การจำแนกและระบุชนิดจุลินทรีย์ด้วยวิธีการเรียนรู้เชิงลึก

Application of deep learning for microbial classification

กัญญารัตน์ พิมดี

KANYARAT PIMDEE

จุฑาวรรณ ศิลปไชย

JUTHAWAN SILLAPACHAI

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2562

ภาควิชา วิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การจำแนกและระบุชนิดจุลินทรีย์ด้วยวิธีการเรียนรู้เชิงลึก

Application of deep learning for microbial classification

ผู้จัดทำ นางสาวกัญญารัตน์ พิมดี รหัสนักศึกษา 59010073

นางสาวจุฑาวรรณ ศิลปไชย รหัสนักศึกษา 59010229

ปริญญานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

(ดร.ตรีสุคนธ์ ตรีบุพชาติสกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การจำแนกและระบุชนิดจุลินทรีย์ด้วยวิธีการเรียนรู้เชิงลึก

นักศึกษา นางสาวกัญญารัตน์ พิมดี 59010073

นางสาวจุฑาวรรณ ศิลปไชย 59010229

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมชีวการแพทย์

พ.ศ. 2562

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ดร.ตรีสุคนธ์ ตรีบุพชาติสกุล

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการประยุกต์ใช้วิธีการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ในการสร้างรูปแบบ (model) และแอพพลิเคชั่น สำหรับการจำแนกชนิดของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นฐานข้อมูลมีทั้งหมด 8 ชนิด คือ *Bacillus sphaericus, Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Candida albicans, Micrococcus spp, Streptococcus thermophilus, Lactobacillus casei* และ *Lactobacillus delbrueckii* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มักพบได้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน โดยทำการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ทั้ง 8 ชนิด แล้วเก็บภาพเซลล์ของจุลินทรีย์ผ่านทางกล้องจุลทรรศน์เป็นฐานข้อมูลในการสร้างวิธีการเรียนรู้เชิงลึก โดยใช้อัลกอริทึมของเทนเซอร์โฟลเป็นหลัก และสามารถใช้รูปแบบที่ผ่านการฝึกฝน (Train) ให้แสดงผลออกมาในรูปของแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยพบว่าความถูกต้องของการทดสอบทำนาย (Testing Accuracy) ชนิดของจุลินทรีย์ต่อการฝึกฝน 500 Epoch มีค่าสูงสุดที่ 96 % และจากการทดสอบรูปแบบที่ผ่านการฝึกฝนโดยใช้ตัวอย่างภาพจุลินทรีย์แต่ละชนิดซึ่งแยกจากชุดภาพสำหรับการฝึกฝนพบว่าความถูกต้องของการทดสอบบนแอพพลิเคชั่นสำหรับ *Bacillus sphaericus* 100%, *Escherichia coli* 100 %, *Staphylococcus aureus* 90%, *Candida albicans* 94%, *Micrococcus spp* 100%, *Streptococcus thermophilus* 82%, *Lactobacillus casei* 89% และ *Lactobacillus delbrueckii* 100% คณะผู้วิจัยหวังว่าแอพพลิเคชั่นนี้ จะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำในการระบุชนิดของจุลินทรีย์ในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากการจำแนกและระบุชนิดของจุลินทรีย์มีความสำคัญต่อการวินิจฉัยโรคและวิธีการรักษาทางการแพทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Application of deep learning for microbial classification
Student	KANYARAT PIMDEE 59010073
	JUTHAWAN SILLAPACHAI 59010229
Degree	Bachelor of Engineering
Program	Biomedical Engineering
Year	2019
Thesis Advisor	Dr.Treesukon Treebupachatsakul

Abstract

This project discusses the application of deep learning to classify and identify the type of microorganism. In this research, 8 types of microorganisms were used to be the database including, *Bacillus sphaericus, Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Candida albicans, Micrococcus spp, Streptococcus thermophilus, Lactobacillus casei and Lactobacillus delbrueckii*. These microbials are commonly found in daily life. We cultivated these 8 types of microorganisms on proper medium and then collected the image of cell of each type by microscope, which were used as our image dataset for training and testing of deep learning by TensorFlow's algorithm. The result of model training with 500 Epoch showed the highest testing accuracy reached 96%. Moreover, we created the application of microorganism identification on an android mobile phone by using our trained model. The prediction results of testing by unseen images trained model showed that the application displayed the testing accuracy of *Bacillus sphaericus* 100%, *Escherichia coli* 100%, *Staphylococcus aureus* 90%, *Candida albicans* 94%, *Micrococcus spp* 100%, *Streptococcus thermophilus* 82%, *Lactobacillus casei* 89% .This application will increase the efficiency and accuracy of microbial identification in the laboratory, to diagnosis and find the proper treatment for the infected patients.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยคำแนะนำจาก ดร.ตรีสุคนธ์ ตรีบุพชาติสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุวิทย์ ภูมิฤทธิกุล มหาวิทยาลัยปทุมวัน ซึ่งทั้ง 2 ท่านมีส่วนสำคัญในการให้ความรู้ คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ ที่ให้ความรู้ ความคิดเห็น ตรวจทาน และปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ในการนำเสนอ ส่งผลให้การวิจัยสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ที่ช่วยสนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทำงานวิจัย ทำให้สามารถดำเนินงานไปได้อย่างราบรื่น

ขอกราบขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ช่วยสนับสนุนค่าวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำงานวิจัย ทำให้สามารถดำเนินงานไปได้อย่างสำเร็จลุล่วง

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

กัญญารัตน์ พิมดี
จุฑาวรรณ ศิลปไชย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II
กิตติกรรมประกาศ..... III
สารบัญ..... IV
สารบัญตาราง..... VII
สารบัญภาพ..... VIII
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา..... 2
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา..... 2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย..... 2
1.5 ขอบเขตการวิจัย..... 2
1.6 ขั้นตอนของการศึกษา..... 3
1.7 ข้อตกลงเบื้องต้น..... 3
1.8 ข้อจำกัดของการศึกษา..... 3
1.9 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา..... 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 4
2.1 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง..... 4
2.1.1 *Escherichia coli*..... 4
2.1.2 *Staphylococcus aureus*..... 6
2.1.3 *Candida albicans*..... 8
2.1.4 *Micrococcus*..... 11
2.1.5 *Streptococcus thermophilus*..... 13
2.1.6 *Lactobacillus*..... 14
2.1.7 *Bacillus sphaericus*..... 15
2.2 อาหารเลี้ยงจุลินทรีย์..... 17
2.2.1 Nutrient agar..... 18
2.2.2 MRS agar..... 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

2.2.3 Blood Agar base 18
2.2.4 YPD 19
2.3 การตรวจย้อมเชื้อ / เพาะเชื้อ 19
2.4 ปัญญาประดิษฐ์ 20
2.5 เทนเซอร์โฟล 22
2.5.1 เทนเซอร์โฟล ไลท์ 25
2.6 นิวรอลเน็ตเวิร์ค 25
2.7 กูเกิ้ลเน็ต 30
2.8 ซอฟต์แมกซ์ฟังก์ชัน 30
2.8 ครอสเอนโทรปีลอส 31
2.9 แอนดรอยด์สตูดิโอ 31
2.9.1 โครงสร้าง โปรเจคโฟลเดอร์ 32
2.9.2 แผ่นพาเลต 34
2.10 แอนดรอยด์เอสดีเค 34
2.11 เครื่องมือและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 35
2.11.1 ไพทอน 3.6 35
2.11.2 กิตฮับ (GitHub) 35
2.11.3 อูบุนตู 18.0 36
2.11.4 โหมดนักพัฒนา 36
2.11.5 พาวเวอร์เชล 36
2.11.6 คอมมานด์พรอมท์ 36
2.11.7 กราฟฟิคเคิลยูสเซอร์อินเทอเฟส 37
2.11.8 บิทแมป 37
2.11.9 ค่าความถูกต้องแม่นยำ 37

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 38
3.1 การเก็บข้อมูล 38
3.1.1 การคัดเลือกจุลินทรีย์ 38
3.1.2 การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

3.1.3 การเก็บ คัดเลือก และการจัดเรียงข้อมูล..... 41
3.1.3.1 การเก็บข้อมูล..... 41
3.1.3.2 การคัดเลือก และการรวบรวมข้อมูล..... 43
3.2 แบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก..... 43
3.2.1 การสร้างแบบจำลอง..... 47
3.2.1.1 การสร้างข้อมูลลักษณะเฉพาะ และการสอนปัญญาประดิษฐ์..... 47
3.2.2 การทดสอบแบบจำลอง..... 49
3.2.3 การสร้างไฟล์แบบจำลอง.lite..... 51
3.3 แอพพลิเคชั่น..... 52
3.3.1 การออกแบบแอพพลิเคชั่น..... 53
3.3.2 การสร้างแอพพลิเคชั่น..... 54

บทที่ 4 ผลการวิจัย..... 59
4.1 ผลการทดลอบในส่วนของวิธีการเรียนรู้เชิงลึก..... 59
4.1.1 ผลการทดสอบจากการสร้างแบบจำลอง..... 59
4.1.2 ผลการทดสอบแบบจำลอง..... 60
4.2 ผลการทดลองในส่วนของแอพพลิเคชั่น.....63
4.2.1 แอพพลิเคชั่นที่กำลังพัฒนา.....63
4.2.2 ผลการทดสอบฟังก์ชันกล้องจากโทรศัพท์มือถือ..... 66
4.2.3 ผลการทดสอบฟังก์ชันภาพจากแกลอรี่..... 69

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง..... 74
5.1 บทสรุป..... 74
5.2 ข้อเสนอแนะ..... 75

อ้างอิง..... 76
ภาคผนวก..... 81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย..... 38
ตารางที่ 3.2 ตารางคุณลักษณะ รูปร่าง ของจุลินทรีย์ที่ได้รับการคัดเลือก..... 39
ตารางที่ 3.3 ตารางการก่อโรคของจุลินทรีย์ที่ได้รับการคัดเลือก..... 40
ตารางที่ 3.4 ตารางจุลินทรีย์ที่มีลักษณะรูปร่างคล้ายกัน..... 40
ตารางที่ 3.5 ตารางคุณสมบัติในการเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ที่ถูกคัดเลือก..... 41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 *Escherichia coli*..... 4
ภาพที่ 2.2 *Staphylococcus aureus*..... 6
ภาพที่ 2.3 *Candida albicans*..... 8
ภาพที่ 2.4 *Micrococcus*..... 11
ภาพที่ 2.5 *Streptococcus thermophilus*..... 13
ภาพที่ 2.6 *Lactobacillus casei*..... 14
ภาพที่ 2.7 *Lactobacillus delbrueckii*..... 14
ภาพที่ 2.8 *Bacillus sphaericus*..... 15
ภาพที่ 2.9 อาหารเลี้ยงเชื้อ..... 18
ภาพที่ 2.10 การย้อมเชื้อ..... 19
ภาพที่ 2.11 ปัญญาประดิษฐ์..... 20
ภาพที่ 2.12 สัญลักษณ์ของ TensorFlow..... 22
ภาพที่ 2.13 ส่วนประกอบของนิวรอลเน็ตเวิร์ค (Neural Network)..... 25
ภาพที่ 2.14 Neural Network..... 26
ภาพที่ 2.15 ขยายภาพรวม Neural Network..... 27
ภาพที่ 2.16 แผนภาพการทำงาน Neural Network..... 28
ภาพที่ 2.17 กูเกิ้ลเน็ต..... 30
ภาพที่ 2.18 แอนดรอยด์สตูดิโอโลโก้..... 32
ภาพที่ 2.19 โครงสร้างโปรเจคโฟลเดอร์..... 33
ภาพที่ 2.20 แผ่นพาเลต..... 34
ภาพที่ 2.21 แอนดรอยด์แอสดีเค..... 35
ภาพที่ 3.1 การย้อมสีแบคทีเรีย (Gram staining)..... 42
ภาพที่ 3.2 คุณลักษณะของเครื่องคอมพิวเตอร์..... 44
ภาพที่ 3.3 หน้าเว็บไซต์สำหรับดาวน์โหลดไพธอน..... 44
ภาพที่ 3.4 รายการแพ็คเกจ-เวอร์ชั่นที่ต้องมีในไพธอนบนคอมมานด์พรอมท์..... 45
ภาพที่ 3.5 หน้าเว็บไซต์ ดาวน์โหลดกิตฮับ..... 45
ภาพที่ 3.6 ตั้งค่าบนวินโดว์ เพื่อทำการเปิดโหมดผู้พัฒนา..... 46
ภาพที่ 3.7 หน้า Windows features เพื่อทำการเปิด Windows Subsystem for Linux..... 46
ภาพที่ 3.8 Ubuntu 18.0 บน Microsoft store..... 47
ภาพที่ 3.9 ซ้ายภาพภายในโฟลเดอร์training_dataset ขวาภาพในโฟลเดอร์ *E. coli*..... 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 3.10 ด้ายซ้ายเป็นภาพก่อนRUN train.sh ด้านขวาเป็นภาพหลัง RUN train.sh..... 49
ภาพที่ 3.11 ด้ายซ้ายเป็นภาพหลังRUN tensorboard ด้านขวาแสดงผล tensorboard..... 49
ภาพที่ 3.12 การทดสอบภาพ *E. coil* แสดงผลเป็น *E. coli* 60.16%..... 50
ภาพที่ 3.13 การทดสอบภาพ *Micrococcus spp* แสดงผลเป็น *Micrococcus spp* 38.50%... 50
ภาพที่ 3.14 การทดสอบภาพ *L. delbrueckii* แสดงผลเป็น *L. delbrueckii* 95.04%..... 51
ภาพที่ 3.15 การทดสอบภาพ *Candida albicans* แสดงผลเป็น *Candida albicans* 97.18%. 51
ภาพที่ 3.16 ด้ายซ้ายเป็นภาพขณะRUN train.sh ด้านขวาเป็นภาพเมื่อสร้างไฟล์liteแล้ว..... 52
ภาพที่ 3.17 หน้าเว็บดาวน์โหลดโปรมแกรมแอนดรอยด์สตูดิโอ..... 53
ภาพที่ 3.18 แผนผังการออกแบบแอพพลิเคชั่น..... 53
ภาพที่ 3.19 แผนผังการสร้างแอพพลิเคชั่น..... 54
ภาพที่ 3.20 ภาพหน้าต่างสร้างโปรเจคใหม่ (Create New Project)..... 55
ภาพที่ 3.21 ไฟล์ที่ใช้ในการจำแนกภาพ(กรอบสีน้ำเงิน)..... 56
ภาพที่ 4.1 กราฟค่าความแม่นยำ ของการเทรน-เทส (Train-test) โดยใช้ TensorFlow..... 59
ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างการทดสอบ *Escherichia coli*..... 60
ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างการทดสอบ *Lactobacillus casei*..... 61
ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างการทดสอบ *Lactobacillus delbrueckii*..... 61
ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างการทดสอบ *Micrococcus spp*..... 62
ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างการทดสอบ *Streptococcus thermophilus*..... 62
ภาพที่ 4.7 ไอคอนเข้าสู่ของแอพพลิเคชั่น..... 63
ภาพที่ 4.8 หน้าแรกของแอพพลิเคชั่น..... 64
ภาพที่ 4.9 หน้าเมนูหลักของแอพพลิเคชั่น..... 64
ภาพที่ 4.10 หน้าแรกของเมนูลิสต์..... 65
ภาพที่ 4.11 หน้าเมนู Camera..... 65
ภาพที่ 4.12 หน้าเมนูแกลเลอรี่..... 66
ภาพที่ 4.13 ตัวอย่างจากการทดสอบผ่านกล้องโทรศัพท์มือถือ..... 67
ภาพที่ 4.14 ทดสอบภาพจากแกลอรี่ *Escherichia coli* ความถูกต้อง100%..... 69
ภาพที่ 4.15 ทดสอบภาพจากแกลอรี่ *Lactobacillus casei* ความถูกต้อง 87.5%..... 70
ภาพที่ 4.16 ทดสอบภาพจากแกลอรี่ *Candida albicans* ความถูกต้อง 87.5%..... 70
ภาพที่ 4.17 ทดสอบภาพจากแกลอรี่ *Bacillus sphaericus* ความถูกต้อง 100%..... 71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 4.18 ทดสอบภาพจากแกลอรี่ *Micrococcus spp* ความถูกต้อง 100%..... 71
ภาพที่ 4.19 ทดสอบภาพจากแกลอรี่ *Streptococcus thermophillus* ความถูกต้อง 62.5% .. 72
ภาพที่ 4.20 ทดสอบภาพจากแกลอรี่ *Staphylococcus aureus* ความถูกต้อง 100%..... 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางการแพทย์ ถือได้ว่าเป็นอีกส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญทั้งในด้านการตรวจวินิจฉัยโรค การเฝ้าระวังควบคุมโรค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยจากเชื้อดื้อยา ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยการตรวจทางห้องปฏิบัติการเท่านั้นจึงสามารถทราบและระบุชนิดของเชื้อที่ก่อโรคได้ โดยในการตรวจหาเชื้อโดยทั่วไปจะต้องเริ่มต้นจากการนำตัวอย่างจากผู้ป่วยมาคัดแยกชนิดของเชื้อ โดยอาศัยหลักปฏิบัติการทางจุลชีววิทยา โดยการเลี้ยงให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตในอาหารเลี้ยงเชื้อ ก่อนจะนำมาย้อมสีแกรม และส่องด้วยกล้องกล้องจุลทรรศน์ วิธีการจำแนกชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ต้องอาศัยความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านของบุคลากรในการจำแนก ซึ่งในส่วนขั้นตอนนี้อาจเกิดความผิดพลาดที่เกิดจากคน (Human Error) ซึ่งอาจเพียงเล็กน้อย อยู่ในระดับที่ยอมรับได้หรืออาจจะมากจนเกินกว่าจะยอมรับ โดยปกติแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทได้แก่ ความผิดพลาดที่ไม่ได้ตั้งใจเกิดจากการกระทำหรือไม่กระทำโดยไม่ได้มีการคิดไว้ล่วงหน้าและความผิดพลาดที่ตั้งใจให้เกิดจากการกระทำหรือไม่กระทำ โดยที่ผู้กระทำการตรวจสอบเชื่อว่าเป็นสิ่งที่ถูกต้อง เหล่านี้ที่ได้กล่าวล้วนส่งผลให้การวินิจฉัยของแพทย์ที่ทำการรักษายากขึ้นหรือเกิดความผิดพลาดได้

ทุกวันนี้ปฏิเสธไม่ได้ว่าหันไปทางไหนก็ได้ยินคนพูดเรื่องปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligent) ทำให้หลายคนต่างกังวลว่าการเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวันของปัญญาประดิษฐ์จะทำให้การจ้างงานลดลงหรือไม่ ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligent) การรวมความฉลาดของมนุษย์สู่เครื่องจักร (Machine) คือชุดของโค้ด, เทคนิค, หรืออัลกอริทึม ที่ทำให้ระบบคอมพิวเตอร์สามารถเลียนแบบ พัฒนาและแสดงพฤติกรรมของมนุษย์ได้เมื่อใดก็ตามที่เครื่องจักร สามารถแก้ปัญหาหรือแก้อัลกอริทึมตามชุดของคำสั่งที่สร้างไว้ได้สำเร็จ การทำงานเช่นนั้นเรียกว่า 'ปัญญาประดิษฐ์' อีกสิ่งนึงที่น่าสนใจและเป็นส่วนย่อยของปัญญาประดิษฐ์ นั่นก็คือ การเรียนรู้เชิงลึกเป็นการสอนให้ระบบคอมพิวเตอร์ทำการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองโดยจำเป็นต้องได้รับข้อมูลเหล่านี้จากผู้ให้ข้อมูลโดยตรง เพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลในการคำนวนอัลกอริทึมที่สามารถแยกแยะข้อมูลได้จากตัวอย่างที่เราป้อนให้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาและนำวิธีการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) โดยใช้ Convolution Neural Network (CNN) มาประยุกต์ใช้ในการจำแนกชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ เพื่อลดความผิดพลาดในห้องปฏิบัติการ อีกทั้งผู้วิจัยยังได้คำนึงถึงการใช้งานซอฟท์แวร์ที่ได้ จึงได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องมือใช้งานในรูปแบบของแอพพลิเคชั่นที่สามารถติดตั้งลงบนสมาร์ทโฟนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาวิธีการจำแนกชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ในห้องปฏิบัติการ และศึกษาวิธีการประยุกต์ใช้การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning)

1.2.2 ประยุกต์ใช้วิธีการเรียนรู้เชิงลึก ในการจำแนกจุลินทรีย์ โดยการใช้ชุดข้อมูลภาพจุลินทรีย์จากกล้องจุลทรรศน์

1.2.3 ออกแบบและสร้างแอพพลิเคชั่น สำหรับจำแนกประเภทของจุลินทรีย์ เพื่อให้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

1.3.1 การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) สามารถสร้างแบบจำลอง (Model) เพื่อใช้ในการจำแนกเชื้อจุลินทรีย์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

1.3.2 แอพพลิเคชั่นจากแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) มีความแม่นยำในการจำแนกชนิดเชื้อจุลินทรีย์ รวมทั้งมีความสะดวกต่อผู้ใช้และใช้ง่าย

1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

แนวคิดในการวิจัยเป็นการนำข้อมูลภาพจุลินทรีย์ไปสร้างแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก โดยใช้อัลกอริทึมของโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network : CNN) ซึ่งเป็นการทำฟิลเตอร์ภาพ แปลงคุณลักษณะ และแยกองค์ประกอบออกมา จากนั้นทำการปรับขนาด เพิ่มความละเอียด ทำซ้ำๆ เพื่อทำการเรียนรู้รูปแบบ (Pattern) ปรับน้ำหนัก ปรับกระบวนการเทรน (Train) จนได้รูปแบบจำลอง (Model) ที่ให้ผลลัพธ์คือ ความแม่นยำในการจำแนกชนิดของจุลินทรีย์ แล้วนำโมเดลนั้นไปใช้บนแอพพลิเคชั่น

1.5 ขอบเขตการวิจัย

1.5.1 ข้อมูลภาพของจุลินทรีย์ที่จะใช้เป็นฐานข้อมูลทั้งหมด 8 ชนิด

1.5.2 ฐานข้อมูลภาพจุลินทรีย์จากกล้องจุลทรรศน์ ประกอบด้วย การเก็บภาพโดยใช้กล้องโทรศัพท์มือถือของผู้วิจัย การเก็บภาพโดยใช้กล้องถ่ายภาพจุลทรรศน์ของผู้วิจัย และข้อมูลภาพจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.5.3 ออกแบบและปรับปรุงวิธีการเรียนรู้เชิงลึกโดยใช้อัลกอริทึมของโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันในการจำแนกจุลินทรีย์ให้มีความแม่นยำ

1.5.4 ออกแบบและปรังปรุงแอพพลิเคชั่นบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ (Android) ที่สามารถใช้แบบจำลองวิธีการเรียนรู้เชิงลึก ในการจำแนกชนิดจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

