



Culture Media used in Microbiology



www.microbiology.info.com

4102002 ปฏิบัติการจุลชีววิทยาทั่วไป 1(0-3-0)

บทที่ 5
อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

ผศ.ดร.จิรภัทร จันทมาลี ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

เนื้อหาประจำบท (ใช้เวลา 1 สัปดาห์)

- ▶ บทนำ
- ▶ ความต้องการอาหารของแบคทีเรีย
- ▶ ประเภทของอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์
- ▶ การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์
- ▶ การทดลองประจำบท
 - ▶ การทดลองที่ 5.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีองค์ประกอบซับซ้อน
 - ▶ การทดลองที่ 5.2 การเตรียมอาหารสังเคราะห์
 - ▶ การทดลองที่ 5.3 ผลของอาหารเลี้ยงเชื้อต่อการเจริญของจุลินทรีย์
- ▶ สรุป
- ▶ แบบฝึกหัดบทที่ 5
- ▶ เอกสารอ้างอิง



5.1 บทนำ

- ▶ การศึกษาเรื่องอาหารเลี้ยงเชื้อเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเรียนปฏิบัติการจุลชีววิทยา
- ▶ อาหารเลี้ยงเชื้อ (**Culture media**) ที่ใช้สำหรับการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ในห้องปฏิบัติการ มีหลากหลายชนิด และมีความแตกต่างกันทั้งในด้านองค์ประกอบ วิธีการเตรียม และจุดประสงค์การใช้งาน
- ▶ เป็นเรื่องจำเป็นที่นักศึกษาจะต้องทำความเข้าใจในเรื่องดังกล่าวและสามารถเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อทั่วไปได้



5.2 ความต้องการสารอาหารของแบคทีเรีย

- ▶ 5.2.1 แหล่งคาร์บอน (**Carbon source**)
- ▶ 5.2.2 แหล่งพลังงาน (**Energy source**)
- ▶ 5.2.3 แหล่งไนโตรเจน (**Nitrogen source**)
- ▶ 5.2.4 แร่ธาตุ (**Mineral**)
- ▶ 5.2.5 วิตามินและสารกระตุ้นการเจริญ (**Vitamins and growth factor**)
- ▶ 5.2.6 น้ำ (**Water**)



ธาตุอาหารชนิดต่าง ๆ เพื่อการเจริญของจุลินทรีย์

ธาตุ	รูปแบบที่พบในธรรมชาติ	สารเคมีที่มีธาตุเป็นองค์ประกอบ
Carbon, C	CO ₂ , สารประกอบอินทรีย์	Sugar, yeast extract, peptone, acetate, etc.
Nitrogen, N	NH ₃ , NO ₃ ⁻ , สารประกอบอินทรีย์	NH ₄ Cl, KNO ₃ , (NH ₄) ₂ SO ₄ , N ₂ , amino acids, nucleic acids, etc.
phosphorus, P	PO ₄ ³⁻	KH ₂ PO ₄ , Na ₂ HPO ₄
Sulfur, S	H ₂ S, SO ₄ ²⁻ , organic S cpd., metal sulfides	Na ₂ SO ₄ , Na ₂ S, Na ₂ S ₂ O ₃ , cysteine, organic S cpd.
Potassium, K	K ⁺	KCl, KH ₂ PO ₄
Magnesium, Mg	Mg ⁺	MgCl ₂ , MgSO ₄
Sodium, Na	Na ⁺	NaCl
Calcium, Ca	Ca ²⁺	CaCl ₂
Iron, Fe	Fe ²⁺ , Fe ³⁺	FeCl ₃ , FeSO ₄ ,

5.3 ประเภทของอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

5.3.1 ประเภทของอาหารเลี้ยงเชื้อแบ่งตามองค์ประกอบของอาหาร

- ▶ อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีองค์ประกอบซับซ้อน (**Artificial media, Non-synthetic media, Complex media**) อาหารชนิดนี้ใช้กันทั่วไปในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วยสารอาหารที่ซับซ้อนตั้งแต่หนึ่งชนิดขึ้นไป ที่ไม่สามารถบดกรององค์ประกอบทางเคมีที่แน่นอนได้ เป็นอาหารที่มีเนื้อเยื่อพืชหรือสัตว์เป็นองค์ประกอบ อยู่ในปริมาณมาก แต่ยังไม่อยู่ในรูปที่บริสุทธิ์
 - ▶ เพปโตเนน (**Peptone**)
 - ▶ สารสกัดจากเนื้อ (**Beef extract**)
 - ▶ สารสกัดจากยีสต์ (**Yeast extract**)
 - ▶ เคซีน (**Casein**)
 - ▶ ถั่วเหลือง (**Soybeans; Tryptic soy broth**)
- ▶ สารสกัดเหล่านี้มีจำหน่ายทางการค้าในรูปแบบของผง (**Dehydrated form**) และสามารถเตรียมได้ด้วยวิธีการที่ไม่ยุ่งยากในห้องปฏิบัติการ ใช้เพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ได้ทั่วไป แต่ข้อเสียของการใช้อาหารประเภทนี้ก็คือไม่ทราบองค์ประกอบของสารอาหารที่แน่นอน



