฬโรค เชื้อบาดทะยัก เชื้อหิวอดโรค เชื้อไทฟอยด์ เชื้อคลอสตริเดียม โบทูลินัม (*Clostridium botulinum*)

2. **ไวรัส** ไวรัสเป็นสิ่งมีชีวิตที่ต้องอาศัยสิ่งมีชีวิตอื่นในการเพิ่มจำนวน ยาปฏิชีวนะไม่สามารถใช้รักษาโรคที่เกิดจากไวรัสได้ ต้องให้ยาฆ่าเชื้อไวรัสโดยเฉพาะซึ่งยังมีใช้น้อย ไวรัสที่ใช้เป็นอาวุธชีวภาพได้ เช่น เชื้อไวรัสวาริโอลา (*Variola virus*) ซึ่งทำให้เกิดโรคไข้ทรพิษ (smallpox) ไวรัสอีโบล่า (*Ebola virus*) ไวรัสที่ทำให้เกิดโรคไข้เหลือง (yellow fever virus) ไวรัสที่ทำให้เกิดโรคปากและเท้าเปื่อยในสัตว์ ไวรัสที่ทำให้เกิดโรคไข้หวัดใหญ่ในสัตว์ปีก โรคนิวคาสเซิลของสัตว์ปีก และโรครินเดอร์เพลสต์ ไวรัสที่ทำให้เกิดโรคในพืชได้แก่ ไวรัสที่ทำให้เกิดโรคใบสีส้มของข้าว โรคใบหงิกของข้าวหรือที่ชานาเรียกโรคจู่ โรคหูของข้าว และโรคเขียวเตี้ยของข้าว

3. **เชื้อรา** เชื้อราเป็นพืชชั้นต่ำ ไม่มีการสังเคราะห์แสง ส่วนใหญ่จะสร้างสปอร์ เจริญในดินและในสารอินทรีย์เมื่อมีความชื้นที่เหมาะสม โรคที่เกิดจากเชื้อรา รักษาได้ด้วยยาฆ่าเชื้อรา เชื้อราที่ใช้เป็นอาวุธชีวภาพส่วนใหญ่เป็นเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคพืช เช่น เชื้อเฮลมินโทสปอเรียม โอไรซี (*Helminthosporium oryzae*) ทำให้เกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าว เชื้อไพริคูเลียเรีย โอไรซี (*Piricularia oryzae*) ทำให้เกิดโรคไหม้ของข้าว เชื้อพัคซินเนีย แกรมินิส (*Puccinia graminis*) ทำให้เกิดโรคราสนิมของข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าวไรน์ และข้าวบาร์เลย์

4. **สารพิษ** สารพิษอาจเป็นสารที่จุลินทรีย์ ผลิต และสัตว์ผลิตขึ้นตามธรรมชาติ หรือได้จากการสกัดจากสิ่งมีชีวิตด้วยวิธีทางเคมี การรักษาโรคจากสารพิษอาจใช้แอนตี้ดอตหรือยาเฉพาะ สารพิษที่อาจใช้เป็นอาวุธชีวภาพได้ ได้แก่ สารพิษโบทูลินัมจากแบคทีเรีย คลอสตริเดียม โบทูลินัม (*Clostridium botulinum*) และคลอสตริเดียม พาราโบทูลินัม (*Clostridium parbotulinum*) สารพิษไรซิน (ricin) จากเมล็ดกระถั่ว สารพิษอะฟลาทอกซิน (aflatoxin) จากเชื้อรา แอสเพอร์จีลลัส เฟลวัส (*Aspergillus flavus*) สแตไฟโลค็อกคัส เอ็นเทอโรทอกซินชนิดบี จากแบคทีเรีย สแตไฟโลค็อกคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) แซกซิโทกซิน (Saxitoxin) จากแพลงตอน ไทรโคธีซินจากราหลายชนิด (*Trichothecene mycotoxins*) และเทโทรโดทอกซิน (Tetrodotoxin) จากปลาปักเป้า

โรคที่มีศักยภาพในการใช้เป็นอาวุธชีวภาพได้เป็นโรคติดต่อระหว่างมนุษย์และสัตว์ ได้แก่ โรคแอนแทรกซ์



แท่งติดคอ กาฬโรค ไขกระดูกใหญ่ ไขทรวงอก โรคเชื้อหุ้มสมองอักเสบ ไข้เหลือง

ส่วนโรคของสัตว์ที่ใช้เป็นอาวุธชีวภาพทำลายสัตว์ได้แก่ อหิวาห์สุกร โรคปากและเท้าเปื่อย โรคนิวคาสเซิลของสัตว์ปีก และโรคนิครินเดอร์เปสท์

ส่วนจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นอาวุธชีวภาพทำอันตรายต่อพืชได้แก่ สเคลอโรเตียม โรสอี (Sclerotium rosii) ทำให้เกิดโรคของถั่วเหลือง หัวผักกาดหวาน ผ้ายและมันเทศ เชื้อไฟโทเทอร่า อินเฟสแทนส์ (Phytophthora infestans) ทำให้เกิดโรคใบแห้งในมันฝรั่ง เชื้อชูโดโมแนส แอลโดพรีซิเพแทนส์ (Pseudomonas aldoprecipitans) ทำให้เกิดโรคใบแห้งของข้าวโพด เชื้อเฮลมิโนสปอร์ียม โอไรซี (Helminthosporium oryzae) ทำให้เกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าว เชื้อไพริคูลารียา โอไรซี (Pyricularia oryzae) ทำให้เกิดโรคไหม้ของข้าว เชื้อพัคซินเนีย แกรมินิส (Puccinia graminis) ทำให้เกิดโรคราสนิมของข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต ข้าวไรน์ และข้าวบาร์เลย์

นอกจากนี้ยังมีรายงานว่ามีการพัฒนาอาวุธชีวภาพให้มีศักยภาพสูงขึ้นโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพ ดัดแปลงยีนของจุลินทรีย์ให้มีความต้านทานต่อยาปฏิชีวนะสูงขึ้น หรือมีความต้านทานต่อสภาวะแวดล้อมเพื่อให้สามารถมีชีวิตยืนยาวขึ้น

อาวุธชีวภาพที่สำคัญ

อาวุธชีวภาพมีหลายชนิด แต่อาวุธชีวภาพที่มีศักยภาพสูงและมีรายงานว่ามีการผลิตหรือใช้เป็นอาวุธหรือกำลังพัฒนาให้เป็นอาวุธที่สำคัญได้แก่

เชื้อโรคแอนแทรกซ์ (Anthrax)

โรคแอนแทรกซ์เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย แบซิลลัส แอนแทรกซิส (Bacillus anthracis) เป็นโรคระบาดร้ายแรงในปศุสัตว์ ผู้ที่ติดโรคมักทำงานกับปศุสัตว์ โดยติดเชื้อจากการสัมผัสโดยตรงกับเชื้อ และโดยการหายใจ การติดเชืทางสัมผัสมักเกิดจากการรับประทานเนื้อสัตว์ปนเปื้อนเชื้อนี้ ทำให้เกิดการติดเชื้อในระบบเลือด ต่อมน้ำเหลืองบวม ระยะฟักตัวของโรค 1-5 วัน อัตราการตายร้อยละ 10-20 หากไม่ได้รับการรักษาด้วยยาปฏิชีวนะทันที การติดโรคโดยการหายใจเกิดจากการสูดเอาสปอร์ของเชื้อเข้าไป อาการจะรุนแรง ทำให้เกิดการติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจ อัตราการตายสูงถึงร้อยละ 80-90 เนื่องจากการวินิจฉัยมักจะสายเกินกว่าที่จะบำบัดได้ทันด้วยยาปฏิชีวนะ แม้ว่าโรคนี้จะอันตรายแต่โรคนี้ไม่ใช่โรคระบาดในคน การใช้เชื้อแอนแทรกซ์เป็นอาวุธ ทำได้โดย

การนำสปอร์เชื้อแอนแทรกซ์ที่เพาะเลี้ยงไว้ และเก็บในรูปสารละลายมาฉีดพ่นโดยเครื่องบิน หรือใช้ทำเป็นหวัรบจรวด ซึ่งญี่ปุ่นเคยใช้อาวุธเชื้อโรคแอนแทรกซ์นี้กับชาวจีนมาแล้วเมื่อสงครามโลกครั้งที่ 2 หรือส่งมากับจดหมายหรือพัสดุ เช่นที่เกิดในสหรัฐอเมริกาในขณะนี้ โรคแอนแทรกซ์มีวัคซีนป้องกันแต่ต้องฉีดล่วงหน้าและฉีดกระตุ้นอีกจนกว่าร่างกายจะมีภูมิคุ้มกัน

สารพิษโบทูลินัม (Botulinum Toxin)

สารพิษโบทูลินัมผลิตจากแบคทีเรียชื่อว่า คลอสตริเดียม โบทูลินัม (Clostridium botulinum) แบคทีเรียนี้ทำให้อาหารกระป๋องเน่าเสียและอาหารเป็นพิษ สารพิษโบทูลินัมจัดว่าเป็นสารพิษจากสิ่งมีชีวิตที่มีความเป็นพิษรุนแรงที่สุด สารพิษเพียงจุดเล็ก ๆ ก็สามารถทำลายชีวิตคนได้ถึง 10 คน สารพิษมีความเสถียรสูงและอยู่ในรูปของผลึก การใช้เป็นอาวุธอาจโดยการฉีดพ่นให้กระจายในอากาศในรูปละอองฝอย หรือปนเปื้อนในน้ำหรืออาหาร สารพิษจะซึมผ่านเข้าทางเยื่อของร่างกาย เช่น เยื่อทางเดินหายใจ ซึ่งพิษชนิดนี้เป็นสารไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ผู้ที่ได้รับสารนี้เข้าไปจะไม่มีโอกาสรู้ตัว จนกว่าพิษจะเริ่มออกฤทธิ์ ผู้รับพิษจะมีอาการตาพร่า กล้ามเนื้ออ่อนแรง คลื่นไส้อาเจียน ระบบประสาทจะถูกทำลาย และผู้ป่วยจะเสียชีวิตในที่สุด การป้องกันพิษทำได้โดยการฉีดวัคซีนหรือใส่หน้ากากป้องกันสารพิษ แต่เนื่องจากสารพิษของเชื้อโรคนี้มีหลายชนิด ดังนั้นการป้องกันจึงทำได้ยากหากไม่ทราบว่ามีฝ่ายตรงข้ามจะแพร่พิษโบทูลินัมชนิดใด สารพิษนี้มีข้อด้อยตรงที่ไม่เสถียรในอากาศถ้าถูกแสงแดด และสภาพแห้งแล้ง และถูกทำลายได้ด้วยการต้มเดือด ถึงแม้โบทูลินัมมีความเป็นพิษสูง แต่การปนเปื้อนสารพิษในแหล่งน้ำสำหรับใช้ในเมืองจะต้องใช้สารพิษจำนวนมาก การแพร่พิษในอาหารกระป๋องจากโรงงานผลิตอาหารสำเร็จที่มีการส่งไปจำหน่ายทั่วประเทศน่าจะเป็นเป้าหมายของผู้ก่อการร้ายในการใช้อาวุธชีวภาพนี้มากกว่าโรงงานเล็ก ๆ

เชื้อคลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (Clostridium perfringens)

เชื้อคลอสตริเดียม เพอร์ฟริงเจนส์ (Clostridium perfringens) เป็นแบคทีเรียอีกชนิดหนึ่งที่ทำให้อาหารเน่าเสียและเกิดอาการอาหารเป็นพิษได้ หากแบคทีเรียนี้เข้าไปอยู่บนบาดแผลที่สกปรกและอากาศเข้าไม่ถึง จะทำให้เกิดก๊าซในบาดแผล ทำให้เกิดแผลบวมเป่งและเนื้อเน่าตาย (gangrene) การนำเอาเชื้อมานี้มาใช้งานน่าจะ



คล้ายกับเชื้อคลอสตริเดียม โบทูลินัม ซึ่งเชื้อชนิดนี้มีการสร้างสปอร์ ทำให้ทนทานต่อสภาพแวดล้อมได้ดี สามารถฝังตัวในดินนับ 10 ปี หากตกอยู่ในพื้นที่ใดจะทำให้พื้นที่นั้นๆ ไม่สามารถใช้งานทางปศุสัตว์ได้อย่างน้อย 2 ปี

ไข้ทรพิษ (Smallpox)

ไข้ทรพิษหรือโรคฝีดาษ เกิดจากเชื้อไวรัสสโมล-พอกซ์ (smallpox virus) โรคนี้ถูกกำจัดหมดไปแล้วตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523 ทั่วโลกจึงหยุดฉีดวัคซีนไข้ทรพิษ รวมทั้งการพัฒนาวัคซีนใหม่ แต่ยังคงมีบางประเทศที่เก็บเชื้อ Smallpox ไว้ในห้องปฏิบัติการ คือสหรัฐอเมริกาและสหภาพโซเวียต โดยอ้างว่าเพื่อการศึกษาวิจัยไข้ทรพิษอาจจะถูกนำมาใช้เป็นอาวุธชีวภาพเนื่องจาก ทราบรหัสพันธุกรรมของไวรัสแล้ว การผลิตไวรัสจำนวนมากสามารถทำได้ง่ายในเวลาอันสั้น โรคนี้แพร่ระบาดได้ง่าย หากผู้ไม่เคยฉีดวัคซีนป้องกันโรคนี้ได้รับเชื้อ ก็มีโอกาเสียชีวิตถึงร้อยละ 50 และหากมีการปรับปรุงพันธุกรรมของไวรัสด้วยเทคโนโลยีชีวภาพ ความรุนแรงของโรคก็จะสูงขึ้น ทำให้วัคซีนที่มีอยู่ในปัจจุบันใช้ไม่ได้ โอกาสที่เชื้อนี้จะแพร่ระบาดก็เลยยิ่งสูงขึ้น

อะฟลาทอกซิน (Aflatoxin)

อะฟลาทอกซิน เป็นสารพิษที่สร้างโดยเชื้อรา เป็นสารก่อมะเร็งในคนและสัตว์ กลุ่มเชื้อราที่สร้างสารพิษนี้มีอยู่ในธรรมชาติ ชอบขึ้นบนสินค้าเกษตรจำพวกข้าว ข้าวโพด และถั่วต่างๆ ที่เก็บรักษาไม่ดี มีความชื้นสูง อะฟลาทอกซินสกัดได้ง่ายๆ ด้วยเอทิล-แอลกอฮอล์ สารพิษนี้มีความเสถียรสูง ยังไม่มีรายละเอียดเกี่ยวกับการใช้สารพิษชนิดนี้เป็นอาวุธทางชีวภาพมากนักเนื่องจากเป็นสารก่อมะเร็งในระยะยาว ไม่ใช่อาวุธที่ให้ผลฉับพลัน การวิจัยชี้ว่าโรคมะเร็งเกิดจากการได้รับอะฟลาทอกซินโดยอุบัติเหตุหรือโดยตั้งใจกระทำไดยาก เนื่องจากระยะฟักตัวกินเวลานานกว่าจะแสดงอาการ แต่มีรายงานว่าอริกได้ผลิตอะฟลาทอกซินเข้มข้นมากกว่า 600 แกลลอนบรรจุในระเบิดและจรวด

ไรซิน (Ricin)

ไรซินเป็นสารพิษที่สกัดจากเมล็ดละหุ่ง ใช้เป็นยาปราบศัตรูพืช โดยสารดังกล่าวจะไปยับยั้งการผลิตโปรตีนของเซลล์ ทำให้เซลล์ตาย ผู้ที่ได้รับพิษจะค่อยๆ เสียชีวิตเนื่องจากร่างกายไม่สามารถสร้างโปรตีนที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตได้ ความเป็นพิษของไรซินขึ้นกับวิธีการ

รับสารพิษเข้าไป ในกรณีที่ได้สูดเอาสารพิษเข้าไปจำนวนมาก ไรซินจะเป็นพิษต่อระบบหายใจอย่างรุนแรง กลืนได้อาเจียน แสบตา หายใจไม่ออก ทำให้ระบบหายใจเสียหายจนถึงแก่ความตายได้ แต่ถ้ากลืนเอาไรซินเข้าไปจะทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง เป็นตะคริว ท้องเสีย มีไข้ และอาจช็อคได้ แต่การกลืนไรซินมีรายงานอัตราการตายต่ำกว่าการสูดดมเข้าไป ปัจจุบันยังไม่มียารักษาเฉพาะ แอนติบอดีของไรซินกำลังอยู่ในระหว่างการศึกษา ความเป็นพิษของไรซินน้อยกว่าโบทูลินัมถึง 1,000 เท่า แต่เนื่องจากเมล็ดละหุ่งหาได้ง่ายทั่วโลกและการผลิตไรซินก็ทำได้ง่าย ทำให้ไรซินมีความเหมาะสมที่จะเป็นอาวุธชีวภาพ ปัจจุบันยังไม่มีรายงานการใช้สารนี้ในสงคราม

วิธีการตรวจสอบและการป้องกัน

การตรวจสอบการปนเปื้อนของอาวุธชีวภาพสามารถกระทำได้ด้วยการตรวจหาจุลินทรีย์หรือสารพิษที่สงสัยในสิ่งแวดล้อมหรือการวินิจฉัยทางการแพทย์ในคนหรือสัตว์ที่ได้รับพิษ การตรวจหาอาวุธชีวภาพในสิ่งแวดล้อมก่อนจะช่วยให้การรักษาแก่เหยื่อได้ทันทั่วทั้งที่ก่อนที่อาวุธชีวภาพจะสำแดงฤทธิ์ต่อเหยื่อ แต่ปัจจุบันนี้ยังไม่มีระบบตรวจสอบอาวุธชีวภาพใดที่มีประสิทธิภาพดีพอ สหรัฐอเมริกากำลังพัฒนาระบบตรวจสอบอากาศซึ่งจะสามารถแสดงขนาดของอนุ ชนิตของแบคทีเรีย วัดปริมาณดีเอ็นเอ (DNA content) ปริมาณเอทีพี (ATP content) และชนิดของอาวุธชีวภาพด้วยวิธีตรวจสอบทางระบบภูมิคุ้มกัน (immunoassays)

การที่จะบอกชนิดของอาวุธชีวภาพจำเป็นที่จะต้องใช้การวินิจฉัยอาการของผู้ป่วยมาประกอบ โดยดูจากรูปแบบของอาการว่าน่าจะเป็นอาการของโรคใด นอกจากนี้ต้องสังเกตด้วยว่าเป็นโรคธรรมดาหรือเกิดจากการได้รับอาวุธชีวภาพ

การป้องกันอาวุธชีวภาพสามารถกระทำได้โดยการใช้หน้ากากกันสารพิษ หรือกรองจุลินทรีย์ได้ อาวุธชีวภาพที่ถูกพันเป็นละอองฝอยส่วนใหญ่จะไม่สามารถซึมผ่านผิวหนังที่ไม่มีบาดแผลได้ ดังนั้นการถอดเสื้อผ้าจะลดการติดเชื้อส่วนใหญ่ได้ และการอาบน้ำและฟอกตัวด้วยสบู่จะชะล้างเอาจุลินทรีย์ที่ผิวออกไปได้ถึงร้อยละ 99.9 การสวมเสื้อผ้าธรรมดาและถุงมือยางก็เพียงพอที่จะป้องกันตัวจากอาวุธชีวภาพในกรณีที่ต้องสัมผัสกับผู้ป่วย ยกเว้นในผู้ป่วยด้วยไวรัส ซึ่งจำเป็นจะต้องใช้ชุดป้องกันที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

ปัจจุบันนี้การรักษาเบื้องต้นเมื่อมีผู้ได้รับอาวุธชีวภาพที่ไม่รู้แน่ชัดว่าเป็นชนิดใดโดยการให้แอนติบอดีที่



มีผลในวงกว้าง จนกว่าจะทราบชนิดของอาวุธชีวภาพจึงจะให้แอนติบอดีเฉพาะ ซึ่งก็ยังไม่มีครบทุกชนิด การให้วัคซีนสำหรับป้องกันแก่ชุมชนยังไม่สามารถทำได้ ทำได้เพียงกับทหารเท่านั้น การผลิตวัคซีนยังไม่ทันต่อความต้องการและมีเพียงบางโรคเท่านั้น เช่น โรคแอนแทรกซ์ โบทูลินัม ไข้ทรพิษ วัคซีนสำหรับไรซินและสารพิษจากสแตไฟโลคอกคัสกำลังอยู่ในระหว่างการพัฒนา

อาวุธชีวภาพเปรียบเทียบกับอาวุธเคมี

ข้อได้เปรียบ

1. ตามทฤษฎีแล้วอาวุธเชื้อโรคเพียงเซลล์เดียวสามารถโจมตีและทำให้ศัตรูป่วยหรือตายได้เมื่อถูกนำไปใช้อย่างถูกต้องเหมาะสม แต่ในทางปฏิบัติแล้วต้องใช้จุลินทรีย์หลายเซลล์จึงจะทำให้เกิดโรคได้
2. สารพิษชีวภาพเป็นสารพิษที่มีความเป็นพิษสูง เช่น สารพิษโบทูลินัมขนาดเท่าจุดของตัวไอ (i) สามารถฆ่าคนได้ถึง 10 คน
3. อาวุธชีวภาพจำพวกเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เพาะเลี้ยงได้ง่ายไม่แพง การเพาะเลี้ยงไม่ต้องใช้โรงงานขนาดใหญ่ เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ก็มีจำหน่ายทั่วไป นักวิทยาศาสตร์ที่มีความรู้ทางด้านจุลชีววิทยาก็เพียงพอที่จะเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์เพื่อทำเป็นอาวุธชีวภาพ เชื้อไวรัสจะยุ่งยากในการเพาะเลี้ยงมากกว่าแบคทีเรีย ความจริงแล้วการผลิตอาวุธชีวภาพไม่ได้ยุ่งยากกว่าการผลิตยาเถื่อนเลยด้วยเหตุนี้ทำให้การควบคุมการผลิตอาวุธชีวภาพทำได้ยากโดยเฉพาะในกรณีของกลุ่มผู้ก่อการร้าย
4. การผลิตอาวุธชีวภาพในปริมาณมากสามารถทำได้ในเวลาไม่นาน

