บทที่ 2
เอกสารที่เกี่ยวข้อง

ดินสอพอง

ดินจำแนกได้หลายชนิด เช่น ดินเหนียว ดินร่วน ดินน้ำมัน แต่มีดินชนิดหนึ่งที่ใกล้ชิดติดตัวเรา คือดินสอพอง คนไทยรู้จักดินสอพองมานานแล้ว ดังจะเห็นได้จากบทกลอนในวรรณคดีเรื่องขุนช้างขุนแผน ตอนขุนช้างอาบน้ำแล้วประดินสอพองก่อนไปทำบุญงานเทศน์มหาชาติที่วัด ความว่า

ครานั้นขุนช้างจวนเวลา สั่งข้าตักน้ำใส่ขันใหญ่
พวกบ่าวหาบน้ำตามกันไป เติมใส่เต็มขันในทันที
เจ้าขุนช้างอาบน้ำสำราญใจ ข้าไทเข้ากลุ้มรุมขัดสี
เอาขมิ้นถูตัวให้ทั่วดี ขี้ไคลไหลรี่สีออกมา
ผิวหนังยังเขียวเหมือนผักตบ นี่จวนจบมหาพนแล้วสิหว่า
เข้าห้องดินสอพองละลายทา ประทั่วกายาจนพุงลาย

ตำนานเรื่องดินสอพอง

ลพบุรีเป็นแหล่งดินสอพองที่มีประวัติมายาวนาน ดินสอพองเป็นดินสีขาว จากตำนานเรื่องรามเกียรติ์ได้กล่าวถึงดินสีขาวของลพบุรีไว้ว่า เมื่อครั้งพระรามทำศึกชนะทศกัณฑ์แห่งกรุงลงกา พระองค์ได้ปูนบำเหน็จรางวัลและประทานเมืองให้แก่หนุมานผู้มีความชอบเป็นพิเศษให้หนุมานไปครองเมืองที่ใดที่หนึ่ง โดยพระองค์จะแผลงศรจากกรุงอโยธยาให้ หนุมานเหาะตามศรที่พระองค์แผลง กำหนดว่าเมื่อศรตกที่ใดที่นั่นจะเป็นเมืองของหนุมาน ปรากฏว่าศรศักดิ์สิทธิ์ของพระรามมาตกที่ทุ่งพรหมมาสต์ซึ่งปัจจุบันคือเมืองลพบุรี ศรอันทรงฤทธิ์ของพระรามเมื่อแรกปักดิ่งสู่พื้นดิน ณ เมืองลพบุรี ทำให้น้ำทะเลแห้งดินทั่วบริเวณเมืองร้อนระอุจนแผ่นดินลุกเป็นไฟ หนุมานจึงใช้หางกวาดเปลวไฟให้ดับดินบริเวณนั้นจึงสุกเป็นสีขาว ส่วนเถ้าถ่านที่ถูกหางหนุมานกวาดออกไปก็กลายเป็นภูเขาล้อมรอบเมืองลพบุรี

ดินสอพองเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากวัตถุดิบสำคัญ คือดินมาร์ลหรือปูนมาร์ล (marl) ซึ่งเป็นดินที่เกิดจากการผุพังของหินปูน แล้วถูกน้ำพามาสะสมอยู่ตามเชิงเขา หรือบริเวณแอ่งที่ลุ่ม โดยการเกิดแสดงให้เห็นว่าวัตถุต้นกำเนิดสำคัญของดินมาร์ล คือ หินปูน ซึ่งในเขตจังหวัดลพบุรีและบริเวณใกล้เคียงจะพบหินดังกล่าวในกลุ่มภูเขาหินปูนที่กระจายตัวเป็นแนวยาวต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าดินมาร์ลที่พบในจังหวัดลพบุรีและจังหวัดใกล้เคียง จะมีการเกิดที่สัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับภูเขาหินปูนที่ปรากฏอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว ปัจจุบันกรมทรัพยากรธรณีพบว่าแหล่งดินมาร์ล

แหล่งสำคัญของประเทศไทยจะกระจายอยู่ในหลายจังหวัด โดยมีแหล่งที่สำคัญได้แก่ แหล่ง อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี อำเภอเฉลิมพระเกียรติ และอำเภอบ้านหมอ จังหวัดสระบุรี อำเภอเมือง และอำเภอตาคลี จังหวัดนครสวรรค์ อำเภอท่าม่วง และ อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี รวมปริมาณดินมาร์ลสำรองทั่วประเทศประมาณ 100 ล้านตัน (กรมทรัพยากรธรณี , 2535 , หน้า 147) ดินมาร์ลเป็นดินที่มีเนื้อเป็นสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) เป็นส่วนใหญ่ ดินชนิดนี้เมื่อบีบมะนาวใส่ น้ำมะนาวซึ่งเป็นกรดจะทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์บอเนต เกิดฟองฟู่ของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น จนดูราวกับว่าดินนั้นพองตัวออก จึงเรียกดินดังกล่าวนี้ว่า “ดินสอพอง” (พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา , 2530, หน้า 75) โดยทั่วไปปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตในดินมาร์ลจะไม่คงที่แต่จะมากกว่า 80% ดังเช่น แหล่งดินมาร์ลบ้านท่าแค อำเภอเมืองลพบุรี มีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตสูงถึง 93% (กรมทรัพยากรธรณี , 2532 , หน้า 34)

ลพบุรีมีการผลิตดินสอพองมาช้านาน ดังจะเห็นได้จากจดหมายเหตุของลาลูแบร์ หัวหน้าคณะฑูต ชาวฝรั่งเศสที่เดินทางเข้ามาในประเทศไทยสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช ได้บันทึกไว้ว่า “ ...ชาวสยามอาบน้ำวันละ 3 ครั้ง 4 ครั้ง และอาบน้ำบ่อย ๆ และถือเป็นความสุภาพเรียบร้อยว่าจะมิไปเยี่ยมผู้ใดในรายที่สำคัญ ๆ โดยมิได้อาบน้ำชำระร่างกายให้สะอาดหมดจดเสียก่อน และในกรณีเช่นนี้ เขาจะประแป้งให้ขาวพร้อยที่ยอดอก เพื่อแสดงให้เห็นว่าได้อาบน้ำมาแล้วหยก ๆ โดยแป้งที่ประไว้ยังไม่ทันลบรอยเลย...” จากข้อความแสดงว่า การทำดินสอพองที่จังหวัดลพบุรีมีมาก่อนหน้าแผ่นดินสมเด็จพระนารายณ์มหาราชแล้ว (พ.ศ. 2199-2231)

ดินสอพอง นับเป็นสินค้าที่สร้างชื่อเสียงให้กับจังหวัดลพบุรี ทั้งในฐานะที่เป็นแหล่งผลิตเพียงแหล่งเดียวในประเทศ ที่สืบทอดมาอย่างต่อเนื่องยาวนานนับเป็นเวลาร้อยปี ยังมีหลักฐานจากบัญชีจดหมายเหตุในสมัยรัชกาลที่ 3 และรัชกาลที่ 4 แห่งกรุงรัตนโกสินทร์ตั้งแต่ จ.ศ. 1205 (พ.ศ.2386) เป็นต้นมา ที่มีหมายเกณฑ์ให้เมืองลพบุรีทำดินสอพองส่งไปกรุงเทพฯ เพื่อใช้ในราชการก่อสร้างวัด สร้างพระสุเมรุ (เจริญศรี, 2528, หน้า 106) และจากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าการผลิตดินสอพองที่ยังกระทำกันอยู่ในปัจจุบันมีแหล่งผลิตสำคัญ อยู่ที่บริเวณบ้านหินสองก้อน ตำบลทะเลชุบศรและตำบลถนนใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี จากการตรวจสอบในภาคสนามพบว่ามีครอบครัวที่ประกอบอาชีพดังกล่าวรวมกันทั้งสิ้นประมาณ 70 ครอบครัว โดยมีมูลค่าผลผลิตรวมเพียงประมาณ 2 ล้านบาทต่อปี (2544) แม้มูลค่าผลผลิตดังกล่าวจะไม่มีความสำคัญมากนักในแง่ธุรกิจ แต่การผลิตดินสอพองกลับมีความหมายอย่างมากในแง่ประวัติชุมชน เอกลักษณ์ของท้องถิ่นและภูมิปัญญาชาวบ้าน ที่สามารถคิดแปรรูปทรัพยากรที่มีอยู่มากมายในท้องถิ่นให้เป็นสินค้าที่มีมูลค่าเพิ่มโดยกรรมวิธีง่าย ๆ และเหมาะสมกับบริบทของชุมชน

ประโยชน์ของดินสอพอง

ในสมัยที่ไทยเรายังใช้สมุดดำเขียนหนังสือ เครื่องเขียนชนิดหนึ่งที่ใช้เขียนในสมุดดำ คือ ดินสอพองจากหนังสือ “ข้อราชการในกรมมหาดเล็ก” ซึ่งพิมพ์ในงานพระราชทานเพลิงศพ พระยาเทเวศรวงศ์วิวัฒน์ เมื่อ พ.ศ. 2500 ได้กล่าวถึงดินสอพองที่ใช้ในการเขียนหนังสือว่า

> กำหนดเครื่องลงเรือพระที่นั่ง และพระที่นั่งรองตามแบบเก่า
> ในการเสด็จพระราชดำเนินไกลนครหลายราตรี มีเครื่องหน้าเรือ
> พระที่นั่งรวม 31 องค์ มีเครื่องท้ายเรือพระที่นั่งรวม 29 องค์
> สำหรับเครื่องหน้าเรือพระที่นั่ง 31 องค์นั้น มีสมุดเปล่า 1
> กระดาษไทย 1 ดินสอพอง 1 ดินสอดำ 1 และดินสอหิน 1 ...