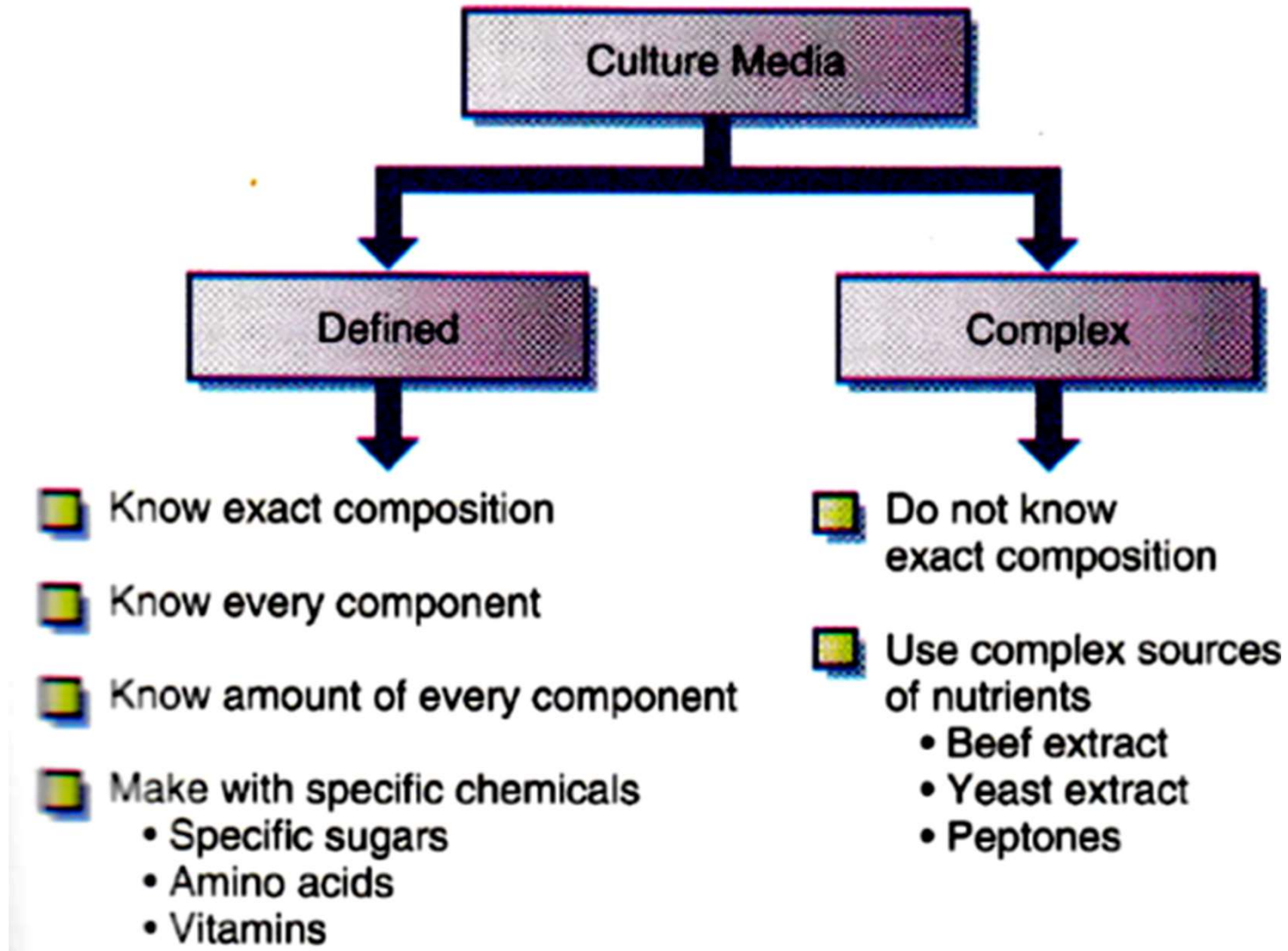
5.3 ประเภทของอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

5.3.1 ประเภทของอาหารเลี้ยงเชื้อแบ่งตามองค์ประกอบของอาหาร

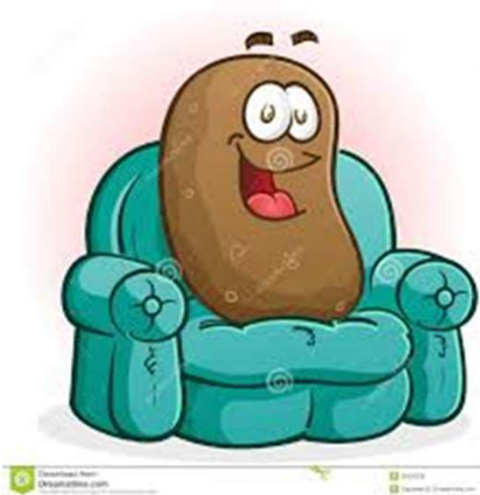
(ต่อ)

- ▶ อาหารสังเคราะห์ (Synthetic media, Chemically defined media) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทราบองค์ประกอบทางเคมีอย่างชัดเจน เช่นอาหารเลี้ยงเชื้อ *Escherichia coli* มีสารอาหารหลายสิบชนิดซึ่งทราบปริมาณที่แน่นอน
- ▶ นักจุลชีววิทยาใช้การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ในอาหารสังเคราะห์เพื่อควบคุมปัจจัยทางชีวเคมีที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อ

เปรียบเทียบอาหารสังเคราะห์และอาหารที่มีองค์ประกอบซับซ้อน



กิจกรรม



ศึกษาวิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

5.3 ประเภทของอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

5.3.2 ประเภทของอาหารเลี้ยงเชื้อแบ่งตามประโยชน์ใช้สอย

- ▶ 5.3.2.1 อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีปริมาณสารอาหารสมบูรณ์ (**Enriched media**) มักใช้เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อเฉพาะแบคทีเรียที่เจริญยากหรืออยู่ในสภาพอ่อนแอ
- ▶ 5.3.2.2 อาหารคัดเลือก (**Selective media**) ใช้แยกจุลินทรีย์ที่ต้องการออกจากจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ปะปนอยู่ โดยการเติมสารเคมีบางอย่าง เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ เช่น
 - ▶ อาหารเอ็มอาร์เอส (**MRS: De Man Rogosa and Sharpe**) ใช้ในการเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย *Lactobacillus* spp.
 - ▶ อาหารอีเอ็มบี (**EMB: Eosin Methylene Blue**) ใช้ในการคัดเลือก *E. coli*



5.3 ประเภทของอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

5.3.2 ประเภทของอาหารเลี้ยงเชื้อแบ่งตามประโยชน์ใช้สอย (ต่อ)