1.6.1 ศึกษาจุลินทรีย์ที่จะใช้ในการทำฐานข้อมูล

1.6.2 เพาะเลี้ยงจุลินทรีย์และเก็บรูปภาพเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูล

1.6.3 ศึกษากระบวนการทำวิธีการเรียนรู้เชิงลึกในการจำแนกชนิดจุลินทรีย์

1.6.4 ออกแบบสร้างและปรับปรุงวิธีการเรียนรู้เชิงลึกในการจำแนก

1.6.5 ศึกษาการเขียนแอพพลิเคชั่นบนแอนดรอยด์สตูดิโอ

1.6.6 ออกแบบสร้างและปรับปรุงแอพพลิเคชั่นที่สามารถใช้งานวิธีการเรียนรู้เชิงลึกในการจำแนก

1.7 ข้อตกลงเบื้องต้น

การวิจัยเพื่อการจำแนกและระบุชนิดจุลินทรีย์ด้วยวิธีการเรียนรู้เชิงลึกครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาในเรื่องการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกโดยใช้เทนเซอร์โฟล ซึ่งเป็นวิธีการนำเทนเซอร์โฟล ไลท์ (Tensorflow Lite) มาใช้บนแอนดรอยด์ (Android) ผ่านทางวินโดว์10 (Windows 10) เริ่มตั้งแต่การเทรนแบบจำลอง (Train model) จนถึงการนำไปใช้งานบนแอนดรอยด์ (Android) แอพพลิเคชั่นที่สร้างบนแอนดรอย์สตูดิโอ (Android studio) มีเนื้อหาดังนี้

1.7.1 การคัดเลือก เพาะเลี้ยง และรวบรวมข้อมูลจุลินทรีย์

1.7.2 การสร้าง ฝึกสอน และการทดสอบแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก

1.7.3 การออกแบบและการสร้างแอพพลิเคชั่น ในการจำแนกและระบุชนิดจุลินทรีย์

1.8 ข้อจำกัดของการศึกษา

1.8.1 จุลินทรีย์ที่จะใช้เป็นฐานข้อมูลมี 8 ชนิด

1.8.2 แอพพลิเคชั่นใช้ได้บนโทศัพท์มือถือระบบแอนดรอยด์

1.9 คำจำกัดความที่ใช้ในการศึกษา

ปัญญาประดิษฐ์ - Artificial Intelligence : AI

แบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก - Deep Learning

การเรียนรู้ของเครื่อง - Machine Learning : ML

การสอน/การฝึกสอน ปัญญาประดิษฐ์ – Train AI

การทดสอบปัญญาประดิษฐ์ – Test AI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง

จุลินทรีย์ คือ สิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กมากๆ และอาจไม่สามารถจะมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าจึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์บางอย่างช่วยในการสังเกต เช่น กล้องจุลทรรศน์ [1]

2.1.1 *Escherichia coli*

ภาพที่ 2.1 *Escherichia coli*

Escherichia coli (TISTR 527) เขียนย่อว่า *E. coli* เป็นแบคทีเรียแกรมลบ (Gram negative bacteria) รูปร่างเป็นแท่ง (Rod shape) ไม่สร้างสปอร์เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต (Facultative anaerobe) อยู่ในวงศ์เอนเทอโรแบคทีเรียซีอี (Enterobacteriaceae) และเป็นแบคทีเรียที่จัดอยู่ในกลุ่มโคลิฟอร์ม (Coliform) ประเภทเฟเคิลโคลิฟอร์ม (Fecal coliform) ซึ่งเป็นโคลิฟอร์มที่พบในอุจจาระของมนุษย์และสัตว์เลือดอุ่น จึงใช้เป็นดัชนีบ่งชี้สุขลักษณะของอาหารและน้ำ *E. coli* ส่วนใหญ่ไม่ใช่จุลินทรีย์ก่อโรค (Pathogen) แต่บางชนิดที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ (Food poisoning) หรือเรียกว่า (*Enterovirulent Escherichia coli group* : EEC group) มี 4 ประเภทคือ [2]

- *Enterotoxigenic E. coli (ETEC)*
- *Enteropathogenic E. coli (EPEC)*
- *Enterohemorrhagic E. coli (EHEC)* หรือ *E. coli 0157:H7*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- *Enteroinvasive E. coli (EIEC)*

Enterotoxigenic E. coli (ETEC) เป็น *E. coli* ซึ่งทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ อาการทั่วไปคือ ท้องร่วง ปวดท้อง ไข้ต่ำ คลื่นไส้ และ อ่อนเพลีย การติดเชื้อหรือแสดงอาการต่อเมื่อได้รับเชื้อเข้าไปประมาณ 100 ล้าน ถึง 1 หมื่นล้านเซลล์ (Cells) โดยระหว่างการเจริญจะสร้างสารพิษที่ทำให้เกิดการหลั่งของของเหลว (Fluid secretion) แหล่งที่พบคือน้ำที่ปนเปื้อน แล้วไปปนเปื้อนต่อในอาหาร หรือจากคนป่วยที่สัมผัสหรือปรุงอาหาร ถ้ารับเชื้อเข้าไปมาก จะมีอาการภายใน 24 ชั่วโมง ทั้งนี้การระบาดมีไม่บ่อยนักหากมีการปฏิบัติทางสุขลักษณะที่ดี ปัจจุบันการวิเคราะห์เชื้อตัวนี้ในอาหารทำได้โดยใช้ยีนโพรบ (Gene probe) ซึ่งใช้เวลา 3 วัน หรือใช้วิธีทดสอบสารพิษโดยทั่วไป ซึ่งใช้เวลาอย่างน้อยที่สุด 7 วัน [2]

Enteropathogenic E. coli (EPEC) เป็น *E.coli* ชนิดที่ถือว่าเป็นเชื้อโรคที่ระบาดโดยมีความรุนแรงที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการขับสารพิษทั่วไปของ EEC ชนิดอื่น EPEC แพร่ไปในคนและสัตว์หลายชนิด เช่น วัว ควาย และหมู มักเป็นโรคที่เป็นกับเด็กทำให้อุจจาระร่วงเป็นน้ำหรือเป็นเลือดคล้ายกับอาการที่เกิดจากเชื้อชิเจลลล่า (Shigella) ซึ่งเรียกว่า ชิกะทอกซิน (Shigatoxin) ด้วยเช่นกัน ปริมาณเชื้อที่ก่อโรค อาจในปริมาณต่ำ ไดเซนเทอร์เรีย (Dysenteriae) หรือมากกว่า 106 อาหารที่พบเชื้อนี้คือ เนื้อวัวและเนื้อไก่ดิบและจากน้ำปนเปื้อนที่นำมาชงนมให้เด็ก หากเด็กติดเชื้อนี้อาจทำให้เกิดการขาดน้ำและอัตราการเสียชีวิตอาจสูงถึงร้อยละ 50 ในประเทศโลกที่สาม [2]

Enterohemorrhagic E. coli (EHEC) หรือ *E. coli 0157:H7* พิษที่สร้างโดย *E. coli 0157:H7* เป็นประเภทเวอร์โรทอกซิน (Verotoxin) ที่คล้ายกับชิกะทอกซินที่สร้างโดย *Shigella dysenteriae* ทำให้เกิดความเสียหายให้แก่เยื่อบุของลำไส้ ความรุนแรงคือทำให้เกิดลำไส้ใหญ่อักเสบจนตกเลือด (Hemorrhagic colitis) อาการคือ ปวดท้องรุนแรง อุจจาระร่วงตอนแรก แต่กลายเป็นมูกเลือดต่อมา อาจมีอาเจียนบ้างและมีไข้ต่ำหรือไม่มี อาหารที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ เนื้อบดหรือแฮมเบอร์เกอร์ดิบหรือไม่ค่อยสุก นอกจากนี้ยังอาจพบในหน่ออัลฟัลฟา น้ำผลไม้ที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ไส้กรอกหมูปนเนื้อวัว (Dry-cured salami) ผักกาดหอม เนื้อสัตว์ป่า (Game meat) และน้ำนมดิบ บางครั้งคนไข้อาจมีอาการจากการมีสารในปัสสาวะปะปนในเลือด (Hemolytic uremic syndrome: HUS) ที่มีลักษณะพิเศษคืออาจทำให้ไตวายถาวรได้ [2]

Enteroinvasive E. coli (EIEC) ทำให้เกิดอาการคล้ายของโรคบิด จากเชื้อ *Shigella dysenteriae* หรือบิดมีตัว (Bacillary dysentery) ทำให้ท้องร่วงโดยมีเลือดหรือมูกในอุจจาระของผู้ที่ติดเชื้อ ปริมาณเชื้อที่ทำให้เกิดอาการประมาณ 10 เซลล์ อาหารที่เกี่ยวข้อง ยังไม่ชัดเจน แต่มีรายงานว่าเกี่ยวกับเนื้อแฮมเบอร์เกอร์ และน้ำนมที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เวลาฟักตัว ประมาณ 12 ถึง 72 ชั่วโมง [2]

การเฝ้าระวังการดื้อยาของเชื้อ *E. coli* ในห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข จากข้อมูลย้อนหลัง 7 ปี (พ.ศ. 2550 – 2556) พบเชื้อ *E. coli* ก่อโรคอุจจาระร่วง ทั้งหมดคิดเป็นร้อยละ 10.1 ผลการทดสอบความไวของเชื้อต่อยาต้านจุลชีพ 10 ชนิด คือ Ampicillin, Amoxicillin,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cefotaxime, Ceftazidime, Cefuroxime, Cephalothin, Co-trimoxazole, Gentamicin, Norfloxacin และ Tetracycline แนวทางการรักษา โดยการให้น้ำเกลือแร่ทดแทนสิ่งที่ร่างกายสูญเสียและรักษาตามอาการเท่านั้น ไม่จำเป็นต้องใช้ยาปฏิชีวนะในการรักษา เนื่องจากส่วนใหญ่แล้วอาการท้องเสียจากเชื้อ *E. coli* เกิดจากเชื้อสร้างสารพิษออกมา การให้ยาปฏิชีวนะอาจทำให้เชื้อปล่อยสารพิษมากขึ้นและทำให้อาการแย่ลง ทั้งนี้อาจจะใช้ยาปฏิชีวนะได้ในบางกรณีเท่านั้น เช่น มีอาการท้องเสียร่วมกับมีไข้สูงเพื่อช่วยลดความรุนแรงของโรค แต่อย่างไรก็ตามการตัดสินใจใช้ยาปฏิชีวนะควรอยู่ในดุลยพินิจของแพทย์ผู้ทำการรักษา ดังนั้นการพิจาณาเลือกชนิดของยาปฏิชีวนะในการรักษา ควรใช้ข้อมูลการดื้อยาของเชื้อทางห้องปฏิบัติการ เพื่อได้ทราบแนวโน้มการดื้อยาและป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อดื้อยา [2]

2.1.2 *Staphylococcus aureus*

ภาพที่ 2.2 *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus (TISTR 746) เป็นแบคทีเรียชนิดที่สามารถเจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน (Facultative anaerobic) แกรมบวก รูปร่างกลม เป็นส่วนหนึ่งของจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อประจำถิ่นในผิวหนังและโพรงจมูก เป็นแบคทีเรียก่อโรคชนิดหนึ่ง เมื่อ *S. aureus* ปนเปื้อนลงไปในอาหาร จะสร้างสารพิษที่เรียกว่าเอนเทอโรทอกซินขึ้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 8 ชนิด ได้แก่ ชนิด A, B, C1, C2, C3, D, E และ H สารพิษนี้ทนต่อความร้อนได้ดีมาก ทำให้ผู้บริโภคเกิดอาหารเป็นพิษ หลังจากรับประทานอาหารที่มีแบคทีเรียปนเปื้อนเข้าไปประมาณ 1-6 ชั่วโมง อาการของโรคอาหารเป็นพิษที่เกิดจาก *S. aureus* คือ คลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง ปวดท้องจากสารพิษ อาการมักเกิดขึ้นอย่างเฉียบพลัน ส่วนมากไม่มีไข้ ในรายรุนแรงอาจช็อกได้ [3]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>อาการของการติดเชื้อสเตร็ปโตคอคคัส</u>

การติดเชื้อ *Staph* มีได้หลายรูปแบบซึ่งทำให้เกิดอาการแตกต่างกันไป อาการที่พบได้บ่อยประกอบด้วย

- การติดเชื้อที่ผิวหนัง : การติดเชื้อในกลุ่มนี้เช่น ฝี เซลล์ลูลิติส (Cellulitis) และ อิมพิทีโก (Impetigo) ฝีคือภาวะที่ต่อมขนหรือต่อมไขมันมีการติดเชื้อและมักเกิดหนองอยู่ภายใน อาจมีตุ่มนูน บวมแดงเจ็บได้ โรคนี้มักเกิดได้บ่อยในบริเวณที่มีการเสียดสีมาก เช่น ใต้แขน ขาหนีบหรือก้น เซลล์ลูลิติส เป็นการติดเชื้อในผิวหนังชั้นลึกที่ทำให้ผิวหนังมีการบวม แดง ร้อน และกดเจ็บ บางทีอาจมีแผลเปิดเกิดขึ้นในบริเวณที่มีการติดเชื้อได้ โรคนี้มักเกิดได้บ่อยที่ขาหรือเท้า ส่วน อิมพิทีโก เป็นผื่นบนผิวหนังที่สามารถทำให้เกิดการติดต่อได้มาก โรคนี้มักพบในเด็ก โดยจะมีตุ่มน้ำเกิดขึ้นก่อนจะเริ่มมีน้ำเหลืองซึมก่อนที่จะตกสะเก็ดในหลายวันต่อมา

- อาหารเป็นพิษ : การรับประทานอาหารที่ปนเปื้อนเชื้อ *Staph* เป็นหนึ่งในสาเหตุของการเกิดอาหารเป็นพิษ (Toxic Shock syndrome) : เป็นภาวะที่สามารถเป็นอันตรายถึงชีวิตได้จากพิษที่ผลิตจากแบคทีเรียสายพันธุ์ *Staph* บางชนิด ภาวะนี้อาจเกิดร่วมกับการใช้ผ้าอนามัยบางชนิด การเป็นแผลที่ผิวหนังและการผ่าตัด

- ข้ออักเสบติดเชื้อ : การติดเชื้อ *Staph* เป็นหนึ่งในสาเหตุที่พบได้บ่อยของการเกิดข้ออักเสบติดเชื้อ ซึ่งมักเกิดที่เข่าได้บ่อยที่สุด แต่แบคทีเรียก็สามารถทำให้เกิดการติดเชื้อที่ข้ออื่นได้เช่นกันเช่นที่ข้อเท้า สะโพก ข้อมือ ข้อศอก ไหล่ หรือกระดูกสันหลัง

- การติดเชื้อในกระแสเลือด : เป็นการติดเชื้อ *Staph* ที่รุนแรง โดยเกิดเมื่อเชื้อแบคทีเรียเข้าสู่กระแสเลือด ภาวะนี้สามารถส่งผลกระทบต่อ กระดูก กล้ามเนื้อ ปอด สมอง ไต หัวใจ อวัยวะเทียมเช่นข้อเทียมหรือเครื่องกระตุ้นสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ

<u>ปัจจัยเสี่ยง</u>

- มีโรคทางผิวหนังเช่นผื่นคันที่ทำให้เกิดการระคายเคืองหรือทำลายผิวหนัง
- เล่นกีฬาที่มีการสัมผัสร่างกาย เช่น มวยปล้ำ
- อาศัยอยู่ในสถานที่แออัด เช่น หอพัก คุก หรือค่ายทหาร
- ภูมิคุ้มกันบกพร่องจากการติดเชื้อ เฮชไอวี/เอดส์, การให้ยาเคมีบำบัด หรือการรับประทานยาบางชนิด
- มีสายคาอยู่ในร่างกายเช่นสายให้อาหาร ท่อช่วยหายใจ
- เป็นเบาหวาน โดยเฉพาะหากกำลังใช้อินซูลินหรือต้องล้างไต

<u>วิธีการป้องกันจะป้องกันการติดเชื้อสเตร็ปโตคอคคัส</u>

การติดเชื้อ *Staph* ส่วนมากสามารถป้องกันได้ด้วยการดูแลแผลที่เหมาะสมและรักษาความสะอาด สิ่งที่สำคัญที่สุดที่จะช่วยป้องกันการติดเชื้อ *Staph* คือการปฏิบัติตามขั้นตอนการดูแลแผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างเหมาะสม หากคุณมีแผลจากของมีคม แผลข่วน หรือถูกแมลงกัด ควรล้างด้วยสบู่และน้ำอุ่น รอให้แห้ง ก่อนจะใช้ครีมที่มียาต้านจุลชีพทา และปิดแผลด้วยผ้าพันแผลจนกระทั่งแผลหาย ไม่ควรเกาแผลที่ถูกแมลงกัด หรือแกะสะเก็ดแผล เพราะนิ้วและเล็บที่สกปรกสามารถนำเชื้อแบคทีเรียเข้าสู่แผลได้ และหากมีไขมันอุดตัน ไม่ควรบีบหรือพยายามแกะด้วยตนเอง ไม่ควรใช้ผ้าเช็ดตัว มีดโกนหรือของใช้ส่วนตัวร่วมกับคนอื่น เพราะสามารถมีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียได้ และหากทราบว่าตนเองเป็นพาหะของเชื้อ *Staph* ควรแจ้งทันตแพทย์หรือแพทย์ให้ทราบก่อนเริ่มการรักษา โดยแพทย์สามารถสั่งจ่ายยาปฏิชีวนะก่อนการเริ่มทำฟันหรือการผ่าตัดใดๆ [4]

<u>การติดเชื้อสเตร็ปโตคอคคัส ในเด็ก</u>

ปัจจุบันพบการติดเชื้อ *Staph* ในเด็ก เช่น อิมพิทีโก ข้ออักเสบติดเชื้อ มากขึ้นในเด็ก โดยเฉพาะในกลุ่มที่มีภูมิคุ้มกันบกพร่อง มีรายงานว่าเด็กจะได้รับการติดเชื้อมาจากโรงพยาบาล โรงเรียน หรือสถานรับเลี้ยงเด็ก การป้องกันการติดเชื้อ ควรสอนเด็กให้ปฏิบัติตามหลักสุขอนามัย และรักษาแผลเปิด แผลข่วน หรือแผลต่างๆ ที่เกิดขึ้น [4]

2.1.3 *Candida albicans*

ภาพที่ 2.3 *Candida albicans*

Candida albicans (TISTR 5554) สาเหตุของโรคเชื้อราในช่องคลอด (Vaginal Candidiasis) เกิดจากการติดเชื้อราภายในช่องคลอดหรือบริเวณปากช่องคลอด ทำให้เกิดการระคายเคืองและอาการคันอย่างรุนแรง [5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาการของโรคเชื้อราในช่องคลอด

โรคเชื้อราในช่องคลอดส่วนใหญ่ส่งผลให้เกิดอาการได้ตั้งแต่เล็กน้อยถึงปานกลาง แต่บางคนอาจไม่แสดงอาการผิดปกติใดๆ แม้เกิดการติดเชื้อ ซึ่งอาการที่พบได้บ่อย เช่น

- เกิดอาการคันอย่างรุนแรงและระคายเคืองที่ปากช่องคลอดหรือภายในช่องคลอด
- มีอาการแสบร้อน โดยเฉพาะในขณะมีเพศสัมพันธ์หรือการปัสสาวะ
- ตกขาวผิดปกติ อาจมีลักษณะสีขาวข้นคล้ายนมบูด เป็นน้ำใส หรือขาวข้นจับตัวเป็นก้อน
- บริเวณปากช่องคลอดมีอาการบวม แดง
- เกิดผื่นแดงทั้งภายในและภายนอกช่องคลอด อาจเกิดการกระจายไปทั่วบริเวณหัวหน่าว อวัยวะเพศ หรือต้นขา

ผู้ป่วยจะมีอาการเหล่านี้ได้ตั้งแต่ไม่กี่ชั่วโมงไปจนถึงเป็นสัปดาห์ หรืออาจนานเป็นเดือนในบางราย แต่พบได้ค่อนข้างน้อย นอกจากนี้ยังพบว่าบางรายอาจมีอาการของโรคกลับเป็นซ้ำในช่วงก่อนมีประจำเดือนและอาจเป็นมากขึ้นหลังจากการมีเพศสัมพันธ์ อย่างไรก็ตาม ควรรีบพบแพทย์หากเป็นการติดเชื้อราในช่องคลอดเป็นครั้งแรก อาการที่เป็นอยู่ไม่ดีขึ้นหลังใช้ยารักษา หรือมีอาการผิดปกติอื่นๆ ร่วมด้วย [5]

นอกจากนี้ อาการอาจรุนแรงมากขึ้นหากไม่รีบรักษา ซึ่งสังเกตได้จากบริเวณที่เกิดการติดเชื้อมีอาการบวม แดง และคันอย่างรุนแรงมากขึ้นจนทำให้เกิดรอยแตกเป็นแผล มีอาการเจ็บหรือปวด ผู้ป่วยบางรายอาจเกิดการติดเชื้อราในช่องคลอดบ่อยมากกว่าปกติ หรือมากกว่า 4 ครั้งต่อปี [5]

สาเหตุของโรคเชื้อราในช่องคลอด

โรคเชื้อราในช่องคลอดเกิดจากการเพิ่มจำนวนเชื้อรามากกว่าปกติภายในช่องคลอดจนทำให้สภาพภายในช่องคลอดเสียสมดุล โดยปกติเชื้อราเหล่านี้มักอาศัยอยู่ตามช่องปาก อวัยวะเพศ ระบบทางเดินอาหาร หรือบนผิวหนังของคนเราในปริมาณน้อยและไม่ก่อให้เกิดโรค แต่เมื่อเชื้อราเหล่านี้มีปริมาณมากขึ้นจึงพัฒนาให้เกิดการติดเชื้อขึ้นได้ เชื้อราที่ทำให้เกิดการติดเชื้ออาจเกิดได้จากหลายสายพันธุ์ แต่สายพันธุ์ที่พบว่าเป็นสาเหตุของการติดเชื้อในช่องคลอดได้มากที่สุดมีชื่อว่า แคนดิดา อัลบิแคน (*Candida Albicans*) ซึ่งเป็นเชื้อราในกลุ่ม แคนดิดา (*Candida*) ส่วนเชื้อราสายพันธุ์อื่นที่พบได้ไม่บ่อยอาจส่งผลให้ผู้ป่วยมีอาการรุนแรงได้มากขึ้น และต้องอาศัยการรักษาที่ซับซ้อนมากขึ้น [5]

การเพิ่มจำนวนเชื้อราอย่างรวดเร็วมาจากหลายสาเหตุดังนี้

- การใช้ยาปฏิชีวนะเป็นเวลานาน ซึ่งจะไปลดปริมาณแบคทีเรีย แลคโตบาซิลลัส และทำให้ค่าความเป็นกรดด่างภายในช่องคลอดเสียสมดุล
- การตั้งครรภ์
- ผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ไม่สามารถควบคุมอาการของโรคได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สภาวะของร่างกายที่ทำให้ระบบภูมิคุ้มกันอ่อนแอลง เช่น การติดเชื้อเอชไอวี (HIV)
- เป็นโรคทางผิวหนังอื่นๆ นำมาก่อน เช่น โรคสะเก็ดเงิน โรคผิวหนังอักเสบเรื้อรังอื่นๆ
- การรับประทานยาบางประเภท
- มีภาวะโรคอ้วน
- การรักษาด้วยวิธีฮอร์โมนบำบัดหรือการรับประทานยาคุมกำเนิดในปริมาณสูง ซึ่งจะไปเพิ่มระดับของฮอร์โมนเอสโตรเจน
- การสวนล้างช่องคลอดหรือการใช้ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขอนามัยบริเวณช่องคลอดบ่อย ๆ อาจทำให้เสียสมดุลภายในช่องคลอด