ข้อเสียเปรียบ

1. การป้องกันคนงานจากการได้รับเชื้อหรือสารพิษกระทำได้ยาก และเป็นไปได้ทุกขณะ ไม่ว่าจะเป็นระหว่างการผลิต การขนถ่าย หรือการใช้อาวุธ เนื่องจากคนงานมักจะไม่มีมาตรการระวังในเรื่องความปลอดภัย ทำให้มีโอกาสติดเชื้อหรือรับสารพิษ การฉีดวัคซีนป้องกันก็ไม่สามารถกระทำได้ทุกกรณี เนื่องจากมีวัคซีนเพียงบางโรคเท่านั้น
2. การควบคุมคุณภาพและภาชนะบรรจุในการเพาะเลี้ยงและเก็บเกี่ยวเชื้อทำได้ลำบาก โอกาสที่จะมีการแพร่กระจายของอาวุธชีวภาพสู่สิ่งแวดล้อม โดยอุบัติเหตุมีได้สูง เช่นที่เคชเกิดแล้วในกรณีของเชื้อแอนแทรกซ์ที่ประเทศรัสเซีย
3. ปัญหาเรื่องการแพร่ที่มีประสิทธิภาพ สารชีวภาพรวมทั้งสปอร์ของเชื้อโรคส่วนใหญ่จะถูกทำลายด้วยแสง

และความแห้ง การแพร่สารไปในอากาศบางครั้งจะถูกลมพัดพาไปตกห่างจากเป้าหมาย หรือถ้ามีฝนตกก็จะชะล้างเอาสารชีวภาพไปก่อนที่จะไปถึงเป้าหมาย

4. อัตราการรอดชีวิตของเชื้อดื้อระหว่างการเก็บรักษา อาวุธชีวภาพหลายชนิดต้องเก็บรักษาในสภาพพิเศษเพื่อรักษาประสิทธิภาพของมัน ทำให้มันไม่อยู่ในสภาพที่พร้อมใช้ได้ทันที เช่น อาวุธชีวภาพที่บรรจุในหัวจรวด จะต้องแยกเก็บต่างหากจนกว่าต้องการใช้จึงจะนำมาประกอบเป็นจรวดที่พร้อมที่จะยิงได้

5. การควบคุมได้ยากเมื่อใช้อาวุธชีวภาพไปแล้ว ทำให้ทหารฝ่ายตนเองอาจได้รับพิษไปด้วย แม้ว่าตามทฤษฎีจะสามารถฉีดวัคซีนป้องกัน แต่ก็จะทำให้ศัตรูมีโอกาสที่จะรู้ว่าฝ่ายตนกำลังทำอะไรอยู่

สรุป

อาวุธชีวภาพได้รับการขนานนามว่าเป็น“นุก”ของนูกอน (nuc ย่อมาจาก nuclear weapon หรืออาวุธนิวเคลียร์) เป็นอาวุธเพื่อแก้แค้นมากกว่าต้องการเอาชนะ สามารถทำลายชีวิตศัตรูได้มากโดยไม่ทำลายสิ่งก่อสร้าง เป็นอาวุธที่มีผลต่อจิตวิทยาของชุมชนสูง ทำให้ประชาชนอยู่ด้วยความหวาดระแวง สิ่งที่น่าเป็นห่วงคือการระบาดของโรคที่ไม่สามารถกำจัดดวงของการแพร่ระบาดและอาจเกิดการกลับมาใหม่ของเชื้อโรคที่หายไปจากโลกแล้ว เช่น ไข้ทรพิษ ซึ่งหมายถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นทางเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม ที่ไม่ใช่เพียงกลุ่มเป้าหมายที่ถูกโจมตีเท่านั้น ดังนั้นการให้ความรู้แก่ประชาชนจึงเป็นหนทางหนึ่งที่ควรกระทำเพื่อให้ประชาชนเข้าใจและไม่ตกเป็นเหยื่อของผู้แอบอ้างเพื่อเล่นสนุก อีกทั้งเป็นการเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือหากมีการใช้อาวุธชีวภาพในประเทศไม่ว่ากรณีรัฐต่อรัฐ หรือโดยผู้ก่อการร้าย

การสร้างความร่วมมือกันในระดับประเทศ ทั้งในเรื่องการควบคุมการผลิตและการใช้ รวมถึงการพัฒนาอาวุธชีวภาพ เป็นสิ่งจำเป็นในการรักษาความสงบของโลก ในความพยายามที่จะควบคุมอาวุธชีวภาพ ได้มีการทำข้อตกลงร่วมกันระหว่างประเทศในอนุสัญญาห้ามพัฒนาอาวุธเคมี อาวุธชีวภาพ และอาวุธนิวเคลียร์มากกว่า 20 ปีแล้ว แต่ก็ยังไม่มีการตกลงพิธีสาร โดยล่าสุดบางประเทศได้ปฏิเสธที่จะลงสัตยาบันการควบคุมอาวุธชีวภาพ ในข้อตกลงเรื่อง การให้นานาชาติเข้าไปตรวจสอบการวิจัยทางด้านชีวภาพ โดยอ้างว่าจะกระทบถึงบริษัทเอกชนที่ทำการวิจัยทางชีวภาพ แม้จะไม่ลงสัตยาบันแต่ก็ไม่ได้หมายความว่าประเทศนั้นจะสามารถละเมิดอนุสัญญาที่เคยลงนามไปแล้วเมื่อ 20 ปีที่ผ่านมา นอกจากนี้ควรมี



ความร่วมมือกันทำการวิจัยเพื่อผลิตวัคซีนสำหรับอาวุธชีวภาพ การพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการวินิจฉัยโรคและตรวจหาสารชีวภาพด้วยเทคนิคใหม่ๆ ที่รวดเร็วและแม่นยำ การติดตั้งเครื่องมือตรวจหาอาวุธชีวภาพอัตโนมัติในสถานที่สำคัญๆ และการตั้งทีมงานเพื่อรับมือกับกรณีที่สงสัยว่ามีการใช้อาวุธชีวภาพโดยเฉพาะทีมแพทย์

สำหรับท่าทีของประเทศไทยต่อนโยบายการใช้อาวุธทางชีวภาพนั้น รัฐบาลไทยมีนโยบายสนับสนุนการห้ามใช้อาวุธเหล่านี้ โดยไทยได้เข้าร่วมเป็นภาคีการตกลงระหว่างประเทศแบบพหุภาคีห้ามใช้อาวุธเคมี อาวุธชีวภาพ

และอาวุธนิวเคลียร์ โดยมีหน่วยงานพลเรือนทำหน้าที่ประสานงานหลัก คือ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติฯ ดำเนินการเกี่ยวกับสนธิสัญญาห้ามการทดลองนิวเคลียร์ กรมโรงงานอุตสาหกรรมดำเนินการเกี่ยวกับอนุสัญญาห้ามใช้อาวุธเคมี และศูนย์ความหลากหลายทางชีวภาพดำเนินการเกี่ยวกับอนุสัญญาห้ามใช้อาวุธชีวภาพและมีการประชุมเพื่อปรึกษาหารือถึงแนวทางในการป้องกันเกี่ยวกับอาวุธเชื้อโรค โดยมีหน่วยงานที่รับผิดชอบคือ กระทรวงกลาโหม กระทรวงการต่างประเทศ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม



บรรณานุกรม

- ABC News.com : Biological and chemical warfare Q & A เข้าถึงได้จาก
<http://www.fas.org/bwc/papers/bw20th.html>.
- Biological weapons. ได้เข้าถึงจาก : <http://www.fas.org/nuke/intro/bw/>
- Biological weapons, Chapter XV, addendum : biological weapons, malignant biology, 2000. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก <http://www.slic2.wsu.edu:82/hurlbert/micro101/pages/101biologicalweapons.html>.
- Biological Weapons in the twentieth century. 2000. เข้าถึงได้จาก
<http://www.fas.orh/bwc/papers/bw20th.html>.
- Chemical and Biological weapons nonproliferation project: Biological weapons agents เข้าถึงได้จาก <http://www.stimson.org/cwc/bwagent/htm>.
- CBRNE-biological warfare agents. เข้าถึงได้จาก
<http://www.emedicine.con/emerg/topc853.html>.
- สิรินาฏ สิริสุนทร. อาวุธชีวภาพ. **LAB TODAY**, ตุลาคม-พฤศจิกายน, 2544, ปีที่ 1, ฉบับที่ 2, หน้า 31-34.



การแปลงผลคะแนนเป็นเกรด

อนุสิทธิ์ สุขม่วง

ความมุ่งหมายของการประเมินผล คือ การตรวจสอบความรู้ทั่วไปของผู้เรียนว่ามีความรู้ความสามารถถึงระดับวัตถุประสงค์ที่ต้องการหรือไม่ หลังจากได้ใช้เวลาในการศึกษามาระยะหนึ่ง ในอดีตที่ผู้เรียนมีจำนวนไม่มาก การพิจารณาว่าผู้เรียนมีความสามารถเพียงพอหรือไม่ ครูผู้สอนจะเป็นผู้ประเมินโดยการพิจารณา หรือสังเกต ถ้าเห็นว่ามีรู้ความสามารถเพียงพอก็อนุญาตให้ผ่าน การศึกษาไปประกอบอาชีพได้ แต่ในปัจจุบันเมื่อมีนักเรียนเพิ่มมากขึ้น ผู้สอนไม่สามารถติดตามผู้เรียนได้ใกล้ชิด การวัดผลและประเมินผลทำได้โดยการสอบทั้งสอบภาค ทฤษฎี และภาคปฏิบัติ ผลการสอบที่ได้เป็นคะแนน ซึ่ง การตัดสินโดยคะแนนที่ได้รับว่าผู้เรียนมีความสามารถ ระดับใด เพียงพอที่จะเลื่อนชั้น หรือเพียงพอที่เลื่อนไป ศึกษาวิชาที่ต่อเนื่องหรือไม่นั้นเป็นเรื่องที่มีความสำคัญ การแปลงคะแนนสอบที่ได้เป็นเกรดจึงต้องมีมาตรฐาน และมีความยุติธรรม การแปลงคะแนนสอบที่ให้อยู่ซึ่ง ยอมรับได้ ทำได้ 2 วิธี คือ

1. แบบอิงกลุ่ม
2. แบบอิงเกณฑ์

การแปลงคะแนนเป็นเกรดแบบอิงกลุ่ม หมายถึง การตัดสินผลการวัด ที่เปรียบเทียบความรู้ของผู้เรียน หรือของนักเรียนคนหนึ่งจากคะแนนที่ได้รับ เทียบกับ คะแนนของผู้เรียนทั้งหมดที่ใช้ข้อสอบชุดเดียวกัน แนวคิด ในการตัดสินโดยวิธีนี้ คือการกระจายความรู้ของนักเรียน เป็นกลุ่ม เช่น กลุ่มที่มีความสามารถสูง กลุ่มที่มีความ สามารถปานกลาง และกลุ่มที่มีความสามารถต่ำ การใช้ วิธีแบบอิงกลุ่มนั้น ข้อสอบที่ใช้ต้องมีความสำคัญมาก และเพื่อให้คะแนนของผู้สอบมีการกระจายทำให้การแบ่ง กลุ่มได้จำนวนผู้เรียนต้องมีมากเพียงพอ คือไม่น้อยกว่า 30 คน

ระบบการตัดสินผลแบบอิงกลุ่มที่ใช้กันอยู่คือ ระบบการกำหนดความรู้ความสามารถเป็นเกรดโดยใช้ ตัวอักษร (A ถึง F) ซึ่งใช้แทนระดับความรู้ความ สามารถของผู้เรียนแต่ละคนเมื่อเทียบกับผู้เรียนทั้งกลุ่ม แต่ละตัวอักษรจะมีแต้มประจำเพื่อใช้ในการคำนวณแต้ม ทั้งหมดที่ได้ เพื่อการตัดสินผลต่อไป สถานศึกษาหลาย

แห่งรวมทั้งสถานศึกษาเคมีปฏิบัติ ของกรมวิทยาศาสตร์ บริการ ได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการรายงานผลไว้ ดังนี้

สัญลักษณ์	ความหมาย	แต้มประจำ
A	ดีเลิศ	4.0
B+	ดีมาก	3.5
B	ดี	3.0
C+	ค่อนข้างดี	2.5
C	พอใช้	2.0
D+	ค่อนข้างพอใช้	1.5
D	อ่อน	1.0
F	อ่อนมาก	0.0
I	การวัดผลยังไม่สมบูรณ์	
M	ขาดสอบ	
P	การสอนยังไม่สิ้นสุด	
S	ผลประเมินเป็นที่พอใจ	
U	ผลประเมินไม่เป็นที่พอใจ	
V	ร่วมฟังการบรรยาย	
W	การถอนโดยได้รับอนุมัติ	
X	ยังไม่ได้รับผลการประเมิน	

การใช้คะแนนเป็นตัวแทนความรู้ความสามารถ ถ้าข้อสอบดี มีคุณภาพจะได้คะแนนทั้งชุดมีลักษณะเป็น โค้งปกติ การประยุกต์ใช้หลักสถิติในการตัดสินผลเป็น เกรด จะใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) หรือค่ามัธยฐาน (medium) ในการวัดค่ากลาง และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) วัดการกระจายของข้อมูล ก่อนการหาค่า สถิติเหล่านี้ อาจนำค่าของคะแนนที่มีค่ามากที่สุด และ ค่าน้อยสุดมาพิจารณาว่ามีค่ามาก และน้อยผิดปกติ หรือไม่ หากเห็นว่าผิดปกติก็สมควรจะตัดค่านั้นออก ก่อนหาค่าสถิติเหล่านั้น เพื่อให้ค่าสถิติมีความถูกต้อง และแม่นยำที่สุด

วิธีการให้เกรดแบบอิงกลุ่ม

1. ให้เกรดโดยใช้หลักการของช่วงคะแนนเท่ากัน โดยใช้ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีขั้นตอน ดังนี้



1.1 ถ้าจำนวนผู้เรียนมีมาก ให้นำคะแนนมาแจกแจงความถี่

1.2 หากค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1.3 พิจารณาจำนวนเกรดที่จะให้โดยใช้สัญลักษณ์ตามสถานศึกษา กำหนด โดยพิจารณาจากการกระจายของคะแนนดิบที่ได้รับว่านักศึกษาในชั้นนี้ควรจะได้รับเกรดอะไร ตั้งแต่เกรดไหน ถึงเกรดไหน จะได้จำนวนเกรดของรายวิชานั้นๆ

1.4 กำหนดช่วงคะแนนของผู้ที่จะได้ในแต่ละเกรด โดยอาศัยทฤษฎีโค้งปกติ ดังนี้

1.4.1 หาช่วงการกระจายของคะแนนซึ่งอยู่ในช่วง $x \pm 3S.D.$

1.4.2 นำจำนวนเกรดที่จะให้ในข้อ 1.3 มาหารช่วงการกระจายของคะแนนที่ได้จากข้อ 1.4.1 จะได้ช่วงของคะแนนแต่ละเกรด

1.4.3 กำหนดช่วงของเกรดที่ได้รับโดยพิจารณาเริ่มต้นที่เกรดซึ่งอยู่ตอนกลางของช่วงคะแนน หากจำนวนเกรดเป็นเลขคู่ ใช้ค่าเฉลี่ยเป็นตัวเริ่มต้นบวกด้วยช่วงคะแนนที่ได้ในข้อ 1.4.2 เป็นคะแนนขั้นต้นของลำดับเกรดต่อไป

2. ให้เกรดโดยพิจารณาระดับความสามารถ โดยใช้หลักว่า กลุ่มที่มีความสามารถสูงน่าจะได้เกรด A และ B มากกว่ากลุ่มที่มีความสามารถในระดับต่ำกว่า มีขั้นตอน ดังนี้

2.1 ถ้าจำนวนผู้เรียนมีมาก ให้นำคะแนนมาแจกแจงความถี่

2.2 หากมีมัธยฐาน และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.3 พิจารณาระดับความสามารถของนักศึกษาว่าอยู่ในระดับใด โดยพิจารณาค่าเฉลี่ยของเกรดเฉลี่ยสะสมของนักศึกษาในรอบปี หรือภาคการศึกษาที่ผ่านมา นำผลที่ได้เปรียบเทียบกับตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ระดับความสามารถเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งชั้น	จุดต่ำสุดของเกรด A	ร้อยละของเกรด					ระดับความสามารถเฉลี่ย
		A	B	C	D	F	
ดีเลิศ	0.7 SD.	24	38	29	8	1	2.80
ดีมาก	0.9 SD.	18	36	32	12	2	2.60
ดี	1.1 SD.	14	32	36	15	3	2.40
พอใช้	1.3 SD.	10	29	37	20	4	2.20
ปานกลาง	1.5 SD.	7	24	38	24	7	2.00
อ่อน	1.7 SD.	4	20	37	29	10	1.80
อ่อนมาก	1.9 SD.	3	15	36	32	14	1.60

2.4 กำหนดช่วงคะแนนของผู้ที่จะได้ในแต่ละเกรด โดย

2.4.1 เริ่มต้นจากจุดต่ำสุดของเกรด A ดังนี้ สมมติว่านักเรียนมีความสามารถอยู่ในเกณฑ์ ดี หาจุดต่ำสุดของเกรด A ที่จุด ค่ามัธยฐาน + 1.1 S.D.

2.4.2 กำหนดจุดต่ำสุดของเกรดที่ต่ำลงมาลำดับถัดไป เช่น B+ เท่ากับ จุด มัธยฐาน + 0.1 S.D. และเกรดอื่นที่ลดลงตามลำดับ โดยลดลงมาเกรดละ 1 S.D.

ข้อควรพิจารณา ในกรณีที่นักศึกษาบางคนมีคะแนนตกในช่วง F และมีคะแนนที่ไม่ห่างจากขั้นต่ำของเกรด D มากนัก อาจนำคะแนนมาพิจารณาว่าสมควรที่จะปรับเปลี่ยนให้ได้เกรดที่สูงขึ้นหรือไม่ จะใช้ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยนามาพิจารณาดูว่าคะแนนที่ได้รับห่างจากค่าขั้นต่ำของเกรด D เกินค่าคะแนนขั้นต่ำลบด้วยค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยหรือไม่ หากไม่เกินอาจปรับลำดับเกรดให้ได้รับเกรด D ได้



การเกิดเกรดเมื่อมีการสอบหลายครั้ง

การให้น้ำหนัก

การเรียนการสอนบางวิชาอาจมีการสอบมากกว่าหนึ่งครั้ง หรือมีผู้สอนหลายคน และแต่ละคนมีช่วงเวลาที่ไม่ว่ากัน บางวิชาอาจมีการทดสอบทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ การให้คะแนนการสอบแต่ละครั้ง หรือแต่ละคนต้องคำนึงถึงน้ำหนักด้วย ดังนี้

1. การวัดผลทั้งด้านทฤษฎี และภาคปฏิบัติ สำหรับวิชาปฏิบัติการต่างๆ จะให้น้ำหนัก 40% สำหรับการสอบข้อเขียน และ 60% สำหรับการสอบภาคปฏิบัติ

2. การเรียนการสอนที่มีผู้สอนหลายคน จะให้น้ำหนักตามเวลาที่ใช้สอน โดยการเปลี่ยนฐานเป็นฐานคะแนนเดียวกัน

การรวมคะแนน

การนำคะแนนการสอบแต่ละครั้ง หรือคะแนนสอบของอาจารย์หลายคนมารวมกันเพื่อพิจารณาตัดเกรดนั้นมีความสำคัญ เพราะคะแนนการสอบแต่ละครั้งมีการกระจายของคะแนนไม่เท่ากัน มีหน่วยหรือคะแนนเต็มที่แตกต่างกัน ทำให้การแปลงผลคะแนนมีข้อผิดพลาดไม่ถูกต้องตามหลักทางสถิติ จึงมีวิธีการรวมคะแนน 2 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1 แปลงคะแนนย่อยทุกชุดให้มี S.D. เท่ากัน โดยแปลงคะแนนทุกชุดที่มี S.D. เล็กกว่าให้เป็นคะแนนชุดใหม่ที่มี S.D. เท่ากับค่า S.D. ที่มีค่ามากที่สุด โดยการนำค่า S.D. ของคะแนนแต่ละชุดไปหารค่า S.D. ที่มีค่ามากที่สุด ได้ผลลัพธ์แล้วนำไปคูณคะแนนดิบแต่ละตัวของคะแนนชุดนั้น แล้วจึงนำมารวมกันตามน้ำหนัก จากนั้นใช้วิธีการให้เกรดแบบที่ต้องการ

วิธีที่ 2 แปลงคะแนนย่อยทุกชุดให้มี ค่าเฉลี่ย และ ค่า S.D. เท่ากัน ซึ่งเรียกว่า คะแนนมาตรฐาน Z (standard score, z score) คะแนนมาตรฐาน เป็นคะแนนที่ได้จากอัตราส่วนระหว่างส่วนเบี่ยงเบนของคะแนนดิบจากค่าเฉลี่ยเทียบกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเขียนเป็นสูตรได้ ดังนี้

$$z = (x - \bar{x}) / s$$

คะแนนทุกชุดเมื่อเปลี่ยนเป็น z-score จะมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0 และค่า S.D. เท่ากับ 1 แต่เนื่องจากค่า z-score มีค่าทั้งบวกและลบ เมื่อนำไปรวมกับคะแนนชุด