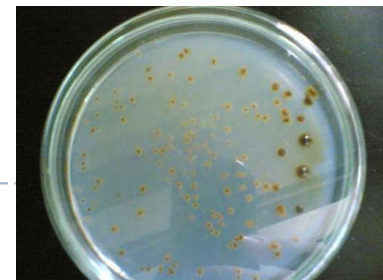
- ▶ 5.3.2.3 อาหารที่ทำให้เกิดลักษณะโคโลนีที่ต่างกัน (**Differential media**) ใช้แยกชนิดของแบคทีเรียที่ปะปนกันอยู่ โดยอาศัยความแตกต่างของโคโลนี เช่นการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่เติมเลือดสัตว์ (**Blood agar media**) ในการเพาะเลี้ยงเชื้อก่อโรค
- ▶ 5.3.2.4 อาหารที่ใช้วิเคราะห์ (**Assay media**) เป็นอาหารที่มีองค์ประกอบพิเศษเพื่อใช้ตรวจวิเคราะห์ปริมาณวิตามิน กรดอะมิโน สารปฏิชีวนะ รวมทั้งสามารถตรวจสอบประสิทธิภาพของสารยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ด้วย
- ▶ 5.3.2.5 อาหารที่ใช้สำหรับการเพิ่มปริมาณเชื้อ (**Media for enumeration**) เป็นอาหารที่ใช้สำหรับนับจำนวนจุลินทรีย์ในน้ำ นํ้านม
 - ▶ อาหารพีซีเอ (**PCA; Plate Count agar**)



5.3 ประเภทของอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

5.3.2 ประเภทของอาหารเลี้ยงเชื้อแบ่งตามประโยชน์ใช้สอย (ต่อ)

- ▶ 5.3.2.6 อาหารที่ใช้สำหรับศึกษาคุณสมบัติของเชื้อ (**Media for characterization**) เป็นอาหารที่ใช้ศึกษาสมบัติของจุลินทรีย์
- ▶ 5.3.2.7 อาหารที่ใช้เก็บเชื้อ (**Maintenance media**) ใช้เก็บรักษาจุลินทรีย์ให้มีชีวิตนานที่สุด โดยเชื้อยังมีสมบัติตามเดิม
- ▶ 5.3.2.8 อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีสารอาหารปริมาณน้อย (**Minimal media**) มักใช้ในการคัดเลือกให้ได้จุลินทรีย์ที่มีสมบัติเฉพาะที่ต้องการ