การเกิดการติดเชื้อราในช่องคลอดเป็นปัญหาที่พบมากในผู้หญิง โดยผู้หญิงทุก 3 ใน 4 คนเคยเป็นโรคเชื้อราในช่องคลอดอย่างน้อยหนึ่งครั้งในชีวิต นอกจากนี้การติดเชื้อราในช่องคลอดอาจเกิดขึ้นได้ในช่วงก่อนการมีประจำเดือน หรือบางรายอาจเกิดขึ้นหลังการมีเพศสัมพันธ์ แต่ตัวโรคยังไม่จัดว่าเป็นโรคติดติดต่อทางเพศสัมพันธ์ เพราะไม่ก่อให้เกิดการติดเชื้อไปสู่ผู้ที่มีเพศสัมพันธ์ด้วย รวมไปถึงผู้หญิงที่ไม่เคยมีเพศสัมพันธ์ก็อาจมีโอกาสในการพัฒนาโรคให้เกิดขึ้นได้เช่นกัน [5]

<u>การวินิจฉัยโรคเชื้อราในช่องคลอด</u>

แพทย์สามารถวินิจฉัยโรคเชื้อราในช่องคลอดได้ตามขั้นตอนดังนี้

- สอบถามข้อมูลและประวัติทางการแพทย์ ในขั้นแรกจะมีการสอบถามข้อมูลทางการแพทย์ของผู้ป่วย อาการผิดปกติที่พบ ลักษณะของตกขาว เคยมีประวัติเกิดการติดเชื้อราหรือมีโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์มาก่อนหรือไม่
- การตรวจภายใน แพทย์จะตรวจดูลักษณะภายนอกของอวัยวะเพศและบริเวณรอบ ๆ เพื่อหาความผิดปกติที่บ่งบอกว่าเกิดการติดเชื้อ ซึ่งบางรายสามารถตรวจพบความผิดปกติได้ตั้งแต่การสังเกตดูลักษณะภายนอก แต่ในบางรายแพทย์อาจจะต้องตรวจหาความผิดปกติจากภายในช่องคลอดอีกครั้งด้วยการสอดอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่เรียกว่าปากเป็ดเข้าไปภายในช่องคลอด เพื่อเก็บตัวอย่างสารคัดหลั่งหรือตกขาวออกมาตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการเพิ่มเติม
- การตรวจตัวอย่างสารคัดหลั่ง มักจะใช้ในกรณีตรวจวินิจฉัยผู้ที่เกิดการติดเชื้อบ่อย ๆ หรืออาการของโรคไม่ดีขึ้น โดยแพทย์จะนำตัวอย่างที่เก็บได้ภายในช่องคลอดออกมาตรวจหาประเภทเชื้อราที่ทำให้เกิดอาการของโรค ซึ่งจะช่วยให้แพทย์หาวิธีการรักษาผู้ป่วยที่มีการกลับมาของโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

<u>การป้องกันโรคเชื้อราในช่องคลอด</u>

การติดเชื้อราในช่องคลอดอาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ ในบางกรณีบอกได้ยากว่าเกิดมาจากสาเหตุใด เพราะแต่ละบุคคลก็มีปัจจัยความเสี่ยงที่แตกต่างกันออกไป การป้องกันโรคจึงเป็นการปฏิบัติตามหลักสุขอนามัย เพื่อช่วยลดโอกาสการเกิดของโรคตามคำแนะนำต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เลือกสวมใส่กระโปรง กางเกง หรือกางเกงชั้นในที่ไม่รัดแน่นมากเกินไป รวมไปถึงเลือกเนื้อผ้าจากเส้นใยธรรมชาติที่มีการถ่ายเทของอากาศได้ดี ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดความอับชื้นจนเพิ่มจำนวนเชื้อราขึ้นได้โดยง่าย

- ไม่ควรสวมใส่เสื้อผ้าที่มีความอับชื้นเป็นเวลานาน ควรรีบเปลี่ยนชุดออกทันที เช่น ชุดว่ายน้ำ ชุดออกกำลังกาย

- หลีกเลี่ยงการใช้ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดจุดซ่อนเร้นหรือการสวนล้างช่องคลอดบ่อยเกินความจำเป็น

- รับประทานอาหารประเภทโยเกิร์ตหรือผลิตภัณฑ์อาหารเสริมอื่น ๆ ที่มีส่วนผสมของแบคทีเรียแลคโตบาซิลลัส (Lactobacillus) ซึ่งจะช่วยปรับสภาพความเป็นกรดด่างภายในช่องคลอด

- ไม่ควรใช้ยาปฏิชีวนะโดยไม่มีความจำเป็น

- ในช่วงมีประจำเดือนควรมีการเปลี่ยนผ้าอนามัยอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะผ้าอนามัยแบบสอด เพื่อไม่ให้เป็นแหล่งอับชื้นที่เป็นที่อยู่ของเชื้อรามากขึ้น [5]

2.1.4 *Micrococcus*

ภาพที่ 2.4 *Micrococcus*

Micrococcus (TISTR 1404) ชื่อสกุล (Genus) ของแบคทีเรียซึ่งอยู่ในวงศ์ (Family) *Micrococcaceae* ซึ่งอยู่ในวงศ์เดียวกับ *Staphylococcus* เป็นแบคทีเรียที่ย้อมติดสีแกรมบวก (Gram-positive bacteria) รูปร่างกลม (Coccus) การแบ่งเซลล์แบบ ไบนารี่ฟิชชั่น (Binary fission) ของแบคทีเรียวงศ์นี้ จะเกิดการแบ่งมากกว่าหนึ่งแนวทำให้เซลล์เกาะกันเป็นกลุ่มไม่สร้างสปอร์ สร้างเม็ดสี (Pigment) ได้ ทำให้มีสีต่างๆ เช่น สีชมพู สีแดง สีส้ม มีเมทาบอลิซึม (Metabolism) แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาศัยปฏิกิริยาออกซิเดทีฟในการเปลี่ยนสารประกอบคาร์บอนเป็นน้ำและพลังงาน สามารถเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นกรดแต่ไม่ผลิตก๊าซ ต้องการอากาศในการเจริญ เจริญได้ที่อุณหภูมิปานกลาง (Mesophillic bacteria) แต่บางสายพันธุ์เจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำ (Psychrophilic bacteria) [6]

ลักษณะพิเศษ *Micrococcus* มีผนังเซลล์ (Cell wall) หนา ทนต่อแรงดันออสโมซิสได้สูง ทนต่อการฉายรังสี (Food irradiation) มากกว่าแบคทีเรียชนิดอื่น โดยเฉพาะสายพันธุ์ *Micrococcus radiodurans* เป็นเซลล์แบคทีเรียที่ทนการฉายรังสีได้สูงสุด ทนต่อเกลือเป็นแบคทีเรียที่ชอบเกลือ (Halophilic bacteria) ทุกสายพันธุ์สามารถเจริญได้ในเกลือแกง (Sodium chloride) 5 เปอร์เซ็นต์ และบางสายพันธุ์สามารถทนได้ถึง 10-15 เปอร์เซ็นต์ เช่น *M. luteus* เจริญได้ในที่มีเกลือ 5% แต่ไม่เจริญในที่มีเกลือ 10 หรือ 15% *M. roseus* เจริญในที่มีเกลือ 5% แต่ไม่เจริญในที่มีเกลือ 15% *M. varians* เจริญได้ในที่มีเกลือ 7.5% แต่ไม่เจริญในที่มีเกลือ 15% แหล่งที่พบในดิน ฝุ่น น้ำ และบนผิวหนังของคนและสัตว์ ซากสัตว์ [6]

<u>ความสำคัญของ Micrococcus กับอาหาร</u>

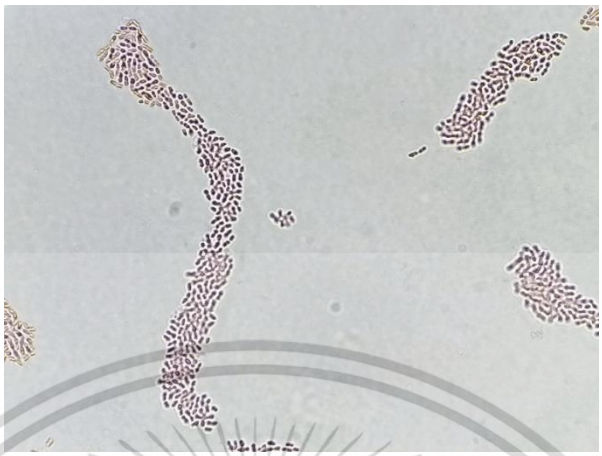
Micrococcus เป็นแบคทีเรียที่ไม่ก่อให้เกิดโรค แต่เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (Microbial spoilage) ได้หลายประเภท เช่น การเสื่อมเสียของน้ำนม การเสื่อมเสียของไข่ การเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์ สัตว์ปีก อาหารกึ่งแห้ง อาหารทะเล ปลา หอย รวมทั้งผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ เช่น ไส้กรอก แฮม [6]

<u>สายพันธุ์ของ Micrococcus ที่สำคัญกับอาหาร</u>

- *Micrococcus luteus*
- *Micrococcus roseus*
- *Micrococcus radiodurans* เป็นเซลล์แบคทีเรียที่ทนการฉายรังสีได้สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 *Streptococcus thermophilus*



ภาพที่ 2.5 *Streptococcus thermophilus*

Streptococcus thermophilus (TISTR 894) เป็นแบคทีเรียในวงศ์ *Streptococcaceae* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวก (Gram positive bacteria) จัดอยู่ในกลุ่ม แลคติกแอซิดแบคทีเรีย (Lactic acid bacteria) ที่สามารถหมักน้ำตาลกลูโคส (Glucose) น้ำตาลแล็กโทส (Lactose) ให้เกิดกรดแลติคประเภท โฮโมเฟอร์เมนเทชั่น (Homofermentation) รูปร่างเป็นทรงกลม (Coccus) หรือรูปไข่ ต่อกันเป็นสายหรือเป็นคู่ เจริญได้ทั้งสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน (Facultative anaerobe) ต้องการสารอาหารที่มีโครงสร้างซับซ้อน ไม่สร้างสปอร์ (Non spore forming bacteria) มักจะไม่เคลื่อนที่และทนต่อการฉายรังสี (Food irradiation) สายพันธุ์ที่ทนต่อรังสีได้ดี ได้แก่ *Streptococcus faecalis* ส่วนใหญ่จะพบแบคทีเรียนี้ในลำไส้ น้ำลาย และอุจจาระของมนุษย์และสัตว์ พืชบางชนิด อาหารสัตว์ เครื่องมือที่ใช้ในโรงนม [7]

<u>ความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหาร</u>

1. ใช้ในการหมักผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ซาวเคราท์ (Sauerkraut) แตกกวาดอง เนยแข็ง (Cheese) น้ำนมหมัก (Fermented milk) โยเกิร์ต (Yogurt) ครีมเปรี้ยว แหนม เป็นต้น

2. เป็นสาเหตุของการเสื่อมเสีย (Microbial spoilage) ของอาหารหลายชนิด เช่น การเสื่อมเสียของน้ำนม การเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์

3. แปรรูป เช่น แฮม ไส้กรอก น้ำผลไม้เข้มข้น อาหารกึ่งแห้ง ครีม ผลไม้บรรจุกระป๋อง เป็นต้น

Streptococcus thermophilus เป็นแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร จุลินทรีย์นี้ใช้เป็นวัฒนธรรมเริ่มต้นสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์นมหมัก เช่น โยเกิร์ตและชีส *S. thermophilus* มีการดัดแปลงเป็นอย่างดีกับนม เนื่องจากความสามารถในการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แลคโตสคาร์โบไฮเดรตพิเศษที่มีอยู่ในระดับความเข้มข้นสูงและไม่จำกัดในผลิตภัณฑ์นี้ จะเห็นได้ว่าการบริโภคโยเกิร์ตมีผลดีต่อมนุษย์เนื่องจากคุณสมบัติการเผาผลาญของ *S. thermophilus*. ในบรรดาคุณสมบัติเหล่านี้คือกิจกรรมการย่อยสลายของแลคโตสที่มีอยู่ในโยเกิร์ตและในระบบทางเดินอาหารซึ่งจะช่วยลดอาการแพ้คาร์โบไฮเดรต [8]

แม้ *S. thermophilus* มีความเกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับ *Streptococci* ที่ทำให้เกิดโรคอื่น ๆ (เช่น *S. pneumoniae* และ *S. pyogenes*) จัดเป็นสายพันธุ์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค เรื่องนี้สามารถอธิบายได้เนื่องจากลักษณะที่จีโนมของมันนำเสนอ มีการศึกษาและพบว่า 10% ของยีนนั้นไม่ทำงานหรือเป็นสูโดยีนส์ (Pseudogenes) [8]

2.1.6 *Lactobacillus*

ภาพที่ 2.6 *Lactobacillus casei*

ภาพที่ 2.7 *Lactobacillus delbrueckii*

Lactobacillus casei (TISTR 1463) และ *Lactobacillus delbrueckii* (TISTR 1339) เป็นแบคทีเรียแกรมบวก (Gram positive bacteria) รูปร่างเป็นท่อนเดี่ยว หรือต่อกันเป็นสายสั้นไม่สร้างสปอร์ เจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน ไม่เคลื่อนที่ชอบเจริญที่อุณหภูมิปานกลาง แต่บางชนิดชอบเจริญที่อุณหภูมิต่ำ จัดอยู่ในกลุ่มแลคติคแอซิดแบคทีเรีย (Lactic acid bacteria) ที่สามารถหมักน้ำตาลกลูโคส น้ำตาลแล็กโทส ให้เกิดกรดแลคติค (Lactic acid fermentation) มักพบร่วมกับ *Leuconostoc* [9]

<u>บทบาทในอาหาร</u>

Lactobacillus เป็นแบคทีเรียที่สำคัญในอาหาร มีบทบาทสำคัญคือ

1.เพื่อถนอมอาหาร (Food preservation) ด้วยการหมัก (Fermentation) ใช้เพื่อการผลิตอาหารหมักหลายประเภท ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผลิตภัณฑ์อาหารหมักจากน้ำนม เช่น โยเกิร์ต (Yogurt) น้ำนมเปรี้ยว

- ผลิตภัณฑ์หมักจากเนื้อสัตว์ เช่น แหนม ไส้กรอกอีสาน ซาลามี (Salami)

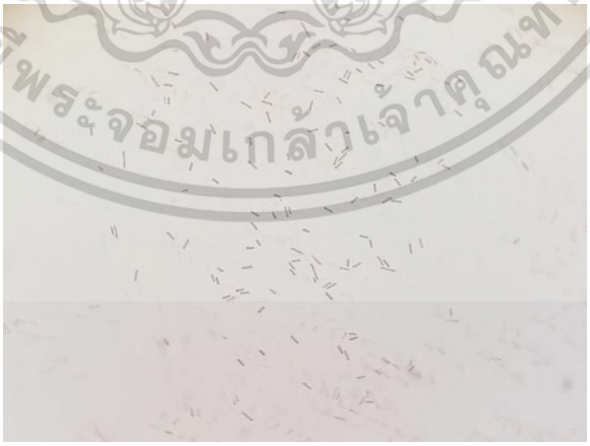
- ผลิตภัณฑ์หมักจากผักผลไม้ เช่น ผักดอง ผลไม้ดอง กิมจิ (Kimchi) แตงดอง ซาวเคราท์ (Sauerkraut)

2. เป็นสาเหตุทำให้อาหารเสื่อมเสีย (Microbial spoilage) ของอาหารหลายชนิด เช่น อาหารกึ่งแห้ง การเสื่อมเสียของน้ำนม การเสื่อมเสียของเนื้อสัตว์ โดยทำให้เกิดรสเปรี้ยว และเกิดเมือกในน้ำนม เนื้อสัตว์ และผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ เช่น ไส้กรอก แฮม และเบคอน [9]

<u>สายพันธุ์ของแล็กโทบาซิลลัสที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร</u>

- *Lactobacillus bulgaricus* ใช้ในการหมักโยเกิร์ต เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียส ผลิตแอซีทาลดีไฮด์ (Acetyldehyde) ซึ่งเป็นสารให้กลิ่นรสของน้ำนมหมัก และสร้างเอนไซม์โปรติเอส (Protease) ซึ่งจะย่อยโปรตีน (Protein) ในน้ำนมให้ได้กรดแอมิโน (Amino acid) โดยเฉพาะฮิสทิดีน (Histidine) ซึ่งเป็นกรดแอมิโนที่กระตุ้นการเจริญของ *Streptococcus thermophilus* [9]
- *Lactobacillus casei* ใช้ในการผลิตยาคูลท์
- *Lactobacillus acidophilus*
- *Lactobacillus plantarum*
- *Lactobacillus brevis*

2.1.7 *Bacillus sphaericus*



ภาพที่ 2.8 *Bacillus sphaericus*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bacillus sphaericus (TISTR 1048) เป็นแบคทีเรียอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมลูกน้ำยุง แบคทีเรียชนิดนี้พบได้ทั่วไปในดินและน้ำ เป็นแบคทีเรียแกรมบวกที่มีความสามารถในการผลิตผลึกโปรตีนฆ่าลูกน้ำยุง ที่ออกฤทธิ์จำเพาะต่อลูกน้ำยุงรำคาญและลูกน้ำยุงก้นปล่อง [10]

Bacillus sphaericus สามารถผลิตโปรตีนฆ่าลูกน้ำยุงได้ 2 กลุ่มคือโปรตีน ไบนารี่ทอกซิน (Binary toxin) เป็นผลึกโปรตีนที่ผลิตขึ้นในระยะสร้างสปอร์ ประกอบด้วยโปรตีน 2 ขนาดคือ 42 กิโลดาลตัน เรียกว่า บินเอ (BinA) และ 51 กิโลดาลตัน เรียกว่า บินบี (BinB) กลุ่มที่ 2 คือ มอสคีโทซิดอลทอกซิน (Mosquitocidal toxins) หรือโปรตีน เอมทีเอ็ก (Mtx) อาจแบ่งได้ 3 ชนิดคือ เอมทีเอ็กหนึ่ง (Mtx1) เอมทีเอ็กสอง (Mtx2) และ เอมทีเอ็กสาม (Mtx3) ผลิตในระยะการเจริญ (Vegetative growth) แต่จะถูกย่อยด้วยเอนไซม์โปรติเอสเมื่อเข้าสู่ระยะสร้างสปอร์ [10]

<u>การนำไปใช้ประโยชน์</u>

ประเทศไทยได้ประสบอุทกภัยครั้งใหญ่ตั้งแต่เดือนกันยายน 2554 ที่ผ่านมา มีน้ำท่วมขังตั้งแต่ภาคเหนือไล่ลงมาจนถึงภาคกลาง โดยเฉพาะกรุงเทพมหานครและปริมณฑล อุทกภัยดังกล่าวนำมาซึ่งความเสียหายของชีวิตและทรัพย์สินเป็นมูลค่ามหาศาล และเมื่อมีน้ำท่วมขังในชุมชนและเขตเมืองก่อให้เกิดปัญหาทางอนามัยและสาธารณสุขจากยุงในบริเวณที่น้ำขังก่อให้เกิดความรำคาญ ตลอดจนก่อให้เกิดโรคร้ายตามมาได้ ยุงจึงเป็นปัญหาต่อเนื่องที่ติดตามมากับสถานการณ์น้ำท่วม อีกทั้งสภาพชุมชนแออัดในเขตเมืองที่มีการขังของน้ำใต้ถุนบ้าน และสภาวะอุทกภัย ที่ทำให้เกิดน้ำท่วมขังตามแหล่งต่างๆ ในวงกว้างเอื้อต่อการเจริญเติบโตของยุงหลายชนิด โดยเฉพาะ “ยุงรำคาญ” พบมากในแหล่งน้ำเน่าเสีย เป็นพาหะนำโรคไข้สมองอักเสบ เท้าช้าง และ โรคพยาธิหนอนหัวใจในสุนัข การควบคุมตัวยุง โดยปกติใช้สารเคมี หรือหมอกควันไล่ยุง อาจกำจัดยุงได้ไม่มากนัก การควบคุมประชากรยุงจึงน่าจะควบคุมที่ระยะลูกน้ำควบคู่กันไปด้วย โดยการใช้ *Bacillus sphaericus* ถือว่าเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่าการใช้สารเคมี เนื่องจาก มีความปลอดภัย และต้นทุนต่ำกว่า โดยองค์การอนามัยโลกรับรองให้ใช้สายพันธุ์ 1593 ในการควบคุมลูกน้ำทั้งสองชนิดนี้ *Bacillus sphaericus* สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้ แต่ประสิทธิภาพไม่สูง ข้อดีของ *Bacillus sphaericus* คือ คงทนอยู่ในสภาพแวดล้อมได้ดี [10]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 อาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ (Culture media)

อาหารเลี้ยงจุลินทรีย์ (Culture media) หรือเรียกสั้นๆ ว่า อาหารเลี้ยงเชื้อ หมายถึง อาหารที่ใช้สำหรับเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจนับปริมาณจุลินทรีย์ (Microbial population count) [11]

<u>สมบัติของอาหารเลี้ยงจุลินทรีย์</u>

เนื่องจากจุลินทรีย์ ทั้งรา ยีสต์ และแบคทีเรียแต่ละชนิด ต้องการสารอาหารที่แตกต่างกันออกไป จึงมีส่วนผสมที่แตกต่างกันให้เหมาะสมการเจริญของจุลินทรีย์แต่ละชนิด ไม่มีอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดหนึ่งชนิดใดที่เหมาะต่อการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ทุกชนิด อย่างไรก็ตามสมบัติที่สำคัญของอาหารเลี้ยงเชื้อทุกชนิดควรมีสมบัติดังนี้ คือ [11]

1. มีธาตุอาหารที่เหมาะสมกับการเจริญของจุลินทรีย์และมีความเข้มข้นเหมาะสม
2. มีความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่เหมาะสมกับจุลินทรีย์แต่ละชนิด
3. ไม่มีสารพิษ
4. ไม่มีสิ่งมีชีวิตใดๆ ปนเปื้อนอยู่ในอาหารนั้น