อื่นจึงมีความยุ่งยาก ดังนั้นจึงแปลงคะแนน z ให้เป็นคะแนนชุดใหม่ที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50 และ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10 ซึ่งเรียกว่า คะแนนมาตรฐาน T (standard score, T score) แล้วจึงนำคะแนนทุกชุดมารวมกัน จากนั้นใช้วิธีการให้เกรดแบบที่ต้องการ

$$T = 50 + 10 * z$$

การแปลงคะแนนเป็นเกรดแบบอิงเกณฑ์ เป็นวิธีการที่ผู้สอนที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาวิชานั้นได้กำหนดเป็นเกณฑ์มาตรฐานแน่นอนว่าผู้เรียนจะต้องมีความรู้ความสามารถระดับใดจึงจะสามารถผ่านไปได้เรียนวิชาที่ต่อเนื่องได้ การตัดสินวิธีนี้ไม่ได้เปรียบเทียบความรู้ความสามารถกับผู้อื่นในกลุ่มเดียวกัน เนื่องจากการตัดสินแบบอิงเกณฑ์เป็นการตัดสินของผู้ที่มีความเชี่ยวชาญในสาขาวิชา เกณฑ์ที่จะกำหนดจึงเป็นเรื่องยุ่งยากและไม่เป็นที่ตกลงกัน เกณฑ์ในการตัดสินแต่ละวิชาที่แตกต่างกันไปไม่สามารถกำหนดตายตัวได้ โดยทั่วไปการกำหนดเกณฑ์ได้มีวิธีปฏิบัติกันหลายแบบ เช่น

1. กำหนดเกณฑ์ล่วงหน้าตามประเพณีนิยม เช่น ผู้เรียนที่จะผ่านวิชานี้ต้องสอบให้ได้คะแนนอย่างน้อย 50 เปอร์เซนต์ การกำหนดตัวเลขเช่นนี้ ไม่มีพื้นฐานมาจากที่ใดเป็นความชำนาญของผู้สอน

2. กำหนดเกณฑ์โดยใช้การเรียนรู้ต่อเนื่อง ถือหลักพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นสิ่งสำคัญ ผู้เรียนต้องมีความสามารถในการพฤติกรรมที่กำหนดไว้ได้ก่อนจึงจะศึกษาหรือปฏิบัติงานในพฤติกรรมต่อไป การตัดสินวิธีนี้มักเป็นการตัดสินความสามารถด้านทักษะ

3. กำหนดเกณฑ์ความสามารถขั้นต่ำ คือ การกำหนดความสามารถขั้นต่ำสุดที่ผู้เรียนทำได้และมีความสามารถเพียงพอในการศึกษาขั้นที่สูงขึ้น เช่น ผ่านการวัดผลด้วยคะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 60 หรือ เกรดเฉลี่ยสะสมไม่น้อยกว่า 2.25 เป็นต้น

การจัดการเรียนการสอนระดับอุดมศึกษานิยมระบบหน่วยกิต และตัดสินผลด้วยเกรด การแปลงคะแนนเป็นเกรดด้วยวิธีการที่ถูกต้องตามหลักสถิติ จึงเป็นส่วนหนึ่งที่ต้องถึงคุณภาพการจัดการเรียนการสอน ซึ่งผู้มีหน้าที่รับผิดชอบควรให้ความสำคัญ และเลือกใช้แนวทางที่จะก่อให้เกิดความยุติธรรมแก่ผู้เรียนมากที่สุด



บริการข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ ตามพระราชบัญญัติข้อมูลข่าวสาร ของราชการ พ.ศ. 2540

สำเนา ดำเนิน

นับตั้งแต่มีการประกาศใช้พระราชบัญญัติข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540 มาเป็นเวลากว่า 3 ปีแล้ว ก็ยังเชื่อว่ามีหลาย ๆ ท่านไม่ว่าจะเป็นข้าราชการ หรือประชาชน ยังขาดความเข้าใจในการรับรู้เรื่องราวเกี่ยวกับกฎหมายฉบับนี้

พระราชบัญญัติข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540 ออกมาเพื่อรองรับและให้สอดคล้องกับบทบัญญัติของกฎหมายรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย พุทธศักราช 2540 ตามกระแสเรียกร้องสิทธิมนุษยชนในระบอบประชาธิปไตย อีกทั้งสนับสนุนให้ประชาชนมีส่วนร่วมในทางการเมือง เพื่อพัฒนาสังคมสู่ความเป็นประชาธิปไตยที่สมบูรณ์ ไม่ว่าบุคคลนั้นจะมีส่วนได้ส่วนเสียหรือมีส่วนเกี่ยวข้องหรือไม่ก็ตาม ประชาชนทุกคนพึงมีสิทธิอันชอบธรรมในการรับรู้ข้อมูลหรือข่าวสารสาธารณะ ที่อยู่ในความครอบครองของรัฐ รัฐวิสาหกิจ หรือส่วนราชการท้องถิ่น ยกเว้นการเปิดเผยข้อมูลนั้นจะไปกระทบต่อความมั่นคงของรัฐ ความปลอดภัยของประชาชน ทุกคนย่อมมีสิทธิเข้าตรวจสอบและศึกษาเพื่อรับรู้ข้อมูล เพื่อติดตามการทำงานของรัฐบาล เพื่อโอกาสในการแสดงความคิดเห็นและใช้สิทธิทางการเมืองได้อย่างถูกต้องกับความ เป็นจริง ส่งเสริมให้ประชาชนได้รู้ถึงสิทธิหน้าที่ของตนเอง อย่างเท่าเทียมกันในทุกชนชั้น

ความหมายตามพระราชบัญญัติฯ คำว่า “ข้อมูลข่าวสารของราชการ” คือข้อมูลข่าวสารไม่ว่าจะอยู่ในรูปของสื่อเอกสาร หนังสือ รายงาน แผนผัง แผนที่ ภาพวาด ภาพถ่าย ฟิล์ม การบันทึกภาพหรือเสียง การบันทึกด้วยคอมพิวเตอร์ หรืออื่นใดที่ทำให้สิ่งที่บันทึกไว้ปรากฏได้ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการดำเนินงานของรัฐ หรือข้อมูลข่าวสารที่เกี่ยวกับเอกชน ที่อยู่ในความครอบครองหรือควบคุมดูแลของหน่วยงานของรัฐ อันได้แก่ ราชการส่วนกลาง ราชการส่วนภูมิภาค ราชการส่วนท้องถิ่น ส่วนราชการสังกัดรัฐสภา ศาลเฉพาะส่วนที่ไม่เกี่ยวกับการพิจารณาพิพากษาคดี รัฐวิสาหกิจ หน่วยงานอิสระของรัฐ และหน่วยงานอื่นตามที่กำหนดในกระทรวง

เพื่อให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติฯ อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ มีคำสั่งแต่งตั้งคณะกรรมการบริหารข้อมูลข่าวสารในกรมวิทยาศาสตร์บริการ ทำหน้าที่ดำเนินการควบคุมดูแลงานข้อมูลข่าวสารให้เป็นไปตามกฎหมายอย่างถูกต้อง ประกอบด้วยผู้บริหารระดับสูง มีรองอธิบดีเป็นประธาน รองอธิบดีอีกท่านหนึ่งและผู้อำนวยการของทุกกองเป็นคณะกรรมการ โดยคณะกรรมการฯ มีอำนาจหน้าที่เสนอแนะนโยบาย ให้คำแนะนำและขอคิดเห็นเกี่ยวกับหลักเกณฑ์การพิจารณาประเภทข้อมูล กำหนดสถานที่ที่ควรจัดเก็บข้อมูลเพื่อบริการ พิจารณาข้อมูลข่าวสารที่ต้องนำประกาศลงราชกิจจานุเบกษา พิจารณาสร้างระบบการจัดเก็บและให้บริการข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ คณะกรรมการฯ มีมติให้แบ่งการปฏิบัติงานออกเป็น 2 ส่วน

1. ฝ่ายประชาสัมพันธ์ (ปส.) เป็นสถานที่ติดต่อและขอรับข้อมูลข่าวสารหรือให้คำแนะนำในการติดต่อกับหน่วยงานราชการอื่นๆ ประสานกับกองต่างๆ ขอข้อมูลที่เปิดเผยได้ และรวบรวมนำส่งให้กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อดำเนินการต่อไป

2. กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (กท.) เป็นสถานที่จัดให้ประชาชนเข้าค้นดูข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ

กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ (วศ.) มีหน้าที่ให้บริการห้องสมุดและเป็นศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สำคัญของประเทศแห่งหนึ่ง ฝ่ายสารนิเทศไทย (สท.) เป็นผู้ดำเนินงานจัดทำรายการเอกสารสิ่งพิมพ์ เพื่อบันทึกในฐานข้อมูลในระบบงานห้องสมุดอัตโนมัติ Virginia Tech Library Systems (VTLS) อำนวยความสะดวกให้ประชาชนเข้าค้นคว้าและเข้าถึงข้อมูลข่าวสารราชการของ วศ. ที่ชั้น 5 อาคารมาตรวิทยาและศูนย์สารนิเทศวิทยาศาสตร์ ได้ทุกวันในเวลาราชการ เอกสารที่ให้ข้อมูลข่าวสารตามข้อกำหนดของ พ.ร.บ. จำแนกไว้ 3 ประเภทคือ



1. เอกสารตามมาตรา 7 ประกอบด้วย

- 1.1 โครงสร้างและการจัดองค์กร
- 1.2 สรุปรายงานหน้าที่และวิธีการดำเนินงาน
- 1.3 สถานที่ติดต่อเพื่อขอรับข้อมูลข่าวสาร
- 1.4 กฎ มติ ค.ร.ม. ข้อบังคับ คำสั่ง ประกาศ หนังสือเวียน ระเบียบ แบบแผน นโยบาย

2. เอกสารตามมาตรา 9 ประกอบด้วย

- 2.1 ผลการพิจารณาหรือคำวินิจฉัยที่มีผลโดยตรงต่อเอกชน
- 2.2 แผนงาน โครงการ และงบประมาณรายจ่ายประจำปีที่กำลังดำเนินงาน
- 2.3 คู่มือ หรือคำสั่งเกี่ยวกับวิธีปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ของรัฐ ซึ่งมีผลกระทบถึงสิทธิหน้าที่ของเอกชน
- 2.4 สัญญา สัมปทาน

3. เอกสารเผยแพร่อื่นๆ ได้แก่

- 3.1 เอกสารวิชาการ (ว.) เสนอผลงานวิชาการของนักวิทยาศาสตร์และนักวิชาการของ วศ.
- 3.2 สิ่งพิมพ์ต่อเนื่องของ วศ. จำนวน 6 รายการได้แก่

- จดหมายข่าวกรมวิทยาศาสตร์บริการ
- บทความวิทยุกระจายเสียงรายการหน้าต่างวิทยาศาสตร์
- ผลการปฏิบัติงานกรมวิทยาศาสตร์บริการ
- รายงานกิจกรรมกรมวิทยาศาสตร์บริการ
- วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ
- สรุปผลงานเด่นในรอบ 4 เดือน

- 3.3 สิ่งพิมพ์ทั่วไปของ วศ. และสิ่งพิมพ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของการจัดทำรายการเพื่อการสืบค้นเรื่องลงฐานข้อมูล จะเสร็จสมบูรณ์ภายในสิ้นเดือนธันวาคม 2544 นี้ และขณะนี้ วศ. ได้เชื่อม (Link) เว็บไซต์เข้ากับเว็บไซต์ของสำนักงานคณะกรรมการข้อมูลข่าวสารของราชการ (สขร.) สังกัดสำนักปลัดสำนักนายกรัฐมนตรี ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบดูแล และจัดทำฐานข้อมูลของประเทศด้านการบริการข้อมูลข่าวสารของราชการให้เป็นฐานข้อมูลเดียวกัน ตามนโยบายของรัฐบาล สขร. ได้เริ่มทำการเชื่อม เว็บไซต์ของหน่วยงานราชการต่างๆ ในส่วนกลาง ซึ่งขณะนี้เสร็จสมบูรณ์และพร้อมให้เข้าใช้ฐานข้อมูลได้

การค้นข้อมูลข่าวสารของ วศ. สามารถเลือกสืบค้นได้ 2 วิธีคือ

วิธีที่ 1 ค้นโดยตรงที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ ฝ่ายสารนิเทศไทย ชั้น 5 กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (อาคารมาตรวิทยาฯ) ในวันและเวลาราชการ 8.30-16.30 น. (ติดต่อ โทร. 0 2201 7289) หรือค้นทางอินเทอร์เน็ตผ่านเว็บไซต์ วศ. <http://www.dss.go.th>

วิธีที่ 2 ค้นผ่านเว็บไซต์ สขร. <http://www.oic.thaigov.go.th/ginfor> โดยคลิกผ่านตามลำดับไปที่ “หน่วยงานในสังกัดกระทรวงต่างๆ” คลิกเข้า “กรมวิทยาศาสตร์บริการ” และคลิกเข้าสู่ “กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” และพิมพ์คำค้นตามต้องการในช่อง “search” (สอบถามรายละเอียดการค้นเว็บไซต์ สขร. ได้ที่หมายเลขโทรศัพท์ 0 2281 8552-3 0 2282 1366)

นอกเหนือจากข้อมูลข่าวสาร วศ. ที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดข้างต้น ท่านที่ประสงค์จะขอค้นข้อมูลข่าวสารอื่นๆ (มาตรา 11) ฝ่ายประชาสัมพันธ์ สำนักงานเลขานุการกรม จะร่วมประสานงานกับกองต่างๆ เพื่อให้บริการต่อไป



กรมวิทยาศาสตร์บริการมีห้องปฏิบัติการตาม มาตรฐานสากล ISO/IEC 17025 รายแรกในภาคราชการของไทย

จันทร์เพ็ญ ใจธรรมาภรณ์

นารสร้างความสำเร็จในผลการทดสอบ/สอบเทียบที่ถูกต้อง ทั้งของผู้ให้บริการและผู้ให้บริการ มิได้อยู่เพียงการเป็นหน่วยงานของรัฐ แต่จะต้องมีกระบวนการเป็นระบบที่ทำให้เกิดการยอมรับอย่างปฏิเสธไม่ได้ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ในฐานะที่เป็นห้องปฏิบัติการกลางของประเทศ ห้องปฏิบัติการทดสอบของกองเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการจึงได้พัฒนาคุณภาพของห้องปฏิบัติการตามเกณฑ์มาตรฐานสากลและได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบตาม ISO/IEC Guide 25 ตั้งแต่ปี 2540 จากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และเมื่อมาตรฐานดังกล่าวปรับเปลี่ยนเป็น ISO/IEC 17025 เมื่อ ธันวาคม 2543 กองเคมีจึงได้ยื่นขอรับการรับรองมาตรฐานใหม่ทันที และได้รับการรับรองเป็นกลุ่มแรกเมื่อ กันยายน 2544

ในโลกปัจจุบันที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีก้าวไกลอย่างไม่หยุดยั้ง ทุกประเทศรวมทั้งประเทศที่กำลังพัฒนา เช่นประเทศไทยก็จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนบทบาท เพื่อตามให้ทันการเปลี่ยนแปลงในทุกด้าน ปัญหาที่ประเทศไทยกำลังเผชิญอยู่ในขณะนี้ที่สำคัญคือปัญหาเศรษฐกิจ ที่มาของปัญหาเกิดจากการแข่งขันทางการค้าในตลาดโลก การกำหนดเกณฑ์มาตรฐานสินค้านำเข้าของประเทศคู่ค้า เข้มงวดมากขึ้นและมีการใช้มาตรฐานระหว่างประเทศเป็นเกณฑ์กำหนดคุณภาพสินค้า ด้วยเหตุนี้การจัดทำระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบ/สอบเทียบเพื่อแสดงขีดความสามารถให้เป็นที่ยอมรับจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับภาคอุตสาหกรรมและหน่วยงานราชการ นอกเหนือจากการจัดการด้านระบบคุณภาพสาขาการผลิตและบริการ ทั้งนี้เพื่อรองรับความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมไทยในตลาดต่างประเทศ

กองเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นห้องปฏิบัติการกลางของประเทศที่ให้บริการทดสอบ วิจัยและพัฒนา ด้านเคมี และเคมีเชิงฟิสิกส์ สำหรับตัวอย่างแร่และโลหะ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม เคมีภัณฑ์และผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเคมี น้ำดื่ม น้ำใช้ และสารเคมีทางการ

เกษตร ผู้ให้บริการได้แก่ภาคอุตสาหกรรม และหน่วยงานของรัฐ รวมทั้งประชาชนทั่วไป เพื่อนำผลการทดสอบไปใช้ในการประมูลซื้อขาย การส่งออก การควบคุมคุณภาพ การกำหนดเกณฑ์คุณภาพ การรับรองคุณภาพ การขอขึ้นทะเบียน การจัดฟักตัวตราภาษีศุลกากร การนำข้อมูลไปใช้ในการพิจารณาตัดสินของศาล และการวิจัยพัฒนาเพื่อผลิตภัณฑ์ใหม่

การจัดทำระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการสำหรับกรมวิทยาศาสตร์บริการมิใช่เป็นสิ่งใหม่ที่ยังไม่เคยทำ ถ้าดูตามข้อกำหนดในมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ไม่ว่าจะเป็นด้านเครื่องมือ บุคลากรและวิธีทดสอบต่างๆ กรมวิทยาศาสตร์ก็ได้คำนึงถึงความถูกต้องเสมอมา เพียงแต่ยังไม่จัดทำให้เป็นระบบ มีนโยบาย คู่มือและขั้นตอนการปฏิบัติงาน รวมทั้งการลงรายละเอียดเป็นเอกสารให้เห็นชัดเจน ผลการทดสอบที่แตกต่างกันจากห้องปฏิบัติการต่างๆ เป็นประเด็นสำคัญที่ทำให้เกิดข้อสงสัยถึงความถูกต้อง แต่ถ้าดูรายละเอียดถึงความสามารถของแต่ละห้องปฏิบัติการแล้ว เราอาจจะไม่เกิดความสงสัยเลยและยอมรับผลทดสอบของแต่ละห้องปฏิบัติการก็ได้ ขณะนี้ในประเทศไทยมีห้องปฏิบัติการทดสอบของเอกชนจำนวนน้อยมากที่มีความสามารถในการทดสอบเป็นที่ยอมรับในระดับสากล ในการประมูลซื้อขาย การรับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์ทั้งในประเทศและต่างประเทศ จึงต้องอาศัยห้องปฏิบัติการของภาครัฐ ซึ่งบางครั้งไม่เพียงพอและทันต่อความต้องการของภาคอุตสาหกรรม ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ปัญหาจึงได้มีนโยบาย วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านการพัฒนานุเคราะห์ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยสนับสนุนและผลักดันให้ภาคเอกชนยกระดับความพร้อม เพื่อสร้างศักยภาพในการแข่งขันในเวทีการค้าระหว่างประเทศ แต่เพราะการจัดทำระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการจำเป็นต้องอาศัยบุคลากรที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ ด้านระบบคุณภาพ และด้านเทคนิคทางวิชาการ การสนับสนุนให้มีห้องปฏิบัติการทดสอบภายในประเทศที่มีเกณฑ์กำหนด



เป็นไปตามมาตรฐานสากล ISO/IEC 17025 โดยการช่วยเหลือให้คำปรึกษาแนะนำ ทั้งด้านเทคนิคการวิเคราะห์ ทดสอบ และการจัดทำระบบคุณภาพในห้องปฏิบัติการจึงเป็นสิ่งที่ยากและมี ภูมิวิทยาศาสตร์บริการกำลังดำเนินการ อยู่ ด้วยความพร้อมทั้งด้านวิชาการซึ่งมีบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญ ประสบการณ์ในการทดสอบ หลายสาขา และด้านการจัดทำระบบคุณภาพในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ การจัดทำนโยบาย คู่มือคุณภาพ วิธีการดำเนินงาน การมีเครื่องมือที่จำเป็น เป็นต้น

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้นำมาตรฐาน ISO/IEC 17025-1999 General requirements for the competence of testing and calibration and laboratories มาใช้ในระดับเหมือนกันทุกประการ (identical) ทั้งเนื้อหาและรูปแบบ โดยประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการทดสอบ และห้องปฏิบัติการสอบเทียบ มาตรฐานเลขที่ มอก. 17025-2543 มาตรฐานนี้กำหนดขึ้นเพื่อเป็นเกณฑ์สำหรับห้องปฏิบัติการทดสอบและห้องปฏิบัติการสอบเทียบที่ต้องการแสดงให้เห็นว่ามีการดำเนินการสอดคล้องกับมาตรฐานดังกล่าว และมีความสามารถทางวิชาการเป็นที่เชื่อถือได้ มาตรฐานนี้ใช้ได้กับทุกองค์กรที่มีห้องปฏิบัติการทดสอบและ/หรือสอบเทียบ ไม่ว่าห้องปฏิบัติการนั้นจะเป็นห้องปฏิบัติการของผู้ประกอบการ (first party laboratory) ห้องปฏิบัติการของผู้ซื้อ (second party laboratory) หรือห้องปฏิบัติการของหน่วยงานกลาง (third party laboratory) ห้องปฏิบัติการทดสอบ/สอบเทียบที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ ถือว่าได้ปฏิบัติตาม ISO 9001 หรือ 9002 ด้วย แต่การรับรองตาม ISO 9001 หรือ 9002 ไม่ถือว่าห้องปฏิบัติการมีความสามารถทางวิชาการที่จะรายงานผลทดสอบ/สอบเทียบ และข้อมูลที่มีผลทางเทคนิค ข้อกำหนดที่สำคัญในมาตรฐานนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วนคือข้อกำหนดด้านการบริหารและด้านวิชาการ