การใช้ดินสอพองเขียนลงในสมุดดำนั้น เมื่อเขียนผิดสามารถลบได้ แต่ถ้าเขียนด้วยดินสอหรือรงทองลบไม่ได้ ดินสอพองจึงเป็นเครื่องเขียนที่จัดวางไว้กับเครื่องเขียนชนิดอื่น ๆ ด้วย

จากหลักฐานที่มีอยู่ในจดหมายเหตุแห่งชาติเกี่ยวกับดินสอพองของลพบุรี ปรากฏว่าในสมัยรัชกาลที่ 3 และรัชกาลที่ 4 แห่งกรุงรัตนโกสินทร์ได้มีหมายเกณฑ์ให้เมืองลพบุรีทำดินสอพองส่งไปให้ทางกรุงเทพฯ เพื่อใช้ในราชการก่อสร้างวัดบ้าง สร้างพระเมรุบ้าง แสดงว่าดินสอพองได้นำไปใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้างนับเป็นเวลาร้อย ๆ ปีมาแล้ว

นอกจากนี้ดินสอพองยังมีประโยชน์ด้านอื่น ๆ อีก คือ จากสารานุกรมไทยกล่าวว่า “ใช้ทาร่างกายทำให้ผิวเย็น แก้พิษ ผด ผื่นคัน และช่วยห้ามเหงื่อ แพทย์ชนบทใช้ดินสอพองเผาไฟให้โชนผสมพิมเสนและก้นกะลา บดโรยใส่แผลกามโรคและแผลเรื้อรังทุกชนิด เป็นยาดูดน้ำเหลืองและรักษาแผล”

ประโยชน์อีกด้านหนึ่งของดินสอพอง คือ ใช้เป็นผงขัดทำความสะอาดเครื่องใช้ หรือเครื่องประดับที่ทำด้วยเงิน นาก ทองเหลือง และทองแดง รวมทั้งกระจกเงา จะทำให้เป็นเงางามขึ้น จากจดหมายเหตุรายวันของสมเด็จพระบรมราชปิตุลาธิบดี เจ้าฟ้ามหาวชิรุณหิศ ฉบับวันพุธที่ 4 มีนาคม พ.ศ. 2427 ได้กล่าวถึงการใช้ดินสอพองขัดนากไว้ว่า

...เย็นลงเรือไปเฝ้าทูลหม่อมบน ตามเสด็จไปเก็บมะยมที่พระตำหนักทูลหม่อมย่า ทูลหม่อมบนถวายหีบหูหิ้วนากทูลหม่อมย่าใบหนึ่ง ทรงขัดด้วยผงดินสอแล้วจัดหมากพลูใส่ในหีบจนเสร็จ ทูลหม่อมย่าถวายพระศีลพระพรทูลหม่อมบนใหญ่...

ในคัมภีร์ธาตุวิภังค์ (สารานุกรมวัฒนธรรมไทย, 2542, หน้า 2125-2126) กล่าวว่าดินสอพองเป็นตัวยาประกอบในยาขนานแก้เหงื่อตกด้วยการรวมกับตัวยาอื่น กินหรือชโลมทาตัว ดินสอพองละลายน้ำ ประพรมตามร่างกาย ทำให้เย็นสบาย แก้ผดผื่นคันตามตัว ดินสอพองเผาไฟบดละเอียดใช้โรยรอบ ๆสะดือทารก (คลอดใหม่) หลังจากตัดสายสะดือ และทำความสะอาดร่างกายทารกแล้ว

ดินสอพองยังมีสรรพคุณในการแก้ฟกช้ำ เขียว บวม โดยเอาดินสอพองละลายกับน้ำมะกรูดให้ข้น ๆ พอกตรงรอยที่เจ็บ คนโบราณใช้ดินสอพองเป็นเครื่องสำอาง เนื่องจากมีสรรพคุณรักษาผิวหน้า ให้ผิวเนียนนุ่มเกลี้ยงเกลา แก้สิว ฝ้าแดดโดยผสมกับน้ำมะนาวให้ข้นพอประมาณทาทั่วใบหน้า

คุณสมบัติของดินสอพองทางกายภาพ และทางเคมี

ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของดินสอพอง ดินสอพองทำจากดินมาร์ล ส่วนใหญ่ทำในลักษณะแผ่นกลม มีสีขาวขุ่น แข็ง เมื่อทำการตรวจสอบความเป็นกรด-ด่างของดินสอพอง โดยนำก้อนดินสอพองมาบดให้ละเอียด แล้วชั่งมา 10 กรัม ผสมกับน้ำ 20 มิลลิลิตร คนให้ละลาย แล้วนำไปวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter) พบว่ามีค่า pH 9.50±0.2 ซึ่งแสดงว่าสารละลายดินสอพองมีฤทธิ์เป็นด่าง

จากการตรวจหาธาตุต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบในดินสอพองจากแหล่งกกโกและท่าแค อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี โดยใช้เครื่อง X-ray Fluorescent ผลที่ได้พบธาตุต่าง ๆ ดังนี้

- ธาตุ Calcium	79 - 86	%โดยมวล
- ธาตุ Tellurium	9.4 – 13.8	%โดยมวล
- ธาตุ Silicon	1.8 – 4.8	%โดยมวล
- ธาตุ Antimony	0.0 –6.1	%โดยมวล
- ธาตุ Aluminum	0.4 – 1.3	%โดยมวล
- ธาตุ Iron	0.5 –1.3	%โดยมวล
- ธาตุ Manganese	0.02-0.2	%โดยมวล

นอกจากนี้ยังพบธาตุอื่น ๆ ที่มีปริมาณน้อยกว่า 0.1 % โดยมวล เช่น Iodine, Magnesium, Gold, Lead, Chloride เป็นต้น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ ชุมชน
ดินสอพองแปรรูป

1. ขอบข่ าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ครอบคลุมเฉพาะดินสอพองแปรรูปที่ใช้กับผิวหน้าและผิวกาย

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 ดินสอพองแปรรูป หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากดินสอพอง ผสมน้ำ กรองเฉพาะส่วนที่เป็นเนื้อละเอียด นำไปฆ่าเชื้อ อาจมีส่วนผสมของผงพืชสมุนไพรที่บดละเอียดแล้ว เช่น ขมิ้นชัน ไพล แต่งกลิ่น ทำให้แห้งอยู่ในรูปก้อนหรือผง

2.2 ดินสอพอง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำดินมาร์ลหรือปูนมาร์ล (marl) ร่อน ผสมน้ำแล้วกรองให้สะอาด

3. คุณลักษณะที่ต้องการ

3.1 ลักษณะทั่วไป

ต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอม กรณีเป็นก้อน ต้องมีรูปทรงเดียวกันและมีขนาดใกล้เคียงกัน กรณีเป็นผง ต้องแห้ง

3.2 กลิ่น

ต้องมีกลิ่นที่ดีตามธรรมชาติของส่วนประกอบที่ใช้ ปราศจากกลิ่นอื่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่น กลิ่นหืน กลิ่นบูด

3.3 ส่วนประกอบ

3.3.1 ต้องไม่มี สารหรือวัตถุที่ห้ามใช้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องสำอาง : ข้อกำหนดทั่วไป มาตรฐานเลขที่ มอก.152

3.3.2 สารที่กำหนดปริมาณการใช้ต้องไม่เกินเกณฑ์ที่ กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง : ข้อกำหนดทั่วไป มาตรฐานเลขที่ มอก.152