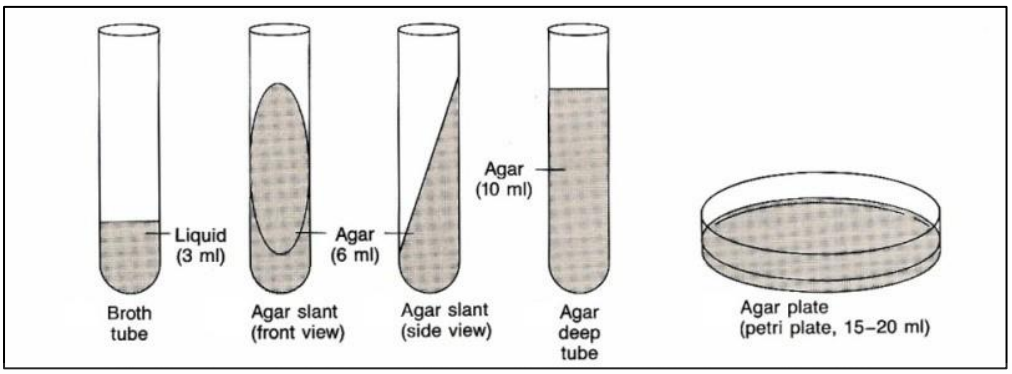
<u>รูปแบบอาหารเลี้ยงเชื้อ(แบ่งตามลักษณะของอาหารเลี้ยงเชื้อ)</u>

- อาหารเลี้ยงเชื้อที่เป็นของแข็ง (Solid media หรือ Nutrient agar) คืออาหารเลี้ยงเชื้อที่มีส่วนผสมหลักคือ วุ้น (Agar) ตามปกติใช้ความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (15 กรัมต่อลิตรอาหาร) โดยจะอยู่ในจานแก้ว (Petri dish) หรืออยู่ในหลอดทดสอบซึ่งมีผิวหน้าเอียงเรียก สแลน (Slant) หรือ สโลป (Slope) อาหารในหลอดทดสอบที่ผิวหน้าไม่เอียงเรียก ดีพทูป (Deep tube) เพื่อใช้เลี้ยงจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญ [11]

- อาหารเลี้ยงเชื้อกึ่งแข็ง (Semisolid media) หมายถึงอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ที่เติมวุ้นลงไปปริมาณต่ำกว่า โซลิดมีเดีย (Solid media) คือ ประมาณร้อยละ 0.5 หรือน้อยกว่า

- อาหารเลี้ยงเชื้อเหลว (Liquid media, broth หรือ Nutrient broth) คือ อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ได้เติมวุ้น มีลักษณะเป็นของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.9 อาหารเลี้ยงเชื้อ [11]

2.2.1 นิวเทรียนอาการ์ (Nutrient agar)

นิวเทรียนอาการ์ (Nutrient agar : NA) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียที่ใช้โดยทั่วไปในห้องปฏิบัติการ แบคทีเรียจะเจริญเป็นโคโลนีบนผิวหน้าอาหาร มองเห็นได้ชัดเจน ในอาหารเหลวแบคทีเรียเมื่อเจริญเติบโตจะทำให้อาหารขุ่น โดยทั่วไปประกอบด้วย (w/v) 0.5 % เปบโตน, 0.3 % สารสกัดจากเนื้อ/สารสกัดจากยีสต์, 1.5 % วุ้น, 0.5% NaCl, น้ำกลั่น พีเอช (pH) 6.8 ที่ 25 °C [12]

2.2.2 เอมอาร์เอสอาการ์ (MRS agar)

เอมอาร์เอสอาการ์ (MRS agar เป็นชื่อย่อของอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดหนึ่ง ชื่อเต็มเรียกตามผู้คิดค้นว่า : เดอร์ แมน โรโกซา (De Man, Rogosa) และ ชาร์ป (Sharpe) พัฒนาขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2503 เพื่อใช้สำหรับการเลี้ยงแลคโตบาซิลัสในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วยโซเดียมอะซีเตต ซึ่งกดการเจริญของแบคทีเรียหลายชนิดที่เป็นคู่แข่ง อาหารนี้มีสีน้ำตาลใส เอมอาร์เอสอาการ์ (MRS agar) ส่วนใหญ่ประกอบด้วย (w/v) 1.0 % เพพโทน (Peptone), 0.8 % มีทแอกแทร็ก (Meat extract), 0.4 % ยีสต์แอกแทร็ก (Yeast extract), 2.0 % กลูโคส, 0.5 % โซเดียมมาซิเตดไตรไฮเดรต (Sodiumacetate trihydrate), 0.1 % โพลีเซอร์เบรดแปดสิบ (Polysorbate 80), 0.2 % ไดโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Dipotassium hydrogen phosphate), 0.2 % ไตรโมเนียม-ซิเตด (Triammonium citrate), 0.02 % แมกนีเซียมซัลเฟตแฮพตะไฮเดรต (Magnesium sulfate heptahydrate), 0.005 % แมงกาเนสซัลเฟตเตตตระไฮเดรต (Manganese sulfate tetrahydrate), 1.0 % วุ้น, พีเอช 6.2 ที่ 25°C

2.2.3 บลัดเบสอาการ์ (Blood Agar base)

บลัดเบสอาการ์ (Blood Agar base) ใช้สำหรับการเจริญของจุลินทรีย์เฉพาะชนิด เช่น จุลินทรีย์ที่ทนทานต่อยาปฏิชีวนะ จะเติมยาปฏิชีวนะชนิดนั้นลงในอาหารเพื่อไม่ใช้เซลล์ชนิดอื่นเจริญได้ ถ้าสำหรับเซลล์ยูคาริโอตมักจะมี นีโมไมซิน (Neomycin) เพื่อใช้คัดเลือกเซลล์ที่ได้รับพลาสมิดที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นีโอไมซินรีซิสแทนยีนส์ (Neomycin resistance gene) ส่วนใหญ่ประกอบด้วย เอชเอ็มเปปโทน (HM peptone) 0.1 %, ทริปโทน (Tryptone) 0.1 %, เกลือ 0.05 %, วุ้น 0.15 %

2.2.3 ยีสต์แอกแทรกเพบโทนเดรกโทส (Yeast extract Peptone Dextrose)

ยีสต์แอกแทรกเพบโทนเดรกโทส (Yeast extract Peptone Dextrose : YPD) เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีกลูโคสผสม ประกอบด้วย (w/v) 0.1% ยีสต์แอกแทร็ก , 0.2% กลูโคส, 0.2% เพพโทน

2.3 การตรวจย้อมเชื้อ / เพาะเชื้อ

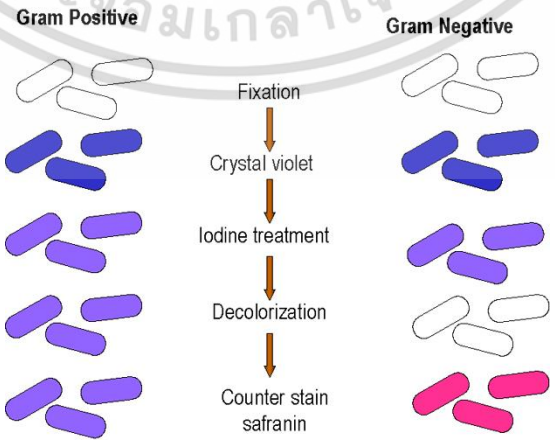
การตรวจย้อมเชื้อ (Smear and stain) เป็นเทคนิคการย้อมสีเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งเป็นเทคนิคสำคัญที่ใช้ในการศึกษาเซลล์ของจุลินทรีย์ร่วมกับกล้องจุลทรรศน์ใช้แสง (Light microscope) โดยการย้อมแกรมช่วยจำแนกจุลินทรีย์ออกได้เป็น 2 ชนิดคือจุลินทรีย์แกรมบวก (Gram positive) และจุลินทรีย์แกรมลบ (Gram negative) เนื่องจากมีสมบัติของผนังเซลล์ (Cell wall) ที่แตกต่างกัน ขั้นตอนการย้อมแกรมมีดังนี้ [13]

ขั้นที่ 1 เป็นการย้อมแกรม ด้วยสีคริสตัลไวโอเลต (Crystal violet) ซึ่งมีสีม่วงน้ำเงิน จุลินทรีย์ทั้งแกรมบวกและแกรมลบจะย้อมติดสีม่วงน้ำเงิน

ขั้นที่ 2 การย้อมทับด้วยสารละลายไอโอดีน (Iodine treatment) ลงไปจะรวมกับสีคริสตัลไวโอเลตเกิดเป็นโมเลกุลสีขนาดใหญ่ (CV-I complex) ทำให้สีติดแน่นขึ้น

ขั้นที่ 3 การล้างด้วยแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol 95%) ผนังเซลล์ของจุลินทรีย์แกรมลบที่มีชั้นไขมันอยู่มาก จะทำให้ไขมันและสีย้อมละลายออกมากับแอลกอฮอล์ แต่จุลินทรีย์แกรมบวกโมเลกุลสีขนาดใหญ่ ยังคงติดอยู่ในเซลล์

ขั้นที่ 4 การย้อมด้วยซัฟฟานิน (Safranin) ซึ่งมีสีแดง จุลินทรีย์แกรมลบจะติดสีแดงในขณะขณะที่แกรมบวกจะไม่ติดสีแดงและยังคงสีม่วงของคริสตัลไวโอเลตเหมือนเดิม



ภาพที่ 2.10 การย้อมเชื้อ [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเพาะเชื้อ (Culture) คือการนำเอาของเหลวที่สงสัยว่า มีเชื้อโรคปนเปื้อนไปเพาะเลี้ยงในน้ำเลี้ยงเชื้อพิเศษ (ซึ่งมีอยู่หลายชนิด) ซึ่งจะใส่ในตู้อบที่มีอุณหภูมิพอเหมาะ อาจกินเวลาประมาณ 3 วัน กว่าจะรู้ผล อาทิเช่น ผู้ป่วยที่สงสัยว่าเป็นไข้ไทฟอยด์ ซึ่งจะมีเชื้ออยู่ในกระแสเลือดและในอุจจาระ หมอก็จะเอาเลือดและอุจจาระไปเพาะเชื้อ พร้อมกันนั้นก็มักจะทำการทดสอบดูว่า เชื้อที่เพาะได้นั้นสามารถใช้ยาปฏิชีวนะตัวใดรักษา คือไวต่อยาชนิดใด เรียกว่า การทดสอบความไว (Sensitivity test)

การเพาะเชื้อ จึงเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยุ่งยาก ต้องใช้เครื่องมือที่สลับซับซ้อน รู้ผลช้า ราคาค่อนข้างแพง และทำได้เฉพาะในสถานบริการขนาดใหญ่ เช่น โรงพยาบาลประจำจังหวัด โรงพยาบาลเขต โรงพยาบาลที่เป็นโรงเรียนแพทย์ เป็นต้น แต่มีข้อดี คือ ช่วยบอกได้ว่าควรใช้ยาอะไรรักษาจึงจะได้ผล

โรคติดเชื้อมักจะมีความยากง่ายในการตรวจรักษาแตกต่างกันไป บางชนิดสามารถบอกจากอาการและเลือกใช้ยาตามสถิติข้อมูลที่ผ่านมา บางชนิดต้องอาศัยการตรวจย้อมเชื้อ และบางชนิดอาจต้องรอผลการเพาะเชื้อ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าเป็นโรคที่เป็นปริศนาในการวินิจฉัยหรือเคยใช้ยาแต่ไม่ได้ผล

2.4 Artificial Intelligence (AI) : ปัญญาประดิษฐ์

ภาพที่ 2.11 ปัญญาประดิษฐ์ [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญญาประดิษฐ์หรือ (AI) การรวมความฉลาดของมนุษย์สู่เครื่องจักร (Machine) คือชุดของโค้ด เทคนิค, หรืออัลกอริทึม ที่ทำให้ระบบคอมพิวเตอร์สามารถเลียนแบบพัฒนาและแสดงพฤติกรรมของมนุษย์ได้ เมื่อใดก็ตามที่ Machine สามารถแก้ปัญหาหรือแก้อัลกอริทึมตามชุดของคำสั่งที่สร้างไว้ได้สำเร็จ การทำงานเช่นนั้นเรียกว่า 'ปัญญาประดิษฐ์' [14]

แมชชีน (Machine) ที่ขับเคลื่อนด้วยปัญญาประดิษฐ์แบ่งเป็นสองกลุ่มคือแบบทั่วไป (General AI) และแบบแคบ (Narrow AI) ปัญญาประดิษฐ์แบบทั่วไปสามารถแก้ปัญญาได้อย่างชาญฉลาดเหมือนกับที่กล่าวไปข้างต้น ส่วนปัญญาประดิษฐ์แบบแคบนั้นสามารถทำงานบางด้านได้ดี หรือบางครั้งทำได้ดีกว่ามนุษย์เสียอีก แม้ว่าจะมีข้อจำกัดบางด้านอยู่ก็ตาม อย่างระบบการจำแนกรูปภาพของ พินเทอเรส (Pinterest) ก็ถือเป็น ปัญญาประดิษฐ์แบบแคบเช่นกัน วิทยาการของปัญญาประดิษฐ์ในปัจจุบัน ในตอนนี้เราอยู่ในยุคที่หลายๆ คนเรียกว่าเป็นยุควีคเอไอ (Weak AI) หรือในยุคที่ปัญญาประดิษฐ์มีความสามารถเฉพาะทางหรือเก่งในเรื่องบางเรื่องเท่านั้น ยังไม่สามารถทำได้หลายๆ ด้านเหมือนกับมนุษย์ ในตอนนี้เทคโนโลยีปัญญาประดิษญ์ยังอยู่ในช่วงเริ่มต้นของการพัฒนา และมีการคาดว่าจะมันจะมีความสามารถเหนือมนุษย์ในช่วงสตรองเอไอ (Strong AI) โดยการที่จะเปลี่ยนผ่านไปสู่ช่วงนั้นแมชชีน จำเป็นต้องเรียนรู้วิธีการคิดของมนุษย์ทั้งในด้านเทคนิคและกระบวนการจัดเก็บข้อมูลในสมอง [14]

<u>การเรียนรู้ของเครื่อง</u> (Machine Learning : ML) การสอนให้ระบบคอมพิวเตอร์ทำการเรียนรู้ได้ด้วยตนเองโดยการใช้ 'ข้อมูล' อาจจะทำความเข้าใจง่าย ๆ ตามชื่อเลยก็คือ การสอนอัลกอริทึมให้เรียนรู้ทำความเข้าใจและตัดสินใจได้ด้วยตัวเองจาก 'ข้อมูล' ที่ป้อนให้ การเรียนรู้ของแมชชีนนั้นเป็นไปในสองรูปแบบคือ การเรียนรู้โดยมีผู้บังคับบัญชา (Supervised) หรือการเรียนรู้โดยไม่มีผู้บังคับบัญชา (Unsupervised) [14]

การเรียนรู้โดยมีผู้บังคับบัญชา (Supervised) นั้นเครื่องจะเรียนรู้และทำนายผลลัพธ์ได้จากการช่วยเหลือของนักวิทยาศาสตร์ข้อมูล (Data Scientist) ส่วนการเรียนรู้โดยไม่มีผู้บังคับบัญชา (Unsupervised) นั้นเครื่องจะเรียนรู้และทำนายผลได้จากการจำแนกและสร้างแพทเทิร์นของมันจากข้อมูลที่ได้รับ เมื่อเครื่องสามารถทำนายผลลัพธ์จากชุดข้อมูลจำนวนมากได้มากเท่าไร ก็จะยิ่งแสดงความสามารถในการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) มากเท่านั้น [14]

<u>การเรียนรู้เชิงลึก</u> (Deep Learning : DL) การเรียนรู้เชิงลึก อัลกอริทึมแบบระบบเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) ต้องใช้ ‘โครงข่ายใยประสาทเสมือน’ (Artificial Neural Networks : ANN) ซึ่งก็เหมือนวิธีการทำงานของระบบประสาทในสมองมนุษย์ โครงข่ายเหล่านี้มี 'เซลล์ประสาท' ที่เชื่อมต่อกันเป็น 'ระบบประสาท' และสื่อสารกัน โดยใช้วิธีประมวลผลแบบขนาน (Parallel processing) เพื่อทำให้มันสามารถเข้าใจและเรียนรู้จากข้อมูลจำนวนมากที่ได้รับอย่างต่อเนื่อง [14]

สมองคนเรามักจะพยายามถอดรหัสข้อมูลที่ได้รับ อีกทั้งมักจะติดป้ายและการกำหนดสิ่งต่างๆ แบ่งแยกเป็นหมวดหมู่ เมื่อใดก็ตามที่เราได้รับข้อมูลใหม่สมองจะพยายามเปรียบเทียบกับสิ่งที่เราได้รู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนหน้า ก่อนที่จะทำความเข้าใจ เช่นเดียวกันการเรียนรู้เชิงลึกก็สามารถถูกสอนให้ทำงานในลักษณะเดียวกันให้สำเร็จได้ [14]

ความแตกต่าง การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) vs การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning)

ตัวอย่างเช่น ในขณะที่การเรียนรู้เชิงลึกสามารถค้นพบคุณสมบัติที่จะใช้ในการแบ่งแยกหมวดหมู่โดยอัตโนมัติ แต่การเรียนรู้ของเครื่อง จำเป็นต้องได้รับข้อมูลเหล่านี้จากผู้ให้ข้อมูลโดยตรง นอกจากนี้การเรียนรู้เชิงลึกยังต้องการเครื่องจักรระดับสูงและชุดข้อมูลจำนวนมาก เพื่อการทำนายผลที่แม่นยำมากขึ้น [14]

ทั้ง 3 เทคโนโลยีนี้จะช่วยในการทำงานของนักวิทยาศาสตร์และนักวิเคราะห์ในการตีความข้อมูลได้อย่างมหาศาล อีกทั้งยังมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อสาขาวิทยาศาสตร์ข้อมูล (Data Science) การสามารถแยกความแตกต่างของปัญญาประดิษฐ์ ในแต่ละรูปแบบ และนำมาปรับใช้และต่อยอดในแผนกลยุทธ์องค์กร และการทำโร้ดแมปด้านไอที จะช่วยให้องค์กรสามารถทำการวัดผลทั้งในด้านไอทีและทางธุรกิจได้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น [14]

การทำความเข้าใจว่าปัญญาประดิษฐ์คืออะไร และจะใช้มันเพื่อเป็นประโยชน์ต่อองค์กรได้อย่างไร ควรจะเป็นอะไรที่ทุกคนสามารถความเข้าใจความหมายของมันจริงๆ มากกว่าการสร้างคำสวยหรูประดับองค์กร อีกทั้งการทำให้เป็นหนึ่งในแผนกลยุทธ์ที่เชื่อมโยงกับงบประมาณ แผนการดึงดูดคนที่มีความสามารถ การวัดความคุ้มค่าในการลงทุน (ROI) รวมทั้งผลลัพธ์อื่นๆ ที่จะได้จากการลงทุนด้านเทคโนโลยี [14]

2.5 เทนเซอร์โฟล (TensorFlow)

ภาพที่ 2.12 สัญลักษณ์ของ TensorFlow [15]

เทนเซอร์โฟล (TensorFlow) คือ ไลบารี่การเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning library) ของกูเกิ้ล โดยทางกูเกิ้ล (Google) ได้ใช้ การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) เพิ่มประสิทธิภาพกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตภัณฑ์มากมาย ไม่ว่าจะเป็น เครื่องมือค้นหา (Search engine), การแปลภาษา (Translation), คำบรรยายภาพ (Image captioning) ตลอดไปจนถึงเครื่องมือช่วยการเสนอแนะ (Recommendations) [15]

กูเกิ้ลนำปัญญาประดิษฐ์มาช่วยให้พัฒนาประสบการณ์ของผู้ใช้ ทั้งในแง่ความเร็วของผลลัพธ์ และ ในแง่ผลลัพธ์ที่ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น เช่น การพิมพ์คำอะไรลงไปในช่องค้นหา กูเกิ้ลสามารถแนะนำคำต่อไป หรือคำที่สมบูรณ์ให้เราได้ทันที [15]

กูเกิ้ลต้องการใช้ประโยชน์จาก การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) กับชุดข้อมูลขนานใหญ่ เพื่อให้ผู้ใช้มีประสบการณ์การใช้งานที่ดีที่สุด โดยมีกลุ่มผู้ใช้เทคโนโลยีนี้ 3 กลุ่มด้วยกัน ได้แก่

- โปรแกรมเมอร์
- นักวิจัย
- นักวิทยาศาสตร์ข้อมูล

โดยที่กลุ่มคนทั้งสามกลุ่มสามารถใช้เครื่องชุดเดียวกัน มาพัฒนาต่อหรือปรับปรุงประสิทธิภาพได้ตามต้องการ กูเกิ้ลไม่ได้มีเพียงแต่ชุดข้อมูลจำนวนมากแต่ยังถือครองคอมพิวเตอร์จำนวนมากที่สุดในโลกอีกด้วย ดังนั้น เทนเซอร์โฟลสร้างมาเพื่อใช้งานได้บนหลากหลายอุปกรณ์ เทนเซอร์โฟลเป็นหนึ่งในผลงานพัฒนาจาก กูเกิ้ลเบรนทีม (Google Brain Team) ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อพัฒนา การเรียนรู้ของเครื่อง และ การเรียนรู้เชิงลึกโดยเฉพาะ [15]

<u>ประวัติศาสตร์เทนเซอร์โฟล</u>

เมื่อไม่กี่ปีก่อนเทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึกมีประสิทธิภาพในการจัดการข้อมูลปริมาณมหาศาลดีกว่า การเรียนรู้ของเครื่องอยู่หลายเท่าตัว กูเกิ้ลจึงเห็นว่าเทคโนโลยีนี้ สามารถนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ของตนเองได้ จึงได้สร้างเฟรมเวิร์คที่ชื่อว่าเทนเซอร์โฟลขึ้นมา เพื่อให้นักวิจัยและนักพัฒนาทำงานกับโมเดลปัญญาประดิษฐ์ได้ เมื่อพัฒนาและปรับปรุงสักระยะหนึ่ง ก็ถูกปล่อยออกมาให้คนทั่วไปใช้งานได้โดยเปิด โอเพนซอร์ส (Open source) ตั้งแต่ปี 2015 และปล่อยตัวสมบูรณ์ออกมาในปี 2017 พร้อมลิขสิทธิ์แบบให้คนทั่วไปสามารถใช้งาน ดัดแปลง และ แจกจ่ายตัวที่ถูกดัดแปลงมาแล้วโดยที่ไม่จำเป็นต้องจ่ายเงินให้กูเกิ้ล [15]

<u>แพลตฟอร์มที่รองรับเทนเซอร์โฟล</u>

เทนเซอร์โฟลจำเป็นต้องมีสเปกฮาร์ดแวร์ขั้นต่ำสำหรับใช้งานด้วยเช่นกัน โดยแบ่งเป็น

- ช่วงการพัฒนา เป็นช่วงที่ให้นักพัฒนาสามารถฝึกฝนเทนเซอร์โฟลให้เก่งขึ้น โดยพัฒนาผ่านคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ

- ช่วงการสรุปผล เมื่อการพัฒนาจบลงเทนเซอร์โฟลสามารถทำงานได้หลายแพลตฟอร์ม คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะที่ใช้ระบบปฏิบัติการ วินโดว์ (Windows) แมคโอเอสหรือลีนุค (MacOS or Linux) คลาวด์หรือเว็บเซอร์วิซ มือถือทั้ง ไอโอเอส (iOS) และ แอนดอรยด์ (Android)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถฝึกเทนเซอร์โฟลจากคอมพิวเตอร์หลายเครื่อง ทำงานได้จากหลากหลายอุปกรณ์ เมื่อเรามีโมเดลจำลองการฝึกแล้ว (Train Model)

โมเดลจำลองการฝึกสามารถใช้การประมวลผลได้ทั้ง ซีพียู (CPUs) และ จีพียู (GPUs) ถึงแม้จีพียูจะถูกออกแบบมาเพื่อเล่นเกม แต่ในช่วงปลายปี 2010 นักวิจัยจากมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ดพบว่าจีพียู สามารถทำงานได้ดีและรวดเร็วกับการคำนวณทางคณิตศาสตร์เช่นกัน อย่างเมทริกซ์และพีชคณิต เมื่อต้องหาผลคูณเมทริกซ์จำนวนมาก รวมถึงเทนเซอร์โฟลประมวลผลในเรื่องนี้ได้เร็วมากเทนเซอร์โฟลถูกเขียนขึ้นจากภาษาซัพลัสพลัส (C++) และ ไพธอน (Python) [15]

สุดท้าย ฟีเจอร์สำคัญของเทนเซอร์โฟลคือ เทนเซอร์บอร์ด (Tensor Board) ฟีเจอร์นี้เป็นจียูไอ (GUI) ที่ช่วยให้นักพัฒนาเห็น กระบวนการทำงานของเทนเซอร์โฟลได้ [15]

<u>ส่วนประกอบของเทนเซอร์โฟล</u>

- เทนเซอร์ (Tensor) ชื่อของเทนเซอร์โฟลมาจากชื่อเฟรมเวิร์กที่ถูกนำมาพัฒนาต่ออย่าง เทนเซอร์ การคำนวนทั้งหมดจึงเกี่ยวข้องกับเวกเตอร์ และเมทริกซ์หลายมิติ ที่มีข้อมูลจุอยู่หลายหลากชนิด ค่าทั้งหมดในหนึ่ง เทนเซอร์ จะมีขนาดของข้อมูลแตกต่างกันไปที่เรียกว่า เชพ (Shape) เทนเซอร์ มาจากอะไรก็ได้ทั้งข้อมูลที่ป้อนเข้าไป หรือ ผลลัพธ์จากการคำนวณ ในเทนเซอร์โฟล การคำนวณทั้งหมดจะเกิดขึ้นภายใน [15]

- กราฟ (Graph) เป็นโครงสร้างของตัวประมวลตัวและการเชื่อมต่อกันระหว่างโหนด (Node) แต่กราฟไม่ได้เป็นตัวแสดงผล และในแต่ละโหนดก็มีเทนเซอร์อยู่มากมายที่รอประมวลผล

- Graphs : Tensorflow ก็ใช้กราฟ (Graph) เฟรมเวิร์กด้วย โดยกราฟ (Graph) จะเป็นตัวรวบรวมและอธิบายชุดการคำนวณทั้งหมดในระหว่างการฝึกกราฟจึงมีประโยชน์มากมายทั้งสามารถทำงานผ่านซีพียู (CPUs) และจีพียู (GPUs) ได้หลายตัว ทั้งยังทำงานผ่านมือถือได้

- ความสามารถในเรื่องการพกพา ทำให้สามารถหยิบใช้งานได้อย่างทันที และสามารถบันทึกกราฟเพื่อดำเนินการต่อในอนาคต การคำนวณทั้งหมดในกราฟเกิดจากเทนเซอร์ที่เชื่อมไว้ด้วยกัน

- เทนเซอร์ประกอบด้วยโหนด และ เอดส่วนกลางจะมีชุดการคำนวณทางคณิตศาสตร์ และสร้างผลลัพธ์เป็นเอาท์พุท เอดคืออินพุต/เอาท์พุตที่เชื่อมต่อกันระหว่างโหนด

<u>รายการอัลกอริทึมเด่นๆที่เทนเซอร์โฟลรองรับ</u>

- Linear regression: tf.estimator.LinearRegressor
- Classification:tf.estimator.LinearClassifier
- Deep learning classification: tf.estimator.DNNClassifier
- Deep learning wipe and deep: tf.estimator.DNNLinearCombinedClassifier
- Booster tree regression: tf.estimator.BoostedTreesRegressor
- Boosted tree classification: tf.estimator.BoostedTreesClassifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

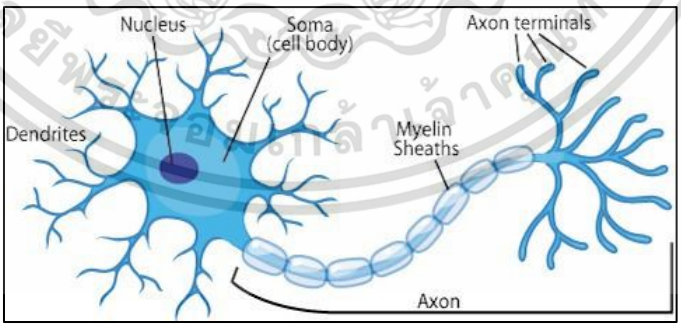
2.5.1 เทนเซอร์โฟลไลท์ (TensorFlow Lite)

เทนเซอร์โฟลไลท์ (TensorFlow Lite : TFLite) คือทูลที่ช่วยให้นักพัฒนาสามารถรันโมเดลเทนเซอร์โฟล ทำอินเฟอร์เรน (Inference) บนมือถือ (Mobile), แอนดรอยด์ (Android), ไอโอเอส (iOS), อุปกรณ์เอด (Edge), อุปกรณ์ไอโอที (IoT Device), ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และอุปกรณ์อื่นๆด้วยโมเดลที่มีขนาดเล็ก ทำงานได้เร็วขึ้นโดยอาจจะลดความแม่นยำลงไปบ้าง [16]
เทนเซอร์โฟลไลท์ ประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

- เทนเซอร์โฟลไลท์อินเตอร์พรีเตอร์ (TensorFlow Lite Interpreter) เป็นตัวรันโมเดลที่ถูกแปลง และ ออพติไมซ์ (Optimize) มาเป็นพิเศษบนฮาร์ดแวร์ที่กำหนด เช่น มือถือ หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)
- เทนเซอร์โฟลไลท์คอนเวอร์เตอร์ (TensorFlow Lite Converter) เป็นตัวแปลงโมเดลเทนเซอร์โฟลไปเป็นโมเดลขนาดเล็กที่ทำงานได้รวดเร็วสำหรับรันกับอินเตอร์พรีเตอร์

2.6 นิวรอลเน็ตเวิร์ค (Neural Network)

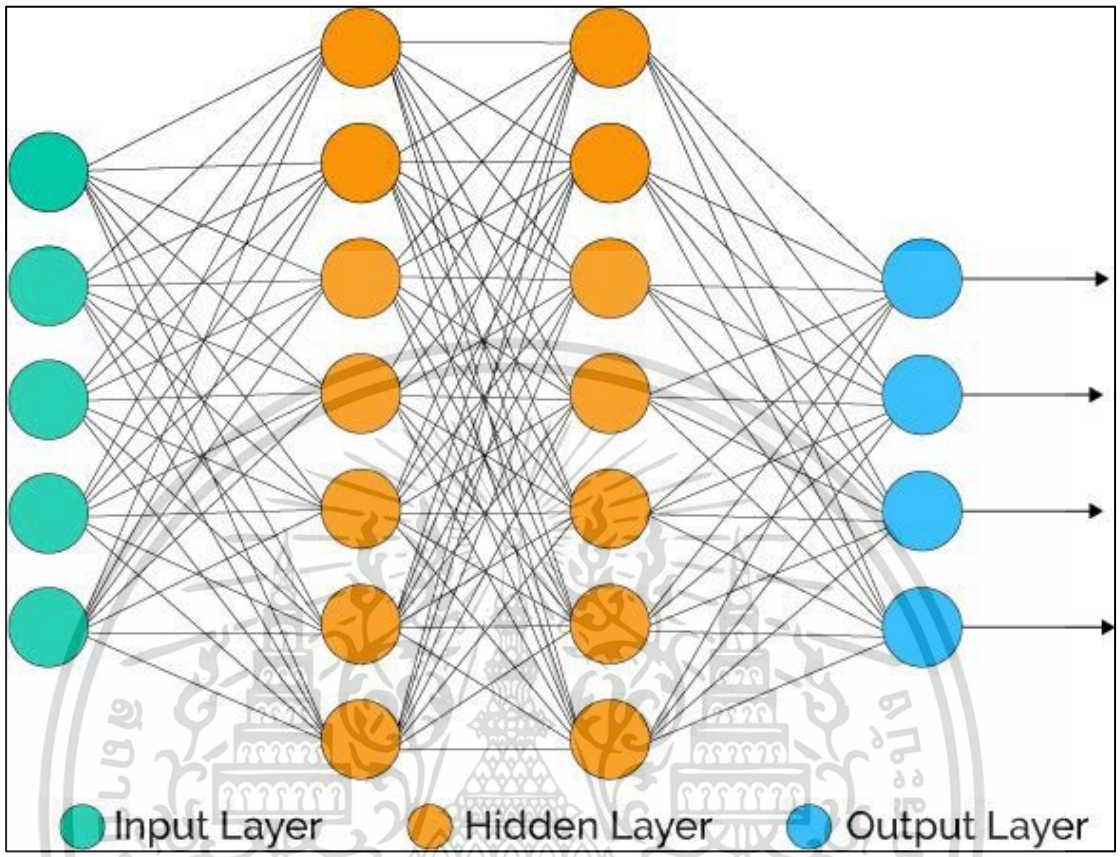
นิวรอลเน็ตเวิร์ค (Neural Network) หรือ โครงข่ายประสาทเทียม คือ โมเดลทางคณิตศาสตร์หรือโมเดลทางคอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผลสารสนเทศด้วยการคำนวณแบบคอนเนคชันนิสต์ (Connectionist) แนวคิดเริ่มต้นของเทคนิคนี้ได้มาจากการศึกษาโครงข่ายไฟฟ้าชีวภาพ (Bioelectric network) ในสมอง ซึ่งประกอบด้วย เซลล์ประสาท (Neurons) และ จุดประสานประสาท (Synapses) ตามโมเดลนี้ ข่ายงานประสาทเกิดจากการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาท จนเป็นเครือข่ายที่ทำงานร่วมกันซึ่งจะเห็นได้ว่า นิวรอลเน็ตเวิร์ค ที่เรากำลังจะเริ่มกันนั้นได้ลอกเลียนแบบมาจากโครงข่ายระบบประสาทของมนุษย์นั่นเอง [17]



ภาพที่ 2.13 ส่วนประกอบของนิวรอลเน็ตเวิร์ค (Neural Network) [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของ Neural Network



ภาพที่ 2.14 Neural Network [17]

- นิวรอน (Neurons) (ก้อนกลมๆ) ข้างในนิวรอนจะต่างกันตามเลเยอร์ (Layer) ที่มันอยู่ โดยถ้าเป็นอินพุท (Input) ข้างในตัวมันก็จะมีข้อมูลที่รับมา แต่ถ้าเป็นฮิดเดนเลเยอร์ (Hidden Layer) ก็จะมีสมการที่ช่วยในการคำนวณเพื่อทำนายว่าเป็นคลาสอะไร หรือคำนวณแบบถดถอย (Regression) ก็ได้ แต่ถ้าเป็นเอาท์พุต (Output) ก็จะเป็นตัวที่บ่งบอกว่าเป็นคลาสอะไรนั่นเอง [17]

- อินพุตเลเยอร์ (Input Layer) (สีเขียว) มีหน้าที่ในการรับข้อมูลเข้ามาในโครงข่ายประสาทโดยอินพุตเลเยอร์ จะเพียงชั้นเดียวเท่านั้นและมีหน้าส่งข้อมูลไปยังชั้นถัดไป ฮิดเดนเลเยอร์ (Hidden Layer) [17]

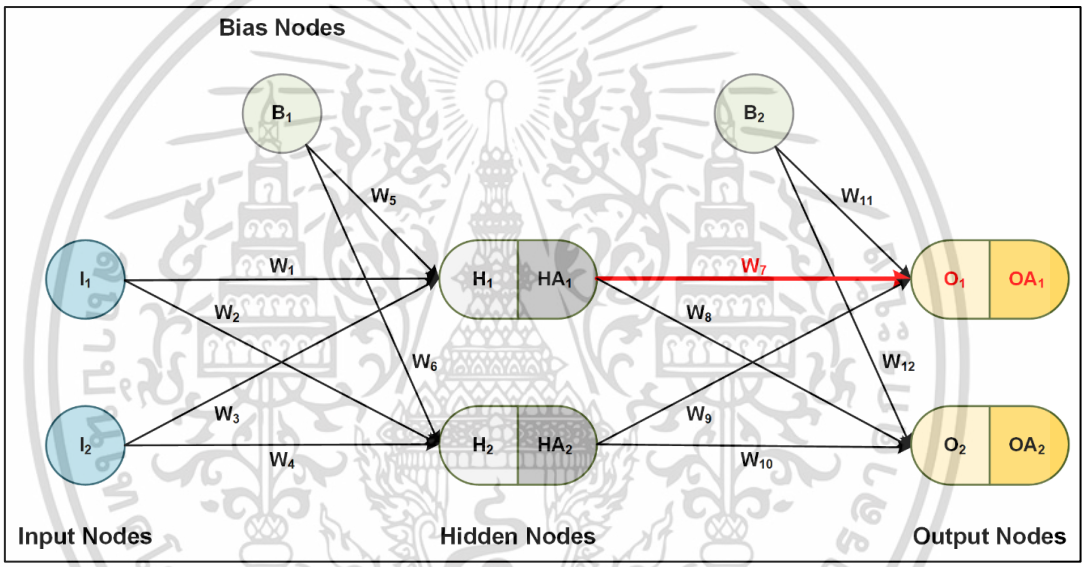
- ฮิดเดนเลเยอร์ (Hidden Layer) (สีส้ม) มีหน้าที่รับข้อมูลจากเลเยอร์ก่อนหน้า จะสังเกตุว่าฮิดเดนเลเยอร์ สามารถมีจำนวนมากกว่า 1 ได้ และโดยพื้นฐาน ถ้าเรายิ่งต้องการความแม่นยำที่มากขึ้นเราก็จะเพิ่มจำนวนชั้นของฮิดเดนเลเยอร์ และจำนวนนิวรอน ให้มากขึ้นก็จะช่วยได้ (ไม่เสมอไป) [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โดยเราสามารถพิสูจน์ได้จากการทดลองเล่นเว็บของ เทนเซอร์โฟล ซึ่งเป็นเว็บที่อธิบายและเห็นภาพชัดที่สุดสำหรับฮิดเดนเลเยอร์ ว่าเพิ่มแล้วได้อะไร ลดแล้วได้อะไรนั้นเอง [17]

<u>เอาท์พุตเลเยอร์</u> (Output Layer)

เป็นเอาท์พุตเลเยอร์ ที่อยู่ท้ายสุดรอรับค่าจากฮิดเดนเลเยอร์อันสุดท้าย โดยในชั้นเอาท์พุตนั้นแต่ละนิวรอนจะมีค่าน้ำหนักของคลาสอยู่ เช่น เรามีประเภทของเอาท์พุตทั้งหมด 2 แบบคือ แมว กับหมาเพราะฉะนั้น เอาท์พุตเลเยอร์ ของเราจะมีนิวรอน 2 ตัว ตัวแรกอาจจะเป็นหมานิวรอน ตัวที่สองจะเป็นแมวนิวรอนโดยเมื่อข้อมูลผ่านฮิดเดนเลเยอร์ไปสู่ เอาท์พุตแล้ว นิวรอนทั้ง 2 ตัวจะมีค่าข้างในไม่เท่ากัน โดยที่นิวรอนตัวไหนมีน้ำหนักมากกว่ากัน แสดงว่าเป็นคลาสนั้น [17]



ภาพที่ 2.15 ขยายภาพรวม Neural Network [17]

โดยทุก ๆ ฮิดเดนเลเยอร์จะมีไบอัส (Bias) เชื่อมต่ออยู่เพื่อให้ทุกๆการคำนวณเพื่อส่งต่อมีความเท่าเทียมกัน ตีความหมายง่ายๆคือ ทุกๆนิวรอนในฮิดเดนเลเยอร์จะต้องมีไบอัสเข้าไปคำนวณเพื่อให้ดีซิสชั่นบาวน์ดารี่ (Decision boundary) ไม่จำเป็นต้องผ่านจุดออริจิน (Origin) [17]

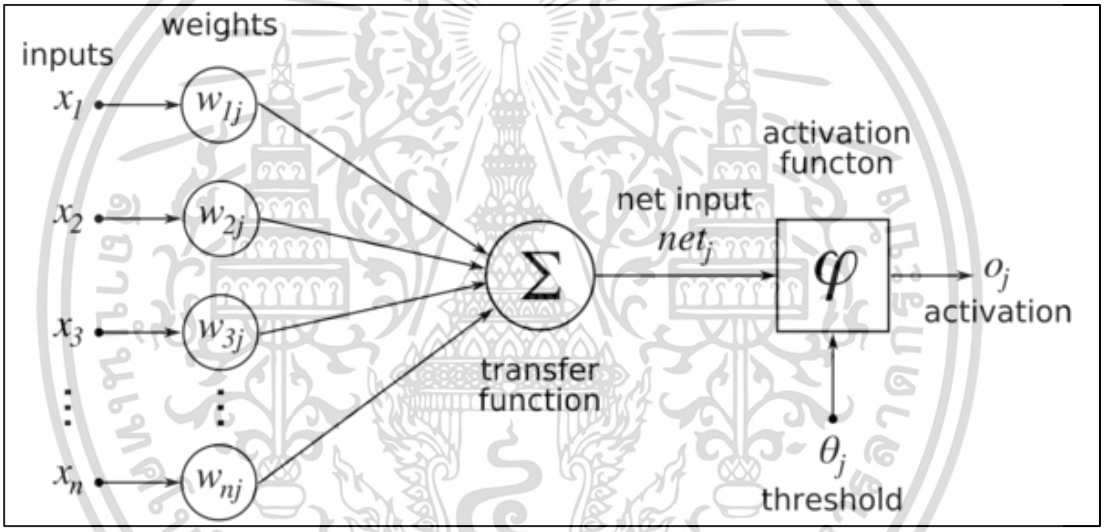
ส่วนเวท (Weight) จะเป็นน้ำหนักซึ่งมันจะส่งผลทุกๆ นิวรอนมีค่าเอาท์พุตที่ไม่เท่ากัน ทำให้แต่ละคลาสมีน้ำหนักไม่เท่ากันเวลาคำนวณว่าเป็นคลาสไหน ทำให้เราสามารถแยกว่าข้อมูลนี้เป็นคลาสอะไรได้ด้วยการดูตัวเลขที่เอาท์พุต [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ออพติไมเซชั่นอัลกอริทึม</u> (Optimization Algorithms)

จากการมาถึงของเบคโพรพาเกชั่น (Backpropagation) เราจะปรับน้ำหนักในแต่ละจุดให้ดีขึ้น เพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำมากยิ่งขึ้นกว่าเดิมแต่วิธีการหาค่าน้ำหนัก (W) ใหม่ คือการใช้สิ่งที่เรียกว่า ออพติไมเซชั่นอัลกอริทึม (Optimization Algorithms) แค่ชื่อก็แปลเป็นไทยได้ว่า“อัลกอริทึมการเพิ่มประสิทธิภาพ” ซึ่งหน้าที่ของมัน คือปรับปรุงค่าต่างๆในนิวรอลเน็ตเวิร์คทำให้เอาท์พุตของเราให้ใกล้เป้าหมายมากขึ้น [17]

โดยเราจะคุ้นๆหูกันดีกับเกรเดียนดีเซนท์ (Gradient Descent) ซึ่งเป็น 1 ในหลายๆอัลกอริทึมของออพติไมเซอร์ (Optimizer) ซึ่งมีให้เลือกใช้หลายตัวมาก แต่ในปัจจุบันเอสจีดี (SGD) ไม่ได้เป็นที่นิยม เพราะมีอัลกอริทึมใหม่ๆเกิดมาและดีกว่าอย่าง เช่น อาดัม (Adam) ที่ให้ค่าลอส (Loss) ที่ต่ำที่สุดและไวเกือบที่สุด เมื่อมีเบคโพรพาเกชั่นก็ต้องมีแอคทิเวชั่นฟังก์ชัน (Activation Function) [17]



ภาพที่ 2.16 แผนภาพการทำงาน Neural Network [17]

ทีนี้เมื่อเราใช้เบคโพรพาเกชั่น (Backpropagation) แล้วเราก็ไม่สามารถใช้สเต็ปฟังก์ชัน (Step function) ได้อีกต่อไปเราจึงเปลี่ยนมาใช้แอคทิเวชั่นฟังก์ชัน (Activation Function) ฟังก์ชันการกระตุ้น มาคำนวณหลังจากที่คำนวณน้ำหนักของนิวรอน เสร็จแล้วเพื่อหาว่าเป็นคลาสนี้หรือไม่โดยค่าที่ออกมาจะเป็นความน่าจะเป็นว่าใช่คลาสนั้นหรือไม่ และจะเป็นน้ำหนักให้กับ นิวรอนตัวถัดไปนั้นเอง ซึ่งแอคทิเวชั่นฟังก์ชัน มีให้เลือกเยอะมากหนึ่งในนั้นคือ ซิกมอยด์ (Sigmoid) ที่อยู่ในโลจิสติกรีกรีชั่น (Logistic Regreesion) [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอคทิเวชั่นฟังก์ชัน (Activation Function)

แอคทิเวชั่นฟังก์ชัน (Activation Function) คือ ฟังก์ชันที่รับผลรวมการประมวลผลทั้งหมดจากทุกอินพุต (Input) ทุกเดรนไดรต์ (Dendrite) ภายใน 1 นิวรอน แล้วพิจารณาว่าจะส่งต่อเป็นเอาท์พุต (Output) เท่าไร แอคทิเวชั่นฟังก์ชัน (Activation Function) ที่เป็นที่นิยมในอดีต คือ ซิกมอยด์ฟังก์ชัน (Sigmoid Function) ที่รับข้อมูลอะไรก็ตามเข้าไป เปลี่ยนเป็นค่าระหว่าง 0-1 [18]

ซิกมอยด์ฟังก์ชัน (Sigmoid Function)

ซิกมอยด์ฟังก์ชัน (Sigmoid Function) เป็นฟังก์ชันที่เป็นโค้งรูปตัวเอส (S) เห็นแล้วเข้าใจได้ง่าย และเนื่องจากเอาท์พุต (Output) ของซิกมอยด์ฟังก์ชัน (Sigmoid Function) มีค่าระหว่าง 0 – 1 จึงเหมาะที่จะถูกใช้ในงานที่ต้องการเอาท์พุตเป็นความน่าจะเป็น (Probability) หรือใช้เป็นเอาท์พุตว่า 1=ใช่, 0=ไม่ [18]

รีลูฟังก์ชัน (ReLU Function)