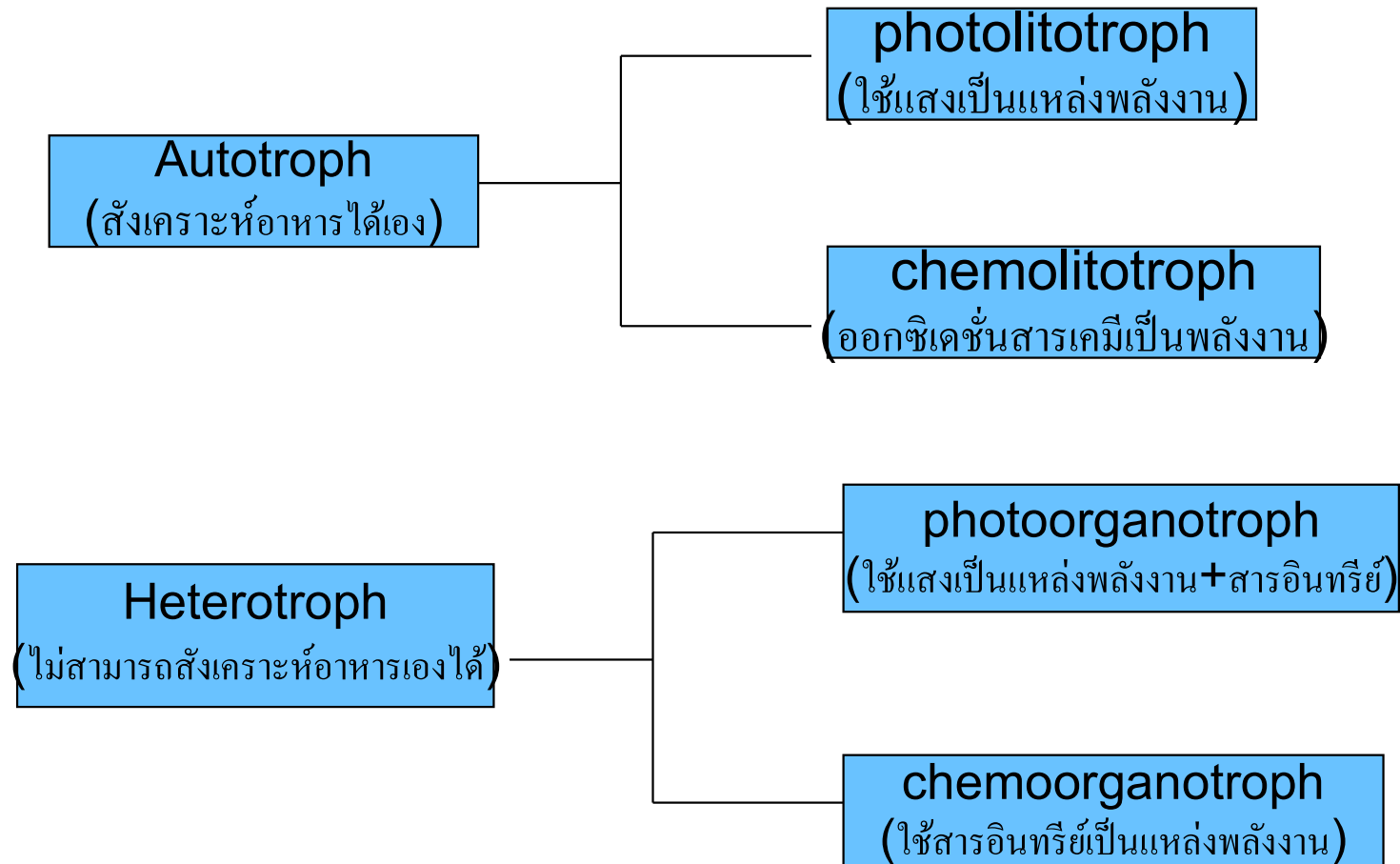


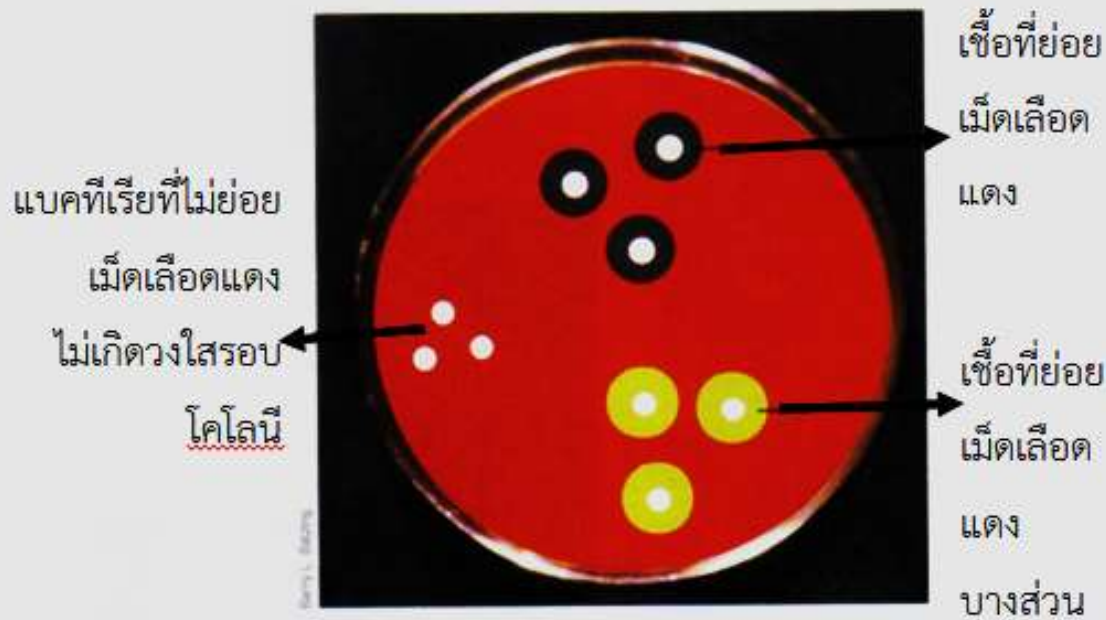
เปรียบเทียบคุณสมบัติของอาหารเลี้ยงเชื้อ 3 ชนิด



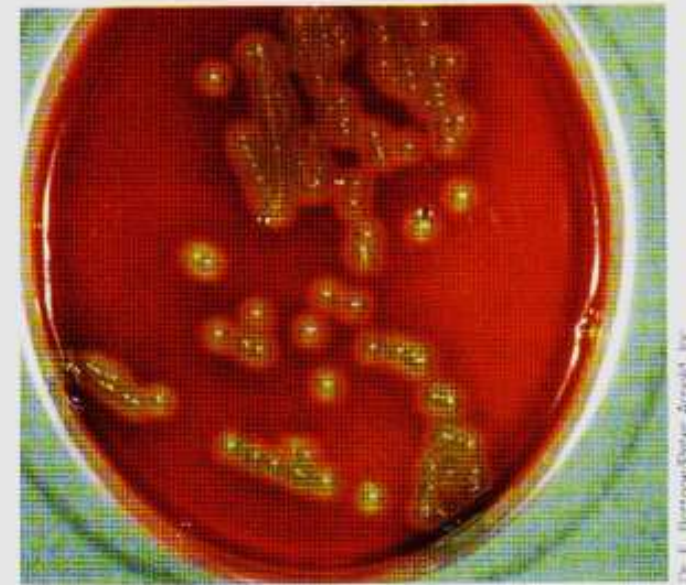
อาหาร	องค์ประกอบ	การใช้งาน	ตัวอย่าง
อาหารคัดเลือก (Selective medium)	- สารกระตุ้นการเจริญ - สารยับยั้งการเจริญ	คัดเลือกจุลินทรีย์ชนิด ใดชนิดหนึ่งออกจาก เชื้อผสม	- Manitol salt agar สำหรับเชื้อกลุ่ม สแตฟฟีโลค็อกไค
อาหารที่ทำให้เกิด ลักษณะต่างกัน (Differential medium)	- สีย้อม - สารกระตุ้นการเจริญ - สารยับยั้งการเจริญ	ทำให้เกิดความ แตกต่างของจุลินทรีย์ ต่างชนิดในเชื้อผสม	- McConkey agar สำหรับแบคทีเรีย แกรมลบ
อาหารสมบูรณ์ (Enriched medium)	- สารกระตุ้นการเจริญ	เพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ที่ เจริญได้ช้า	- Blood agar สำหรับ เชื้อกลุ่มสแตฟฟีโล- ค็อกไค - Chocolate agar สำหรับแบคทีเรีย <i>Neiseeria</i>

การจัดกลุ่มแบคทีเรียตามความต้องการสารอาหาร





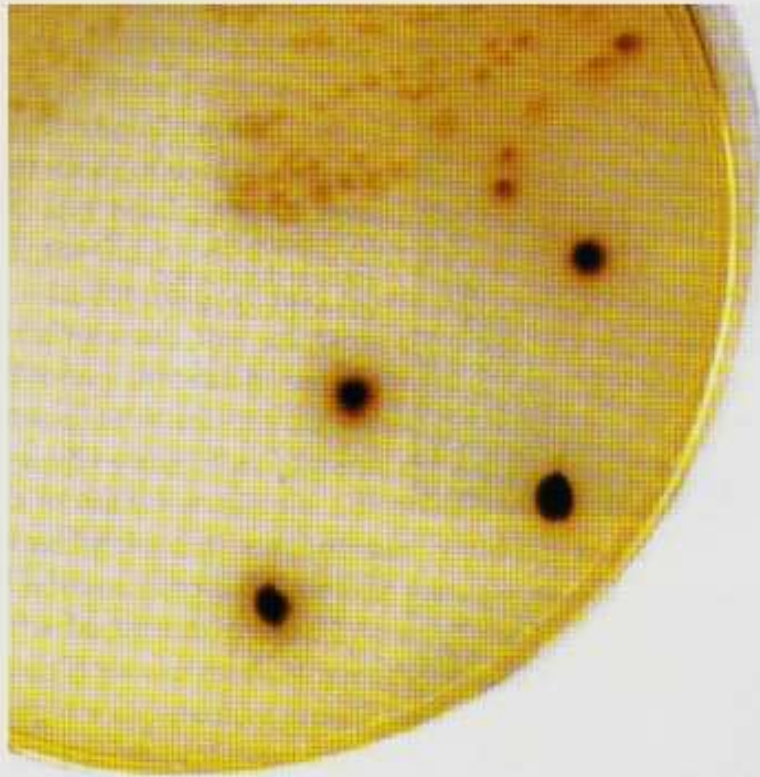
(ก)