3.3.3 สีที่ใช้ ต้องเป็นไปตามที่กำหนดในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องสำอาง : ข้อกำหนดทั่วไป มาตรฐานเลขที่ มอก.152

หมายเหตุ 1. ผู้ ทำต้ องแสดงตำรับต่ อสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและ
ทำตามตำรับที่แจ้ งไว้

2.ผู้ ทำต้ องแสดงเอกสารรับรองว่ าไม่ ได้ ใส่ สารหรือวัตถุที่ห้ ามใช้ และถ้ าใช้ สาร
ที่กำหนดปริมาณการใช้ ให้ แสดงเอกสารระบุชื่อและปริมาณ

3.4 สารปนเปื้อน

3.4.1 ตะกั่ว ต้องไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.4.2 สารหนู (คำนวณเป็น As_2O_3) ต้องไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.4.3 ปรอท ต้องไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

3.5 ความเป็นกรด-ด่างต้องอยู่ระหว่าง 5.0 ถึง 8.0

3.6 จุลินทรีย์จำนวนแบคทีเรีย ยีสต์ และรา ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^3 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม

8. การทดสอบ

8.1 การทดสอบลักษณะทั่วไป

กลิ่น ภาชนะบรรจุ และเครื่องหมายและฉลากให้ตรวจพินิจ

8.2 การทดสอบส่วนประกอบ

ให้ตรวจสอบสารหรือวัตถุที่ห้ามใช้ สารที่กำหนดปริมาณการใช้ และสี จากตำรับที่ผู้ทำแจ้งโดยตรวจสอบรายชื่อและปริมาณสารที่ใช้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องสำอาง : ข้อกำหนดทั่วไป มาตรฐานเลขที่ มอก.152

8.3 การทดสอบสารปนเปื้อนให้ใช้อะตอมิกแอบซอร์ปชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์หรือวิธีอื่นที่เทียบเท่า

8.4 การทดสอบความเป็นกรด-ด่าง

ให้เตรียมสารละลายตัวอย่างดินสอพองแปรรูป ร้อยละ 10 โดยปริมาตร วัดความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง

8.5 การทดสอบจุลินทรีย์

ให้ใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องสำอาง : ข้อกำหนดทั่วไป มาตรฐานเลขที่ มอก.152

8.6 การทดสอบน้ำหนักสุทธิ

ให้ใช้เครื่องชั่งที่เหมาะสม

จุลินทรีย์ในดิน

ดินสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ดินแร่ธาตุ (Mineral soil) และดินอินทรีย์ (Organic soil) ขึ้นกับแหล่งกำเนิดของดินว่ามาจากหิน สารอนินทรีย์ต่าง ๆ หรือมาจากการทับถมของสารอินทรีย์ โดยส่วนใหญ่ของดินเป็นดินแร่ธาตุ ดินเกิดจากกระบวนการทางกายภาพ เคมีและชีววิทยาของหินที่สาหร่าย ไลเคนส์หรือมอสในสภาพเซลล์พักสามารถอยู่บนหินที่แห้งได้ เมื่อมีความชื้นก็เจริญ พวกที่สามารถสังเคราะห์แสงได้สร้างสารอินทรีย์ ซึ่งไปส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มเฮเทโรโทรฟ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เกิดจากการหายใจของเฮเทโรโทรฟถูกเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอนิก ซึ่งเป็นสารสำคัญในการละลายหินโดยเฉพาะหินปูน นอกจากนี้แล้วส่วนใหญ่พวกเฮเทโรโทรฟปล่อยกรดอินทรีย์ไปเพิ่มการละลายของหินให้มีอนุภาคเล็กลง รวมถึงกระบวนการทางกายภาพอื่น ๆ นำไปสู่การแตกของหิน บริเวณรอยแตกของหินทำให้พืชชั้นสูงสามารถเจริญได้ ต่อมาพืชตายและทับถมอยู่บริเวณนั้นทำให้ดินเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ และน้ำเป็นตัวชะล้างสารเคมีเหล่านี้ลงสู่ที่ลึกลงไปเป็นการเพิ่มความสมบูรณ์ให้กับดินที่อยู่ลึก จึงส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโตได้ สัตว์บางชนิดที่อาศัยอยู่บริเวณนี้ทำให้เกิดการผสมของดินและอากาศถ่ายเทดีขึ้น การเคลื่อนไหวของสารสู่ด้านล่างส่งผลให้เกิดชั้น และประเภทดินได้ การเปลี่ยนแปลงต่างๆเป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปใช้เวลาหลายร้อยปี (ดวงพร, 2545, หน้า 10)

ดินเป็นแหล่งที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ชนิดต่างๆได้ดี จุลินทรีย์เหล่านั้นได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา โปรตัวซัว สาหร่ายและไวรัส ซึ่งมักอาศัยตามผิวหน้าของดิน โดยทั่วไปชนิดของจุลินทรีย์จะแตกต่างกันไปตามชนิดของดิน แร่ธาตุ และอินทรียสารในดิน ความชื้น ความลึก อุณหภูมิ ค่าความเป็นกรดด่าง การถ่ายเทอากาศ เป็นต้น โดยเฉพาะอินทรียสารในดินมีความสำคัญต่อการเจริญของจุลินทรีย์เป็นอย่างยิ่ง เพราะเป็นแหล่งอาหารที่ดีสำหรับจุลินทรีย์ต่างๆที่จะนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนต่อไป ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์จะพบจุลินทรีย์ในดินมากถึงพันล้านเซลล์ต่อดินหนึ่งกรัม จุลินทรีย์ทำหน้าที่ย่อยสลายพวกสารอินทรีย์หรืออาหารในดินให้กลายเป็นสารอนินทรีย์ เช่น น้ำ แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ ไนเตรต ฟอสเฟต และแคลเซียม ซึ่งจะเป็นอาหารให้แก่พืชและสิ่งมีชีวิตอื่นๆที่จำเป็นต้องใช้ในการเจริญเติบโตต่อไป (สุบัณฑิต, 2549, หน้า 34)

จุลินทรีย์ที่พบในดิน ได้แก่

แบคทีเรีย (Bacteria)

เป็นจุลินทรีย์ที่พบมากที่สุดในดินทั้งชนิดและจำนวน ในดินสวนทั่วๆไป 1 กรัม จะมีแบคทีเรียประมาณล้านเซลล์ซึ่งประกอบด้วย 400 สกุลและ 1,000 ชนิด มีทั้งพวกที่เป็นออโตโทรฟและเฮเทโรโทรฟ แบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์แบบโปรคาริโอต เจริญได้ดีในสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจนหรือมีออกซิเจนเพียงเล็กน้อย มีทั้งพวกที่สร้างและไม่สร้างสปอร์ แบคทีเรียในดินจะพบอิสระได้น้อยมาก เพราะเซลล์จะยึดเกาะกับอนุภาคของดินหรือฮิวมัสไว้ แบคทีเรียบางชนิดสามารถสร้างเมือกเข้ามาช่วยยึดเกาะ แบคทีเรียที่พบในดินส่วนใหญ่ ได้แก่ สกุล *Agrobacterium, Bacillus, Clostridium, Flavobacterium, Pseudomonas* และ *Xantromonas*

แบคทีเรียในดินมีบทบาทสำคัญเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของวัฏจักรสารต่างๆในดิน เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินที่จะเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช รวมทั้งแบคทีเรียบางกลุ่มสามารถเปลี่ยนแก๊สไนโตนเจนให้เป็นสารไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยปฏิกิริยาตรึงไนโตรเจน เช่น *Azotobacter, Clostridium, Rhizobium* และ *Bradyrhizobium* (นงลักษณ์ และปรีชา, 2547, หน้า 536)

แอกทิโนมัยซีต (Actinomyctes)

แบคทีเรียกลุ่มแอกทิโนมัยซีตเป็นแบคทีเรียแต่มักจะถูกแยกออกมาศึกษาจากแบคทีเรียทั่วไป เนื่องจากมีลักษณะพิเศษ คือ มีโคโลนีขนาดค่อนข้างใหญ่และมีลักษณะผิวที่หยาบ รูปร่างเป็นฟิลาเมนท์ ที่ต่อเป็นเส้นยาว ซึ่งลักษณะคล้ายเชื้อราแต่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่าเชื้อรา แอกทิโนมัยซีตจะพบในดินประมาณ 10-13 เปอร์เซ็นต์ของแบคทีเรียในดิน กลุ่มที่พบมากที่สุด คือ *Streptomyces* และ *Nocardia*