รีลูฟังก์ชัน (ReLU Function) ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่นิยมใช้ในการเทรนการเรียนรู้เชิงลึก รีลู (ReLU) ย่อมาจาก เรคทิไฟน์ลีเนียร์ยูนิต (Rectified Linear Unit) คือ ฟังก์ชันเส้นตรงที่ถูกปรับแก้เรคทิไฟน์ (Rectified) ไม่ได้เป็นรูปตัวเอส

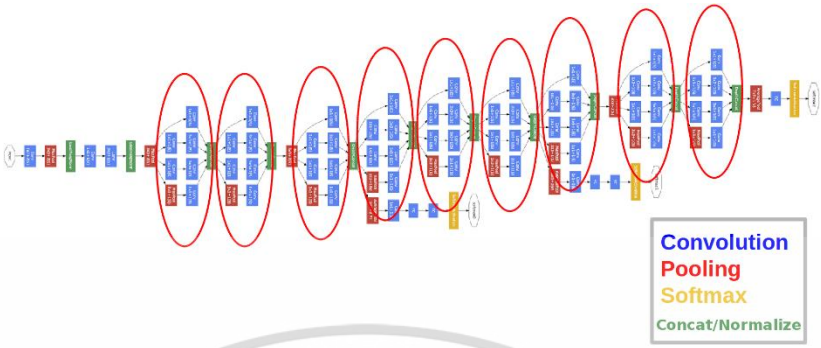
รีลู (ReLU) เป็นฟังก์ชันที่เรียบง่ายกว่า แอคทิเวชั่นฟังก์ชัน (Activation Function) ตัวอื่นๆ แต่ทรงพลัง เนื่องจากถ้าอินพุตเป็นบวก สโลป (Slope) จะเท่ากับ 1 ตลอดกาล ทำให้เกรเดียน (Gradient) ไม่หายและไม่เกิดเวนิชชิงเกรเดียน (Vanishing Gradient) ส่งผลให้เราเทรนโมเดลใช้เวลาน้อยลง [19]

แบชนอร์ม (BatchNorm)

แบชนอร์ม (BatchNorm) คือ เทคนิคที่ใช้ระหว่างการเทรน การเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine Learning) เพื่อปรับชิฟท์ (Shift), สเกล (Scale) ให้แอคทิเวชั่น (Activation) ที่อยู่ภายในฮิดเดนเลเยอร์ (Hidden Layer) ของดีพเนชเชอร์รอลเน็ตเวิร์ค (Deep Neural Network) ให้มีขนาดเหมาะสม ไม่เล็ก ไม่ใหญ่เกินไป โดยดูเทียบจากมีน (Mean) และสแตนดาดดีเวชั่น (Standard Deviation) ของทุกแอคทิเวชั่น (Activation) ในเลเยอร์ (Layer) ของทั้งแบช (Batch) นั้นคล้ายกับฟีเจอร์สกอลิ่ง (Feature Scaling) ของอินพุตและมีการเสริมด้วยเลิร์นนิ่งพารามิเตอร์ (Learning Parameter) เพื่อให้โมเดลเรียนรู้ ที่จะปรับแอคทิเวชั่น (Activation) ให้เป็นที่ต้องการได้เอง [20]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 กูเกิ้ลเน็ต (GoogleNet)



ภาพที่ 2.17 กูเกิ้ลเน็ต (GoogleNet) [21]

กูเกิ้ลเน็ต (GoogleNet) หรือ อินเซ็ปชั่นเน็ตเวิร์ค (Inception Network) เป็นคลาสหนึ่งของสถาปัตยกรรมที่ออกแบบโดยนักวิจัยของกูเกิ้ล โดยกูเกิ้ลเน็ต (GoogleNet) เป็นผู้ชนะของอิมเมจเน็ต 2014 (ImageNet 2014) ซึ่งพิสูจน์แล้วว่าเป็นโมเดลที่ทรงพลังมากที่สุดในปีนั้น โดยมีความลึก 22 ชั้น เมื่อเทียบกัน [22]

สถาปัตยกรรมนี้มีหลายโมดูลซ้อนกัน แม้การเทรนจะแตกต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากเลเยอร์ชั้นบนสุดส่วนใหญ่มีเลเยอร์เอาท์พุทของตนเอง ความแตกต่างนี้จะช่วยให้แบบจำลองมาบรรจบกันได้เร็วขึ้นเนื่องจากมีการเทรนร่วมกันเช่นเดียวกับการเทรนแบบขนาน [22]

ข้อดีของกูเกิ้ลเน็ต

- กูเกิ้ลเน็ตเทรนได้เร็วกว่าวีจีจี (VGG)
- ขนาดของกูเกิ้ลเน็ตที่ผ่านการเทรนเล็กกว่าวีจีจี (VGG) ซึ่งมักจะมีขนาดมากกว่า 500 MB

2.8 ซอฟต์แมกซ์ฟังก์ชัน (Softmax Function)

ซอฟต์แมกซ์ฟังก์ชัน (Softmax Function or SoftArgMax Function) หรือ นอร์มอลไลซ์เอ็กโพแนนเชียลฟังก์ชัน (Normalized Exponential Function) คือ ฟังก์ชันที่รับอินพุตเป็นเวคเตอร์ของลอร์กิต (Logit) จำนวนจริงแล้วนอร์มอลล์ไลซ์ (Normalize) ออกมาเป็นความน่าจะเป็น (Probability) ที่ผลรวมเท่ากับ 1 หรือเข้าใจง่าย ๆ ว่าซอฟต์แม็กรับตัวเลขเข้าไป แล้วแปลงออกมาเป็นความน่าจะเป็น [23]

ประโยชน์ของซอฟต์แมกซ์ฟังก์ชัน

ซอฟต์แมกซ์ฟังก์ชันมักถูกนำไปไว้ในเลเยอร์สุดท้ายของนิวรอลเน็ตเวิร์ค เพื่อให้เอาท์พุตออกมาเป็นความน่าจะเป็น คำนวนเนกาทีฟล็อกไลค์ลี่ฮูด (Negative Log Likelihood) เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครอสเอนโทรปีลอส (Cross Entropy Loss) เช่น ในงาน ซิกแนลคลาสคลาสสิฟิเคชั่น (Single Class Classification) [23]

ข้อเสียของซอฟต์แมกซ์ฟังก์ชัน

เหมาะกับการใช้งานที่คาดหวังเอาท์พุตที่ถูกต้องอันเดียวเท่านั้น ใกล้เคียงกับแมกซ์ฟังก์ชัน (Max Function) เนื่องจากตัวหารต้องรวมทั้งหมดทุกไอเทม (Item) ทุกครั้ง จึงทำให้มีปัญหาเรื่องเพอร์ฟอร์เมน (Performance) ถ้ามีจำนวนไอเทมมากๆ เช่น เอาท์พุตเป็น 1 ใน 500,000 [23]

2.8 ครอสเอนโทรปีลอส (Cross Entropy Loss)

ครอสเอนโทรปีลอส (Cross Entropy Loss/Logistic Regression) หรือ ล๊อกลอส (Log Loss) คือ การคำนวนเออเร่อร์ (Error) ว่าค่าที่โมเดลเราทำนายออกมาได้ต่างจากค่าข้อมูลจริงอยู่เท่าไร ด้วยการนำความน่าจะเป็น (Probability) มาคำนวน หมายถึง ทายถูก แต่ไม่มั่นใจก็จะลอส (Loss) มาก หรือ ยิ่งทายผิด แต่มั่นใจมากก็จะลอส (Loss) มาก โดยคำนวนทั้งแบทช์ (Batch) แล้วหาค่าเฉลี่ย [24]

- p(x) มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 (ทำให้ผ่านล๊อก (Log) แล้วติดลบ เมื่อเจอกับเครื่องหมายลบด้านหน้า จะกลายเป็นบวก)
- ครอสเอนโทรปีลอส (Cross Entropy Loss) มีค่าระหว่าง 0 ถึง อินฟินิตี้ (Infinity) (ถ้าเป็น 0 คือไม่มีความผิดพลาดเลย)

2.9 แอนดรอยด์สตูดิโอ (Android Studio)

แอนดรอยด์สตูดิโอ (Android Studio) ซึ่งเป็นไอดีอีทูล (IDE Tool) จากกูเกิ้ลไว้พัฒนาแอนดรอยด์ (Android) โดยเฉพาะโดยพัฒนาจากแนวคิดพื้นฐานมาจากอินเทนลิเจไอเดีย (IntelliJ IDEA) คล้ายๆ กับการทำงานของอีคริป (Eclipse) และแอนดรอยด์เอดีทีปลักอิน (Android ADT Plugin) โดยวัตถุประสงค์ของแอนดรอยด์สตูดิโอ คือต้องการพัฒนาเครื่องมือไอดีอี (IDE) ที่สามารถพัฒนาแอพ (App) บนแอนดรอยด์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งด้านการออกแบบจียูไอ (GUI) ที่ช่วยให้สามารถพรีวิว (Preview) ตัวแอพมุมมองที่แตกต่างกันบนสมาร์ทโฟน (Smart Phone) แต่ล่ะรุ่นสามารถแสดงผลบางอย่างได้ทันทีโดนไม่ต้องทำการรันแอพบนอีมูเลเตอร์ (Emulator) รวมทั้งยังแก้ไขปรับปรุงในเรื่องของความเร็วของอีมูเลเตอร์ที่ยังเจอปัญหากันอยู่ในปัจจุบัน [25]

การเขียนแอนดรอยด์บนแอนดรอยด์สตูดิโอจะมีขั้นตอนอยู่ 2 ขั้นตอนก็คือ ติดตั้งจาวาแอสดีเค (Java SDK) และดาวน์โหลดแอนดรอยด์สตูดิโอมาติดตั้งก็จะสามารถใช้งานได้ทันที โดยที่เราไม่ต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการติดตั้งแอนดรอยด์เอดีทีปลักอิน (Android ADT Plugin) แต่อย่างใด ซึ่งช่วยลดขั้นตอนการติดตั้งเครื่องมือต่างๆ ได้ [25]

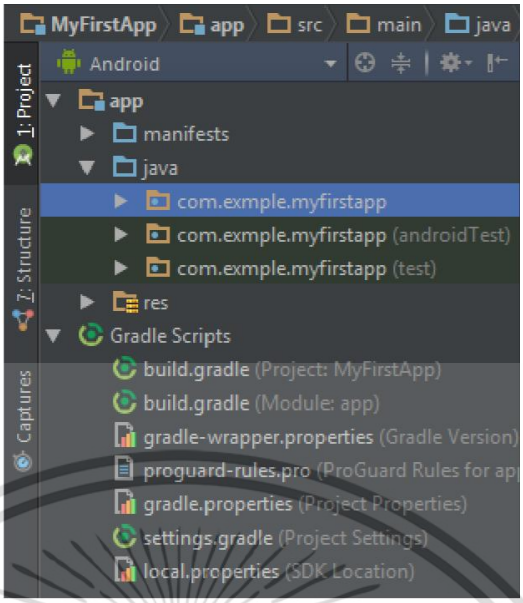
ภาพที่ 2.18 แอนดรอยด์สตูดิโอโลโก้ (Android Studio Logo) [26]

ในปัจจุบันแอนดรอยด์สตูดิโอ ยังอยู่ในช่วงเออร์ลี่เอคเสสพรีวิว (Early access preview) แต่เราสามารถดาวน์โหลด เพื่อใช้งานบนเพลทฟอร์ม (Platform) ได้เกือบทุกโอเอส (OS) เช่น วินโดว์ (Windows) แมค (Mac) และลีนุค (Linux) และจากที่ได้ทำการดาวน์โหลดมาติดตั้งและทดสอบความสามารถของแอนดรอยด์สตูดิโอจะคล้ายๆ กับการเขียนแอนดรอยด์บนโปรแกรมอีคริป (Eclipse) พวกโครงสร้างไฟล์ หรือวิดเจ็ต (Widgets) ก็คล้ายกันแต่จะแปลกใหม่ตรงที่มีพรีวิว (Preview) ในส่วนของเลย์เอาท์ (Layout) ที่มีความสามารถมากขึ้น [27]

2.9.1 โครงสร้าง โปรเจคโฟลเดอร์ (Project Folder)

แอนดรอยด์สตูดิโอจะเปิดโปรเจคมายเฟิร์สแอพ (MyFirstApp) เพื่อให้ทำงานกับโปรเจคนี้ได้ทันที โดยหน้าต่างโปรเจคที่อยู่ทางซ้ายจะแสดงโครงสร้างของโปรเจคว่า ประกอบไปด้วยไฟล์หรือโฟลเดอร์อะไรบ้าง สามารถปรับการแสดงผลได้หลายมมุมอง ดีฟอลค์จะเป็นมมุมองแอนดรอยด์ [28]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.19 โครงสร้างโปรเจคโฟลเดอร์ [28]

มมุมองแอนดรอยด์จะแสดงส่วนประกอบของโปรเจคในรูปแบบที่ช่วยให้เราทำงานพื้นฐานต่างๆ ในการพัฒนาแอพแอนดรอยด์ที่ได้สะดวกที่สุด โดยแบ่งส่วนประกอบของโปรเจคเป็น 3 ส่วน คือ [28]

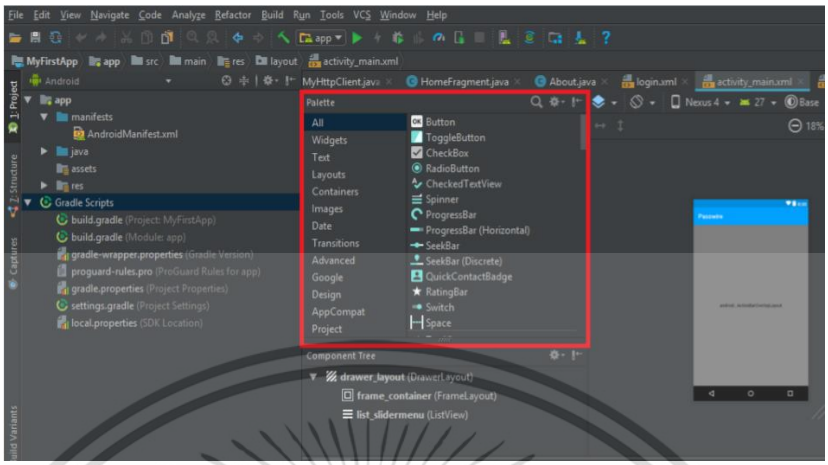
- แมนนิฟาสต์ไฟล์ (Manifest file) อยู่ในโฟลเดอร์แมนนิฟาสต์ (Folder Manifests)
- ซอสโค้ด (Sorce code) ภาษาจาวา (Java) อยู่ในโฟลเดอร์จาวา
- ไฟล์รีซอร์ส เช่น เลย์เอาท์ไฟล์ (Layout file), รูปภาพ, ค่าสตริง (String) อยู่ในโฟลเดอร์เรส (Res)

โดยจากค่าเริ่มต้น ในหน้าจอแอนดรอยด์สตดูโอจะแสดงมมุมองนี้ซึ่งไม่ได้สะท้อนลำดับชั้นของไฟล์ในดิสก์ แต่จัดระเบียบตามโมดูล และประเภทของไฟล์ เพื่อให้ง่ายต่อการนำทางไฟล์ที่ดูเยอะๆ ระหว่างไฟล์เริ่มต้นของโปรเจค, การซ่อนไฟล์, หรือไฟล์บางอย่างที่ไม่ได้ใช้กันทั่วไป ในการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างบางอย่าง เมื่อเปรียบเทียบโครงสร้างของไฟล์ไปถึงในดิสก์มีดังต่อไปนี้

- การแสดงไฟล์ทั้งหมดของโปรเจค ในการสร้าง (Build) ไฟล์โดยใช้องค์ประกอบเลเวลเกรเดิลสคริปต์ (Level Gradle Script) ระดับบนสุด
- แสดงทั้งหมด ในไฟล์แมนนิฟาสต์ในกลุ่มแต่ละโมดูล (Module) ออกมาเป็นเลเวลกรุ๊ป (Level group) เมื่อมีข้อแตกต่างของไฟล์แมนนิฟาสต์นั้นก็จะแตกต่างที่ผลิตภัณฑ์และชนิดของการสร้างด้วย
- แสดงการในทรัพยากรทั้งหมด ในกลุ่มเดียวกันแทนที่จะเป็นโฟลเดอร์แยกต่างหากสำหรับการแยกรีซอร์สไฟล์ ตัวอย่าง เช่น เครื่องทุกรุ่นที่มีความหนาแน่นของไอคอน (Icon) ที่เรียกใช้จะพบว่ามีผลด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 แผ่นพาเลต



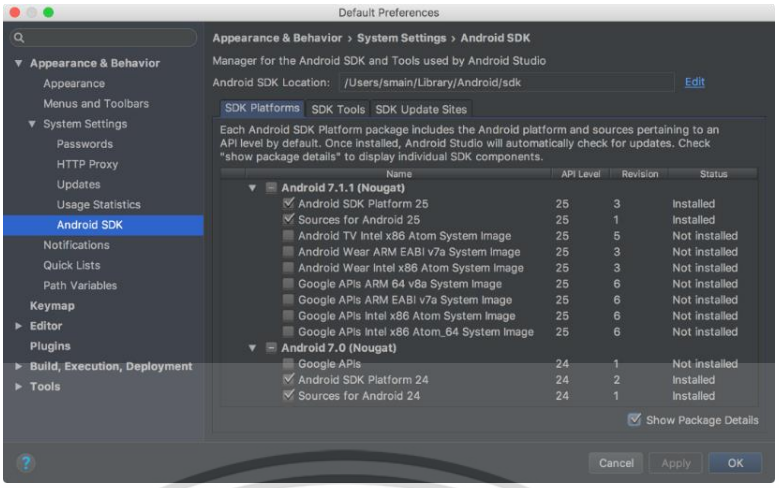
ภาพที่ 2.20 แผ่นพาเลต

พาเลตหรือเครื่องมือวิดเจ็ตอิลิเมนท์ (Widgets Element) ต่างๆ หลังจากที่ได้สร้างโปรเจคจะปรากฏกล่องเครื่องมือ (Toolbox) ที่เป็นพาเลตมาด้วย ซึ่งในแต่ละพาเลตจะมีการแบ่งย่อยของแต่ละรายการไว้เป็นหมวดหมู่ต่างๆ เพื่อความสะดวกในการเรียกใช้งาน เช่น ที่เป็นฟอร์มวิดเจ็ต (Form Widgets) ใช้สำหรับออกแบบพวกเลเบล (Label), ปุ่ม (Button), เช็คบอกซ์ (Checkbox), เรดิโอ (Radio) หรือเท็กฟิลด์ (Text Fields) เป็นอิลิเมนท์ (Element) รายการของพวกรับข้อมูลข้อความ (Input Text) ต่างๆ และยังมีอีกหลาย ประเภท (Category) ที่จะสามารถนำมาใช้กับโปรเจคได้ [28]

2.10 แอนดรอยด์เอสดีเค (Android Software Development Kit : SDK)

แอนดรอยด์ซอฟต์แวร์ดิวิลอปเมนท์คิท (Android Software Development Kit : Android SDK) เปรียบเสมือนไลบรารี่ที่ใช้ในการพัฒนาแอพพลิเคชัน (Application) สำหรับแอนดรอยด์ เนื่องจากตัวแอนดรอยด์มีหลายเวอร์ชั่นและแต่ละเวอร์ชั่นมีฟีเจอร์ (Feature) และจียูไอ (GUI) ที่ไม่เหมือนกันทำให้เกิดแอนดรอยด์แอสดีเค (Android SDK) ออกมาหลายเวอร์ชั่นให้เลือกใช้งาน [25]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.21 แอนดรอยด์แอสดีเค (Android SDK) [25]

2.11 เครื่องมือและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.11.1 ไพธอน 3.6 (Python 3.6)

ไพธอน (Python) คือภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษาหนึ่ง ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาโดยไม่ยึดติดกับแพลตฟอร์ม กล่าวคือสามารถรันภาษาไพธอนได้ทั้งบนระบบยูนิกซ์ (Unix), ลีนุกซ์ (Linux), วินโดว์ (Windows) หรือแม้แต่ระบบฟรีบีเอสดี (FreeBSD) ภาษาตัวนี้เป็นโอเพนซอร์ส (OpenSource) ทำให้ทุกคนสามารถที่จะนำไพธอนมาพัฒนาโปรแกรมของได้ฟรีโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และความเป็นโอเพนซอร์สทำให้มีคนเข้ามาช่วยกันพัฒนาให้ไพธอนมีความสามารถสูงขึ้นและใช้งานได้ครบคุมกับทุกลักษณะงาน [29]

ไพธอนออกเวอร์ชั่น 3.6 มีฟีเจอร์เพิ่มเข้ามาหลาย ที่เห็นชัดที่สุดคือการฟอร์แมตสตริงแบบใหม่ โดยสั่งเรียกตัวแปรจากในสตริงได้เลย ซึ่งในแบช (Bash) หรือรูบี้ (Ruby) มีใช้กันอยู่แล้ว แต่สำหรับไพธอนผู้ที่ต้องการใช้งานจะต้องประกาศสตริงเป็นแบบคล้ายยูนิโค้ด (Unicode) หรือรอว์ (Raw) ที่ต้องประกาศคล้ายๆ กัน ฟีเจอร์ต่อมาคือการใช้ขีดล่าง (_) เพื่อแยกกลุ่มตัวเลขออกจากกัน เพิ่มความสะดวกในการเขียนตัวเลขขนาดใหญ่ เช่น 100_000 [30]

2.11.2 กิตฮับ (GitHub)

กิตฮับ (GitHub) คือ เว็บไซต์กิท Git (version control repository) ที่อยู่บนอินเตอร์มีการทำงานแบบเดียวกับกิท (Git) แต่สามารถเข้าถึงข้อมูลและจัดการผ่านเว็บโดยไม่ต้องเสียเงินหรือลงทุนตั้งเซิร์ฟเวอร์ (Server) เพื่อติดตั้ง Git เอง แต่โค้ดโปรเจค (Code project) ทั้งหมดจะถูกแจกจ่ายให้คนอื่นๆสามารถเห็นได้ด้วย ซึ่งกิตฮับก็มีการเสนอแพลน (Plan) แบบส่วนตัวให้ถ้าอยากให้โค้ดไม่ถูกแจกจ่ายออกไปโดยจะมีค่าใช้จ่าย ปัจจุบันมีผู้ใช้มากกว่า 20 ล้านคน [31]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.3 อูบุนตู 18.0 (Ubuntu 18.0)