ในส่วนการบริหารจะมีสาระที่สำคัญของข้อกำหนดเหมือนข้อกำหนดของ ISO 9001/ 9002 -1994 ที่ห้องปฏิบัติการจะใช้เป็นแนวทางดำเนินการในการให้บริการทดสอบและ/หรือสอบเทียบเป็นไปตามความต้องการ

ของผู้ใช้บริการบนพื้นฐานของความถูกต้องและเชื่อถือได้อย่างมีประสิทธิภาพได้แก่ การจัดองค์กร ระบบคุณภาพ การควบคุมเอกสาร การทบทวนข้อตกลง ข้อเสนอ และสัญญา การจ้างเหมาช่วงการทดสอบและสอบเทียบ การจัดซื้อผลิตภัณฑ์และบริการ การให้บริการต่อผู้ใช้บริการ ข้อร้องเรียน การควบคุมการทดสอบและ/หรือการสอบเทียบที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์กำหนด การปฏิบัติการแก้ไข การป้องกัน การควบคุมบันทึก การตรวจติดตามคุณภาพภายในและการทบทวนการบริหารระบบคุณภาพ สำหรับข้อกำหนดด้านวิชาการจะครอบคลุมข้อกำหนดทางเทคนิคหลายข้อที่ ISO 9001/ 9002 - 1994 ไม่ครอบคลุม เป็นข้อกำหนดที่กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบ/สอบเทียบของห้องปฏิบัติการได้แก่บุคลากร สถานที่และภาวะแวดล้อม การเลือกวิธีทดสอบ/สอบเทียบ เครื่องมือ การสอบกลับได้ของการวัด การสุ่มตัวอย่าง การจัดการตัวอย่างทดสอบ/สอบเทียบ การประกันคุณภาพผลการทดสอบ/สอบเทียบและการรายงานผล

ในขณะนี้อาจกล่าวได้ว่าผลการทดสอบ/สอบเทียบจากห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเป็นที่ยอมรับในระดับสากลแล้ว ไม่จำเป็นต้องทดสอบ/สอบเทียบซ้ำ เว้นแต่กรณีที่มีสินค้ามีการเปลี่ยนแปลงได้ตามระยะเวลาหรือสภาพการขนส่ง ทั้งนี้เนื่องจากสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโดยสำนักงานคณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยการรับรองระบบงาน (Office of the National Accreditation Council, NAC) ได้ลงนามการทำความตกลงการยอมรับร่วม (Mutual Recognition Arrangement, MRA) กับองค์กรระหว่างประเทศ ILAC (International Laboratory Accreditation Co-operation) และองค์กรระดับภูมิภาค APLAC (Asia-Pacific Laboratory Accreditation Co-operation) เมื่อเร็วๆ นี้

ห้องปฏิบัติการใดต้องการคำปรึกษา แนะนำการจัดทำระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการ สามารถขอรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่กองเคมี ภูมิวิทยาศาสตร์บริการ โทรศัพท์ 0 2201 7022 โทรสาร 0 2248 0290



สารกรองน้ำเพื่อการบริโภคอุปโภค

อุราวรรณ อุ้นแก้ว
อรุณ คงแก้ว

เมื่อพูดถึง “น้ำ” ทุกคนคงปฏิเสธไม่ได้ว่าน้ำมีความสำคัญมากในการดำรงชีวิตของมนุษย์ ในชีวิตประจำวันเราจำเป็นต้องใช้น้ำในการอุปโภคและบริโภคเป็นปริมาณมาก นอกจากนั้นยังใช้ในการเกษตรและอุตสาหกรรมอีกด้วย น้ำที่ใช้ในชีวิตประจำวันมีความสะอาดเพียงพอสำหรับผู้บริโภคหรือไม่ ซึ่งเป็นการยากที่จะบอกได้นอกจากจะทำการวิเคราะห์และนำผลเปรียบเทียบกับมาตรฐานเท่านั้น การบริโภคน้ำที่ไม่สะอาดอาจเป็นการนำเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกายได้เนื่องจากน้ำตามแหล่งธรรมชาติเป็นแหล่งของแบคทีเรีย โปรโตซัว และไวรัสที่ทำให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคท้องร่วง อหิวาตกโรค ไทฟอยด์ โรคระบบทางเดินอาหาร เป็นต้น การใช้น้ำภายในอาคารบ้านเรือนและสถานประกอบการ ผู้ใช้ย่อมต้องการใช้น้ำที่มีคุณภาพโดยทั่วไปแม้ว่าน้ำที่ใช้จะนำมาจากแหล่งหรือระบบจ่ายน้ำที่ผ่านกระบวนการทำความสะอาดจนมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับแล้วก็ตาม แต่ในบางสภาพของพื้นที่ ท่อในระบบส่งน้ำอาจชำรุดและอาจมีสารปนเปื้อนทำให้น้ำมีคุณภาพไม่เหมาะสมต่อการบริโภค วิธีการทำน้ำให้สะอาดมีหลายวิธีให้เลือกใช้ วิธีที่ง่ายที่สุดก็คือ การนำน้ำมาต้มให้เดือดเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อาจมี แต่การต้มก็ไม่สามารถกำจัดตะกอน สารแขวนลอย และสารประกอบคลอรีนที่เหลือมาจกระบวนการผลิตน้ำได้ ดังนั้นก่อนการบริโภคและอุปโภคน้ำจึงควรมีการกรองเพื่อกำจัดตะกอน สารประกอบคลอรีนและสารปนเปื้อนที่ปนมากับน้ำ ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาสารปนเปื้อนที่ทำให้เกิดความขุ่น สี กลิ่น และความกระด้างได้

การกรองน้ำเป็นการให้น้ำไหลผ่านสารกรองหรือตัวกลาง ได้แก่ ทราย ถ่าน เรซิน เป็นต้น ประสิทธิภาพการกรองน้ำขึ้นอยู่กับชนิดของสารกรอง กรรมวิธีการกรอง อัตราการไหลของน้ำและแหล่งน้ำที่ใช้ ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะสารกรองซึ่งมีหน้าที่กำจัดสารแขวนลอย ความขุ่น ความกระด้าง สี กลิ่น ฯลฯ ออกจากน้ำ เพื่อให้ น้ำสะอาดสามารถนำมาอุปโภคและบริโภคได้ โดยทั่วไป สารกรองที่ใช้มีหลายชนิดแต่ที่นิยมใช้กันส่วนมากมีดังนี้คือ

1. ทราย (sand) สามารถกรองสิ่งสกปรก ฝุ่นละออง สารแขวนลอยในน้ำ ทรายที่จะนำมาใช้กรองต้องทำความสะอาด

สะอาด โดยแช่ในกรดเกลือเข้มข้นประมาณ 20-24 ชั่วโมง และล้างออกเพื่อกำจัดหินปูนที่ผิวเม็ดทราย และเม็ดทรายที่นิยมใช้จะมีขนาด 0.2-0.4 มิลลิเมตร

2. สารกรองเคลือบผิวเมมเบรนไฮโดรออกไซด์ เป็นสารกรองที่สามารถกรองหรือกำจัดเหล็ก แมงกานีส และแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ในน้ำ ซึ่งเหล็กหรือสนิมเหล็กนี้เป็นสิ่งสกปรกอย่างหนึ่งที่ก่อปัญหาให้แก่ผู้ใช้น้ำบาดาลตามหมู่บ้านในชนบท รวมทั้งหมู่บ้านจัดสรรแถบชานเมือง และโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากทำให้น้ำมีสีแดงและมีกลิ่น เมื่อนำมาใช้ซักล้างจะทำให้เสื้อผ้าเปรอะเปื้อน นอกจากนั้นยังทำให้เกิดคราบสนิมเหล็กขึ้นกับเครื่องสุขภัณฑ์ การกำจัดเหล็กไม่สามารถกรองออกด้วยวิธีการกรองแบบธรรมดา จำเป็นต้องตกตะกอนสารละลายเหล็กในน้ำก่อนที่จะกรองเหล็กออกจากน้ำ ปัจจุบันนิยมแยกสารละลายเหล็กออกจากน้ำโดยใช้สารกรองเคลือบผิวเมมเบรนไฮโดรออกไซด์ เพราะสารกรองชนิดนี้ทำหน้าที่ตกตะกอนสารละลายเหล็กโดยการออกซิเดชันเหล็กในรูปของเฟอร์รัส (Fe^{2+}) ให้เป็นเฟอร์ริก (Fe^{3+}) และทำหน้าที่เป็นตัวกรองอีกด้วย ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวก และบำรุงรักษาง่าย

สารกรองชนิดนี้สามารถผลิตได้จากวัสดุหลายชนิด เช่น ทราย ซีโอไลต์ ดิน เป็นต้น โดยนำวัสดุดังกล่าวเคลือบผิวด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (potassium permanganate, KMnO_4) และเผาให้สลายตัวเป็นแมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2) กรรมวิธีการเคลือบผิวต้องทำในสภาวะควบคุมเฉพาะ ไม่เช่นนั้นโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตจะไม่เกาะติดผิววัสดุ ปริมาณโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้เคลือบถ้าน้อยเกินไปการเคลือบก็จะไม่สม่ำเสมอ แต่ถ้าใช้ปริมาณมากเกินไปก็ไม่มีผลดีต่อประสิทธิภาพการกรอง เพราะประสิทธิภาพการกำจัดสารละลายเหล็กขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของสารกรอง ไม่ขึ้นอยู่กับความหนาชั้นเคลือบ การเผาเพื่อให้เกิดการสลายตัวของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเป็นแมงกานีสไดออกไซด์ต้องใช้อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมเช่นกัน สารกรองไม่สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องตลอดไป เพราะเมื่อถูกใช้งานไประยะหนึ่งประสิทธิภาพ



จะลดลงหรือหมดประสิทธิภาพ เนื่องจากเมงกานีสไดออกไซด์จะเปลี่ยนเป็นเมงกานีสออกไซด์ (Mn_2O_3) ซึ่งสามารถนำกลับมาเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานได้อีก โดยการแช่ในสารละลายโพแทสเซียมเปอร์เมงกาเนต เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนเมงกานีสออกไซด์กลับคืนเป็นเมงกานีสไดออกไซด์ที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงของเดิม

3. เรซิน เป็นสารกรองที่สามารถกำจัดไอออนต่าง ๆ ที่แตกตัวอยู่ในน้ำ โดยปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนระหว่างไอออนของเรซินกับไอออนต่างๆ ในน้ำ

เรซินหมายถึงสารพอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างแบบเชื่อมโยง (cross-linked) หรือแบบร่างแห (network) เรซินที่ใช้แลกเปลี่ยนไอออนมี 2 ประเภท คือ

1). เรซินแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange resin) คือ เรซินที่ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชัน เช่น หมู่ไฮดรอกซิล ($-OH$) หมู่กรดซัลฟอนิก ($-SO_3H$) เป็นต้น สามารถทำปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนไอออนของเรซินกับไอออนบวก (cation) ในน้ำ ได้แก่ ไอออนของแคลเซียม (Ca^{2+}) แมกนีเซียม (Mg^{2+}) เหล็ก (Fe^{2+}) สังกะสี (Zn^{2+}) เมงกานีส (Mn^{2+}) เป็นต้น

2). เรซินแลกเปลี่ยนแอนไอออน (anion exchange resin) คือ เรซินที่ประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชัน เช่น หมู่อะมิโน ($-NH_2$) เป็นต้น สามารถทำปฏิกิริยาแลกเปลี่ยนไอออนของเรซินกับไอออนลบ (anion) ในน้ำ ได้แก่ ไอออนของซัลเฟต (SO_4^{2-}) คลอไรด์ (Cl^-) ฟลูออไรด์ (F^-) ไนเตรต (NO_3^-) เป็นต้น

โดยทั่วไปการเลือกใช้เรซินประเภทใดขึ้นอยู่กับการใช้งาน ปัจจุบันการใช้ประโยชน์ของกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออน ส่วนใหญ่มักเกี่ยวข้องกับกรรมวิธีการทำน้ำให้มีคุณภาพที่ดีขึ้น เช่น การปรับปรุงน้ำกระด้างให้เป็นน้ำอ่อนใช้เรซินชนิดแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่เป็นกรดแก่ซึ่งมีหมู่ฟังก์ชันเป็น $-SO_3Na$ โดยโซเดียมไอออน (Na^+) ของเรซินจะเป็นตัวแลกเปลี่ยนไอออนบวกในน้ำ ได้แก่ แคลเซียมไอออนและแมกนีเซียมไอออนที่เป็นสาเหตุของน้ำกระด้าง พร้อมทั้งเปลี่ยนโซเดียมไอออนในเรซินออกไปอยู่ในน้ำแทน ดังนั้นน้ำที่ผ่านกระบวนการนี้จึงมีสมบัติเป็นน้ำอ่อน เป็นต้น นอกจากนี้เทคนิคของการแลกเปลี่ยนไอออน ยังใช้ในการทำน้ำให้บริสุทธิ์โดยการกำจัดสารต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำให้แตกตัวเป็นไอออน (deionization) ซึ่งวิธีนี้ทำได้โดยให้น้ำผ่านชั้นของเรซินทั้งสองประเภทอย่างต่อเนื่องกัน

เมื่อเรซินถูกใช้งานจนหมดสภาพในการจับแคลเซียมไอออนและแมกนีเซียมไอออนแล้วสามารถทำให้เรซินคืนสภาพ (regeneration) ได้โดยดึงเอา

แคลเซียมไอออนและแมกนีเซียมไอออนออก ขณะเดียวกันก็เติมโซเดียมไอออนเข้าไปในเรซินใหม่ การคืนสภาพทำได้โดยล้างเรซินด้วยสารละลายเกลือแกงหรือน้ำเกลือก็จะได้เรซินที่สามารถใช้งานได้ จากนั้นจึงล้างเรซินด้วยน้ำสะอาดหลายๆ ครั้ง เพื่อไล่สารละลายเกลือแกงที่ตกค้างอยู่ สำหรับระยะเวลาที่จะนำเรซินมาคืนสภาพนั้นขึ้นอยู่กับน้ำที่มีเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมละลายอยู่มากหรือน้อยเพียงใด

4. ถ่านกัมมันต์ (activated carbon) สามารถกำจัดสี กลิ่น รส คลอรีนในกระบวนการทำน้ำประปา (ซึ่งบางครั้งในกระบวนการทำน้ำประปาจำเป็นต้องเติมคลอรีนจำนวนมาก เพื่อให้ได้ผลยับยั้งในการฆ่าเชื้อโรค จึงทำให้มีคลอรีนตกค้างในน้ำมากเกินไป) นอกจากนี้ยังสามารถกำจัดโลหะหนักและสามารถลดความเข้มข้นของโลหะต่างๆ เช่น ตะกั่ว ทองแดง จนเหลือในปริมาณที่ยอมรับได้ในน้ำดื่ม เป็นต้น ถ่านกัมมันต์เป็นถ่านที่มีสมบัติพิเศษที่ได้รับการเพิ่มคุณภาพหรือประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพิ่มรูพรุนขนาดเล็ก และพื้นที่ผิวสัมผัสให้มากขึ้น ทำให้มีสมบัติหรืออำนาจในการดูดซับสูง

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์มีหลายชนิด ส่วนใหญ่มักเป็นพวกอินทรีย์สารซึ่งมีการบ่มและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ พวกเซลลูโลสที่มาจากพืชและต้นไม้ เช่น ไม้ยางพารา ไม้ไผ่ เศษไม้เหลือทิ้ง และวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น แกลบ กะลามะพร้าว ชี้อ้อย ช้างข้าวโพด เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีพวกถ่านหิน เช่น ลิกไนต์ แอนทราไซต์ เป็นต้น ส่วนวัตถุดิบที่มาจากสัตว์นั้นมีไม่มาก เช่น กระดุกหรือเขาสัตว์ เป็นต้น

การผลิตถ่านกัมมันต์โดยทั่วๆ ไปแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการเผาวัตถุดิบให้เป็นถ่าน โดยทั่วไปมักใช้วิธีเผาที่ไม่มีอากาศเพื่อไม่ให้วัตถุดิบกลายเป็นเถ้า ซึ่งอุณหภูมิในการเผาประมาณ 200-400 องศาเซลเซียส และขั้นตอนการนำถ่านไปเพิ่มคุณภาพด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เรียกว่า การกระตุ้น (activation) ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ การกระตุ้นทางเคมี และการกระตุ้นทางกายภาพ

1. การกระตุ้นทางเคมี เป็นการกระตุ้นโดยใช้สารเคมีเช่น แคลเซียมคลอไรด์ สังกะสีคลอไรด์ กรดฟอสฟอริก เป็นต้น ซึ่งสามารถแทรกซึมได้ทั่ว ทำให้ส่วนที่ไม่บริสุทธิ์ละลายหมดไปได้เร็วขึ้น

2. การกระตุ้นทางกายภาพ เป็นการกระตุ้นโดยใช้แก๊สหรือไอน้ำ ซึ่งใช้อุณหภูมิในการเผากระตุ้นค่อนข้างสูงประมาณ 800-1000 องศาเซลเซียส เพื่อ



ทำให้สารอินทรีย์ต่างๆ สลายไป

การกระตุ้นทั้งสองวิธีจะได้ถ่านกัมมันต์ที่มีลักษณะโครงสร้างภายในมีรูพรุนอยู่ทั่วไป แต่การกระตุ้นทางเคมีมีข้อเสียตรงที่ต้องล้างสารเคมีที่ใช้ในการกระตุ้น ซึ่งติดมากับถ่านกัมมันต์ออกให้หมดไม่ให้เหลือตกค้างอยู่เลยเพื่อความปลอดภัยในการนำไปใช้งาน ส่วนการกระตุ้นทางกายภาพมีข้อดีที่สามารถนำมาใช้งานได้เลยทันทีโดยไม่ต้องล้างสารเคมีที่เหลือตกค้าง

ถ่านกัมมันต์เมื่อใช้ไปจนหมดประสิทธิภาพในการดูดซับแล้วสามารถนำกลับมาใช้ได้อีกเช่น ถ้าเป็นการดูดกลืนภายในตู้เย็นหรือในรถยนต์ ก็นำมาตากแดดหรืออบให้ร้อน สำหรับกรณีใช้ดูดซับสีและกลิ่นในของเหลวสามารถนำถ่านกัมมันต์มากระตุ้นอีกครั้ง แต่การทำเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่มักไม่คุ้มทุน นอกเสียจากกระทำเป็นจำนวนมาก โดยทั่วไปมักจะใช้กันแต่เพียงเมื่อหมดประสิทธิภาพแล้วก็ทิ้งไป

5. ดินเบา (diatomaceous earth) เป็นดินที่เกิดจากซากของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กคือ ไดอะตอม (diatom) มีลักษณะเป็นดินซุย เบา เนื้อพรุน ใช้กรองแบคทีเรียและกรองน้ำที่มีความขุ่นไม่เกิน 200 ppm

สารกรองแต่ละชนิดมีสมบัติการใช้งานที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเลือกใช้สารกรองชนิดใดจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำที่ต้องการ เช่น ถ่านกัมมันต์มีสมบัติในการกำจัด สี กลิ่น รส ส่วนเรซินมีสมบัติในการกำจัดไอออนต่างๆ ในน้ำ เป็นต้น ดังนั้นสารกรองที่นำไปใช้ในเครื่องกรองน้ำ จึงอาจใช้สารกรองมากกว่าหนึ่งชนิดก็ได้ น้ำที่ผ่านกระบวนการที่มีสารกรองส่วนใหญ่ยังคงมีจุลินทรีย์อยู่ จึงต้องนำน้ำมาผ่านการกำจัดเชื้อโรคก่อนนำมาดื่ม เช่น ดับ ผ่านรังสีอุตราไวโอเลต ผ่านโอโซน หรือผ่านแผ่นเยื่อบาง (membrane) บางชนิด เป็นต้น

ปัจจุบันการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้เล็งเห็นความสำคัญดังกล่าวจึงได้จัดทำโครงการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตัวกลางสารกรองน้ำ ได้แก่ โครงการวิจัยการผลิตสารกรองสนิมเหล็กในน้ำ โดยใช้ทรายเคลือบผิวด้วยแมงกานีสไดออกไซด์ ซึ่งสารกรองนี้ยังไม่มีผลิตในประเทศยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศ และโครงการวิจัยการผลิตไส้กรองคาร์บอนจากถ่านกัมมันต์ โดยโครงการวิจัยทั้ง 2 โครงการสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีให้ผู้ประกอบการในเชิงพาณิชย์ในประเทศได้ ถ่านกัมมันต์เป็นสารกรองที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ โดยกระบวนการผลิตเป็นเทคโนโลยีที่นำเข้าจากต่างประเทศ แต่มีบางบริษัทที่ทำการพัฒนาเทคโนโลยีการ

ผลิตด้วยตนเอง และขายเทคโนโลยีดังกล่าวออกสู่ต่างประเทศ ผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะส่งไปขายยังต่างประเทศโดยคิดเป็นมูลค่าการส่งออกประมาณ 170 ล้านบาท แต่มูลค่าการนำเข้าสูงประมาณ 340 ล้านบาท [ข้อมูลจากกรมศุลกากรปี พ.ศ. 2543 และ พ.ศ. 2544 (ม.ค-ก.ย. 44)] จากการวิเคราะห์ทดสอบสมบัติถ่านกัมมันต์ของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อมที่ส่งมาวิเคราะห์พบว่า สมบัติของถ่านกัมมันต์ยังต่ำกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก.900-2532) ดังนั้นโครงการวิจัยที่จัดทำขึ้นนี้จะสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตถ่านกัมมันต์และทรายเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ แก่ผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมให้สามารถผลิตถ่านกัมมันต์และทรายเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ที่มีคุณภาพให้จำหน่ายภายในประเทศและลดการนำเข้าจากต่างประเทศ

เอกสารอ้างอิง

- Belfort, G. **Synthetic membrane process.** Orlando : Academic Press. 1984, p. 1-18.
- Clark, RM. And Lykins, BW. **Granular activated carbon.** Michigan: Lewis Publishers, 1989, p.1-28.
- Masschelein, WJ. **Unit Process in drinking water treatment.** New York : Marcel Dekker, 1992.
- กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรมวิทยาศาสตร์บริการ. **เทคโนโลยีการกรองสนิมเหล็กในน้ำ.** (Technology for removal of iron from water) กรุงเทพมหานคร : กรมวิทยาศาสตร์บริการ 2544, 23 หน้า.
- นวลอนงค์ ศรีพงษ์ และอรุณวรรณ อุ่นแก้ว. **การผลิตถ่านกัมมันต์เพื่ออุตสาหกรรม.** กรุงเทพมหานคร : กรมวิทยาศาสตร์บริการ, 2531, 63 หน้า.
- สุรพล โชติวรรณ. **เรซินที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนไอออน.** วารสารสสท ฉบับเทคโนโลยี. กรกฎาคม- สิงหาคม, 2527, ปีที่ 12, ฉบับที่ 60, หน้า 30-37.