(ข)

ภาพที่ 5.2 อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเลือดเป็นองค์ประกอบ (ก) ภาพวาดแสดงลักษณะการย่อยเม็ดเลือดแดงของเชื้อมีโรค (ข) ลักษณะการย่อยเม็ดเลือดแดงแบบสมบูรณ์ของ *Streptococcus* บนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อที่เติมเลือด

ที่มา: Batzing, Barry L., 2002 : 69



(ก)



(ข)

ภาพที่ 5.3 อาหารแข็งซัลโมเนลลา ชิเกลลา (SS agar) (ก) ลักษณะโคโลนีสีดำ โปร่งแสงหรือทึบแสง
ของ *Salmonella* และ *Shigella* (ข) ลักษณะโคโลนีสีชมพูแดงของ *E. coli*

ที่มา: Batzing, Barry L., 2002 : 70



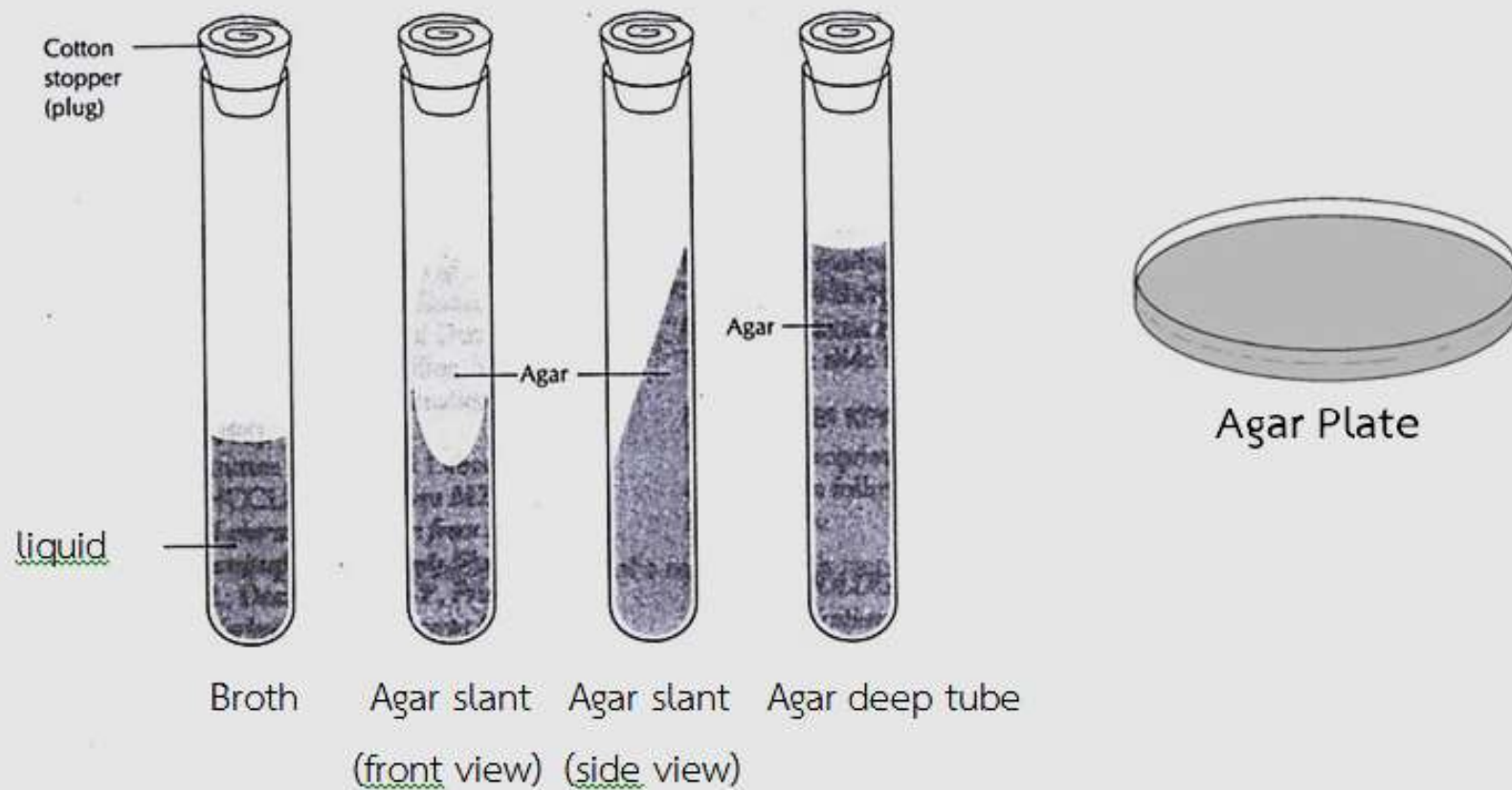
ภาพที่ 5.4 ลักษณะการเจริญของ *E. coli* (หมายเลข 1) ซึ่งมีลักษณะโคโลนีสีเขียวแกมน้ำเงิน และ *Enterobacter aerogenes* มีลักษณะโคโลนีสีชมพูเยิ้ม บนผิวหน้าอาหารอีเอ็มบี (EMB agar) ภายหลังจากบ่มนาน 48 ชั่วโมง

ที่มา: Pommerville, J. C., 2011 : 148

5.3.4 เทคนิคการเตรียมอาหารคัดเลือกที่ใช้สำหรับเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์