แบคทีเรียกลุ่มแอกทิโนมัยซีตค่อนข้างทนต่อความแห้งแล้ง ดังนั้นจึงสามารถรอดชีวิตได้ในสภาวะที่แห้งแล้งมาก เช่น ดินในทะเลทราย นอกจากนั้นยังชอบเจริญในสภาวะที่เป็นด่างหรือเป็นกลางแต่ไม่ทนสภาวะที่เป็นกรด แอกทิโนมัยซีตได้รับความสนใจมากขึ้น เมื่อมีการค้นพบว่าบางสกุล เช่น *Streptomyces* สามารถผลิตสารปฏิชีวนะ (สุบัณฑิต, 2549, หน้า 63)

เชื้อรา (Fungi)

เชื้อราที่พบในดินมีปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับแบคทีเรียและแอกทิโนมัยซีตพบมากบริเวณหน้าดินประมาณ 10 เซนติเมตรและพบได้น้อยมากที่ดินลึกมากกว่า 30 เซนติเมตร โดยเชื้อราจะพบในดินที่มีอากาศถ่ายเทและดินที่เป็นกรด เชื้อราเป็นจุลินทรีย์ที่มีเซลล์เป็นแบบยูคาริโอต ย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดี ในดินอาจพบอยู่ในรูปสปอร์หรือมัยซิเลียม เมื่อ

ไม่มีสารอาหารที่เหมาะสมเชื้อราจะอยู่ในสภาพพักหรือสปอร์และไม่มีกิจกรรมการเจริญ เชื้อรา ช่วยปรับปรุงโครงสร้างดินโดยการที่เส้นใยมัยซิเลียมจะสานเป็นตาข่ายยึดอนุภาคดินไว้เป็น กลุ่มก้อนทำให้ไม่ละลายน้ำไปเรียกว่า ครัมเบิลสตรัคเจอร์ (crumble structure) เชื้อราที่พบมาก ได้แก่ *Mucor, Aspergillus, Alternaeria, Fusarium, Candida, Rhodotorula* และ *Zygosaccharomyces* เป็นต้น (สุบัณฑิต, 2549, หน้า 68)

โพรโทซัว (Protozoa)

โพรโทซัวเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินอย่างอิสระ มีขนาดเล็ก และมีความหลากหลายของชนิดน้อยกว่าโพรโทซัวที่พบในน้ำ โดยจะอยู่ในสภาวะซิสต์ถ้ามีสภาวะที่ไม่เหมาะสม โพรโทซัวจะกินสารอินทรีย์ที่ละลายได้และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอื่น เช่น แบคทีเรีย ยีสต์ หรือ โพรโทซัวชนิดอื่น โพรโทซัวเร่งวัฏจักรของอาหาร และการเคลื่อนที่ของมันในโมเลกุลของน้ำในดินช่วยให้แบคทีเรียรับสารอาหารและออกซิเจนดีขึ้น (สุบัณฑิต, 2549,หน้า 70)

สาหร่าย (Algae)

เป็นเซลล์แบบยูคาริโอตมีคลอโรฟิลล์ จึงสังเคราะห์แสงได้สาหร่ายที่พบส่วนใหญ่เป็นสาหร่ายสีเขียว เช่น *Chlamydomonas, Chlorococcum* และไดอะตอม ส่วนใหญ่สาหร่ายจะสามารถพบได้ในพื้นดินหรือใต้ดินแค่ลึกลงไปเป็นมิลลิเมตร อาจพบจำนวน 10^6 เซลล์ของสาหร่ายต่อดิน 1 กรัม สาหร่ายพบว่าเป็นจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ที่ผิวดินแต่เป็นเชื้อพลัดถิ่นในดินที่ลึกลงไปและจะถูกจับกินโดยสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ สาหร่ายในดินส่วนใหญ่มีขนาดเล็กและเป็นเซลล์เดียว ตัวอย่างที่สำคัญ คือ *Anabaena*, *Colothrix, Chroococcus, Cylindrospermum, Lyngbya, Nostoc, Oscillatoria, Scytonema* และ *Tolypothrix* (สุบัณฑิต, 2549, หน้า 69)

จุลินทรีย์ก่อให้เกิดโรคที่พบในดินสอพอง

ดินสอพองเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรมหลายอย่าง เช่น การทำแป้งน้ำ ยาสีฟัน สีทาบ้าน ใช้สำหรับตกแต่งเครื่องเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ นอกจากนี้ในปัจจุบันนิยมนำดินสอพองมาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตเป็นเครื่องสำอางและใช้ในเทศกาลวันสงกรานต์ หากกระบวนการผลิตดินสอพองซึ่งเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือนไม่ถูกสุขลักษณะเพียงพอ อาจมีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ในปี 2544 กองเครื่องสำอางและวัตถุอันตราย กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ได้ประสานงานกับเภสัชสาธารณสุขจังหวัดลพบุรี เก็บตัวอย่างดินสอพองจำนวน 10 ตัวอย่างจากแหล่งผลิตไปทำการวิเคราะห์ตัวอย่างด้านจุลชีววิทยา พบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ทั้งหมดใน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ดินสอพองตั้งแต่ 39,000-1,200,000 โคโลนีต่อกรัม ซึ่งประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2536) และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนดินสอ

พองกำหนดให้มีจุลินทรีย์ทั้งหมด ไม่เกิน 1,000 โคโลนีต่อกรัมพบจุลินทรีย์ที่เป็นดัชนีบ่งชี้สุขลักษณะในการผลิต (coliform bacteria) มีปริมาณตั้งแต่ 3 ถึง 240 MPN ต่อกรัม (มาตรฐานเครื่องสำอางกำหนดว่าต้องน้อยกว่า 10 MPN ต่อกรัม) นอกจากนี้พบจุลินทรีย์ก่อให้เกิดโรคได้แก่ เอชเชอริเชีย โคไล, ซาลโมเนลลา, ซูโดโมนาส แอรูจิโนซา, สตาฟิโลคอกคุส และโคลสตริดิอุม ซึ่งประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2536) กำหนดว่าต้องไม่พบจุลินทรีย์ก่อโรคได้แก่ ซูโดโมนาส แอรูจิโนซา, ซาลโมเนลลา, สตาฟิโลคอกคุส และโคลสตริดิอุม หากจุลินทรีย์เหล่านี้เข้าเข้าสู่ร่างกายทางตา สิว บาดแผลอื่นๆ และกระแสโลหิต อาจมีผลให้เกิดการอักเสบรุนแรงและหากจุลินทรีย์เข้าร่างกายอาจทำให้เกิดอาการอาหารเป็นพิษ (ดินสอพอง, 2549)

จุลินทรีย์ก่อโรคที่สามารถพบได้ในดินสอพอง ได้แก่

ซาลโมเนลลา *(Salmonella)*

ซาลโมเนลลา เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปท่อน สายพันธุ์ส่วนใหญ่เคลื่อนที่ได้ด้วยแฟลกเจลลาที่อยู่รอบตัว (peritrichous flagella) ยกเว้น *S. pullorum* และ *S. gallinarum* เชื้อนี้ไม่มีแคปซูลและสปอร์ เจริญได้ดีในที่มีหรือไม่มีออกซิเจน สามารถเฟอร์เมนต์น้ำตาลกลูโคสและแมนโนสได้กรด บางทีได้ก๊าซด้วย แต่ไม่สามารถเฟอร์เมนน้ำตาลแล็กโทสและซูโครสได้ให้ไฮโดรเจนซัลไฟด์หรือก๊าซจากการเฟอร์เมนต์คาร์โบไฮเดรต เจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อธรรมดา เชื้อส่วนใหญ่ไม่ต้องการวิตามิน หรือกรดอะมิโน ยกเว้นเชื้อไทฟอยด์บางชนิดต้องการปริปโทเฟน

ซาลโมเนลลา ทำให้เกิดโรคติดเชื้อ 3 ชนิด คือ

1. ไข้เอนเทอริก : ไข้ไทฟอยด์และพาราไทฟอยด์ (Enteric fevers : typhoid and paratyphoid)