ข่าวทั่วไป



(1)

นายเดช บุญหลง รองนายกรัฐมนตรี และนายสนธยา คุณปลื้ม รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ เยี่ยมชมผลงาน เครื่องทดสอบที่นอนฟองน้ำ สารกรองสนิมเหล็กในน้ำบาดาล ข้าวสำเร็จรูปและข้าวเสริมสุขภาพบรรจุกระป๋อง ซึ่งนำไปแสดงในงาน วันเทคโนโลยีไทย ณ ศูนย์แสดงสินค้านานาชาติอิมแพค เมืองทองธานี จ.ปทุมธานี

(2)

กรมวิทยาศาสตร์บริการจัดงานอ้อลา-อ้อลัย นางอนามัย สิงหะพันธุ์ รองปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ นายบันเท็ง ดัฒนาวัฒน์ ผู้ตรวจราชการกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ นางสาวชดช้อย เอี่ยมพงษ์ อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ และข้าราชการและลูกจ้างกรมวิทยาศาสตร์บริการ ซึ่งเกษียณอายุและเกษียณอายุก่อนกำหนดในปี 2544

(3)

นางสาวชดช้อย เอี่ยมพงษ์ อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ มอบดอกไม้แสดงความยินดีแก่นายอิทธิ พิชยนทรโยธิน รองปลัดกระทรวง วิทยาศาสตร์ฯ ในโอกาสที่มารับตำแหน่งอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการในปี 2545



4



5



6



7



8



9

(4, 5)

นางอานันท์ ดันติเฉลิม นายทวี บุตรสนทร และ ดร.ชงยุทธ ยุทธวงศ์ คณะกรรมการตรวจสอบภาคราชการ เข้ามาร่วมพร้อมฟังการสรุปบทบาทหน้าที่และผลงานที่สำคัญของกรมวิทยาศาสตร์บริการ โดยมี ดร.อิทธิ พิชเชนทรโยธิน อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ ให้การต้อนรับ

(6)

ดร.อิทธิ พิชเชนทรโยธิน อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ นำข้าราชการและลูกจ้างกรมวิทยาศาสตร์บริการทำพิธีถวายสัตย์ปฏิญาณเพื่อเป็นข้าราชการที่ดีและเป็นพลังของแผ่นดิน เพื่อแสดงความสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณและถวายความจงรักภักดีแด่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ณ ห้องประชุมกรมวิทยาศาสตร์บริการ

(7)

ดร.อิทธิ พิชเชนทรโยธิน อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ เป็นประธานในพิธีลงนามบันทึกข้อตกลงความร่วมมือ ตามโครงการพัฒนาห้องปฏิบัติการเพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมอาหารส่งออก โดยมีนายทวี ปิยะพัฒนา กก.ผจก. บริษัท แปซิฟิคแปรรูปสัตว์น้ำ จำกัด นายชนะวัฒน์ วงศ์ศรีชนาลัย รองกก.ผจก.บริษัท คอนดิเนนดัล แปซิฟิค (1979) จำกัด และนางอรอรพจน์ มาศรีสวัสดิ์ กก.ผจก. บริษัทสงขลาแคนนิ่ง จำกัด (มหาชน) ร่วมลงนาม เพื่อให้ห้องปฏิบัติการของทั้งสามบริษัทเป็นไปตามมาตรฐานสากล ที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ เมื่อเร็วๆ นี้ (15 ม.ค. 2545)

(8)

Mr. Kazunori Horiguchi จาก International Development Center of Japan (IDCJ) เข้าพบและสัมภาษณ์ ดร.อิทธิ พิชเชนทรโยธิน อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ ด้านมาตราวิชา

(9)

ดร.อิทธิ พิชเชนทรโยธิน อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ แถลงข่าวเรื่อง วศ.ผลิตภัณฑ์จากเชรามิกจากหญ้าแฝกเป็นรายแรกในโลก และ วศ.เป็นหน่วยราชการรายแรกที่ได้รับการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการทดสอบกองเคมีตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ณ ห้องประชุมกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ

(10)

ดร.สุจินดา โชติพานิช รองอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ แถลงข่าว เรื่อง ฐานข้อมูลเชรามิก ณ ห้องประชุมกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ



10



11



12



13



14



15



16



17

(11, 12)

กรมวิทยาศาสตร์บริการ โดยศูนย์ฝึกอบรมและพัฒนาเทคนิคทางวิทยาศาสตร์ กองการศึกษาเคมีปฏิบัติ จัดฝึกอบรมหลักสูตร การสอบเทียบเพื่อเอชไมเตอร์ Uncertainty of Measurement การสอบเทียบเครื่องแก้วเชิงปริมาตร สถิติสำหรับงานวิเคราะห์ทดสอบ และวิจัย การใช้ AAS ในงานวิเคราะห์ทดสอบและวิจัย - ข้อกำหนด ISO/IEC 17025 การสอบเทียบเครื่องชั่ง แก่เจ้าหน้าที่หน่วยราชการ รัฐวิสาหกิจ และบริษัทเอกชน

(13)

กองเคมีให้การต้อนรับเจ้าหน้าที่กรมอุทหาเรื่อ เยี่ยมชมห้องปฏิบัติการของกอง เพื่อนำไปปรับปรุงห้องปฏิบัติการ เพื่อเข้าสู่ระบบ ISO/IEC 17025

(14, 15, 16)

เจ้าหน้าที่องค์การเภสัชกรรม นักศึกษามหาวิทยาลัยขอนแก่น สถาบันราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา เยี่ยมชมห้องปฏิบัติการของกองเคมี กองฟิสิกส์และวิศวกรรม และกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

(17)

ดร.สุวิทย์ วัลลย์เศรษฐี นางเบญจวรรณ สร้างนิทร และนางเปรมจิตต์ ปัทมจิตร เป็นวิทยากรบรรยายเรื่อง องค์กรมหาชนให้แก่ข้าราชการและลูกจ้างกรมวิทยาศาสตร์บริการ ในรายการสนทนาประสา วศ. ครั้งที่ 76 ณ ห้องประชุมกรมวิทยาศาสตร์บริการ



ข่าวทั่วไป

เกียรติคุณประกาศ รางวัลผลงานประดิษฐ์คิดค้น ประจำปี 2545



ดร.พีระวัฒน์ สมนึก



ดร.กรรธรรม สติรกุล

ดร.พีระวัฒน์ สมนึก และ ดร.กรรธรรม สติรกุล นักวิทยาศาสตร์กลุ่มสอบเทียบ เครื่องมือวัดวิเคราะห์ทดสอบ กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ เป็นบุคคลในคณะผู้ประดิษฐ์เครื่องจะกำจัดสิ่งปลอมปนออกจากยางแผ่นรมควันแบบอัตโนมัติ ซึ่งได้รับรางวัลผลงานประดิษฐ์คิดค้น ประจำปี 2545 รางวัลชมเชยสาขาวิศวกรรมศาสตร์ และอุตสาหกรรมวิจัย จากคณะกรรมการบริหารสภาวิจัยแห่งชาติ งานประดิษฐ์นี้ได้รับงบประมาณจากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

เครื่องจะกำจัดสิ่งปลอมปนออกจากยางแผ่นรมควัน เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่มีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับอุตสาหกรรมยางแผ่นรมควันของประเทศไทย ทำให้ยางมีคุณภาพดีขึ้น เป็นการเพิ่มมูลค่ายางแผ่นรมควัน ส่งผลให้เกษตรกรและผู้ประกอบการมีรายได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากยางพาราเป็นสินค้าเกษตรที่ไทยส่งออกเป็นลำดับหนึ่งของโลก การรักษาคุณภาพยางให้ได้มาตรฐานจึงเป็นสิ่งสำคัญในการฟื้นฟูเศรษฐกิจของชาติ

เทคนิคการตกแต่งสีในเคลือบ

อนุสรณ์ ไสค์โกสกา

พลิตภัณฑ์เซรามิกที่เป็นเครื่องใช้และเครื่องประดับ นอกจากจะมีการออกแบบรูปทรงที่แปลกตา สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การใช้งานแล้ว การตกแต่ง ลวดลาย ยังเพิ่มสีสันและความน่าดึงดูดใจให้แก่ผลิตภัณฑ์

การตกแต่งลวดลายสีสำหรับผลิตภัณฑ์เซรามิก ทำได้หลายวิธี มักนิยมสีใต้เคลือบและสีบนเคลือบ ส่วน การตกแต่งสีในเคลือบเป็นเทคนิคใหม่ยังไม่ปรากฏว่ามี ผู้ใดใช้ในการผลิต

สีในเคลือบมีลักษณะเด่น คือมีสีสดสวย และให้ ความรู้สึก นุ่มนวลตาเป็นผลิตภัณฑ์ตกแต่งลายแบบใหม่ ที่ควรเสนอสู่ตลาด มีประโยชน์ในการทำให้เกิดรายได้ ทางเศรษฐกิจได้ โดยเฉพาะการออกแบบที่เลียนแบบ ธรรมชาติ เทคนิคการตกแต่งสีในเคลือบ จะช่วยให้ได้ ภาพใกล้เคียงธรรมชาติมาก เช่น ภาพฝูงปลาในน้ำ จะให้ภาพ ที่นุ่มนวลตา และสีสวยเหมือนธรรมชาติ

การทำผลิตภัณฑ์เซรามิกตกแต่งสีในเคลือบเริ่ม จากการออกแบบมีด้วยกัน 2 ขั้นตอน คือ

1. ออกแบบผลิตภัณฑ์เป็นรูปลักษณะต่างๆ เช่น แจกันรูปทรงต่างๆ
2. ออกแบบลวดลายที่จะตกแต่งสี

การทำชิ้นงานเริ่มด้วยการเตรียมเนื้อดินซึ่งอาจ เป็นเนื้อดินที่เป็นสโตนแวร์ (Stoneware) หรือเนื้อดินที่มี สีขาวเช่น พอร์ซเลน (Porcelain) โดยนำเนื้อดินมา ทำให้เป็นสลิป (Slip) สำหรับเตรียมขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ด้วยการหล่อแบบพิมพ์ เมื่อขึ้นรูปด้วยการหล่อสลิป (Slip) ตามแบบที่ต้องการแล้วนำไปเผาดิบเพื่อเตรียมตกแต่ง ลวดลายสี การตกแต่งสีในเคลือบ เริ่มจากการเลือกสี เคลือบพื้นของผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับแบบภาพที่ได้ เตรียมไว้ เช่น ถ้าออกแบบเป็นภาพใต้ทะเล ควรเลือกสี เคลือบพื้นด้วยสีฟ้า น้ำทะเลและสีน้ำตาลของปะการัง

เป็นต้น จากนั้นจะทำการตกแต่งลวดลายบนเคลือบด้วย สีใต้เคลือบอุณหภูมิ 1200°ซ. -1250°ซ. ด้วยแอร์บรัชและ พู่กัน เช่น ถ้าเป็นภาพใต้ทะเล ก็จะตกแต่งเป็นพวกปลา สัตว์น้ำต่างๆ และปะการัง เมื่อได้รูปภาพสี ตามต้องการ แล้วจึงจะพ่นเคลือบใส W31 คือเคลือบใสที่ศูนย์วิจัยและ พัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก ทำขึ้นเองบางๆทับลวดลาย ที่ตกแต่งไว้ แล้วจึงนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1250°ซ

เคลือบใส W31 มีส่วนผสมดังนี้

แร่ฟันม้า	35.3%
ควอร์ตซ์	28.5%
หินปูน	13.6%
ดินขาวราธิวาส	11.1%
ทัลก์	4.7%
ซิงค์ออกไซด์	6.8%

เคลือบพื้นส่วนใหญ่เป็นเคลือบสีซึ่งทำได้โดยการ ผสมสีเซรามิกลงในสูตรเคลือบใส W31 ประมาณ 5-10% ซึ่งมีตัวอย่างตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สีเคลือบพื้นผลิตภัณฑ์และส่วนผสมของผงสี เซรามิก

สีของเคลือบพื้นผลิตภัณฑ์	ผงสีเติมลงไป
1) สีเหลือง	23533
2) สีฟ้า	22482
3) สีเขียว	23533
4) สีเขียว	22482
5) สีชมพู	27366
6) สีเหลือง	23468



วิธีทดสอบเบื้องต้นสำหรับธาตุอาหารพืชในปุ๋ยเคมี

ทวีลักษณ์ อ่อนองอาจ

ยุพา รุ่งเวชวุฒิกวิทยา

ปุ๋ยเคมีเป็นปุ๋ยที่ใช้กันมากในพื้นที่ทำการเกษตรของประเทศไทย ทั้งในไร่ สวนและนา ปุ๋ยเคมีเหล่านี้ มีทั้งปุ๋ยที่นำเข้ามาจากต่างประเทศและผลิตขึ้นเองในประเทศ โดย การนำเข้าวัตถุดิบมาผสมกับวัตถุดิบที่มีในประเทศ

ปุ๋ยเคมี หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากสารอนินทรีย์หรืออินทรีย์สังเคราะห์

ธาตุอาหาร หมายถึง ธาตุที่มีอยู่ในปุ๋ยและสามารถเป็นอาหารแก่พืชได้

ธาตุอาหารหลัก หมายถึง ธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม

ธาตุอาหารรอง หมายถึง ธาตุอาหารแมกนีเซียม แคลเซียมและกำมะถัน

ธาตุอาหารเสริม หมายถึง ธาตุอาหารเหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โบรอน โมลิบดีนัมและคลอรีน

การทดสอบเบื้องต้นทางห้องปฏิบัติการเคมีเพื่อการวิเคราะห์คุณภาพปุ๋ยทำได้โดยการตรวจสอบปฏิกิริยาเคมีของธาตุต่างๆ กับสารเคมีที่เตรียมขึ้น เพื่อแสดงว่าปุ๋ยตัวอย่างนั้นๆ มีธาตุหรือสารประกอบตามระบุหรือไม่ แต่ไม่สามารถบ่งบอกปริมาณที่มีอยู่ได้ หากต้องการทราบปริมาณจะต้องมีการวิเคราะห์หาปริมาณต่อไป ขั้นตอนในการทดสอบเบื้องต้นมีดังนี้

1. การเตรียมสารเคมีที่ใช้

น้ำที่ใช้ในการเตรียมควรใช้น้ำกลั่น

1. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) 40%
ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ชนิดเม็ดหรือแผ่น 40 กรัม ใส่ในภาชนะพลาสติก ละลายด้วยน้ำจนได้สารละลายประมาณ 100 มิลลิลิตร (ควรเตรียมในตู้ดูดควัน)

2. เฟอร์รัสซัลเฟต (ferrous sulphate) 5%
ชั่งเฟอร์รัสซัลเฟต ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 1 กรัมใส่ในภาชนะ เติมน้ำ 20 มิลลิลิตร คนให้ละลาย สารละลายนี้ต้องเตรียมใหม่ๆ ก่อนการใช้

3. สารละลายไบยูเรต (biuret reagent)
ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กรัมและ

โพแทสเซียมโซเดียมทาร์เตรต 4 กรัมในภาชนะด้วยน้ำ เติมคอร์ปเปอร์ซัลเฟตลงไป 1 กรัม คนให้เข้ากัน เติมน้ำให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

4. ซิลเวอร์ไนเตรต (silver nitrate)

ชั่งซิลเวอร์ไนเตรต 1 กรัม ละลายด้วยน้ำ 100 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชาหรือขวดที่หุ้มด้วยกระดาษคาร์บอน (carbon paper)

5. สารละลายโคบอลต์ทีไนไตรต์ (cobaltinitrite reagent)

ละลายโคบอลต์ไนเตรต 5 กรัมในน้ำ 50 มิลลิลิตร เติมโซเดียมไนไตรต์ 25 กรัมและกลาซีลแอซิดิกแอซิด 2.5 มิลลิลิตรลงไป คนให้เข้ากัน แล้วเติมน้ำจนได้สารละลาย 100 มิลลิลิตร

6. ฟอर्मัลดีไฮด์ + เมทิลเรด (formaldehyde + methylred)

ใช้ฟอर्मัลดีไฮด์ 37-40% 100 มิลลิลิตร กับเมทิลเรดอินดิเคเตอร์ 1 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน

7. โซเดียมไฮดรอกไซด์ IN (sodium hydroxide IN)
ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ 40% (จาก 1) 1 มิลลิลิตร เติมน้ำเป็น 10 มิลลิลิตร

8. สารละลายแบเรียมคลอไรด์ (barium chloride reagent)

ละลายแบเรียมคลอไรด์ 2 กรัม ด้วยน้ำ 100 มิลลิลิตร

9. โพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ (potassium ferrocyanide)

ละลายโพแทสเซียมเฟอร์โรไซยาไนด์ 5 กรัม ในน้ำ 100 มิลลิลิตร

10. น้ำปูนใส (lime water)
ใช้แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ละลายในน้ำ 10 มิลลิลิตร

11. สารละลายซิตรีกโมลิบดีนิกแอซิด (citric-molybdic acid reagent)

11.1 ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 12 กรัมในน้ำ 400 มิลลิลิตร ตั้งไฟให้ร้อน เติม 100% โมลิบดีนิก-แอนไฮไดรด์ (MoO_3) 54 กรัม พร้อมกับคนให้ละลายทิ้งไว้เย็น



11.2 ละลายกรดเกลือ 140 มิลลิลิตรในน้ำ 200 มิลลิลิตร เติมซิงค์ทริคแอซิด 60 กรัม คนให้ละลาย ทิ้งให้เย็น

ค่อยๆ เท 11.1 ลงใน 11.2 คนให้เข้ากัน ทิ้งให้เย็น กรอง เติมน้ำให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร เก็บในภาชนะพลาสติก ทึบแสง (polyethylene bottle) หรือในที่มืด ห้ามถูกแสง

12. สารละลายควินโนลีน (quinoline solution)

ละลายกรดเกลือ 60 มิลลิลิตรในน้ำ 300 มิลลิลิตร เติมซินเทติกควินโนลีน (synthetic quinoline) 50 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน เติมน้ำให้เป็น 1 ลิตร กรอง เก็บไว้ในภาชนะ พลาสติกทึบแสง (polyethylene bottle)

13. สารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์แอมโมเนียมแอซิเทรต ละลายเฟอร์ริกคลอไรด์ 7 กรัมด้วยน้ำ 50 มิลลิลิตร ในภาชนะ เติมแอมโมเนียมแอซิเทรต 12 กรัม เติมน้ำจน ได้สารละลายประมาณ 100 มิลลิลิตร

14. กรดหรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เจือจาง ละลายกรดหรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 3 มิลลิลิตร ในน้ำ 7 มิลลิลิตร เตรียมแล้วควรใช้ทันที

15. เนสเลอร์ รีเอเจนต์ (Nessler's reagent)

ละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ 10 กรัมในน้ำที่ ปราศจากแอมโมเนีย 10 มิลลิลิตร กวนจนละลายหมด ค่อยๆ เติมสารละลายอิ่มตัวของเมอร์คิวรี (II) คลอไรด์ (60 กรัมต่อน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร) ทีละน้อย พร้อมทั้ง เขย่า (กวน) ด้วย จนกระทั่งได้ตะกอนสีส้มของเมอร์คิวรี (II) คลอไรด์ หลังจากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไฮ-ดรอกไซด์เจือจาง (9โมลาร์) 80 มิลลิลิตร ทำให้ได้ ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ค้างคืน กรอง และเก็บ สารละลายไว้ในขวดสีน้ำตาล

16. เมททิลเรดอินดิเคเตอร์ (methyl red indicator) ละลายเมททิลเรดอินดิเคเตอร์ 1 กรัมในแอลกอฮอล์ 200 มิลลิลิตร

17. สารละลายอิมิดแอมโมเนียมออกซาลेट $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$

เติมแอมโมเนียมออกซาลेटในน้ำ 100 มิลลิลิตร จนกระทั่งแอมโมเนียมออกซาลेटไม่ละลายอีก

18. โบรโมไทมอลบลูอินดิเคเตอร์ (bromothymol blue indicator)

ละลายโบรโมไทมอลบลู 0.1 กรัม ใน 0.1 นอร์-มอลโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.6 มิลลิลิตร เติมน้ำจนกระทั่ง ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร

19. สารละลายไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต

ละลายไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 10 กรัม ในน้ำ 100 มิลลิลิตร

2. การเตรียมตัวอย่างเพื่อทดสอบ

อาจทำได้ทั้งในลักษณะที่เป็นของแข็งและสารละลาย ตัวอย่าง หมายถึง ตัวอย่างปุ๋ยเคมีที่บดละเอียด ประมาณ 1-2 กรัม

สารละลายตัวอย่าง หมายถึง ตัวอย่าง 1-2 กรัม ละลายน้ำกลั่น 10-20 มิลลิลิตร เขย่าหรือกวนให้เข้ากัน กรอง เอาส่วนใสที่กรองได้มาใช้

3. วิธีทดสอบ

การทดสอบยูเรีย

1. ละลายตัวอย่างด้วยอะซิโตน คนสักครู่ กรองใส่ บีกเกอร์เล็กๆ นำส่วนใสที่กรองได้ไประเหยบนเครื่องอัง ोन้าจนแห้ง ถ้ามียูเรียจะมีผลึกรูปเข็มที่ก้นภาชนะ

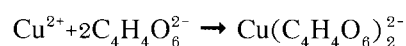
2. นำตัวอย่างใส่ในหลอดทดลอง ให้ความร้อนจน ตัวอย่างหลอม ทิ้งให้เย็น เติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร เขย่า กรอง เอาส่วนที่กรองได้มาเติมสารละลายโบยูเรต 1 มิลลิลิตร จะได้สารละลายสีม่วงหรือน้ำเงิน แสดงว่า มียูเรีย

สมการที่ 1

เอกสารแนบท้าย

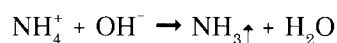
สมการที่ 2

เอกสารแนบท้าย

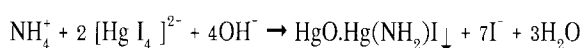


การทดสอบแอมโมเนียม (NH_4)

1. เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น (40%) ใน ตัวอย่างที่อยู่ในหลอดทดลอง ดม จะได้กลิ่นของ แอมโมเนีย เอากระดาษลิตมัสสีแดงขึ้นอังที่ปากหลอด ทดลอง (อย่าให้กระดาษแตะปากหลอด) ถ้ามีแอมโมเนีย กระดาษลิตมัสจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน



2. เติมเนสเลอร์ รีเอเจนต์ (Nessler's reagent) ในสารละลายตัวอย่าง 2 มิลลิลิตรซึ่งเป็นกลาง ถ้ามี แอมโมเนียจะได้ตะกอนสีน้ำตาล



การทดสอบโพแทสเซียม (K)

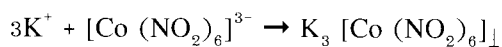
1. โพแทสเซียมในโพแทสเซียมคลอไรด์หรือโพแทสเซียมซัลเฟต



สารละลายตัวอย่าง 1-2 มิลลิลิตรมาเติมสารละลายโคบอลต์ทีไนไตรต์ ถ้ามีโพแทสเซียมจะได้ตะกอนสีเหลือง

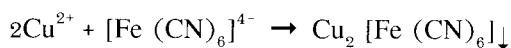
2. โพแทสเซียมในปุ๋ยเคมี

สารละลายตัวอย่าง 1-2 มิลลิลิตร เติมสารละลายฟอร์มาลดีไฮด์ 2 มิลลิลิตรในสารละลายที่กรองได้ 1 มิลลิลิตรซึ่งมีเมทิลเรด 2-3 หยด รอ 2-3 นาที ทำให้เป็นกลางด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนได้สารละลายสีเหลือง เติมสารละลายโคบอลต์ทีไนไตรต์ จะได้ตะกอนสีเหลือง



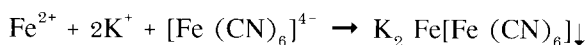
การทดสอบทองแดง (Cu)

สารละลายตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร เติมสารละลายโพแทสเซียมเฟอร์ไรไซยาไนด์ 1 มิลลิลิตร ถ้ามีทองแดงจะได้ตะกอนสีน้ำตาลแดง (Reddish brown) ซึ่งจะละลายในสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ได้สารละลายสีฟ้า



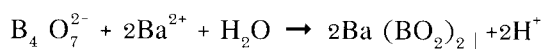
การทดสอบเหล็ก (Fe)

สารละลายตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร เติมสารละลายโพแทสเซียมเฟอร์ไรไซยาไนด์ 1 มิลลิลิตร ถ้ามีธาตุเหล็กจะได้ตะกอนสีน้ำเงิน



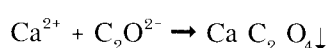
การทดสอบโบรอน (B)

สารละลายตัวอย่าง 3 มิลลิลิตร เติมสารละลายแบเรียมคลอไรด์ ถ้ามีธาตุโบรอนจะได้ตะกอนสีขาว ซึ่งจะละลายในสารละลายแบเรียมคลอไรด์ที่มากเกินไปหรือละลายในกรดเกลือเจือจาง



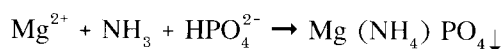
การทดสอบแคลเซียม (Ca)

ละลายตัวอย่าง 1-2 กรัมด้วยกรดไนตริก 30 มิลลิลิตรและกรดเกลือ 10 มิลลิลิตร ต้มให้ละลาย เติมน้ำ ประมาณ 100 มิลลิลิตร กรอง เอาสารละลายที่ได้ 5 มิลลิลิตรมาปรับความเป็นกรด-ด่าง จนได้สารละลายเป็นกรดอ่อน สารละลายเป็นสีชมพูอ่อน (pH ประมาณ 5) ใช้เมทิลเรดเป็นอินดิเคเตอร์และใช้แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์หรือกรดเกลือเจือจางเป็นตัวปรับ pH ต้มให้ร้อน เติมสารละลายอิมมูโนแอมโมเนียมออกซาลेट ถ้ามีธาตุแคลเซียมจะเกิดตะกอนสีขาว



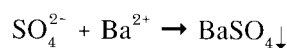
การทดสอบแมกนีเซียม (Mg)

ทำเช่นเดียวกับการทดสอบแคลเซียม กรองเอาตะกอนสีขาวของแคลเซียมออกซาลेटออก เอาสารละลายเดิมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์จนเป็นด่าง ใช้โบรโมไทมอลบลูเป็นอินดิเคเตอร์ เติมสารละลายไดแอมโมเนียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 10% 3-5 มิลลิลิตร กวนสารละลายด้วยแท่งแก้ว (อาจจะต้องขูดภาชนะด้วย) ถ้ามีธาตุแมกนีเซียมจะเกิดตะกอนสีขาว



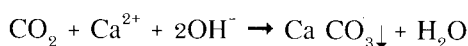
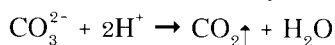
การทดสอบซัลเฟต (SO₄²⁻)

สารละลายตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร เติมกรดเกลือเจือจาง 2 มิลลิลิตรและสารละลายแบเรียมคลอไรด์ 1 มิลลิลิตร ถ้ามีซัลเฟตจะได้ตะกอนสีขาวซึ่งไม่ละลายในกรดเกลือเจือจางและกรดไนตริกเจือจาง



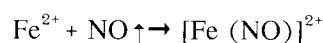
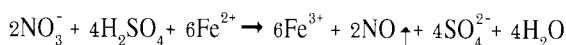
การทดสอบคาร์บอเนต (CO₃²⁻)

ใส่ตัวอย่าง 2 กรัมลงในหลอดทดลอง เติมกรดเกลือเข้มข้นลงในหลอดทดลอง ถ้ามีคาร์บอเนตจะเกิดฟองแก๊ส (effervescent) ผ่านแก๊สที่เกิดขึ้นไปในน้ำปูนใส จะเกิดของเหลวขุ่น (milky)



การทดสอบไนเตรต (NO₃⁻)

ใส่สารละลายตัวอย่าง 5 มิลลิลิตรในหลอดทดลอง เติมกรดกำมะถันเข้มข้นอย่างช้าๆ ช้าๆ หลอดทดลองทำให้เย็นโดยให้น้ำจืดกักไหลดผ่านหลอดทดลอง ค่อยๆ เติมสารละลายเฟอร์รัสซัลเฟต 2 มิลลิลิตรข้างๆหลอดทดลอง ถ้ามีไนเตรตจะเกิดวงแหวนสีน้ำตาลระหว่างชั้นของสารละลายกับกรดกำมะถัน



การทดสอบฟอสเฟต (PO₄³⁻)

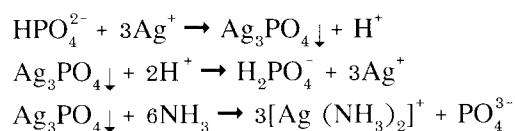
1. ฟอสเฟตในไดแอมโมเนียมฟอสเฟต

สารละลายตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรด 1 มิลลิลิตร ถ้ามีฟอสเฟตจะได้ตะกอนสีเหลืองซึ่งละลายในกรดไนตริกเจือจางและแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เจือจาง



2. ฟอสเฟตในซิงค์เกิดรูปเปอร์ฟอสเฟต

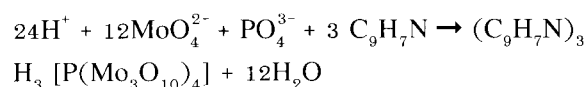
สารละลายตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร เติม IN โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2-3 หยด เติมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรด 1 มิลลิลิตร ถ้ามีฟอสเฟตจะได้ตะกอนสีเหลือง เติมกรดไนตริกเจือจาง จะเกิดของเหลวขุ่น (milky solution)



3. ฟอสเฟตในปุ๋ยเคมี

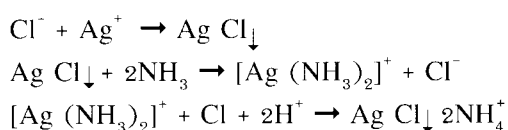
3.1 เติมสารละลายเฟอร์ริกคลอไรด์แอมโมเนียมแอซิเทต 2 มิลลิลิตรในสารละลายตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร ถ้ามีฟอสเฟตจะได้ตะกอนสีเหลือง-ขาว จะละลายในกรดเจือจาง

3.2 สารละลายตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร เติมกรดไนตริกเจือจางจนสารละลายเป็นกรด เติมสารละลายซิงค์โมลิบดีนัมแอซิได 5 มิลลิลิตร ต้มให้เดือด เติมสารละลายควินินนิน 2 มิลลิลิตร ถ้ามีฟอสเฟตจะได้ตะกอนสีเหลือง



การทดสอบคลอไรด์ (Cl^-)

สารละลายตัวอย่าง 5 มิลลิลิตร ทำให้เป็นกรดด้วยกรดไนตริกเจือจาง เติมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรด 1 มิลลิลิตร ถ้ามีคลอไรด์จะได้ตะกอนสีขาวซึ่งละลายในแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เจือจาง และจะเกิดตะกอนสีขาวอีกเมื่อเติมกรดไนตริกเจือจาง



ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารพืชในปุ๋ยเคมีส่วนใหญ่จะมีวิธีวิเคราะห์สำหรับห้องปฏิบัติการอยู่แล้ว เช่น ฟอสฟอรัสจะใช้การตกตะกอนหรือใช้เครื่องมือ แต่การทดสอบเบื้องต้นจะสามารถทราบได้ว่าควรจะใช้ตัวอย่างปริมาณมากน้อยเท่าใดในการทดสอบครั้งนั้นๆ ถ้ามีฟอสเฟตมากก็จะใช้ปริมาณตัวอย่างน้อย ในทางตรงกันข้าม ถ้ามีฟอสเฟตน้อย ก็จะใช้ปริมาณตัวอย่างให้มากขึ้น

ก่อนการวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนจำเป็นต้องทดสอบเบื้องต้นก่อนว่ามีไนโตรเจนอยู่ในรูปใดบ้าง จะได้

เลือกวิธีวิเคราะห์หาปริมาณที่ถูกต้องต่อไป ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารพืชที่สำคัญ ธาตุไนโตรเจนสามารถผลิตจากวัตถุดิบที่มีสารประกอบ 3 รูป คือ

1) แอมโมเนียมไนโตรเจน (ธาตุไนโตรเจนที่มาจากสารประกอบที่มีเกลือแอมโมเนียม เช่น แอมโมเนียมคลอไรด์ แอมโมเนียมซัลเฟต)

2) ไนเตรดไนโตรเจน (ธาตุไนโตรเจนที่มาจากสารประกอบที่มีไนเตรด เช่น แอมโมเนียมไนเตรด โพแทสเซียมไนเตรด)

3) อินทรีย์ไนโตรเจน (ธาตุไนโตรเจนที่มาจากสารประกอบที่มีอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น ยูเรีย สารพวกอะมีน)

เมื่อทดสอบเบื้องต้นทราบว่าไนโตรเจนในรูปใด ก็เลือกวิธีวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนได้ดังนี้

ถ้าพบแอมโมเนียมอย่างเดียว จะใช้วิธี Magnesium Oxide Method

ถ้าพบแอมโมเนียมและไนเตรดจะใช้วิธี Ferrous Sulfate-Zinc-Soda Method หรือ Devarda Method

ถ้าพบแอมโมเนียมและยูเรีย จะใช้วิธี Improved Kjeldahl Method for Nitrate-Free Samples

ถ้าพบไนเตรดอย่างเดียว จะใช้วิธี Robertson Method

ถ้าพบไนเตรดและยูเรีย จะใช้วิธี Improved Kjeldahl Method for Nitrate-Containing Samples

ถ้าพบทั้ง 3 รูป จะใช้วิธี Improved Kjeldahl Method for Nitrate-Containing Samples

แคลเซียม แมกนีเซียม สังกะสี ถ้าทดสอบเบื้องต้นว่ามีมากจะเลือกวิธีการตกตะกอน แต่ถ้ามีปริมาณน้อยก็จะใช้เครื่องมืออะตอมมิกแอปซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (AAS) หรือไทเทรตกับอีดีทีเอ (EDTA)

จากการเลือกวิธีหาปริมาณก็ควรจะต้องเลือกให้ถูกต้อง บางครั้งถ้าใช้ตัวอย่างมากก็อาจจะไม่ได้ผลที่ต้องการ เพราะตัวอย่างที่ใช้มากเกินไปทำให้การเตรียมตัวอย่างไม่สมบูรณ์ การจะเลือกวิธีการใดขึ้นอยู่กับความชำนาญ การมีประสบการณ์และการศึกษาค้นคว้าของแต่ละบุคคล

อย่างไรก็ตาม การทดสอบเบื้องต้นสำหรับธาตุอาหารพืชในปุ๋ยเคมีมีส่วนสำคัญมาก นอกจากเป็นแนวทางให้ผู้ที่เกี่ยวข้องทราบถึงธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในปุ๋ยเคมีนั้นแล้ว ยังใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารพืช เพื่อเลือกวิธีการที่ใช้และปริมาณตัวอย่างที่จะใช้ในการวิเคราะห์อย่างถูกต้อง ทำให้ไม่เสียเวลาในการวิเคราะห์ตัวอย่างนั้นๆ อีกด้วย



- Halmann, M, ed. **Analytical chemistry of phosphorus compounds**. New York. Wiley, 1972. p.773-775.
- Nordmann, Joseph. **Qualitative testing and inorganic chemistry**. New York. Wiley, 1957. p.251.
- Official methods of analysis of AOAC international**. 17 th ed. Edited by William Horwitz. Chapter 2., Gaithersburg: AOAC International, 2000. p.1-44.
- Streuli, C.A. and Averell P.R., ed. **The analytical chemistry of nitrogen and its compounds**. Part 2. New York: Wiley, 1970. p.479-480.
- Suriya Sassanarakkit. **Report the 11th international training for foreign participants on fertilizer quality control**. 1996 Jan 3 - Feb 20. Faridabad, New delhi: Central Fertilizer Quality Control and Training Institute, 1996, p.101-108.
- The National Institute of Agricultural Sciences. **Official methods of analysis of fertilizers**. Tokyo : Kogusure Printing, 1982.
- Vogel, Arthur Israel. **Vogel's qualitative inorganic analysis**. 6th ed. Harlaw, Essex, : Longman Scientific Technical, 1987.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม : ปุ๋ย**. มอก. 75-2527. หน้า1-2.



ความน่าเชื่อถือของผลการวัด

สุรินทร์ อรรถกิจการคำ

ถ้าไม่มีใครปฏิเสธว่าได้เคยทำการวัดค่ามาก่อน ตั้งแต่สมัยเด็กๆ ที่ยังเรียนหนังสืออยู่คงต้องเคยใช้ไม้บรรทัดวัดความยาวของเส้นตรงอย่างง่าย ๆ มาบ้างแล้ว เมื่อเรียนจบออกมาทำงานก็ยังคงทำการวัดอยู่บ้างไม่มากก็น้อย อาจใช้เครื่องมือวัดค่าอย่างง่าย ยากบ้าง สลับซับซ้อนไปตามแต่ละสายงานอาชีพ อาจกล่าวได้ว่าการวัดเป็นความรู้อย่างหนึ่งที่ใกล้ตัว และคุ้นเคยกับเรามากที่สุดศาสตร์หนึ่ง แต่จะมีใครเคยคิดบ้างไหมว่า ผลการวัดที่เราแสดงออกไปเป็นการสื่อสารข้อมูลที่ถูกต้องตรงความเป็นจริง และมีความน่าเชื่อถือเพียงไร ตัวเลขจากการวัดอาจมีหลักทศนิยมมากมายยาวเหยียดถึง 3 หรือ 4 ตำแหน่ง แต่ตัวเลขทศนิยมทั้งหมดนี้มีความน่าเชื่อถือได้ถึงหลักที่เท่าไรเท่านั้น หากเราสามารถอธิบายเหตุผลถูกต้องตรงความเป็นจริงได้ ผลการวัดนั้นจึงจะมีคุณค่าน่าเชื่อถือได้ การวัดที่ดีมีความน่าเชื่อถือนั้นจะต้องสามารถบอก ค่าที่ถูกต้องแท้จริง (true value) ได้ละเอียดในหลักทศนิยมที่สอดคล้องกับความละเอียดของเครื่องมือที่ใช้วัด สามารถเทียบค่ากับผลการวัดของผู้อื่นได้ตรงกัน โดยสอบกลับ (traceability) ได้ถึงมาตรฐานแห่งชาติ (national standards) และ บอกถึงขอบเขตความไม่แน่นอน (uncertainty) ของการวัดได้ในระดับความเชื่อมั่น (confidence level) ที่กำหนด เช่นที่ 95% เป็นต้น

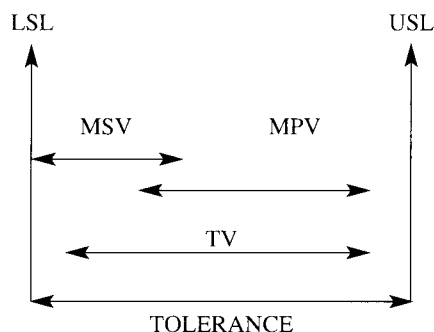
Lord Kelvin (1824-1907) ได้กล่าวเกี่ยวกับการวัดไว้ว่า “I often say that when you can **measure** what you are speaking about, and express it in **numbers**, you **know** something about it; but you can not measure it, when you can not express it in numbers, your knowledge is of a meager and unsatisfactory kind.” มีความหมายว่า การวัด คือการกำหนดตัวเลขแสดงความสัมพันธ์ที่เป็นจริงของวัตถุหรือเหตุการณ์ ด้วยสมบัติเฉพาะที่กำหนด ดังนั้น ถ้าการวัดใดๆ ที่ยังไม่สามารถบอกได้ด้วยตัวเลขแสดงว่า ยังไม่มีความรู้เพียงพอในศาสตร์สาขานั้นๆ การวัดจึงมีความสำคัญมาก เพราะเป็นพื้นฐานในการพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยีทุกสาขา เริ่มตั้งแต่การสังเกตเห็น และวัดค่าเหตุการณ์ที่สนใจอย่างใดอย่างหนึ่ง

และ ตั้งเป็นข้อสมมติฐาน (hypothesis) ขึ้นมาเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์นั้น ต่อเมื่อได้ทำการวัดทดสอบปฏิบัติซ้ำหลายๆ ครั้ง ได้ผลถูกต้องตรงตามสมมติฐานว่าเป็นจริงทุกประการ จึงจะสรุปให้เป็นทฤษฎี (theory) ได้ จะเรียกศาสตร์ของการวัดนี้ว่า มาตรวิทยา (Metrology) มีนักวิชาการและองค์กรที่ทำงานด้านการวัดจำนวนมากพยายามให้นิยามความหมายของการวัด เพื่อให้เข้าใจง่ายและ ครบคลุม เช่น Farnum N.R. (1994, p. 257) ได้อธิบายนิยามของ Eisenhart (1963) ว่า “การวัด หมายถึงการกำหนดค่าตัวเลขให้แก่วัตถุเพื่อแสดงถึงค่าความสัมพันธ์ที่เป็นจริงของวัตถุดังกล่าวด้วยสมบัติเฉพาะที่กำหนด” โดยสมบัติเฉพาะที่กล่าวถึงนี้อาจจะเป็นลักษณะสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และอื่นๆ นอกจากนี้ มาตรฐาน ISO 10012-1 นิยามความหมายของการวัดไว้ว่า “ชุดของปฏิบัติการที่มีจุดประสงค์เพื่อพิจารณาค่าของปริมาณอันหนึ่ง” และจะเรียกปริมาณใดๆ ที่ได้รับการนำมาวัดนี้ว่า “สิ่งที่ได้รับการวัด (measurand)” จากนิยามต่างๆ ที่กล่าวมาจะพบว่า คำสำคัญสำหรับการวัดคือ ค่าคงที่ของสิ่งที่ได้รับการวัด ซึ่งถือเป็นค่าคงที่ที่ไม่ทราบค่าและมีจุดประสงค์ที่จะกำหนดค่าให้ จะเรียกค่าคงที่ที่ไม่ทราบค่านี้ว่า “ค่าจริง (true value)” และอาจเรียกค่าดังกล่าวว่า “ค่าที่เห็นพ้องกัน (consensus value)” หรือ “ค่ามาสเตอร์ (master value)” นอกจากนี้คำสำคัญอีกคำหนึ่งคือ ชุดการปฏิบัติการในการมอบหมายค่าตัวเลข ซึ่งหมายถึง กระบวนการวัด หรือ ระบบการวัด ซึ่งมีองค์ประกอบหลักๆ คือ เครื่องมือวัด พนักงานวัด วิธีการวัด สิ่งที่ได้รับการวัด และ สิ่งแวดล้อมในการวัด องค์ประกอบเหล่านี้จะส่งผลให้เกิดความผันแปรในการวัดเสมอ