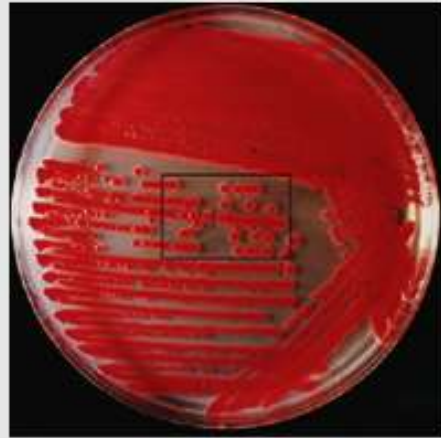
- ▶ 5.3.4.1 เติมสารยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ เช่น การเติมคริสตัล ไวโอเล็ต (**Crystal violet**) ซึ่งมีสมบัติยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวกลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ
- ▶ 5.3.4.2 ปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมเพื่อให้เฉพาะจุลินทรีย์ที่ต้องการเพาะเลี้ยงเจริญได้
 - ▶ การปรับค่าพีเอชของอาหารเลี้ยงเชื้อให้เท่ากับ 3.6 เพื่อใช้แยกและยีสต์ออกจากแบคทีเรีย
- ▶ 5.3.4.3 เลือกใช้สารอาหารเพื่อคัดแยกเฉพาะจุลินทรีย์ที่ต้องการ
 - ▶ การใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีแหล่งคาร์บอนเพียงชนิดเดียว (**Sole carbon source**) เช่น แล็กโตส (**Lactose**) เพื่อใช้แยกเฉพาะแบคทีเรียที่สามารถหมักน้ำตาลแล็กโตสได้

5.3.5 ประเภทของอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์แบ่งตามลักษณะทางกายภาพ

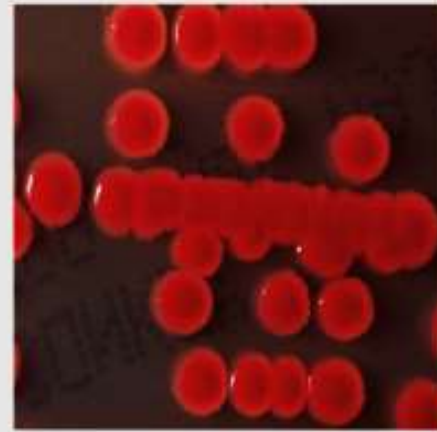


ภาพที่ 5.5 รูปแบบต่าง ๆ ของอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

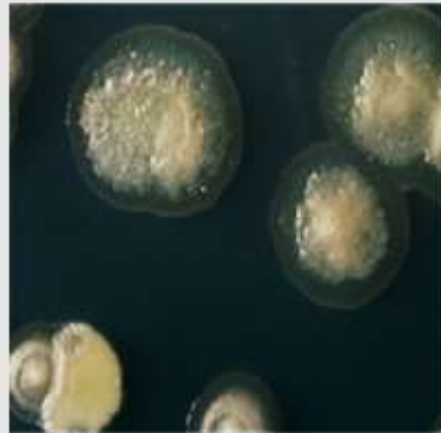
ที่มา: Chan, E. C. S., and other, 1993 : 100



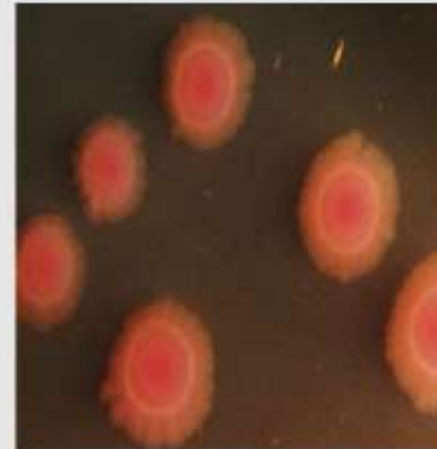
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 5.6 โคโลนีของแบคทีเรียที่เพาะเลี้ยงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดต่าง ๆ (ก) *Serratia marcescens* เจริญบน MacConkey agar (ข) ลักษณะโคโลนีของ *Serratia marcescens* (ค) *Pseudomonas aeruginosa* เจริญบน Trypticase soy agar (ง) *Shigella flexneri* เพาะเลี้ยงบน MacConkey agar

ที่มา: Madigan, M. T. and other, 2011: 90

5.4 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

Nutrient broth		Nutrient agar	
เพปโตน	0.5 กรัม	เพปโตน	0.5 กรัม
สารสกัดจากเนื้อ	0.3 กรัม	สารสกัดจากเนื้อ	0.3 กรัม
น้ำกลั่น	100 มิลลิลิตร	วุ้น	1.5 กรัม
		น้ำกลั่น	100 มิลลิลิตร

ส่วนผสม	คุณสมบัติ
เพปโตน	เป็นสารตัวกลางที่ได้จากการย่อยโปรตีน เป็นแหล่งของคาร์บอน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์
สารสกัดจากเนื้อ	เป็นแหล่งของแร่ธาตุ และสารกระตุ้นการเจริญ



อุปกรณ์พื้นฐานที่ใช้ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ



ชั่งสารบนเครื่องชั่งด้วยความระมัดระวัง



เติมอาหารที่ซึ่งเสร็จแล้วลงไป
ในภาชนะบรรจุน้ำกลั่น



ถ้าเติมวุ้น ให้ตีจนกระทั่ง
วุ้นละลาย



ปรับค่าพีเอช ของอาหาร
เลี้ยงเชื้อ



แบ่งอาหารลงในหลอดทดลอง



ใช้อุปกรณ์ดูดจ่ายสารละลาย
แบบอัตโนมัติ แบ่งอาหาร



ปิดฝาหลอดทดลอง ก่อน
นำไปนิ่งฆ่าเชื้อ

ภาพที่ ข.6 ขั้นตอนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

ที่มา: ดัดแปลงจาก Brown, A. E., 2012 : 131-135

คุณสมบัติที่เหมาะสมของอาหารเลี้ยงเชื้อ

ข้อ	คุณสมบัติของอาหารเลี้ยงเชื้อ
1	มีธาตุอาหารที่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์และมีความเข้มข้นเหมาะสม
2	มีค่าพีเอชที่เหมาะสมกับจุลินทรีย์แต่ละชนิด
3	ไม่มีสารพิษ
4	ไม่มีสิ่งมีชีวิตใด ๆ ปนเปื้อนอยู่ในอาหารนั้น