เป็นโรคติดเชื้อซาลโมเนลลาที่สำคัญที่สุด ไข้ไทฟอยด์มีสาเหตุจากเชื้อ *Salmonella typhi* ส่วนพาราไทฟอยด์มีสาเหตุจากเชื้อ *S. paratyphi* A, B และ C อาการของโรคคล้ายกัน แต่ไข้พาราไทฟอยด์หรือไข้รากสาดเทียมมีความรุนแรงน้อยกว่า และมีอาการอ่อนกว่าไข้ไทฟอยด์ คือพาราไทฟอยด์มีระยะฟักตัว 1-10 วัน มีอาการโลหิตเป็นพิษเนื่องจากเชื้อเข้ากระแสเลือด (bactermia) เกิดขึ้นในตอนแรก มักมีไข้อยู่ 1-3 สัปดาห์ ไม่ค่อยมีผื่น ส่วนไข้ไทฟอยด์มีระยะฟักตัวของโรค 10-14 วัน มีไข้สูงตลอด ปวดศีรษะ ท้องผูก อ่อนเพลียในสัปดาห์ที่ 3 หรือ 4 ตับและม้ามโต เม็ดเลือดขาวลดน้อยลงอุจจาระมีเลือดปนออกมาด้วย

2. ลำไส้อักเสบ (enterocolitis, gastroenteritis)

เกิดจากเชื้อซาลโมเนลลาหลายชีโรทัยป์ด้วยกัน บางชนิดทำให้เกิดโรคในสัตว์ เลือดอุ่นรวมทั้งคน เชื้อสำคัญที่ทำให้เกิดโรค คือ *S. enteritidis* และ *S. typhimurium*

ระยะฟักตัวของโรค กินเวลา 12-24 ชั่วโมง หรือมีอาการหลังจากกินอาหารที่มีเชื้อปะปน 8-48 ชั่วโมง อาการของโรค คือ ปวดศีรษะรุนแรง คลื่นไส้ อาเจียน อุจจาระร่วงรุนแรง ปวดท้อง มีไข้ต่ำ มักเป็นอยู่ 2-5 วัน ไม่ค่อยเกิดอาการแบคทีรีเมียเหมือน

ไข้ไทฟอยด์ เชื้อจะเจริญอยู่ในลำไส้เท่านั้น เมื่อเชื้อบุกรุกเข้าผนังลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่ อาจจะปล่อยเอนเทอโรทอกซินออกมาทำให้ถ่ายอุจจาระเหลวมีมูกเลือด เม็ดเลือดขาวปนออกมา ไม่พบเชื้อในเลือด แต่จะพบในอุจจาระ

3. โลหิตเป็นพิษ (Septicemia)

การติดเชื้อซาลโมเนลลาในกระแสเลือดมักเกิดจาก *S. choleraesuis* เป็นส่วนใหญ่ แต่ก็อาจเกิดจากเชื้อซีโรทัยป์ใดก็ได้ เมื่อเชื้อเข้าสู่ร่างกายจะไปเจริญเติบในกระแสเลือดเพิ่มจำนวนขึ้นจึงทำให้คนไข้มีไข้สูง หนาวสั่น เบื่ออาหาร น้ำหนักตัวลด การแยกเชื้อจะพบเชื้อในกระแสเลือดเท่านั้นมักไม่พบเชื้อในอุจจาระ (นงลักษณ์, 2547, หน้า 91)

โคลสตริดิอุม *(Clostridium)*

โคลสตริดิอุมเป็นแบคทีเรียแกรมบวกรูปท่อนที่สร้างสปอร์ได้ สปอร์อยู่ข้างในเซลล์มักพองออกมีรูปร่างป้อมแบบรูปไข่ เชื้อส่วนใหญ่เป็นพวกไม่ต้องการออกซิเจนเลย (obligate anaerobes) มีบ้างที่เป็นพวกทนออกซิเจนได้ (aerotolerant) ส่วนใหญ่เคลื่อนที่ด้วยแฟลกเจลลาที่มีอยู่รอบตัว (peritrichous flagella) ยกเว้น *Clostridium perfringens* ที่ไม่เคลื่อนที่ ส่วนใหญ่แล้วสปอร์จะไม่งอกถ้าขาดสภาพที่เหมาะสมคือสภาพที่ไม่มีออกซิเจน สปอร์ทนความร้อนได้ดีสามารถทนอุณหภูมิถึง 120 องศาเซลเซียสได้นานถึง 10-15 นาที พบทั่วไปในตะกอนดินน้ำจืด น้ำทะเล และทางเดินอาหารของคนและสัตว์

การเลี้ยงโคลสตริดิอุมทำได้ง่ายในสภาพไร้ออกซิเจน วิธีการแยกเชื้อแอนแอโรบ (anaerobes) ที่ใช้มากที่สุด คือ การเลี้ยงเชื้อใน blood agar และ egg yolk agar ในสภาพไม่มีอากาศเป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง โคโลนีจาก blood agar สามารถนำมาตรวจดูฮีโมไลซีโครงสร้างโคโลนีและการเคลื่อนที่แบบลุกลาม (swarming) ได้ เชื้อที่เจริญใน egg yolk agar สามารถตรวจหาการทำงานของเอนไซม์เลซิทิเนส (lecithinase) และลิเพส (lipase) ได้ การทำงานของเลซิทิเนสดูจากความขุ่น และการตกตะกอนขาวในวุ้น ส่วนการทำงานของลิเพสดูจากความเป็นเงาที่ผิวหน้าเชื้อ

Cl. botulinum Cl. perfringens และ *Cl. tetani* มีเอกโซทอกซินที่ร้ายแรงสามารถทำให้เกิดโรคที่รุนแรงได้ คือ โรคอาหารเป็นพิษโบทูลิซึม (botulism) ก๊าซแกงกรีน (gas gangrene) หรือโรคเนื้อตายเน่า (myonecrosis) และบาดทะยัก ตามลำดับ (นงลักษณ์, 2547, หน้า 208)

ซูโดโมนาส แอรูจิโนซา *(Pseudomonas aeruginosa)*

เป็นแบคทีเรียที่มีลักษณะเป็นรูปท่อนหรือโค้งเล็กน้อย เคลื่อนที่ด้วยโพลาร์แฟลกเจลลา ติดสีแกรมลบ ผนังเซลล์ประกอบด้วยลิโพพอลิแซ็กคาไรด์ (lippolysaccharide, LPS) มีโครงสร้างคล้ายของแบคทีเรียในตระกูลเอนเทอโรแบคทรีเอซี (Enterobacteriaceae) แต่มี

สารเคมีบางหมู่ต่างกัน ส่วนของพอลิแซ็กคาไรด์ไซด์เชน (polysaccharide side chain) ที่ยื่นออกจากเมมเบรนชั้นนอก (LPS) เชื่อว่าเกี่ยวข้องกับความจำเพาะทางซีโรโลยีและความไวต่อแบคทีริโอซินหรือไพโอซิน (bacteriocin หรือ pyocin) และแบคทริโอเฟจ ซูโดโมนาส แอรูจิโนซา ยังมีชั้นเมือก (slime layer) ที่ประกอบด้วยพอลิแซ็กคาไรด์และมีพิไลอยู่ที่ผิวเซลล์ด้วย

โรคติดเชื้อจาก ซูโดโมนาส แอรูจิโนซา

1. การติดเชื้อในกระแสเลือด (bacteremia) และเยื่อบุหัวใจอักเสบ (endocarditis)
2. การติดเชื้อที่ปอด (pulmonary infections)
3. การติดเชื้อที่หู (ear infections)
4. การติดเชื้อที่แผลไฟไหม้
5. การติดเชื้อที่อวัยวะอื่น

เช่นทางเดินอาหาร ทางเดินปัสสาวะ ตา ระบบประสาทส่วนกลาง ระบบกล้ามเนื้อและกระดูก (นงลักษณ์, 2547, หน้า 150)

เอสเชอริเชีย โคไล *(Escherichia coli)*

เอสเชอริเชีย โคไล เป็นแบคทีเรียรูปท่อน แกรมลบ ไม่สร้างสปอร์ อาจเคลื่อนที่ได้หรือไม่เคลื่อนที่ บางสายพันธุ์ที่แยกได้จากนอกลำไส้ สร้างแคปซูลได้ ให้โคโลนีเรียบ ไม่มีสี มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-3 มิลลิเมตรในเวลา 18 ชั่วโมง แต่ถ้าเลี้ยงในอาหารที่แสดงความแตกต่าง (differential media) เช่น MacConkey agar โคโลนีมีสีแดงชมพู ขนาดใหญ่ เนื่องจากเฟอร์เมนต์แล็กโทส หรือเลี้ยงในอาหาร Eosin methylene blue agar (EMB) และ Endo agar โคโลนีมีสีมันวาวคล้ายโลหะ มีบางสายพันธุ์ที่เฟอร์เมนต์แล็กโทสได้ช้า ถ้าเลี้ยงบนอาหารผสมเลือดบางสายพันธุ์เกิดการย่อยสลายเม็ดเลือดแดงแบบบีตาฮีโมไลซิส เชื้อนี้เจริญได้ในอุณหภูมิช่วงกว้าง (15-45 องศาเซลเซียส)บางสายพันธุ์ทนความร้อน 60 องศาเซลเซียส 15 นาทีหรือ55 องศาเซลเซียส 60 นาที