อูบุนตู (Ubuntu) เป็นระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ที่เป็นแบบเปิด ซึ่งมีพื้นฐานบนลินุกซ์ดิสทริบิวชันที่พัฒนาต่อมาจากเดเบียน การพัฒนาสนับสนุนโดยบริษัทของนายมาร์ก ชัทเทิลเวิร์ธ ชื่อของดิสทริบิวชันนั้นมาจากคำในภาษาซูลู และภาษาโคซา (ภาษาในแอฟริกาใต้) อูบุนตูต่างจากเดเบียนตรงที่ออกรุ่นใหม่ทุก 6 เดือน และแต่ละรุ่นจะมีระยะเวลาในการสนับสนุนเป็นเวลา 18 เดือน ซอฟต์แวร์ต่างๆ ที่รวมมาใน อูบุนตูนั้นเป็นซอฟต์แวร์เสรีเกือบทั้งหมด (มีบางส่วนที่เป็นลิขสิทธิ์ เช่น ไดรเวอร์) โดยจุดมุ่งหมายหลักของอูบุนตูคือเป็นระบบปฏิบัติการสำหรับคนทั่วไป ที่มีโปรแกรมทันสมัยและมีเสถียรภาพในระดับที่ยอมรับได้ [32]

2.11.4 โหมดนักพัฒนา (Developer)

โหมดนักพัฒนา (Developer) โหมดนี้เป็นโหมดที่ออกแบบมาสำหรับนักพัฒนาซอฟต์แวร์ แต่ผู้ใช้งานระบบปฏิบัติการทั่วไปก็สามารถเข้าใช้งานโหมดนี้ได้เช่นกัน และไม่ส่งผลให้เกิดปัญหากับระบบการทำงานของเครื่องหรือการรับประกันเครื่องแต่อย่างใด สำหรับโหมดนี้การเข้าไปเปิดใช้งานเมนูต่างๆ ของแต่ละแบรนด์ และแต่ละรุ่น จะแตกต่างกันไป แต่โดยหลักๆ แล้วก็จะมีความคล้ายคลึงกัน สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้โดยง่าย [33]

2.11.5 พาวเวอร์เชล (PowerShell)

พาวเวอร์เชล (PowerShel) คือ ภาษา เชลสคริป (Shell Script) ที่ไมโครซอฟต์สร้างขึ้นมาให้ผู้ดูแลระบบงานบนวินโดว์ใช้สั่งให้เครื่องทำงาน ใช้ได้กับวินโดว์และอีกหลายโปรแกรม ซึ่งดีกว่าการใช้คำสั่งในดอส (DOS) โดยพาวเวอร์เชลนี้จะมากับวินโดว์ทำงานอยู่บนเน็ตเฟรมเวิร์ค (.Net Framework) และต่อมาเมื่อมีเน็ตคอร์ (.Net Core) สำหรับลินุคก็มีพาวเวอร์เชลบนลินุคด้วย จากจุดเริ่มต้นช่วยให้สั่งงานผ่านคอมมานด์ไลน์ (Command Line) และแบชไฟล์ (Batch File) ต่อมาการทำงานของ Microsoft เกือบทุกเรื่องก็รองรับพาวเวอร์เชลแล้ว การไม่ต้องยึดติดกับจียูไอ (GUI) ตลอดเวลา มันช่วยให้ทำงานเป็นออโต้เมท (Automate) ได้มากขึ้น [34]

2.11.6 คอมมานด์พรอมท์ (Command Prompt)

คอมมานด์พรอมท์ (Command Prompt) หรืออีกชื่อที่เป็นที่รู้จักก็คือ ซีเอมดีดอทอีเอ็กอี (Cmd.exe) หรือซีเอ็มดี (Cmd) เป็นโปรแกรมตัวหนึ่งที่เป็นส่วนหนึ่งของระบบปฏิบัติการวินโดว์ ทำงานในรูปแบบการสั่งงานด้วยชุดคำสั่งเป็นตัวอักษร (Command-line interpreter) ถึงแม้ว่าการใช้งานคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันจะเป็นจียูไอ (GUI) ทั้งหมด แต่ยังมีคำสั่งบางอย่างที่เรายังจำเป็นต้องสั่งด้วย คอมมานด์ไลน์ (Command-line) อยู่ เช่น การสั่งเช็ค ปิ๊ง (Ping) หรือการตรวจสอบฮาร์ดดิสก์ ซีเอ็มดี (Cmd) จะมีรูปแบบการทำงานอยู่ 2 แบบ คือ คอมมานด์พรอมท์ (Command Prompt) และคอมมานด์พรอมท์แอสแอดมิน (Command Prompt as an Administrator) [35]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.7 กราฟฟิคเคิลยูสเซอร์อินเทอเฟส (graphical user interface : GUI)

กราฟฟิคเคิลยูสเซอร์อินเทอเฟส (graphical user interface) หรือที่รู้จักกันในชื่อจียูไอ (GUI) หมายถึงการใช้ภาพเป็นตัวประสานกับผู้ใช้ เป็นวิธีการให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้คอมพิวเตอร์ให้ติดต่อสื่อสารกับเครื่องคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางภาพ เช่น ใช้เมาส์กดเลือกสัญรูป (Icon) แทนการพิมพ์คำสั่งดังแต่ก่อน หรือการเลือกคำสั่งตามรายการเลือกที่เรียกว่าระบบเมนู [38]

2.11.8 บิทแมป (Bitmap)

ภาพบิทแมป (Bitmap) หรือภาพกราฟฟิคแรสเตอร์ (Raster graphics) คือ ภาพที่ประกอบด้วยจุดสีต่างๆ ที่มีจำนวนคงที่ตายตัว มีข้อดีคือเหมาะกับภาพที่ต้องการระบายสี สร้างสี กำหนดสีที่ต้องการความละเอียดได้ง่าย ข้อเสีย คือเมื่อมีจุดสีที่คงที่นั่น ทำให้เวลาขยายภาพนั้นจะมีความละเอียดน้อยลง และถ้าเพิ่มขนาดความละเอียดให้แก่ภาพ จะทำให้ไฟล์ภาพมีขนาดที่ใหญ่ และเปลืองพื้นที่ความจำ ไฟล์ภาพพวกนี้มีหลายรูปแบบ อาทิ เช่น ทีไอเอฟ (TIF) เจพีจี (JPG) [36]

2.11.9 ค่าความถูกต้องแม่นยำ (Accuracy)

ความถูกต้อง หรือ ความแม่นยำ (Accuracy) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถของเครื่องมือวัด (Instrument) ในการอ่านค่าหรือแสดงค่าที่วัดได้เข้าใกล้ค่าจริง โดยการคำนวณค่าความถูกต้องหรือความแม่นยำใช้สมการ [37]

$$\%\text{Accuracy} = 100 - \%\text{Error} \tag{2.1}$$

$$\%\text{Error} = \text{Relative error} \times 100 \tag{2.2}$$

$$\text{Relative error} = \left|\frac{x_{mea} - x_t}{x_t}\right| \tag{2.3}$$

x_{mea} คือ ค่าที่ได้จากการวัด (Measure value)

x_t คือ ค่าจริง (True value)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในส่วนของวิธีดำเนินการวิจัย การจำแนกและระบุชนิดจุลินทรีย์ด้วยวิธีการเรียนรู้เชิงลึก เป็นการออกแบบสร้างแอพพลิเคชั่นสำหรับใช้ตรวจสอบจำแนกจุลินทรีย์โดยใช้วิธีการเรียนรู้เชิงลึก ที่ช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพ ความแม่นยำในการระบุตัวจุลินทรีย์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งการจำแนกและระบุตัวจุลินทรีย์นี้ มีความสำคัญในการวินิจฉัยโรค รวมไปถึงวิธีการรักษาของแพทย์ การวิจัยนี้ได้ทำการคัดเลือกจุลินทรีย์มาด้วยกันทั้งหมด 8 ชนิดที่มีคุณสมบัติ รูปร่าง การจัดเรียงตัวของเซลล์ที่แตกต่าง และคล้ายคลึงกัน ให้ปัญญาประดิษฐ์ทำการตรวจสอบแล้วจำแนก ระบุชนิดจุลินทรีย์ที่ทำการตรวจสอบ ซึ่งเราสามารถแบ่งการดำเนินงานออกได้เป็น 3 ส่วน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย

ส่วนที่1 การเก็บข้อมูล	**ส่วนที่2 แบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก**	**ส่วนที่ 3 แอพพลิเคชั่น**
• การคัดเลือกจุลินทรีย์ • การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ • การเก็บ คัดเลือก และการรวบรวมข้อมูล	• การสร้างแบบจำลอง • การทดสอบแบบจำลอง • การสร้างไฟล์แบบจำลอง (.lite) สำหรับแพลทฟอร์มบนแอนดรอยด์	• การออกแบบแอพพลิเคชั่น • การสร้างแอพพลิเคชั่น

3.1 การเก็บข้อมูล

ในขั้นตอนของการเก็บข้อมูลเราได้เริ่มจากการคัดเลือกจุลินทรีย์ที่จะนำมาทำการคัดแยก แล้วทำการเพาะเลี้ยงโดยมีการซับคัลเจอร์ (Subculture) ทุกๆเดือน และสิ้นสุดที่การเก็บผลข้อมูลบันทึกภาพ

3.1.1 การคัดเลือกจุลินทรีย์

การคัดเลือกจุลินทรีย์ เราได้ทำการคัดเลือกจากวัตถุประสงค์ที่ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพ ลดขั้นตอน ระยะเวลา ในการระบุชนิดของจุลินทรีย์ เพื่อให้ได้รับการวินิจฉัยโรคและวิธีการรักษาทางการแพทย์ที่รวดเร็วขึ้น โดยจุลินทรีย์ที่เลือกมีตามคุณสมบัติดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

● ลักษณะ รูปร่าง การจัดเรียงตัว (คล้ายกัน ใกล้เคียงกัน หรือแตกต่างกัน)

● เป็นแบคทีเรียก่อโรค และไม่ก่อโรค หรือทำให้เกิดการป่วยเมื่อร่างกายของผู้ป่วยอยู่ในสภาวะที่อ่อนแอ

ซึ่งในงานวิจัยนี้ศึกษาทั้งหมด 8 ชนิด ดังนี้

1. *Bacillus sphaericus* (TISTR 1048)
2. *Candida albicans (ยีสต์)* (TISTR 5554)
3. *Escherichia coli* (TISTR 527)
4. *Lactobacillus casei* (TISTR 1463)
5. *Lactobacillus delbrueckii* (TISTR 1339)
6. *Micrococcus spp.* (TISTR 1404)
7. *Staphylococcus aureus* (TISTR 746)
8. *Streptococcus thermophilus* (TISTR 894)

ตารางที่ 3.2 ตารางคุณลักษณะ รูปร่าง ของจุลินทรีย์ที่ได้รับการคัดเลือก

ที่	จุลินทรีย์	แบคทีเรียแกรม	รูปร่าง
1	*Bacillus sphaericus*	+	ท่อน (Rod shape)
2	*Candida albicans(ยีสต์)*	+	กลมมีหาง (Stalk)
3	*Escherichia coli*	-	ท่อน (Rod shape)
4	*Micrococcus spp.*	+	กลม (Coccus tetrad or group of 4)
5	*Lactobacillus casei*	+	กลมรีสายยาว (Rod shape chain
6	*Lactobacillus delbrueckii*	+	ท่อนสายยาว (Bacillus chain or Oscillatoria)
7	*Staphylococcus aureus*	+	กลมพวงองุ่น (Coccus cluster or staphylococci)
8	*Streptococcus thermophilus*	+	กลมรีเหลี่ยม(Coccus chain)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ตารางการก่อโรคของจุลินทรีย์ที่ได้รับการคัดเลือก

ที่	จุลินทรีย์	การก่อโรค [3.0]	โรค
1	*Escherichia coli* [3.1]	ก่อโรค	โรคอาหารเป็นพิษ
2	*Staphylococcus aureus* [3.2]	ก่อโรค	โรคอาหารเป็นพิษ
3	*Candida albicans(ยีสต์)* [3.3]	ก่อโรค	โรคติดจุลินทรีย์แคนดิดา
4	*Micrococcus spp.*	ก่อโรค	เยื่อบุหัวใจอักเสบ, โรคข้ออักเสบ, เยื่อหุ้มสมองอักเสบและปอดบวม
5	*Bacillus sphaericus*	ไม่ก่อโรค	-
6	*Streptococcus thermophilus* [3.4]	ไม่ก่อโรค	-
7	*Lactobacillus casei* [3.5]	ไม่ก่อโรค	-
8	*Lactobacillus delbrueckii* [3.6]	ไม่ก่อโรค	-

ตารางที่ 3.4 ตารางจุลินทรีย์ที่มีลักษณะรูปร่างคล้ายกัน

แบคทีเรียที่มีลักษณะ รูปร่าง คล้ายกัน			
rod shape	Coccus	bacillus chain	stalk
Escherichia coli	*Staphylococcus aureus*	*Lactobacillus delbrueckii*	*Candida albicans*
Lactobacillus casei	*Micrococcus spp.*		
Bacillus sphaericus	*Streptococcus thermophilus*		

3.1.2 การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์

เนื่องจากว่าเราต้องใช้ข้อมูลภาพในการสอนปัญญาประดิษฐ์ เพื่อให้รู้จักกับจุลินทรีย์ทุกตัว เราจึงต้องทำการเลี้ยงจุลินทรีย์ไว้สำหรับเก็บข้อมูล มีการเก็บจุลินทรีย์จุลินทรีย์โดยวิธีการซับคัลเจอร์ (Subculture) จุลินทรีย์จุลินทรีย์แต่ละชนิดทุกเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 ตารางคุณสมบัติในการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์จุลินทรีย์ที่ถูกคัดเลือก

ที่	จุลินทรีย์	อาหาร	อุณหภูมิ (องศา)	ระยะเวลา (ชั่วโมง)
1	*Bacillus sphaericus*	NA	37	24
2	*Escherichia coli*	NA	30	24
3	*Staphylococcus aureus*	NA	37	24
4	*Candida albicans (ยีสต์)*	YPD	30	24
5	*Micrococcus spp.*	NA	30	24
6	*Streptococcus thermophilus*	Blood Base	37	24
7	*Lactobacillus casei*	MRS	37	48
8	*Lactobacillus delbrueckii*	MRS	37	48

3.1.3 การเก็บ คัดเลือก และการรวบรวมข้อมูล

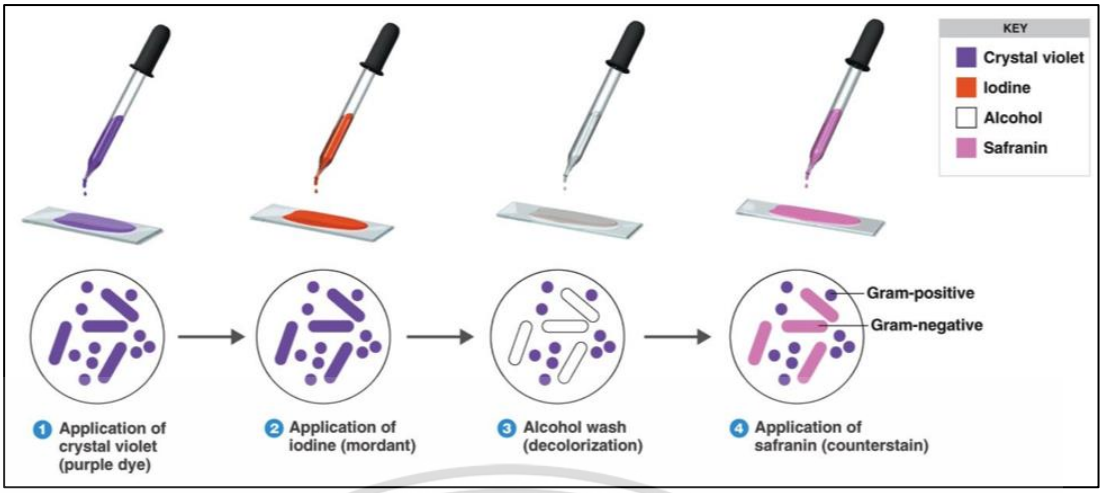
3.1.3.1 การเก็บข้อมูล

ในวิธีการเก็บข้อมูลเราจะนำจุลินทรีย์ที่เลี้ยงไว้มาทำการย้อมสี (Gram staining) เก็บข้อมูลเป็นภาพไฟล์ .jpg โดยใช้กล้องโทรศัพท์มือถือจับภาพผ่านทางเลนส์กล้องจุลทรรศน์ ซึ่งมีวัสดุอุปกรณ์และวิธีการย้อมสี ดังนี้

<u>วัสดุอุปกรณ์</u> (Materials)

1. กล้องจุลทรรศน์ (Microscope)
2. กระจกสไลด์ (Microscope slide)
3. ห่วงเขี่ยจุลินทรีย์ (Inoculating loops handle)
4. ตะเกียงแอลกอฮอล์ (Alcohol burner)
5. Crystal violet dye
6. Gram's Iodine (Iodine + Potassium)
7. 95% Ethanol
8. Safranin
9. Distilled water

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 การย้อมสีแบคทีเรีย (Gram staining)

วิธีการทดลอง (Methods)

1. เตรียมกระจกสไลด์ 2 แผ่น ล้างทำความสะอาด และเช็ดให้แห้ง
2. เกลี่ยจุลินทรีย์ (Smear) บนสไลด์ให้กระจายเป็นฟิล์มบางๆ ในแผ่นที่แล้วนำมาเกลี่ยในแผ่นที่ 2 เพื่อไม่ให้หนาแน่นจนมากเกินไปและปล่อยให้แห้งในอากาศ (Air dry)
3. ตรึงจุลินทรีย์ให้ติดแน่นกับสไลด์ เพื่อไม่ให้หลุดขณะย้อมสี โดยการผ่านสไลด์บนเปลวไฟอย่างรวดเร็ว 2-3 ครั้ง
4. หยดสีคริสตัลไวโอเลต (Crystal violet) บนรอยเกลี่ยของจุลินทรีย์ให้ท่วม ทิ้งไว้ 1 นาที แล้วเทสีทิ้ง ล้างด้วยน้ำกลั่น
5. หยดสารละลายไอโอดีน (Iodine) บนรอยเกลี่ยของจุลินทรีย์ ทิ้งไว้ 1 นาที เทสารละลายทิ้ง สารละลายไอโอดีนทำหน้าที่เป็น มอร์แดนต์ (Mordant) ช่วยให้เซลล์ติดสีย้อมได้ดีขึ้น
6. ล้างสีออกด้วย 95% เอทิลแอลกอฮอล์ ทิ้งไว้ประมาณ 15 วินาที แล้วล้างน้ำสะอาดเพื่อหยุดปฏิกิริยาการล้างสี
7. หยดสีซาฟรานิน (Safranin) บนรอยเกลี่ย ทิ้งไว้ประมาณ 15-30 วินาที ล้างน้ำและซับให้แห้ง
8. ปิดด้วยกระจกสไลด์
9. เก็บข้อมูลด้วยกล้องจุลทรรศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.2 การคัดเลือก และการรวบรวมข้อมูล

เมื่อได้ภาพจากการเก็บข้อมูลแล้ว เราจะนำภาพเหล่านั้นมาทำการคัดเลือก นำภาพที่ชัดเจนที่สุดแล้วเลือกส่วนที่แสดงให้เห็นถึงลักษณะ รูปร่าง และการจัดเรียงตัว ได้มากที่สุด ซึ่งเราได้รวบรวมข้อมูลจุลินทรีย์ จำนวน 4000 ภาพ เป็นจุลินทรีย์ละ 500 ภาพ เพื่อใช้ในการนำไปฝึกฝนและทดสอบ (80/20) โดยข้อมูลภาพที่เลือกใช้ มีดังนี้

- ข้อมูลภาพที่เก็บจากกล้องจุลทรรศน์ 5%
- ข้อมูลภาพที่เก็บจากกล้องโทรศัพท์ 89%
- ข้อมูลภาพที่ได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6%

3.2 แบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก

ในส่วนของแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก เราได้เลือกใช้เทนเซอร์โฟล (TensorFlow) ที่เป็นไลบรารี่ไพธอน (Python Library) สำหรับใช้พัฒนาการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) เพื่อสร้างสถาปัตยกรรมแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) อย่างอัลกอริทึมของโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network : CNN) นอกจากนี้เทนเซอร์โฟล (TensorFlow) ยังมีกราฟ (Computational graph) เป็นตัวคำนวณหลัก ช่วยให้เห็นภาพโครงสร้างเครือข่ายประสาทร่วมกับเทนเซอร์บอร์ด (Tensorboard) เครื่องมือช่วยสำหรับนักพัฒนา

โดยเป็นการสร้างแบบจำลองต้องผ่านกระบวนการสกัดคุณสมบัติเชิงภาพ (Visual Feature) บางประการออกมาก่อน หลังจากนั้นจึงนำลักษณะเฉพาะที่ได้ใส่ในแบบจำลอง ให้เครื่องทำการเรียนรู้อีกครั้งหนึ่ง การนำภาพเข้ากระบวนการคอนวอลูชันแนล (Convolutional) เป็นการเพิ่มรายละเอียดภาพ (Image Detail) และเพิ่มสัญญาณรบกวน (Noise) ให้กับภาพ จากนั้นจึงนำรูปภาพใส่ในชั้นพลูลิ้ง (Pooling) (แบบ Average หรือแบบ Max) เพื่อให้เครื่องช่วยหาแพทเทิร์น (Pattern) การใช้งาน ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้จะถูกส่งต่อให้กับโมเดล (Model) ของโครงข่ายประสาท เพื่อทำการเรียนรู้แพทเทิร์น (Pattern) ปรับน้ำหนัก และปรับกระบวนการเทรน (Train) ให้ทราบถึงส่วนประกอบต่างๆ ของคุณลักษณะภาพ โดยกระบวนการเรียนรู้เครื่องนี้จะถูกทำซ้ำ เพื่อปรับค่าพารามิเตอร์หลายๆ รอบ ให้ได้ผลลัพธ์คือ ค่าความผิดพลาดจากการทำนายซึ่งลดลงในแต่ละรอบ ดังนั้น โมเดล (Model) นี้จะทำการเรียนรู้ในสิ่งที่ เฉพาะเจาะจงมากขึ้น จึงสามารถนำมาใช้วิเคราะห์จุลินทรีย์ และจำแนกชื่อจุลินทรีย์ ออกมาได้อย่างมีความแม่นยำในระดับหนึ่ง

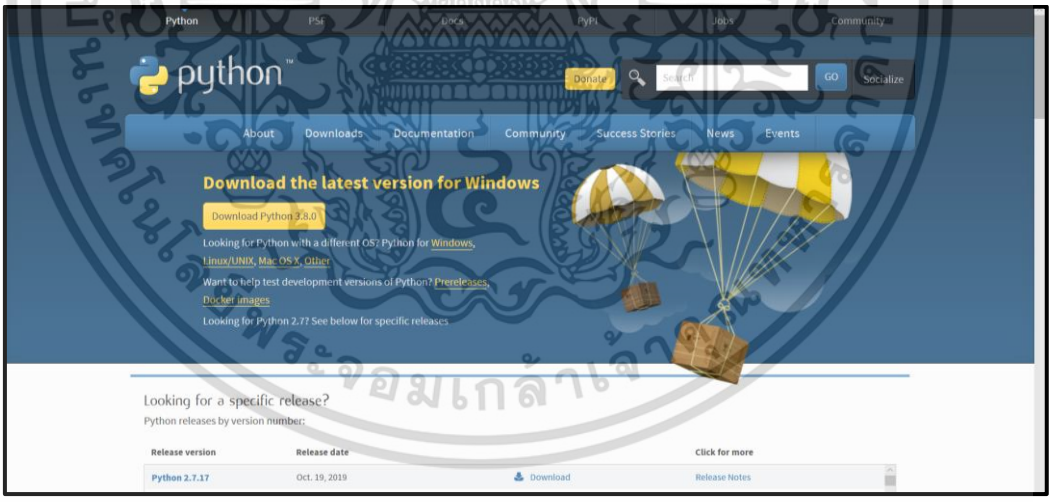
ซึ่งส่วนในการสร้างแบบจำลอง เราใช้เครื่องมือต่างๆ ดังนี้ คอมพิวเตอร์, ไพธอน3.6 (Python3.6), เทนเซอร์โฟล (TensorFlow), กิตฮับ (Git Hub), อูบุนตู 18.0 (Ubuntu 18.0), กูเกิ้ลเน็ต (GoogLenet)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.2 คุณลักษณะของเครื่องคอมพิวเตอร์