บริษัทหรืออุตสาหกรรมที่ผลิตจากโรงงาน และจำหน่ายในท้องตลาดมักแสดงคุณภาพสินค้า เป็นค่าขีดจำกัดของคุณลักษณะ (specification limit, USL-LSL) หรือ ความคลาดเคลื่อนอนุโลม (tolerance) ซึ่งประกอบด้วย ความผันแปรของระบบการวัด (measurement system variation, MSV) และ ความผันแปรจากกระบวนการผลิต (manufacturing process variation, MPV) เมื่อนำสองค่านี้รวมกันแบบ root sum square



จะได้ความผันแปรโดยรวม (total variation, TV) ซึ่งปกติค่าความผันแปรของระบบการวัดจะต้องมีค่าน้อยกว่าค่าความผันแปรของระบบการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงการประเมินส่วนต่างๆ ของความผันแปรใน specification limit

ผลการวัดจากกระบวนการวัด MSV จะแสดงเป็นตัวเลขที่ได้จากค่าเฉลี่ย (estimated value) พร้อมกับค่าความคลาดเคลื่อน (error หรือ uncertainty) ซึ่งมีความผันแปรที่มาจากสาเหตุใหญ่ๆ 2 ประการคือ **สาเหตุโดยธรรมชาติ** (common cause หรือ natural cause) เป็นความผันแปรจากการสุ่ม (randomization) แบบกระจายปกติ (normal distribution) ที่ไม่อาจกำจัดทิ้ง และ **สาเหตุจากความผิดพลาด** (special cause) เป็นความผันแปรที่เกิดจากระบบ อาจกำจัดทิ้งได้โดยการสอบเทียบเครื่องมือวัด จากสาเหตุของความผันแปรทั้งหลายในระบบการวัดนี้ ทำให้ค่าที่วัดได้เบี่ยงเบนไปจากค่าจริงเสมอ กล่าวคือ ถ้าให้ X_i เป็นค่าที่วัดได้ และ X_t เป็นค่าจริงของสิ่งที่ถูกวัด จะได้ว่า

$$X_i = X_t + \varepsilon \quad \text{สมการที่ 1}$$

โดยจะเรียก ε ว่าค่าความคลาดเคลื่อนของค่าวัด (measurement error) ซึ่งอาจจำแนกออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. ค่าความคลาดเคลื่อนจากความผิดพลาดของการวัด (gross error) เป็นความคลาดเคลื่อนจากสาเหตุความผิดพลาด (special causes) ของระบบการวัด ดังนี้

1.1 ขาดความรู้ความเข้าใจในการใช้เครื่องมือวัด ทำให้เลือกใช้เครื่องมือวัดไม่เหมาะสมกับงาน ใช้งานเครื่องมือวัดเกินกำลัง หรือขีดจำกัด

1.2 ขาดความระมัดระวัง ไม่มีวินัยในการวัด ทำให้อ่านค่าไม่ถูกต้อง เช่น สัมผัสเกดพิสัยที่วัดค่า

1.3 ความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่า (observation error) เช่น เครื่องวัดแบบเข็มจะเกิดการเปลี่ยนตำแหน่งปรากฏ (apparent displacement) เนื่องจากตำแหน่งของตาที่ต่างไปทำให้เกิด parallax แก้ไขได้โดยติดกระจกสะท้อนบนหน้าปัดเดียวกับสเกลได้เข็มชี้ และการอ่านค่าให้เข็มทับกับภาพบนกระจก จากนั้นจึงอ่านค่าที่เข็มขึ้นบนสเกลของเครื่องมือวัด

1.4 ขาดความรู้ความเข้าใจในกระบวนการวัด เช่น ปริมาณจะเปลี่ยนแปลงไปตามสิ่งแวดล้อม เช่น สิ่งแวดล้อมจาก อุณหภูมิ ความชื้น และความดันอากาศที่มีผลต่อวัตถุ รวมทั้งบรรยากาศของการทำงานมีผลต่อผู้ปฏิบัติงาน หรือ วิธีการวัดที่แตกต่างกันและเป็นอิสระต่อกันอาจให้ผลที่ต่างกัน หรือผลของกระบวนการ forward และ reverse เกิดค่าแตกต่างกันในการวัดเรียกว่า hysteresis เช่น วัดค่า electromotive voltage ของ thermocouple ขณะอุณหภูมิสูงขึ้น และ ขาลง จะแตกต่างกัน

ดังนั้นวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น โดยการฝึกอบรมพนักงานวัด การทำมาตรฐานของสิ่งที่ถูกวัด และการบำรุงรักษาเครื่องมือวัดอย่างถูกต้อง แล้วดำเนินการประเมินผลโดยอาศัยแผนภูมิควบคุม (control chart) หรือ validation curve

2. ค่าความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (systematic error) หมายถึงความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ยที่วัด (expected value) $\bar{X}$ เบี่ยงเบนไปจากค่าจริง X_t ของสิ่งที่ถูกวัด กล่าวคือ

$$\varepsilon_{\text{sys}} = \bar{X} - X_t \quad \text{สมการที่ 2}$$

เมื่อ ค่า ε_{sys} เป็นความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ หรือเรียกว่า ความเบี่ยงเบนจากค่าจริง (offset) หรือความเอนเอียง (bias) ซึ่งสาเหตุของความคลาดเคลื่อนนี้มาจากโครงสร้างของเครื่องมือวัด (instrumental error) เป็นสำคัญ และ อิทธิพลภายนอก (environmental error) ที่มีผลต่อค่าวัด เช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความชื้น สนามแม่เหล็กไฟฟ้า หรือการสั่นสะเทือนของพื้น ความถี่ และระดับกระแสไฟฟ้า ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบนี้สามารถกำจัดทิ้งโดยการสอบเทียบ (calibration) เครื่องมือวัดด้วยมาตรฐานอ้างอิง (reference standard) และการควบคุมสภาพแวดล้อมของระบบการวัด เช่น ใช้ห้องสะอาด (cleaned room) ห้องควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ห้องชิลด์ และใช้เครื่องปรับเสถียรแรงดันไฟฟ้า (stabilizer) เป็นต้น

3. ค่าความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (random error) หมายถึงการเบี่ยงเบนของค่าที่วัด (X_i) ไปจากค่าเฉลี่ยของการวัด ($\bar{X}$) กระจายอิสระแบบปกติ (normal distribution) ตามหลักสถิติ ซึ่งเกิดมาจาก สาเหตุโดยธรรมชาติ (common cause หรือ natural cause) แสดงค่าเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ในสมการที่ 3 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยจะเป็นค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน (standard uncertainty) ในสมการที่ 4

$$E_{\text{rand}} = SD = \pm \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad \text{สมการที่ 3}$$

$$U_{\text{rand}} = SD_{\bar{x}} = \frac{SD}{\sqrt{n}} \quad \text{สมการที่ 4}$$

ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มนี้ไม่สามารถกำจัดทิ้งได้ แต่ทำให้น้อยลงได้ ด้วยการใช้เครื่องมือวัดที่มีความละเอียดแม่นยำมากขึ้น ทำการวัดซ้ำจำนวนครั้งมากขึ้น และ ใช้เครื่องช่วยจับชิ้นงานที่มั่นคงแน่นอน เช่น จิก และ ฟิกซ์เจอร์ โดยปกติ การประเมินความคลาดเคลื่อนในการวัด จะแสดงเป็นค่าความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์ (absolute errors) หรือ ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (relative errors) ในสมการที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

$$\text{ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์, } E_{\text{abs}} = X - \mu \quad \text{สมการที่ 5}$$

$$\text{ความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์, } E_{\text{rel}} = \frac{X - \mu}{X} * 100\% \quad \text{สมการที่ 6}$$

การวัดที่มีความน่าเชื่อถือ ควรจะคำนึงถึงหัวข้อต่อไปนี้คือ

1. ความสอดคล้องในการวัด (conformity)

ความสอดคล้องในการวัดระหว่าง ความสามารถในการวัดได้ละเอียดสูงสุดของเครื่องมือวัด กับ ความต้องการความละเอียดสูงสุดของสิ่งที่จะถูกวัด ควรเหมาะสมกัน ตัวอย่างเช่น การวัดค่าความต้านทานที่มีค่าจริง 1 234 567 Ω โดยใช้เครื่องมือวัดดิจิตอลมือถือชนิด $3\frac{1}{2}$ หลัก อ่านค่าความต้านทานได้ 1.235 M Ω โดยปราศจากความละเอียดที่เพียงพอที่ตัวเลข 3 หลักหลัง ดังนั้นจึงไม่เกิดความสอดคล้องกัน ในทางตรงข้ามเป็นความจำเป็นที่ต้องรู้ว่า เมื่อใดที่ควรหลีกเลี่ยงการใช้เครื่องมือวัดที่มีหลักตัวเลขที่มีค่าละเอียดมากเกินไปจนความจำเป็น เพราะจะเป็นการเสียเวลาในการวัดและบันทึกค่า และ

ยังทำให้เกิดการผิดพลาดได้ง่ายขึ้นในการคำนวณผลลัพธ์ ความเหมาะสมโดยทั่วไปควรอยู่ที่ ความละเอียดในการแยกชัดของเครื่องวัด (resolution) เท่ากับหรือเล็กกว่า 1 ใน 10 ของความละเอียดของสิ่งที่ต้องการวัด หรือ อย่างมากสุดไม่เกิน 1/3

2. เลขนัยสำคัญ (significance figure)

คือตัวเลขที่บรรจุสาระเกี่ยวกับขนาดของปริมาณที่มีความน่าเชื่อถือจริง ซึ่งแตกต่างจากเลขทศนิยมธรรมดา และในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่มีจำนวนหลักที่มากเกินไป ความต้องการ จะเป็นการเสียเวลา เห็นดเห็นน้อยเกินไป และยังเพิ่มโอกาสให้เกิดความผิดพลาดได้ง่ายขึ้น ค่าทางตัวเลขการวัดควรถูกตัดทอนให้เหลือเพียงส่วนที่มีความหมายอย่างแท้จริงภายใต้เงื่อนไขหนึ่งๆ ที่กำหนดเท่านั้น ตามหลักต่อไปนี้

2.1 หลักการของเลขนัยสำคัญ

1. เลขตัวขวาสุดแทนหลักที่ไม่แน่นอน
2. ถ้าไม่กำหนดเป็นอย่างอื่น ตัวเลขสุดท้ายจะมีความไม่แน่นอนทั้งหมด 1 หน่วย เช่น 80.4 มีความไม่แน่นอน มีค่าอยู่ระหว่าง 80.35 และ 80.45
3. เลข 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 เป็นเลขที่มีนัยสำคัญ
4. เลข 0 จะไม่มีนัยสำคัญเลย ถ้าทำหน้าที่เพียงบอกตำแหน่งทศนิยมเท่านั้น เช่น 0.000216 มีเลขนัยสำคัญ 3 ตัว (3 sig.)
5. เลข 0 จะมีนัยสำคัญ เมื่อถูกนำหน้าหรือ ตามโดยเลขมีนัยสำคัญ หรือเมื่อไม่ได้ทำหน้าที่เพียงบอกขนาดของปริมาณ เช่น 3.0026 มีนัยสำคัญ 5 ตัว, 38000 มีนัยสำคัญ 5 ตัว, 38000 มีนัยสำคัญ 2 ตัว

6. เพื่อหลีกเลี่ยงการปรากฏของเลข 0 จากเลขหลักที่ไม่แน่นอน โดยใช้วิธีเขียนแบบ scientific notation แทน เช่น $38000 = 3.8000 \times 10^4$ (5 sig.), $38000 = 3.8 \times 10^4$ (2 sig.)

2.2 หลักการปัดเลข เมื่อต้องการทำการปัดเลขให้เหลือเพียงเลขนัยสำคัญที่ต้องการ ให้พิจารณาตัวเลขที่ต่อจากเลขนัยสำคัญดังนี้

1. ถ้าเลขตัวแรกที่จะตัดทิ้งมีค่า >5 ให้บวกเลขหลักข้างหน้าเพิ่มอีก 1 เช่น 2.346 เป็น 2.35
2. ถ้าเลขตัวแรกที่จะตัดทิ้งมีค่า <5 ให้ตัดทิ้งไปเลย เช่น 2.3445 เป็น 2.34
3. ถ้าเลขตัวแรกที่จะตัดทิ้งมีค่า =5 และตามด้วยเลขที่มีค่า >0 ให้บวกเลขที่อยู่ข้างหน้าอีก 1 เช่น 2.3451 เป็น 2.35



4. ถ้าเลขตัวแรกที่จะตัดทิ้งมีค่า =5 และตามด้วย 0 หรือไม่มีเลขตาม ให้ปัดเป็นเลขคู่เสมอ เช่น 2.345 เป็น 2.34, 2.335 เป็น 2.34

2.3 ผลทางคณิตศาสตร์ของเลขนัยสำคัญ

1. การ + และ - เลข ผลลัพธ์จะมีหลักทศนิยม เท่ากับจำนวนที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุด เช่น $102.25 + 0.007 = 102.26$

2. การ $\times$, $\div$, $^$ หรือ $\sqrt{\quad}$ ผลลัพธ์จะมีเลขนัยสำคัญ เท่ากับจำนวนที่มีนัยสำคัญน้อยที่สุด เช่น $102.25 \times 0.0076 = 1.02 \times 10^2 \times 7.6 \times 10^{-3} = 7.8 \times 10^{-1} = 0.78$

3. การหาค่า logarithm จะได้ผลลัพธ์มีจำนวนหลักของ mantissa ไม่เกินจำนวนเลขนัยสำคัญที่นำมาคำนวณ เช่น $\log 102.25 = 2.00966$

4. กรณีที่กำหนดความไม่แน่นอนนอกเหนือไปจากข้อ 1. ในหัวข้อที่ 2.1 การแสดงผลความไม่แน่นอน ต้องการเลขนัยสำคัญไม่เกิน 2 ตัว

5. กรณีหาค่าเฉลี่ยของ 4 ปริมาณหรือมากกว่า จะเพิ่มเลขอีกหนึ่งหลักจากเลขนัยสำคัญของแต่ละปริมาณ ให้คงอยู่ เนื่องจากอาจมีนัยสำคัญ

3. ความไม่แน่นอนของการวัด (uncertainty of measurement)

ความไม่แน่นอนของการวัด ประกอบด้วย standard uncertainty type A และ type B ซึ่งเกิดมาจาก random error และ systematic error ตามลำดับ การวัดจะมี โมเดลแสดงถึงกระบวนการวัด เช่น ตัวอย่างในสมการที่ 7 โดยมี ผลลัพธ์ของการวัด (out put quantity) คือ F และตัวแปรที่เป็นสาเหตุของการวัด (in put quantity) คือ A, B และ C เมื่อ derivation สมการที่ 7 ใน first order Taylor series ตามตัวแปรต่างๆ ในกรณีที่เป็น uncorrelated input quantities และ ยกกำลังสอง แต่ละ component รวมกัน และ หาค่า square root จะได้ ค่าความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม (combined standard uncertainty) ในสมการที่ 8

$$F = A \cdot B / C \quad \text{สมการที่ 7}$$

$$dF = \frac{B}{C} dA + \frac{A}{C} dB - \frac{AB}{C^2} dC$$

$$U_c = dF = \pm \sqrt{\left(\frac{B}{C} dA\right)^2 + \left(\frac{A}{C} dB\right)^2 + \left(\frac{AB}{C^2} dC\right)^2}$$

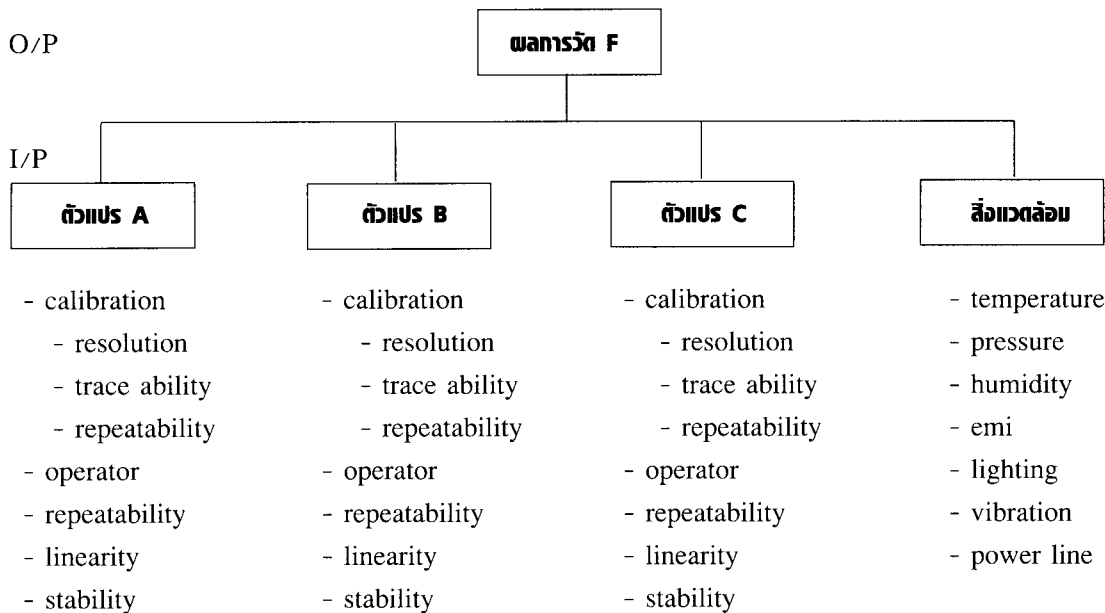
สมการที่ 8

ความไม่แน่นอนมาตรฐาน (standard uncertainty) dA, dB และ dC ในสมการที่ 8 เป็นความคลาดเคลื่อนของตัวแปรต่างๆ ในระบบ จึงจำเป็นต้องอธิบายอย่างชัดเจนพอเพียงถึงสาเหตุของความไม่แน่นอนที่มีผลในแต่ละตัวแปร เช่น วิธีการวัด เครื่องมือวัด ตัวอย่างที่ถูกวัด ผู้ทำการวัด และ สิ่งแวดล้อม มีแหล่งกำเนิดความไม่แน่นอน (source of uncertainty) อะไรบ้าง เช่น การทำซ้ำ (repeatability) การสอบเทียบ (calibration) การเลื่อนไป (drift) ความเป็นเส้นตรง (linearity) ความคงที่ (stability) ความละเอียด (resolution) ความผิดเพี้ยน (hysteresis) และการตอบสนอง (sensitivity) นอกจากนี้ ความผันแปรของผู้วัด และสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความดันอากาศ สนามแม่เหล็กไฟฟ้า การสั่นสะเทือน และ ไฟฟ้าประจุ ก็ เป็นสาเหตุที่มีผลต่อความไม่แน่นอนของผลลัพธ์ในการวัดมากน้อยแตกต่างกันไปจึงต้องแสดงให้เห็นจริงได้ (validation) ในรูปของแผนภูมิควบคุม (control chart)

การคำนวณหาความไม่แน่นอนมาตรฐาน (standard uncertainty) จากค่าความละเอียดแยกชัดของเครื่องมือวัด ในกรณีของการแสดงผลแบบตัวเลข (digital display) จะใช้ค่า $1/2$ ของความละเอียด หาค่า square distribution โดยหารด้วย $\sqrt{3}$ เป็นค่าความไม่แน่นอนมาตรฐาน ซึ่งจะเป็นความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือวัด (instrumental error) ส่วนกรณีของการแสดงผลเป็นขีดเสก (scale display) อาจใช้ค่า $1/5$ ของความละเอียด และหาค่า square distribution โดยหารด้วย $\sqrt{3}$ จะได้ความไม่แน่นอนมาตรฐานซึ่งจะเป็นความคลาดเคลื่อนจากผู้วัด (operator error)

รูปที่ 2 แสดง flow chart ผล และ สาเหตุตัวแปรของความไม่แน่นอนต่างๆ ตาม โมเดลจากสมการที่ 7 และ เมื่อคำนวณหาความไม่แน่นอนมาตรฐานรวม (combined standard uncertainty) ตามสมการที่ 8 และ คูณค่า coverage factor, $k = 2$ และ ที่องศาอิสระ (degree of freedom) เข้าใกล้อนันต์ จะได้ค่าความไม่แน่นอนขยาย (expanded uncertainty) ที่ confidence level, CL= 95% ตามต้องการ แต่ต้ององศาอิสระน้อยกว่า 30 ควรหาค่า k จากตาราง t-distribution ที่ CL=95%