เอสเชอริเชีย โคไล สายพันธุ์ที่ทำให้เกิดโรค อาจทำให้เกิดโรคดังนี้ คือ ท่องร่วง (gastroenteritis) ทางเดินปัสสาวะอักเสบ (urinaey tract infections) โลหิตเป็นพิษ (septicemia) และเยื่อหุ้มสมองอักเสบ (neonatal meningitis) (นงลักษณ์, 2547, หน้า 108)

สตาฟิโลคอกคัส ออเรอุส *(Staphylococcus aureus)*

เป็นแบคทีเรียรูปทรงกลม แกรมบวก ไม่เคลื่อนที่ ไม่สร้างสปอร์ เมื่อแบ่งเซลล์จะติดกันเป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่น เมื่อขยี้เชื้อจากหนอง เซลล์อาจอยู่เดี่ยว ๆ เป็นคู่ ๆ เป็นกลุ่ม หรือเป็นสายสั้น ๆ ถ้าเขี่ยจากอาหารแข็ง เซลล์มีลักษณะเป็นกลุ่ม แต่จากอาหารเหลวจะเห็นเป็นเซลล์

เดี่ยว ๆ เป็นคู่ หรือเป็นสายสั้น ๆ มีบางสายพันธุ์สร้างแคปซูลหรือเมือก (slime) ช่วยให้เชื้อเพิ่มความรุนแรงในการก่อโรค เชื้ออายุน้อยติดสีแกรมบวกเมื่ออายุมากขึ้นติดสีแกรมลบ

สตาฟิโลคอกคุส ออเรอุส เจริญได้ดีในอาหารเลี้ยงเชื้อส่วนใหญ่ในสภาพที่มีออกซิเจนหรือมีออกซิเจนเล็กน้อย (microaerophilic) เจริญเร็วที่สุดที่ 37 องศาเซลเซียส แต่สร้างรงควัตถุดีที่สุดที่อุณหภูมิห้อง (20-25 องศาเซลเซียส) โคโลนีบนอาหารแข็งมีลักษณะกลม เรียบ ขุ่น นูนเล็กน้อยเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1-4 มิลลิเมตร มีสีเหลืองทอง

การทำให้เกิดโรคเนื่องจาก สตาฟิโลคอกคุส ออเรอุส

การติดเชื้อ สตาฟิโลคอกคุส ออเรอุส ทำให้เกิดฝี อาจเกิดที่ส่วนใดของร่างกายก็ได้ ส่วนใหญ่เกิดที่ผิวหนัง ซึ่งเริ่มต้นจากการติดเชื้อที่ต่อมน้ำมัน บริเวณที่เกิดฝีจะเกิดการอักเสบ มีการสะสมเม็ดเลือดขาว เกิดการตายของเนื้อเยื่อ เมื่อฝีเจริญเต็มที่บริเวณเนื้อเยื่อที่ตายจะเต็มไปด้วยเม็ดเลือดขาวที่ตายแล้วรวมทั้งแบคทีเรียที่เม็ดเลือดขาวไปกิน ซึ่งภายในบริเวณฝีนี้จะไม่มีเลือดมาเลี้ยง (นงลักษณ์, 2547, หน้า 31)

การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์จากจานเพาะเลี้ยงโดยวิธีสแตนดาร์ด เพลท เคาท์ (Standard plate count)

สแตนดาร์ด เพลท เคาท์ (Standard plate count) เป็นวิธีการที่ใช้แพร่หลายกันสำหรับนับจำนวนจุลินทรีย์มีชีวิตทั้งหมดที่เจริญบนอาหารวุ้นในสภาวะที่มีอากาศ เพราะจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่สามารถใช้วุ้นเป็นอาหารได้ การผสมวุ้นกับอาหารที่ใช้เลี้ยงจุลินทรีย์และเทลงในจานเพาะเลี้ยง จากนั้นนำตัวอย่างที่ต้องการตรวจนับเจือจางให้อยู่ในช่วงที่นับได้ แล้วเกลี่ยบนผิววุ้น เรียกว่า Spread plate (Surface spread method) หรือให้ตัวอย่างผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อในจานเพาะเลี้ยง เรียกว่า Pour plate method อาหารเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ขึ้นกับชนิดของจุลินทรีย์ที่ต้องการเพาะเลี้ยง เช่น ถ้าต้องการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ทั้งหมดที่มีชีวิตและเจริญในสภาวะที่มีอากาศใช้นิวเทรี้ยนอะการ์หรือเพลทเค้าท์อะการ์ (nutrient agar หรือ plate count agar) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ ถ้าต้องการเพาะเลี้ยงยีสต์และราโดยเฉพาะใช้มอลท์เอ็กแทร็กอะการ์หรือโพเทโทเดกซ์โทรสอะการ์ (malt extract agar หรือ potato dextrose agar) ที่ปรับความเป็นกรดประมาณ 3.7-4.7 เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ (สุมณฑา, 2545, หน้า 350)

วิธีมาตรฐานในการนับจำนวนจุลินทรีย์โดยจานเพาะเลี้ยง จำนวนจุลินทรีย์ที่จะเพาะขึ้นมาจะต้องมีจำนวนพอเหมาะ เพราะถ้ามีมากเกินไปจะทำให้เกิดโคโลนีหนาแน่นมากจนนับไม่ได้ หรือถ้ามีน้อยเกินไปค่าความคลาดเคลื่อนก็สูงมากขึ้น จำนวนโคโลนีที่พอเหมาะควรอยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนี ฉะนั้นในการนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อ ผู้ปฏิบัติควรคาดคะเนจำนวนจุลินทรีย์จากแหล่งตัวอย่างเก็บ ถ้าคาดว่าตัวอย่างมีจำนวนจุลินทรีย์น้อยไม่จำเป็นต้องทำการเจือจาง หากคาดว่ามีจุลินทรีย์มากจำเป็นต้องเจือจางตัวอย่างก่อนใส่ในอาหารเพาะเลี้ยง

เทคนิคการเจือจาง (dilution) จุลินทรีย์หรือตัวอย่างลงด้วยน้ำกลั่นหรือน้ำเกลือ 0.85% (normal saline) ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วและทราบปริมาตรที่แน่นอน การทำให้เชื้อเจือจางก็เพื่อให้มีการเจริญของโคโลนีเดี่ยวๆของจุลินทรีย์จำนวนที่เหมาะสม โดยปกติจะทำให้ความเจือจางเพิ่มขึ้นครั้งละ 10 เท่าเป็นลำดับ (ten fold serial dilution) เช่น 1:10 1:100 1:1,000 เป็นต้น เพื่อให้ง่ายต่อการปฏิบัติ และการคำนวณจำนวนโคโลนีต่อหน่วยนับ (กรัม หรือ มล.) (ภาควิชาจุลชีววิทยา, 2536 ,หน้า 93) เมื่อนำตัวอย่างใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อแล้ว จากนั้นบ่มที่อุณหภูมิที่เหมาะสม นำจานเพาะเลี้ยงออกมานับจำนวนโคโลนี โดยเลือกนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเลี้ยงที่อยู่ในระหว่าง 30-300 โคโลนี นำจำนวนโคโลนีที่นับได้คูณด้วยเศษส่วนกลับของอัตราความเจือจางหรือแฟคเตอร์ในการเจือจาง (dilution factor) ของจานที่นับโคโลนี รายงานผลเป็นจำนวนโคโลนีต่อกรัม หรือต่อมิลลิลิตร (Colonies Forming Units : CFU หรือ CFU/g หรือ /ml) (ธาดา, 2534, หน้า 102)

การนับจุลินทรีย์จากจานเพาะเลี้ยงโดยใช้ Pour plate method เป็นการนับจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิต โดยใช้เทคนิคการทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ในตัวอย่างเจือจางลงด้วยน้ำกลั่นหรือน้ำเกลือ 0.85% จากนั้นจึงเทอาหารเลี้ยงเชื้อที่หลอมละลายแล้วและมีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ลงบนจานเพาะเลี้ยงเชื้อที่มีตัวอย่างในแต่ละความเจือจาง เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ให้อาหารแข็งตัวแล้วจึงนำเข้าบ่มเพาะเชื้อตามอุณหภูมิที่กำหนด เมื่อครบเวลานำจานเพาะเลี้ยงเชื้อที่มีโคโลนีอยู่ระหว่าง 30-300 โคโลนีไปนับจำนวน คำนวณค่าเป็น CFU/g หรือ ml ซึ่งมีวิธีการทำดังต่อไปนี้