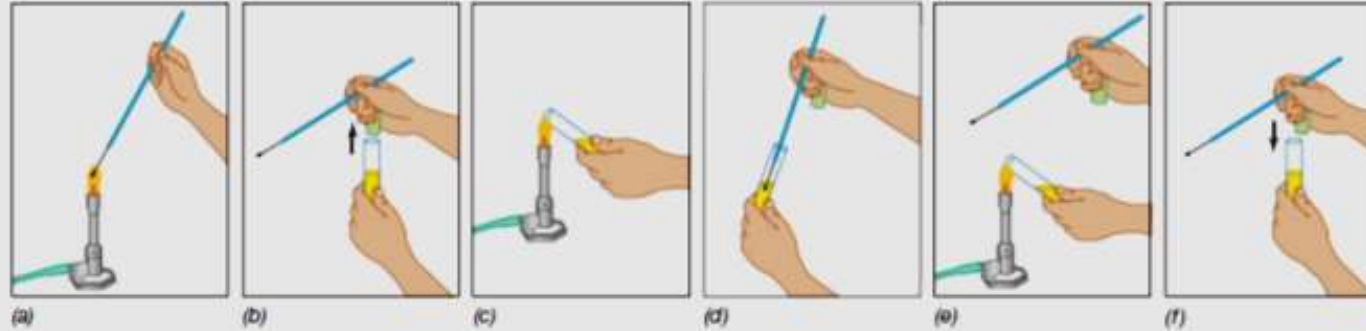
กิจกรรม

- ▶ ให้แต่ละกลุ่มเลือกศึกษาอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูปในห้องปฏิบัติการ 1 ชนิด และนำเสนอหน้าชั้นเรียน
- ▶ ส่งเป็นรายงาน

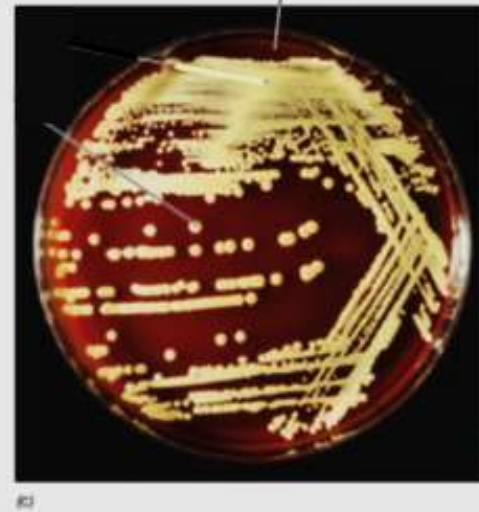


www.shutterstock.com · 35807374

5.4.2 เทคนิคปลอดเชื้อ



(ก) ลักษณะการเจริญสม่ำเสมอของเชื้อตามแนวขีดแรก



(ข)

ภาพที่ 5.9 เทคนิคปลอดเชื้อต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเพาะเชื้อ (ก) การย้ายเชื้อในหลอดทดลอง
(ข) การลงเชื้อบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ

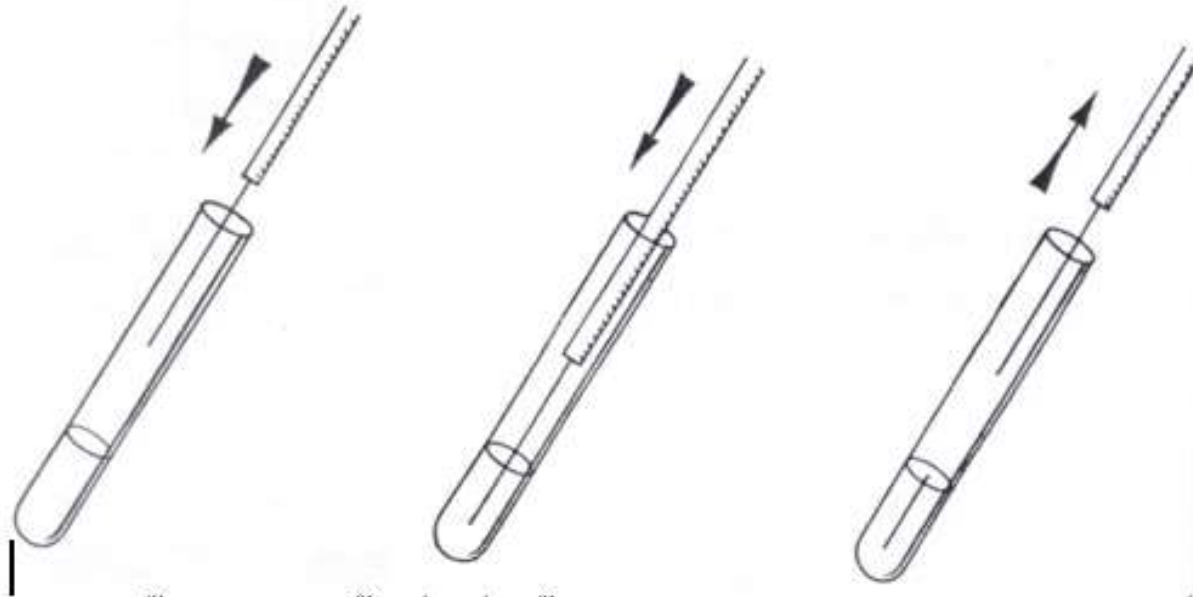
ที่มา: ดัดแปลงจาก Madigan, M. T. and other, 2011 ; 91

5.4.3 วิธีการลงเชื้อในอาหาร



ภาพที่ 5.10 วิธีเก็บเชื้อ (ก) การเก็บจุลินทรีย์บนจานเพาะเชื้อ และ (ข) บนอาหารวุ้นผิวเอียง
ที่มา: คณาจารย์สาขาวิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2544 : 15

5.4.3 วิธีการลงเชื้อในอาหาร (ต่อ)



ภาพที่ 5.11 วิธีการเพาะเชื้อแบบแทงเชื้อเมื่อเชื้อเชื้อแล้วนำมาแทง (Stab) ลงในอาหารวุ้นกึ่งแข็งกึ่งเหลวโดยแทงตรง ๆ ลึกประมาณสามในสี่ของความลึกของอาหาร แล้วชักเข็มขึ้นในลักษณะตั้งตรง