รูปที่ 2 Sources of uncertainty

ตัวอย่างการทดสอบการวัดพลังงานไฟฟ้า E (watt-hour) ของมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าตัวหนึ่ง ต้องการผลลัพธ์มีค่าทศนิยม 1 ตำแหน่ง ทำการทดสอบภายในห้องที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมที่ อุณหภูมิ $25 \pm 5^\circ\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ $65 \pm 15\%\text{Rh}$ โดยการวัดค่าอย่างละ 10 ครั้งของ ความต้านทานโหลดคงที่ และป้อนแรงดันไฟฟ้า ภายในเวลา 1 ชั่วโมง ด้วยเครื่องมือวัดที่เหมาะสมดังนี้:

เครื่อง multi meter วัดความต้านทาน มีความไม่แน่นอน $\pm 1.50\%$ ที่ 95%CL

เครื่อง multi meter วัดแรงดันไฟฟ้า มีความไม่แน่นอน $\pm 1.00\%$ ที่ 95%CL

นาฬิกาจับเวลา มีความไม่แน่นอน $\pm 2.0\%$ ที่ 95%CL

Input measurand:

ความต้านทาน $R = 515.04\Omega$ มี SD = $\pm 3.45\Omega$, $n = 10$

แรงเคลื่อนไฟฟ้า $V = 220.00\text{volt}$ มี SD = $\pm 2.64\text{ volt}$, $n = 10$

เวลา $T = 60\text{นาที่} = 1.00\text{ ชั่วโมง}$

Output measurand:

พลังงาน $E = \text{fn}(R, V, T) \text{ watt - hour}$

Model, จากสูตร $E = \frac{V^2 T}{R}$ สมการที่ 9

Derivation สมการที่ 9, $dE = \frac{2VTdV}{R} - \frac{V^2TdR}{R^2} + \frac{V^2dT}{R}$ สมการที่ 10

Combined standard uncertainty, $U_C = dE = \pm \sqrt{\left(\frac{2VTdV}{R}\right)^2 + \left(\frac{V^2TdR}{R^2}\right)^2 + \left(\frac{V^2dT}{R}\right)^2}$ สมการที่ 11

Uncertainty component, $U_V = \frac{2VTdV}{R}$ สมการที่ 12

$U_R = \frac{V^2TdR}{R^2}$ สมการที่ 13



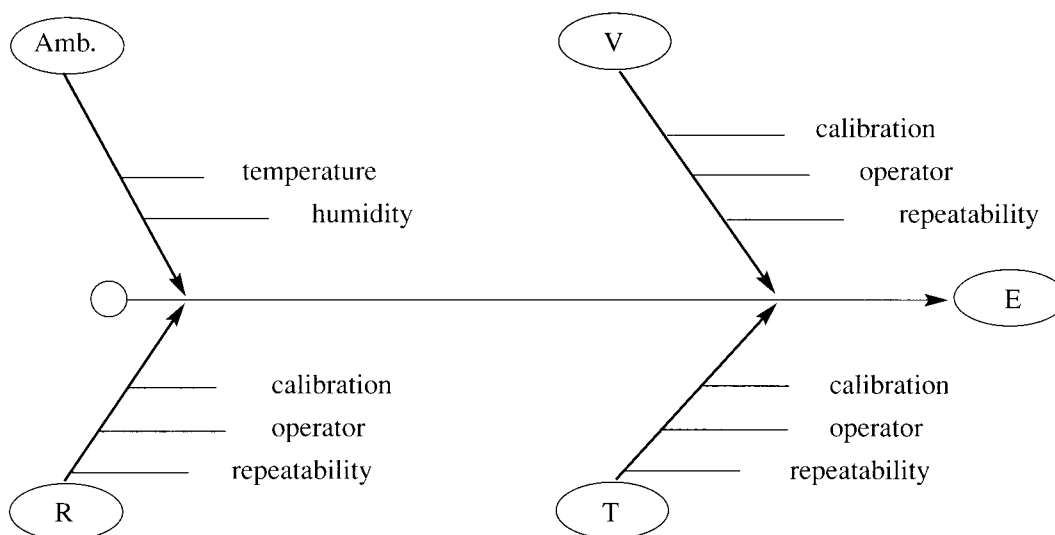
$$U_T = \frac{V^2 dT}{R}$$

degree of freedom, $V_{\text{eff}} = \frac{U_C^4}{\frac{U_V^4}{f_V} + \frac{U_R^4}{f_R} + \frac{U_T^4}{f_T}}$

> 30 จะได้ coverage factor $k = 2$ ที่ $CL = 95\%$

ถ้า ≤ 30 ต้องเปิดตาราง t-distribution หาค่า k จากค่า DF . และ $CL95\%$

expanded uncertainty, $U = k U_C$ ที่ $CL 95\%$



รูปที่ 3 Cause and Effect

รูปที่ 3. แสดงรูปก้างปลาของสาเหตุจากตัวแปรต่างๆ คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้า V , ความต้านทาน R , เวลา T และ สภาพแวดล้อม $Amb.$ ที่ทำให้เกิดผลลัพธ์เป็น ค่าพลังงาน E และแต่ละตัวแปรมีสาเหตุที่ทำให้เกิดค่าความไม่แน่นอนของการวัด ซึ่งประกอบด้วยเช่น การสอบเทียบเครื่องมือวัด (calibration) ผู้ทำการวัด (operator) และ วิธีการวัดซ้ำ (repeatability) เป็นต้น

การคำนวณหาค่าผลลัพธ์ (estimated value):

จากสมการที่ 9 จะได้ พลังงาน $E = \frac{V^2 T}{R} = \frac{220.00^2 \times 1.00}{515.04}$
 $= \frac{(2.200 \times 10^2)^2 \times 1.00}{5.1504 \times 10^2} = 9.40 \times 10 = 94.0 \text{ watt-hour}$

การคำนวณหาค่าความไม่แน่นอน (estimated uncertainty):

Ambient condition,

ในสภาวะอุณหภูมิความชื้นที่ควบคุมไม่มีผลกระทบต่อการวัดค่าทางไฟฟ้า

Volt meter, U_V

Standard uncertainty:

1. calibration = $\pm 1.00\%$ ที่ 95%CL, $dV_{cal} = \pm \frac{\text{cal}\% \times V}{2 \times 100\%} = \pm \frac{1.00 \times 2.20 \times 10^2}{2 \times 100} = \pm 1.10 \text{ volt}$

2. repeatability, $SD = \pm 2.64$, $n = 10$, $dV_{rep} = \pm \frac{SD}{\sqrt{n}} = \pm \frac{2.64}{\sqrt{10}} = \pm 0.84 \text{ volt}$

3. operator มีความผิดพลาดไม่เกิน resolution, $= 0.01/2\sqrt{3} = 0.003 \text{ V}$ มีค่าน้อยกว่าค่าที่วัดเกิน 10 เท่า จึงไม่มี significance

$$dV = \pm \sqrt{dV_{cal}^2 + dV_{rep}^2} = \pm \sqrt{1.10^2 + 0.84^2} = \pm 1.38 \text{ volt}$$

จากสมการที่ 12, Uncertainty component, $U_V = \pm \frac{2VTdV}{R} = \pm \frac{2 \times 2.20 \times 10^2 \times 1.38 \times 1.00}{5.1504 \times 10^2} = \pm 1.18 \text{ watt-hr}$

degree of freedom, $V_V = \frac{U_V^4}{\frac{dV_{cal}^4}{\infty} + \frac{dV_{rep}^4}{9}} = \frac{1.38^4}{0 + \frac{0.84^4}{9}} = 65.6$

Ohm meter, U_R

Standard uncertainty:

1. calibration = $\pm 1.50\%$ ที่ 95%CL, $dR_{cal} = \pm \frac{\text{cal}\% \times R}{2 \times 100\%} = \pm \frac{1.5 \times 5.1504 \times 10^2}{2 \times 100} = \pm 3.86 \Omega$

2. repeatability, $SD = 3.45$, $n = 10$, $dR_{rep} = \pm \frac{SD}{\sqrt{n}} = \pm \frac{3.45}{\sqrt{10}} = \pm 1.09 \Omega$

3. operator มีความผิดพลาดไม่เกิน resolution, $= 0.01/2\sqrt{3} = 0.003 \Omega$ มีค่าน้อยกว่าค่าที่วัดเกิน 10 เท่า จึงไม่มี significance

$$dR = \pm \sqrt{dR_{cal}^2 + dR_{rep}^2} = \pm \sqrt{3.86^2 + 1.09^2} = \pm 4.01 \Omega$$

จากสมการที่ 13, Uncertainty component, $U_R = \pm \frac{V^2 T dR}{R^2} = \pm \frac{(2.20 \times 10^2)^2 \times 1.00 \times 4.01}{(5.1504 \times 10^2)^2} = \pm 0.73 \text{ watt-hr}$

degree of freedom, $V_R = \frac{dR^4}{\frac{dR_{cal}^4}{\infty} + \frac{dR_{rep}^4}{9}} = \frac{4.01^4}{0 + \frac{1.09^4}{9}} = 1648.6$

Time, U_T

Standard uncertainty:

1. calibration : $\pm 2.00\%$ ที่ 95%CL, $dT_{cal} = \pm \frac{\text{cal}\% \times T}{2 \times 100\%} = \pm \frac{2.00 \times 1.00}{2 \times 100} = \pm 0.01 \text{ hour}$

1. repeatability, $SD = 0$, $n = 10$

2. operator มีความผิดพลาดไม่เกิน resolution, $= 1/(60 \times 60 \times 2 \sqrt{3}) = 8.03 \times 10^{-5} \text{ hr}$ มีค่าน้อยกว่าค่าเล็กน้อยเกิน 10 เท่า จึงไม่มี significance



จากสมการที่ 14, Uncertainty component, $U_T = \pm \frac{V^2 dT}{R} = \pm \frac{(2.20 \times 10^2)^2 \times 1 \times 10^{-2}}{5.1504 \times 10^2}$

$$= \pm 0.94 \text{ watt-hour}$$

$$V_T = \frac{dT^4}{\frac{dT_{cal}^4}{\infty} + \frac{dT_{rep}^4}{9}} = \frac{0.01^4}{\frac{0^4}{9} + \frac{0.01^4}{\infty}} = \infty$$

Combine uncertainty,

$$U_c = \pm dE = \pm \sqrt{U_V^2 + U_R^2 + U_T^2}$$

$$= \pm \sqrt{1.18^2 + 0.73^2 + 0.94^2} = \pm 1.68 \text{ watt-hour}$$

Coverage factor, จาก

$$V_{eff} = \frac{U_c^4}{\frac{U_V^4}{V_V} + \frac{U_R^4}{V_R} + \frac{U_T^4}{V_T}}$$

$$= \frac{1.68^4}{\frac{1.18^4}{65.6} + \frac{0.73^4}{1648.6} + \frac{0.94^4}{\infty}} \cong 268$$

จากตาราง t-score ที่ 95%CL, $V_{eff} > 30$, จะได้ $k = 2$

Expanded uncertainty, $U = \pm k \cdot U_c = \pm 2 \cdot 1.68 = \pm 3.4 \text{ watt-hour}$

ดังนั้น มิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าตัวนี้จะอ่านค่าพลังงานไฟฟ้าได้ $= 94.0 \pm 3.4 \text{ watt-hour}$

เอกสารอ้างอิง

International organization for standardization. **Guide to the expression of uncertainty in measurement.** Geneva : ISO, 1993. 101P.

Mitra, Amitava. **Fundamentals of quality control and improvement.** New York : Macmillan, 1993. P. 189 - 249.

กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. การวิเคราะห์ระบบการวัด. กรุงเทพมหานคร : ส. เอเชียเพรส จำกัด, 2542. หน้า 5 - 18.

เอก ไชยสวัสดิ์. การวัดและเครื่องวัดไฟฟ้า. กรุงเทพมหานคร : ส. เอเชียเพรส จำกัด, 2541. หน้า 10 - 20



พรรณนิชื้อแต่งและพรรณนิทัวเรืออ
วารสารกรบวิทยาศาสตร์บริการปีที่ 49 (2544)

พรรณนิชื้อแต่ง

กนกวรรณ	จุมที	49, 155: 26-28
		49, 157: 6-10
กรธรรม	สฤกุล	49, 156: 3-7
กานดา	โกมลวัฒนชัย	49, 156: 23-25
จิตต์เรขา	ทองมณี	49, 157: 28-31
จิรสา	กรงกรด	49, 157: 14-15
ชลัย	ศรีสุข	49, 156: 15-16
เดือนเพ็ญ	วนิชพิมลอนันต์	49, 156: 29-31
ทรงศักดิ์	ลัมไพบูลย์	49, 156: 8-9
ทวีลักษณ์	อ๋นองอาจ	49, 155: 12-16
ธารทิพย์	เกิดในมงคล	49, 155: 35
บรรยงค์	แบบประเสริฐ	49, 156: 21-22
บังอร	บุญชู	49, 156: 26-28
เบญจรงค์	นิตยพัฒน์	49, 155: 1-3
ประพิศ	ประคุณหังสิต	49, 155: 21-23
ปราณี	แซ่ไคว	49, 155: 24-25
ปิยทัต	ไทยาภิรมย์	49, 156: 32-35
พรทิพย์	เวียงอำพล	49, 157: 1-5
พิชญ์ชนัฐ	สุรธยา	49, 156: 13-14
พิมพ์วัลลค์	วัฒนภาส	49, 155: 31-32
พูนทรัพย์	วิชัยพงษ์	49, 155: 24-25
ภักนัย	ทองทิอัมพร	49, 155: 29-30
		49, 157: 21-22
ภัทรา	ปัญญวัฒนกิจ	49, 155: 4-7
รดาวรรณ	ศิลปโกชากุล	49, 157: 23-24
รัชดา	เหมปฐวี	49, 157: 14-15
วรรณดี	บินไชย	49, 156: 26-28
วรรณภา	ตันยีนยงค์	49, 157: 32-36
วาสนา	คงสุข	49, 155: 21-23
ศรีสุดา	ห่มระฤก	49, 155: 24-25
โสธดา	ขุนโหร	49, 157: 11-13
สมจิตต์	บวรวัฒนาโสภณ	49, 157: 32-36
สมบัติ	คงวิทยา	49, 156: 10-12
สอิ่ง	จักขุศิลา	49, 155: 12-16
สิริวรรณ	ลัศรีสรรพ	49, 156: 1-2
สุพะไชย์	จินดาวุฒิกุล	49, 155: 8-11
สุภัตรา	เจริญเกษมวิทย์	49, 157: 25-27



กรณีศึกษาเรื่อง

กรดไฮโดรฟลูออริก	49, 156: 15-16
กระป๋องบรรจุอาหาร---สารเคลือบผิว---แก๊สนาเมย์	49, 157: 25-27
กะปิ---จุลินทรีย์	49, 157: 28-31
ข้อมูลข่าวสารราชการ	49, 155: 35
เครื่องเคลือบดินเผา	49, 155: 31-32
เคมีวิเคราะห์	49, 155: 4-7
เครื่องเคลือบดินเผา---ราชบุรี	49, 155: 31-32
โครเมียม	49, 156: 8-9
คำนวณความร้อน	49, 157: 21-22
ชีอิ้ว---จุลินทรีย์	49, 157: 28-31
ดอกไม้เชรามิก	49, 157: 1-5
ดิน---โลหะหนัก---การจัด	49, 156: 23-25
โดโลไมต์---ประโยชน์	49, 155: 12-16
เต้าเจี้ยว---จุลินทรีย์	49, 157: 28-31
เต้าหู้---จุลินทรีย์	49, 157: 28-31
ทุเรียน---ผลิตภัณฑ์	49, 156: 36
บัดกรีและการบัดกรี	49, 155: 21-23
ปลาร้า---จุลินทรีย์	49, 157: 28-31
ปูนไลม์---ประโยชน์	49, 155: 12-16
แป้งดัดแปร---มันสำปะหลัง	49, 155: 8-11
แป้งดัดแปร---ผลิตภัณฑ์	49, 155: 8-11
ผักตบชวา	49, 156: 21-22
พลาสติกชีวภาพ---มันสำปะหลัง	49, 155: 8-11
พอลิเมอร์---สารเติมแต่ง	49, 156: 29-31
เมรัย---ผลไม้---การผลิต	49, 156: 10-12
ยางพารา---น้ำยาง	49, 155: 26-28
	49, 157: 6-10
รถยนต์---ชิ้นส่วน---การผลิต	49, 156: 1-2
ระบบการวิเคราะห์อันตรายและควบคุมจุดวิกฤต	49, 156: 26-28
วิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี---วิวัฒนาการ	49, 156: 3-7
สถิติ	49, 155: 4-7
สารเคมี---ฐานข้อมูล---การค้นข้อมูลสารสนเทศ	49, 156: 13-14
สารฟอสเฟต---ประเภท	49, 157: 32-36
สารละลาย---การเตรียมตัวอย่าง	49, 157: 14-15
สิทธิบัตร	49, 157: 23-24
แสง	49, 155: 29-30
หลอดไฟฟ้า---ประเภท	49, 155: 29-30
ห้องสมุดดิจิทัล	49, 155: 1-3
หินปูน---ประโยชน์	49, 155: 12-16
เหล็ก---การผลิต	49, 156: 32-35
เหล็กกล้า---การผลิต	49, 156: 32-35
แหวนม---จุลินทรีย์	49, 157: 28-31
อโวคาโด	49, 155: 24-25
อาหารหมัก---จุลินทรีย์	49, 157: 28-31
อาหารหมัก---ผลิตภัณฑ์	49, 157: 28-31
อุตสาหกรรมอาหาร---สัญลักษณ์---มาตรฐานสากล	49, 156: 26-28
แอมโมเนีย---การผลิต	49, 157: 11-13
แอมโมเนีย---แก๊สนาเมย์	49, 157: 11-13
แอมโมเนีย---ประโยชน์	49, 157: 11-13





เครื่องทดสอบความล้าของทีนออฟองน้ำโพลียูเรเทน ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 1404-2540

ออกแบบและสร้างโดยนักวิทยาศาสตร์ 5 พีระวัฒน์ สมนึก งานสนับสนุนและพัฒนาทางเทคนิค กลุ่มสอบเทียบเครื่องมือวัด วิเคราะห์ทดสอบ กองฟิสิกส์และวิศวกรรม ลักษณะของเครื่องประกอบด้วยชุดมอเตอร์ทดรอบทำหน้าที่ส่งกำลังขับเคลื่อนด้วยระบบเฟืองโซ่และเส้นโซ่ ถ่ายกำลังไปยังชุดลูกเบี้ยวและคานงัดเพื่อทำการยกแผ่นน้ำหนักรให้ขึ้นลงในแนวดิ่ง โดยที่แผ่นน้ำหนักได้รับการสอบเทียบอย่างถูกต้อง สำหรับต้นทุนในการสร้างเครื่องนี้ประมาณ 35,000 บาท เท่านั้น เมื่อเทียบกับเครื่องมือจากต่างประเทศ ซึ่งจะอยู่ประมาณ 500,000 บาทขึ้นไป และหาผู้ผลิตยากเนื่องจากเป็นเครื่องมือเฉพาะทาง

จากการวิจัยและพัฒนาสร้างเครื่องทดสอบหาความล้าของทีนออฟองน้ำโพลียูเรเทนนี้ ช่วยให้อุตสาหกรรมผลิตทีนออฟองน้ำได้รับความสะดวก และมีมาตรฐานยิ่งขึ้น

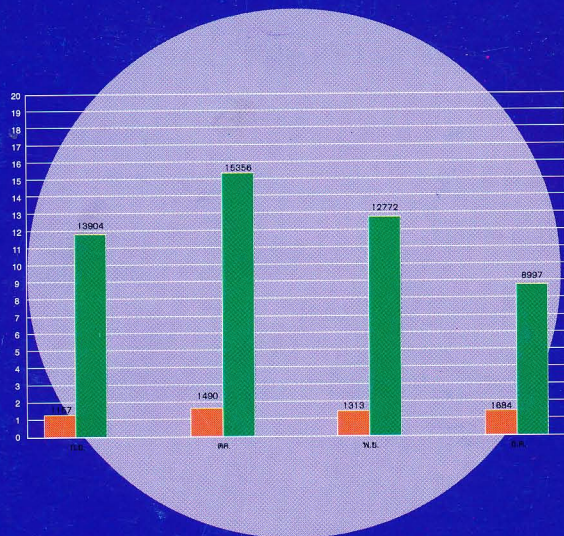
สถิติแสดงจำนวนตัวอย่างและรายการ

วิเคราะห์ทดสอบวัตถุตัวอย่าง

เดือนกันยายน - ธันวาคม 2544

■ จำนวนตัวอย่าง

■ จำนวนรายการ



อัตราส่วน 1 : 1000

1-3 เม.ย.' 45

09.00 - 17.00 น.

บริเวณกรมวิทยาศาสตร์บริการ

ถนนพระรามที่ 6 (ตรงข้ามโรงพยาบาลรามารินทร์) กรุงเทพฯ

โทร. 0 2644 7021, 0 2201 7098

สัมมนาวิชาการกรมวิทยาศาสตร์บริการ ครั้งที่ 1 “คู่มือกฎหมายด้วยวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ”

เชิญชม

นิทรรศการ การสาธิตผลงานด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เลือกซื้อ

สินค้าดีมีคุณภาพ ราคาขอมหา

เชิญฟังการอภิปราย

เรื่อง “คู่มือกฎหมายด้วยวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ”

สัมมนาย่อย

- เสริมมิก
- อาหาร
- สารเคมีและผลิตภัณฑ์ในชีวิตประจำวัน
- สิ่งแวดล้อม
- สอบเทียบเครื่องมือ
- งานวิจัยของกรมวิทยาศาสตร์บริการ