1. การทำการเจือจางตัวอย่างหรือเชื้อที่จะตรวจนับ

1.1 ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ลงในขวดน้ำกลั่น 90 มล. จะได้ความเจือจางเท่ากับ 1 : 10 หรือ 10^{-1} เขย่าให้เข้ากันดี

1.2 ปิเปตสารละลายจากข้อ 1.1 มา 1 มล. ใส่ในน้ำกลั่น 9 มล. เขย่าให้ตัวอย่างกระจายอย่างสม่ำเสมอ จะได้ความเจือจาง 1 : 100 หรือ 10^{-2} และเจือจางต่อจนได้ความเจือจาง 1 : 1,000 1 : 10,000 และ 1 : 100,000

2. การเทอาหารและผสมเชื้อในจานเพาะเชื้อ

2.1 หลอมอาหาร Plate Count Agar (PCA) และวางให้เย็นลงประมาณ 45 องศาเซลเซียส

2.2 ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่ความเจือจางต่างๆ ความเจือจางละ 1 มล. ใส่ลงจานเพาะเชื้อ 2 จาน เทอาหารเลี้ยงเชื้อในข้อ 2.1 ลงในจานเพาะเชื้อ ผสมให้เข้ากันด้วยการหมุนจานเพาะเชื้อ โดยหมุนจานขึ้น-ลง 5 ครั้ง วนขวา-ซ้าย 5 ครั้ง วนตามเข็ม-ทวนเข็มนาฬิกา 5 ครั้ง เพื่อให้ตัวอย่างผสมเข้ากับอาหารเลี้ยงเชื้อ ทิ้งให้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง คว่ำจานเพาะเลี้ยงเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

2.3 ทำการบันทึกผลหลังจากบ่ม 48 ชั่วโมง เลือกนับโคโลนีจากจานอาหารที่มีโคโลนีในช่วง 30-300 โคโลนี นำจำนวนโคโลนีมาคำนวณปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดโดยใช้สูตร

ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด = จำนวนโคโลนี x dilution factor

dilution factor = ส่วนกลับความเจือจางของจานเพาะเชื้อที่สามารถนับโคโลนี

การควบคุมจุลินทรีย์ในดินสอพอง

ดินสอพองที่จำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่มักไม่ได้ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ จึงอาจมี จุลินทรีย์ก่อโรคปนเปื้อนอยู่ ทำให้เกิดอาการคันหรือผิวหนังอักเสบได้ วิธีการที่ทำให้ดินสอพองสะอาดขึ้นนั้นเรียกว่าการ **"สะตุ"** วิธีสะตุ ทำโดยนำดินสอพองใส่หม้อดิน ปิดฝาหม้อแล้วยกขึ้นตั้งไฟ ทิ้งไว้จนกว่าดินสอพองจะร้อนระอุเต็มที่แล้วจึงยกลง ทิ้งไว้ให้เย็นจากนั้นก็นำมาใช้ได้ ดินสอพองสะตุนี้ถ้าเก็บไว้ในภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิดก็จะเก็บไว้ได้นาน โดยไม่ต้องมาเสียเวลาสะตุทุกครั้งที่ต้องการใช้ (สวยด้วยดินสอพอง, 2549) ดังนั้นวิธีการควบคุมจุลินทรีย์ในดินสอพองที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ดินสอพองจึงเป็นการใช้ความร้อนแห้ง

การใช้ความร้อนแห้ง เป็นวิธีทำลายจุลินทรีย์โดยทำให้เกิด Oxidative destruction ต่อโปรโตพลาสมของจุลินทรีย์ สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ทุกชนิดรวมทั้งสปอร์ของแบคทีเรีย วิธีนี้ใช้ความร้อนสูงกว่าและเวลานานกว่าการฆ่าจุลินทรีย์โดยใช้ความร้อนชื้น มักใช้สำหรับฆ่าเชื้อในวัสดุที่เป็นโลหะ เครื่องแก้ว น้ำมันและแป้ง (Black, 1999, หน้า 328)

สุกัญญา (2547) ได้ทำการศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการอบให้ความร้อนแก่ดินสอพอง เพื่อฆ่าจุลินทรีย์ปนเปื้อนในดินสอพอง โดยนำดินสอพองมาอบในตู้ลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 100, 150, 200 และ 250 องศาเซลเซียส การอบแต่ละอุณหภูมิใช้เวลา 30, 60, 90, 120 และ 150 นาที และนำดินที่ผ่านการอบมาวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์โดยวิธี Standard plate count พบว่า เมื่ออบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ยังคงมีจุลินทรีย์ปนเปื้อนในดินสอพอง อบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาทีขึ้นไปไม่พบจุลินทรีย์ในดินสอพอง และที่อุณหภูมิ 200 และ 250 องศาเซลเซียส ไม่พบจุลินทรีย์เช่นกัน จากนั้นนำผลการทดลองข้างต้นมาศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการฆ่าจุลินทรีย์ในช่วง 100 ถึง 150 องศาเซลเซียส โดยอบเป็นเวลา 30 นาที พบว่าการอบที่ 120 องศาเซลเซียสยังคงพบจุลินทรีย์ปนเปื้อน และอุณหภูมิตั้งแต่ 130-150 องศาเซลเซียสไม่พบการเจริญของจุลินทรีย์ ดังนั้นหากต้องการฆ่าจุลินทรีย์ทั้งหมดในดินสอพอง สามารถทำได้โดยการให้ความร้อนแห้งจากการอบหรือสะตุที่อุณหภูมิประมาณ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

pH เป็นค่าที่บอกความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย เขียนในรูปสมการดังนี้

$pH = - \log [H^+] = \log \frac{1}{[H^+]}$ สารละลายทั่วไปมีค่า pH ระหว่าง 1-14 ซึ่งเทียบกับสารละลายที่มี $[H^+]$ ระหว่าง 10^{-1} ถึง 10^{-14} M. จากสมการจะเห็นว่า สารละลายที่มี $[H^+]$ มาก ค่า pH จะต่ำ สารละลายที่มี $[H^+]$น้อย ค่า pH จะสูง แสดงว่าค่า pH ยิ่งต่ำสารละลายนั้นจะเป็นกรดมาก ในทางกลับกันค่า pH สูงสารละลายก็จะเป็นด่างมาก ทั้งนี้เราสามารถแยกแยะระหว่างสารละลายที่เป็นกรดเป็นกลางหรือเป็นด่างได้โดยดูจากค่า pH ของสารละลาย เช่น

$[H^+] > 10^{-7}$ M.	$pH < 7.0$	สารละลายเป็นกรด
$[H^+] = 10^{-7}$ M.	$pH = 7.0$	สารละลายเป็นกลาง
$[H^+] < 10^{-7}$ M.	$pH > 7.0$	สารละลายเป็นเบส

pOH เป็นค่าที่บอกความเป็นกรด-ด่างของสารละลายอีกแบบหนึ่ง เขียนในรูปสมการดังนี้ $pOH = -\log [OH^-]$ สารละลายที่มี $[OH^-]$ มาก ค่า pOH จะต่ำ สารละลายที่มีค่า $[OH^-]$ น้อย ค่า pOH จะสูง แสดงค่า pOH ยิ่งต่ำสารละลายจะเป็นด่างมาก ในทางกลับกัน ค่า pOH ยิ่งสูงสารละลายก็จะเป็นกรดมาก

เนื่องจาก $K_w = [H^+]\ [OH^-] = 1.0 \times 10^{-14}$

$$- \log K_w = - \log ([H^+][OH^-]) = -\log (1.0 \times 10^{-14})$$

$$pK_w = pH + pOH = 14$$

การวัด pH ของสารละลาย

ในการตรวจสอบความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย (ค่า pH) เราอาจหาได้โดยใช้อินดิเคเตอร์ (indicators) หรือเครื่องวัดพีเอช (pH meter)