ที่มา: คณาจารย์สาขาวิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2544 : 30

5.5 การทดลองประจำบท

- ▶ ในบทที่ 5 ประกอบด้วยการทดลองที่เกี่ยวข้อง 3 เรื่องคือ
 - ▶ การทดลองที่ 5.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีองค์ประกอบซับซ้อน (Preparation of complex media)
 - ▶ การทดลองที่ 5.2 การเตรียมอาหารสังเคราะห์ (Preparation of synthetic media)
 - ▶ การทดลองที่ 5.3 ผลของอาหารเลี้ยงเชื้อต่อการเจริญของแบคทีเรีย (Evaluation of media to support growth of bacteria)

นักศึกษาเขียนขั้นตอนการทดลองบนกระดานดำ
พร้อมนำเสนอ



กิจกรรมดูวิดีโอ

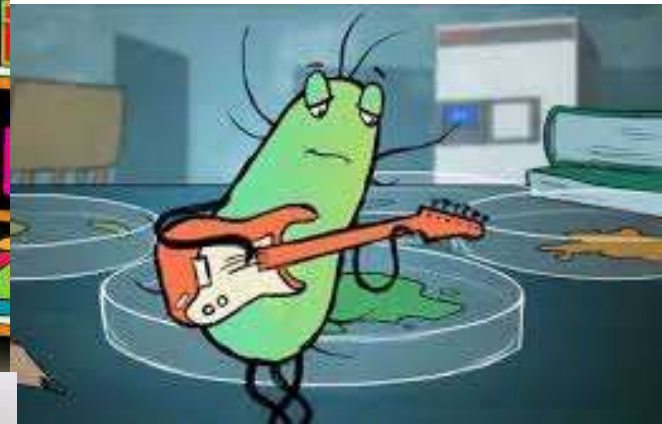


Preparation of Selective and Differential Media - Amrita University.mp4



Media Prep.mp4

เรามาเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อกันเถอะ



5.6 สรุป

- ▶ ยังมีเชื้อที่ไม่สามารถเพาะเลี้ยงได้ (**Uncultured microbes**) อีกมากกว่า 99 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากผู้ศึกษาไม่สามารถจำลองสารอาหารและสภาพแวดล้อมทั้งทางกายภาพและชีวภาพให้เหมือนหรือใกล้เคียงกับในธรรมชาติได้
- ▶ ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจะต้องคำนึงถึงชนิดและปริมาณของสารอาหารที่จุลินทรีย์ชนิดนั้น ๆ ต้องการ
- ▶ การแยกเชื้อจะสะดวกและรวดเร็วขึ้น ถ้านำเอาความรู้เกี่ยวกับสมบัติพิเศษของจุลินทรีย์ชนิดนั้นมาใช้ในการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อการคัดแยกเชื้อชนิดที่ต้องการ
- ▶ การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ให้ประสบความสำเร็จ จำเป็นจะต้องเข้าใจถึงความต้องการสารอาหารของเชื้อ และเติมสารอาหารที่จุลินทรีย์แต่ละชนิดต้องการในรูปแบบและปริมาณที่เหมาะสม



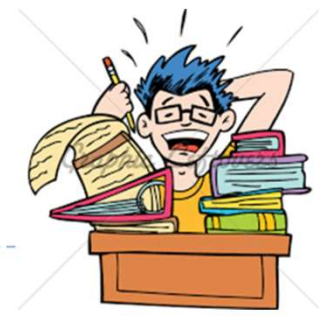
แบบฝึกหัดบทที่ 5



คำชี้แจง จงตอบคำถามต่อไปนี้มาพอเข้าใจ

1. เพปโทน สารสกัดจากเนื้อ สารสกัดจากยีสต์ และวุ้นคืออะไร เหตุใดจึงต้องเติมลงไปในการเลี้ยงเชื้อ
2. โดยทั่วไปแบคทีเรียและเชื้อราเจริญที่ค่าพีเอชเท่าใด
3. อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์แบ่งได้เป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง
4. จงอธิบายขั้นตอนการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์
5. สามารถแบ่งประเภทของอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ตามลักษณะทางกายภาพได้กี่ชนิด อะไรบ้าง
6. สามารถแบ่งประเภทของอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ตามองค์ประกอบของอาหาร ได้กี่ชนิด อะไรบ้าง
7. จงยกตัวอย่างอาหารเลี้ยงเชื้อคัดเลือกและแบบที่ทำให้เกิดลักษณะโคโลนีแตกต่างกัน
8. จงระบุชนิดของแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนในอาหาร glucose-salts medium
9. “บัฟเฟอร์” คืออะไร มีผลอย่างไรต่ออาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ จงระบุชนิดของสารเคมีที่เป็นบัฟเฟอร์ในอาหาร glucose-salts medium
10. จงอธิบายวิธีเตรียม NB ปริมาตร 500 มิลลิลิตร
11. จงอธิบายวิธีเตรียม Glucose-salts medium ปริมาตร 200 มิลลิลิตร

เอกสารอ้างอิง



คณาจารย์สาขาจุลชีววิทยา. (2544). **คู่มือปฏิบัติการจุลชีววิทยา**. เชียงใหม่ : ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Batzing, Barry L. (2002). **Microbiology : an introduction**. USA : Thomson Learning, Inc.

Brown, A. E. (2012). **Benson's Microbiological Applications : Laboratory Manual in General Microbiology, Complete Version**. 12th edition. New York : McGraw-Hill.

Chan, E. C. S. and other. (1993). **Laboratory exercises in microbiology**. 6th edition. New York : McGraw-Hill, Inc.

Madigan, M. T. and other. (2011). **Brock biology of microorganisms**. 13th edition. CA : Benjamin Cummings

Pommerville, J. C. (2011). **Alcamo's Fundamentals of Microbiology**. 9th edition. Massachusettes : Jones and Bartlett Publishers.

ข้อคิดคำคม

The best way to predict
the future is to invent it.

วิธีที่ดีที่สุด ในการทำนายอนาคต
คือ การสร้างมันขึ้นมา

#Alan Kay

www.4u103.com