อินดิเคเตอร์เป็นสารอินทรีย์ที่เป็นกรดอ่อนหรือด่างอ่อน เป็นสารที่มีสีและโครงสร้างซับซ้อน สีของอินดิเคเตอร์ในสารละลายเปลี่ยนแปลงได้เมื่อ pH ของสารละลายนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไป เช่นเมทิลออเรนจ์มีสีแดงในสารละลายที่มี pH ต่ำกว่า 3.1 แต่จะมีสีเหลืองในสารละลายที่มี pH มากกว่า 4.4 และถ้าหากว่าสารละลายมี pH ระหว่าง 3.1-4.4 เมทิลออเรนจ์ก็จะมีสีส้ม เราอาจใช้ อินดิเคเตอร์ในการหาค่า pH ของสารละลายที่ไม่มีสีได้ เช่นถ้านำสารละลายที่ต้องการหาค่า pH มาเติมไธมอลบลู (Thymol blue) สารละลายมีสีเหลืองแสดงว่าสารละลายมีค่า pH มากกว่า 2.8 ถ้านำสารละลายนี้อีกส่วนหนึ่งไปเติมเมทิลออเรจน์ สารละลายมีสีแดงแสดงว่าสารละลายมีค่า pH น้อยกว่า 3.1 เราอาจสรุปว่าสารละลายนี้มีค่า pH อยู่ระหว่าง 2.8-3.1 ถ้าเราใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมหลายตัวในการหา pH ของสารละลายก็อาจจะให้ค่า pH ถูกต้องมากขึ้น จนอาจได้ความถูกต้อง ± 0.5 หน่วย pH

การวัดค่า pH ของสารละลายที่ได้ค่าละเอียดและถูกต้องกว่าวิธีเปรียบเทียบสีอินดิเคเตอร์คือวิธีวัดความต่างศักย์ (potential difference) ซึ่งอาจจะได้ค่า pH ที่ถูกต้องถึง ± 0.001 หน่วย pH วิธีนี้อาศัยหลักการที่ว่าค่าศักย์ไฟฟ้าของขั้วไฮโดรเจน (hydrogen electrode) ที่ประกอบด้วยสารคู่ที่เป็นรีดอกซ์ คือ H_2 กับ H^+ จะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ H^+ ในสารละลายที่อิเล็กโทรดนั้นจุ่มอยู่ ซึ่งอันนี้สามารถอธิบายได้ด้วยสมการของ Nernst โดยใช้ไฮโดรเจนอิเล็กโทรดจุ่มอยู่ในสารละลายที่ต้องการวัด pH ที่อุณหภูมิ $25^\circ C$ และให้มีแก๊ส H_2 ความดัน 1 บรรยากาศผ่านเข้าไปในอิเล็กโทรดตลอดเวลา

$$E = E^\circ - 0.0592 \log \frac{1}{[H^+]}$$

$$= E^\circ - 0.0592$$

E° ของ H_2 $= 0.00$ V

$$E = -0.0592 \ pH \qquad \ldots(1)$$

ในการนี้จะวัดศักย์ไฟฟ้าของไฮโดรเจนอิเล็กโทรด โดยเทียบกับศักย์ไฟฟ้าของ อิเล็กโทรดอ้างอิง ซึ่งสามารถสร้างความต่างศักย์ไฟฟ้าที่คงที่เช่น saturated carlomel electrode (S.C.E) โดยอิเล็กโทรดทั้งสองนี้จุ่มอยู่ในสารละลายที่ต้องการวัด pH และปลายทั้งสองของอิเล็กโทรดถูกต่อไปยัง millivolt meter แผนภาพของเซลล์ไฟฟ้าที่ประกอบด้วยไฮโดรเจนอิเล็กโทรดกับอิเล็กโทรดอ้างอิง (S.C.E) เขียนได้ดังนี้

$$Pt \mid H_2(1\ atm) \mid H^+(xM) \parallel KCl(sat) \mid Hg_2Cl_2 \mid Hg$$

โดยที่ $H^+(xM)$ คือ สารละลายที่ต้องการวัดค่า pH

ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างไฮโดรเจนอิเล็กโทรดกับอิเล็กโทรดอ้างอิง (S.C.E) เขียนได้ดังสมการ

$$E_{cell} = E_{cal} - E$$

$$= E_{cal} + 0.0592\ pH$$

$$pH = \frac{E_{cell} - E_{cal}}{0.0592} \quad \text{ที่ } 25\ ^{\circ}C \qquad \ldots (2)$$

ก่อนที่จะใช้ pH meter อ่านค่า pH ของสารละลายใด ๆ ต้องมีการปรับเครื่องมือให้อ่านค่า pH โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์ที่ทราบค่า pH ที่แน่นอนก่อน เรียก calibration of pH meter ผลต่างของ $E_{cell} - E_{cal}$ จึงถูกปรับให้อยู่ในรูปของ pH แล้ว (ดูสมการ 2)

การใช้ไฮโดรเจนอิเล็กโทรดในการวัด pH ของสารละลายไม่ค่อยสะดวก เนื่องจากต้องใช้แก๊สไฮโดรเจนผ่านเข้าไปในอิเล็กโทรดตลอดเวลา ปัจจุบันได้เปลี่ยนมาใช้อิเล็กโทรดแก้ว (glass electrode) แทนไฮโดรเจนอิเล็กโทรด

glass electrode ประกอบด้วย Ag | AgCl อิเล็กโทรดจุ่มอยู่ในสารละลาย 0.1 M HCl ทั้งหมดบรรจุในกระเปาะแก้วบาง ๆ แผนภาพเซลล์ไฟฟ้าที่ประกอบด้วย glass electrode กับอิเล็กโทรดอ้างอิง (S.C.E) ดังนี้

$$Ag \mid AgCl(s) \mid HCl\ (0.1M) \mid H^{+}(xM) \parallel KCl\ (sat) \mid Hg_2Cl_2(s) \mid Hg$$

ในการใช้งาน glass electrode และ S.C.E จุ่มอยู่ในสารละลายที่จะวัด pH และปลายของอิเล็กโทรดทั้งสองถูกต่อไปยัง pH meter ศักย์ไฟฟ้าของ glass electrode เกิดจากความเข้มข้นของ H^+ ระหว่างด้านทั้งสองของ glass membrane คือสารละลายด้านในของ glass membrane มี 0.1 M HCl มี pH คงที่คือ 1 ส่วนด้านนอกของ glass membrane เป็นสารละลายที่ต้องการวัด pH ซึ่งมี H^+ เท่ากับ xM

ชนิดของอิเล็กโทรดสำหรับเครื่องวัด pH

1. อิเล็กโทรดอ้างอิง หมายถึงอิเล็กโทรดที่สามารถสร้างความต่างศักย์ไฟฟ้าคงที่ (fixed potential) เช่น คาโลเมลอิเล็กโทรด (calomel electrode) ซิลเวอร์ | ซิลเวอร์คลอไรด์ อิเล็กโทรดไฮโดรเจนอิเล็กโทรด

2. อิเล็กโทรดวัด หมายถึง อิเล็กโทรดที่ความต่างศักย์ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มข้นของอิออนที่ต้องการวัด เช่น อิเล็กโทรดแก้ว (glass electrode)

3. อิเล็กโทรดรวม (combined electrode) เป็นอิเล็กโทรดที่สร้างขึ้นจากการรวมอิเล็กโทรดแก้วและอิเล็กโทรดอ้างอิงชนิด Ag | AgCl(s) เข้าด้วยกัน เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

การใช้เครื่องวัด pH

1. เปิดไฟฟ้าเพื่ออุ่นเครื่องวัด pH ประมาณ 10-30 นาที
2. ปรับเครื่องให้ถูกต้องด้วยบัฟเฟอร์มาตรฐาน ทำดังนี้

2.1 วัดอุณหภูมิของบัฟเฟอร์มาตรฐาน เพื่อหาค่าที่แท้จริงแล้วหมุนปุ่ม temperature ให้เท่ากับอุณหภูมิที่วัดได้ (ในกรณีที่ไม่ใช้ระบบชดเชยอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ)

2.2 จุ่มอิเล็กโทรดลงในบัฟเฟอร์มาตรฐาน pH 7.0 ให้ลึกประมาณ 1 เซนติเมตร

2.3 หมุนปุ่ม calibrate จนอ่านค่า pH ได้ 7.0 พอดี

2.4 เลือกตำแหน่ง standby ล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นแล้วซับให้แห้ง

2.5 จุ่มอิเล็กโทรดลงในบัฟเฟอร์ pH 4.0 หรือ pH 10.0 (ใช้ค่า pH ใกล้เคียงกับ pH ของสารละลายที่จะวัด) หมุนปุ่ม slope ให้อ่าน pH ได้เท่ากับบัฟเฟอร์มาตรฐานที่เลือกใช้

3. ล้างอิเล็กโทรดด้วยน้ำกลั่นแล้วซับให้แห้ง
4. วัด pH ของสารละลายที่ต้องการ สังเกตค่า pH จะนิ่งในเวลา 10 วินาที ถึง 3 นาที

ภาพที่ 2 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง

(Water Quality Lab, 2006)