ขั้นตอนเปิดโหมด/ลงโปรแกรมที่จำเป็น

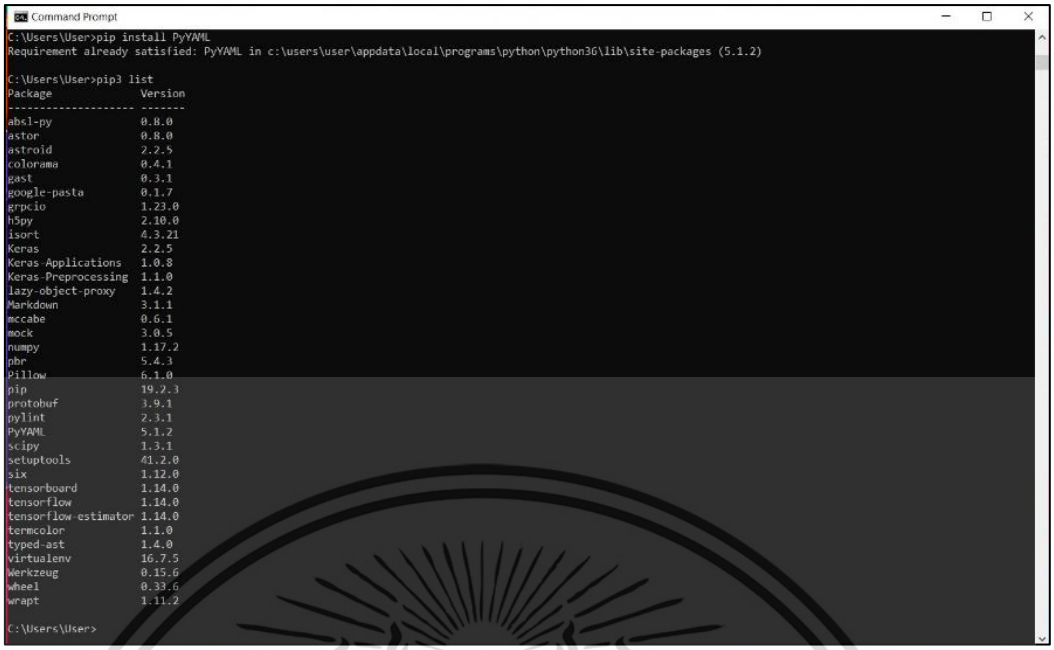
1. ให้ทำการลงไพธอน (Python) บนเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยสามารถดาวน์โหลด ได้จาก www.python.org/downloads/



ภาพที่ 3.3 หน้าเว็บไซต์สำหรับดาวน์โหลดไพธอน

2. แล้วทำการลงเทนเซอร์โฟล (Tensorflow) และแพ็คเกจ (Package) ต่างๆ บนคอมมานด์พรอมท์ (Command Prompt) ดังรายการในภาพที่ 3.4

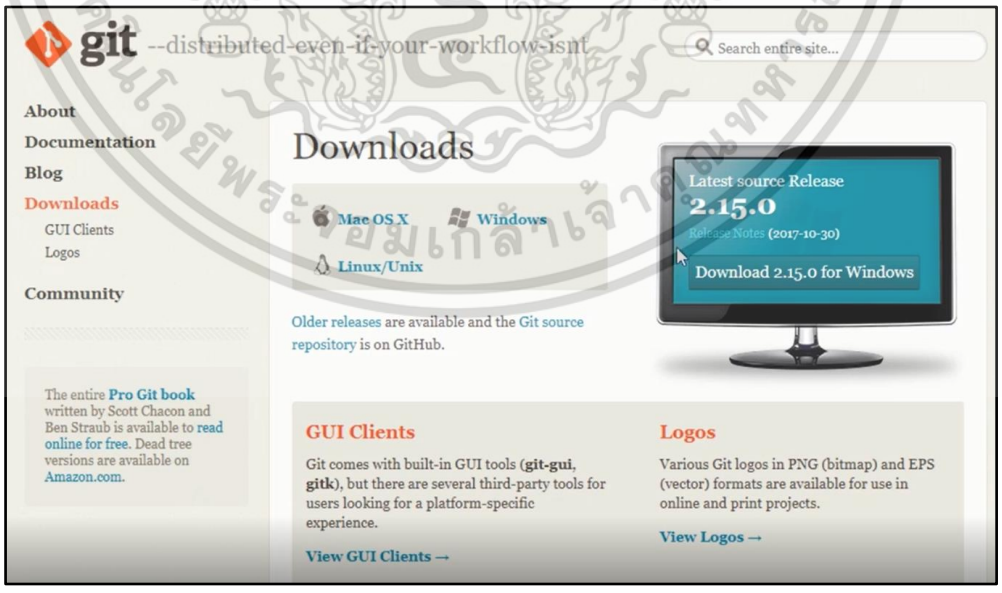
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 รายการแพ็คเกจ-เวอร์ชั่นที่ต้องมีในไพธอนบนคอมมานด์พรอมท์ (Command Prompt)

pip install --upgrade tensorflow //ใช้การในการ download tensorflow pip install (ตามด้วย package ที่ต้องการ install) //ใช้ในการ download package ที่ต้องการ

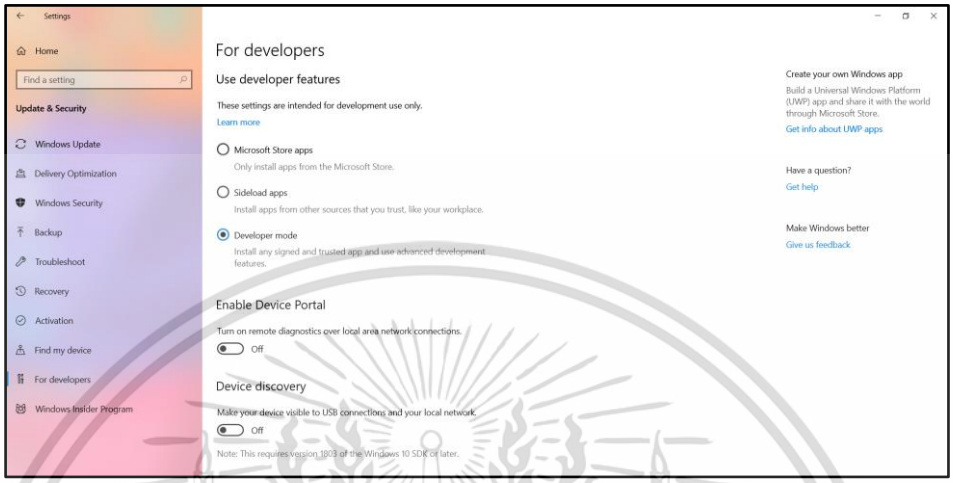
3. ทำการลงกิตฮับ (git-Hub) โดยสามารถดาวน์โหลดได้จาก www.git-scm.com/downloads



ภาพที่ 3.5 หน้าเว็บไซต์ ดาวน์โหลดกิตฮับ

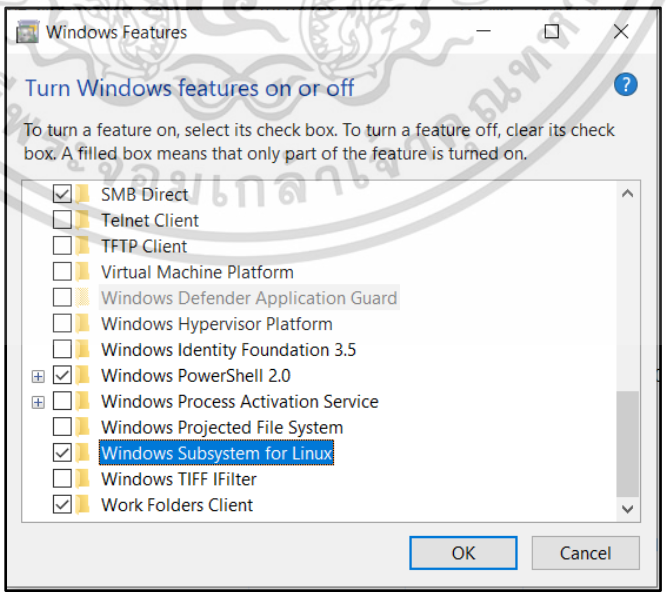
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำการเปิดโหมดผู้พัฒนา (Developer mode) บน วินโดว์ 10 (window 10)
   Settings -> Update and Security -> For developers
   จากนั้นให้เลือก radio box มาที่ Developer mode ดังภาพ 3.6



ภาพที่ 3.6 ตั้งค่าบนวินโดว์ 10 (window 10)เพื่อทำการเปิดโหมดผู้พัฒนา (Developer mode)

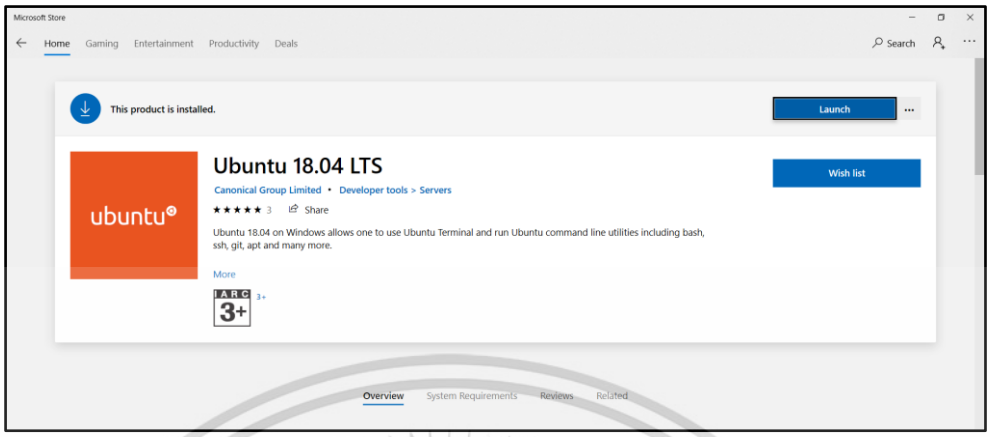
5. เปิดใช้ลักษณะเฉพาะ Features "Windows Subsystem for Linux"
   Control Panel -> Programs -> Turn Windows features on or off
   เลื่อนลงมาเกือบล่างสุด ตัวข้อที่ชื่อว่า Windows Subsystem for Linux ให้ทำการเช็ค
   ดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 หน้า Windows features เพื่อทำการเปิด Windows Subsystem for Linux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทำการลงอูบุนตู 18.0 (Ubuntu 18.0) ซึ่งสามารถดาวน์โหลด ได้บน Microsoft store



ภาพที่ 3.8 Ubuntu 18.0 บน Microsoft store

7. เมื่อลงอูบุนตู (Ubuntu 18.0) ได้แล้ว ให้ทำการลงไพธอน (Python), เทนเซอร์โฟล (TensorFlow) แล้วเนื่องจาก Ubuntu มี Python ให้อยู่แล้วจึงไม่จำเป็นต้องลงอีก เพียงลงเทนเซอร์โฟล (TensorFlow) เพิ่ม แล้วก็พร้อมเริ่มทำการเรียนรู้เชิงลึก

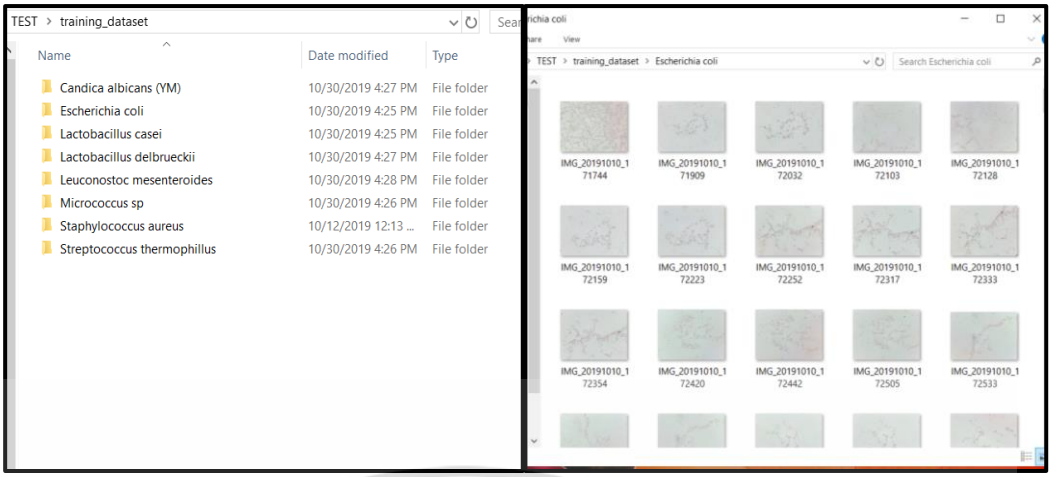
3.2.1 การสร้างแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลอง เราจะต้องทำการสร้างข้อมูลลักษณะเฉพาะหรือกระบวนการสกัดคุณสมบัติเชิงภาพ (Visual Feature) เพื่อนำลักษณะเฉพาะที่ได้ เข้าไปในแบบจำลองโดยใช้ไลบารี่ของเทนซอร์โฟล (Tensorflow) เป็นการสอนปัญญาประดิษฐ์เพื่อทำการเรียนรู้แพทเทิร์น (Pattern) ปรับน้ำหนัก และปรับกระบวนการเทรน (Train) ให้ทราบถึงส่วนประกอบต่างๆ ของคุณลักษณะภาพ โดยกระบวนการนี้จะถูกทำซ้ำ เพื่อปรับค่าพารามิเตอร์หลายๆ รอบ ให้ได้ผลลัพธ์คือค่าความผิดพลาด จากการทำนายซึ่งลดลงในแต่ละรอบ

3.2.1.1 การสร้างข้อมูลลักษณะเฉพาะ และการสอนปัญญาประดิษฐ์

1. เริ่มต้นด้วยการสร้างโฟลเดอร์ (Folder) ตามชื่อจุลินทรีย์ แล้วเก็บข้อมูลภาพของแต่ละตัวไว้ตามชื่อของจุลินทรีย์นั้น ๆ และสร้างโฟลเดอร์ (Folder) ชื่อ training_dataset ซึ่งภายในเก็บโฟลเดอร์ (Folder) ภาพจุลินทรีย์แต่ละตัวไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.9 ด้านซ้ายเป็นภาพภายในโฟลเดอร์ (Folder) training_dataset
ด้านขวาเป็นภาพในโฟลเดอร์ (Folder) Escherichia coli

2. เมื่อได้เตรียมข้อมูลภายในโฟลเดอร์ (Folder) พร้อมแล้วทำการรัน RUN train.sh บนคอมมานด์พรอมท์ (Command Prompt)

CODE ภายในไฟล์ train.sh
python retrain.py \ --bottleneck_dir=tf_files/bottlenecks \ --how_many_training_steps=500 \ --model_dir=inception \ --summaries_dir=tf_files/training_summaries/basic \ --output_graph=tf_files/retrained_graph.pb \ --output_labels=tf_files/retrained_labels.txt \ --image_dir=training_dataset

การ RUN train.sh เป็นการสร้าง

folder : tf_file ซึ่งภายในประกอบด้วย

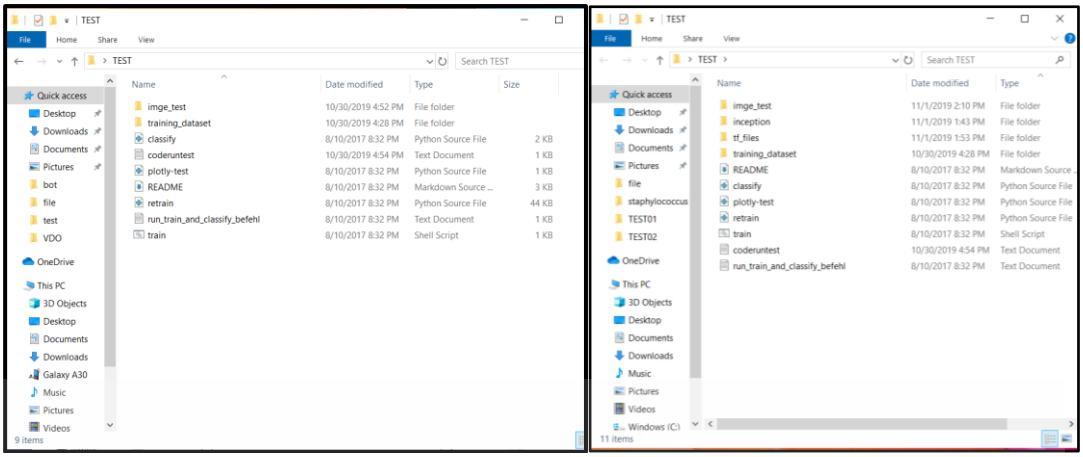
folder : bottlenecks (เก็บข้อมูล feature vector ของภาพที่เราต้องการจำแนก)

training_summaries/basic (เป็นfolderเกี่ยวกับsummariesค่าความแม่นยำ)

file : retrained_graph.pb (ไฟล์ที่เราจะนำไปแปลงเป็นTensorflow lite)

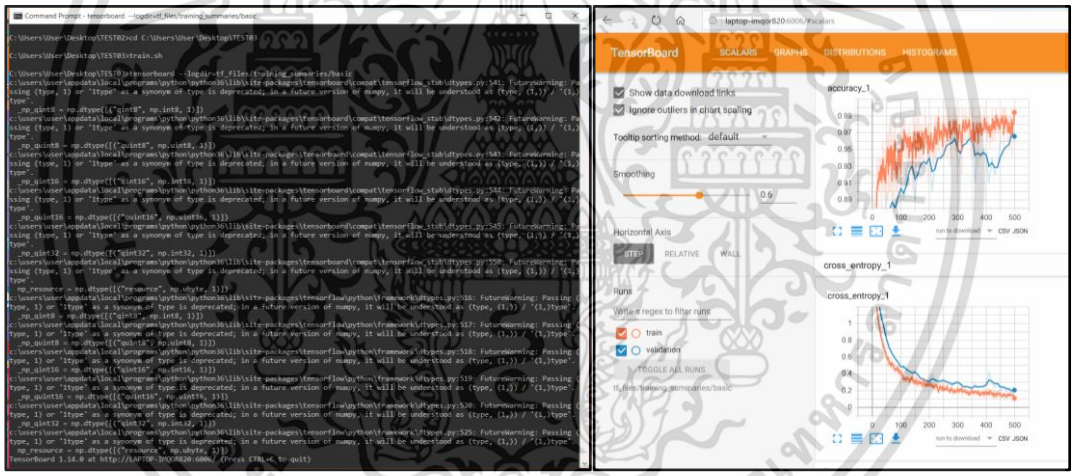
retrained_labels.txt (เป็นรายชื่อจุลินทรีย์ที่เราต้องการจำแนก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.10 ด้านซ้ายเป็นภาพก่อนRUN train.sh ด้านขวาเป็นภาพหลัง RUN train.sh

3. ทำการเปิดค่าความแม่นยำของเทรน-เทส (train-test) ที่กระทำโดยการ RUN train.sh แล้ว RUN tensorboard --logdir=tf_files/training_summaries/basic บนคอมมานด์พรอมท์



ภาพที่ 3.11 ด้านซ้ายเป็นภาพหลังRUN tensorboard ด้านขวาเป็นภาพแสดงผล tensorboard

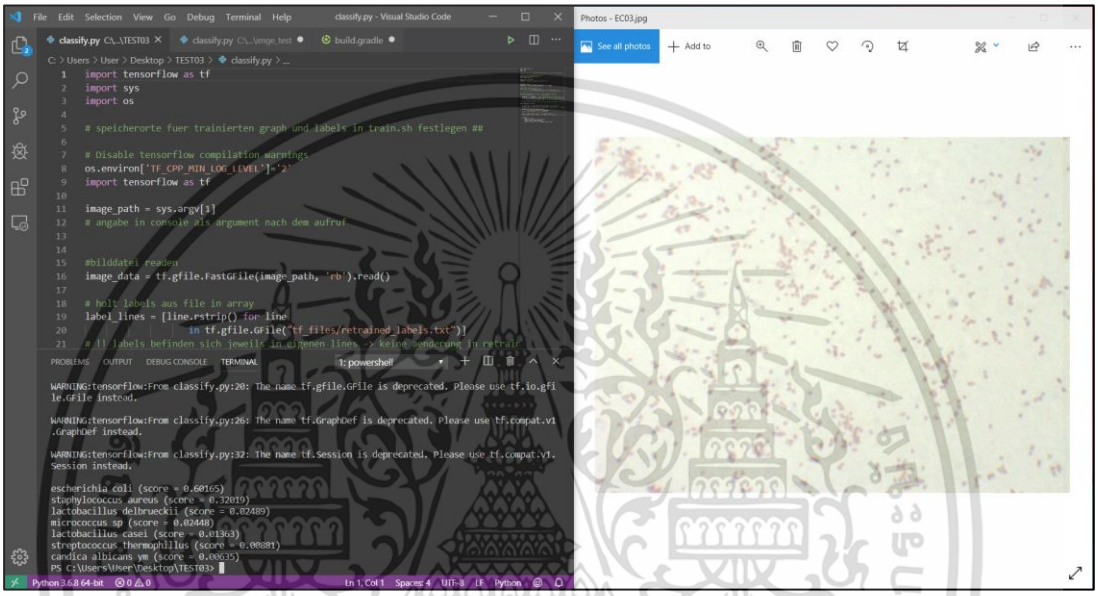
3.2.2 การทดสอบแบบจำลอง

หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการการสร้างข้อมูลลักษณะเฉพาะ และการสอนปัญญาประดิษฐ์ จะต้องทำการทดสอบว่า โมเดลฝึกที่สร้างขึ้นนี้มีการเรียนรู้จำแนกลักษณะของจุลินทรีย์และทำนายผลของชื่อจุลินทรีย์ได้อย่างแม่นยำเพียงใด การทดสอบผ่านสคริปต์คอมมานด์ไลน์ (Command Line) ที่ชื่อ Classify.py โดยสคริปต์นี้มี ติดมากับเทนเซอร์โฟลเอ็นจิง (Tensorflow Engine) การรันสคริปต์จะต้องกำหนดพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ ไฟล์โมเดล ไฟล์ลาเบล และไฟล์ภาพ ดังนี้

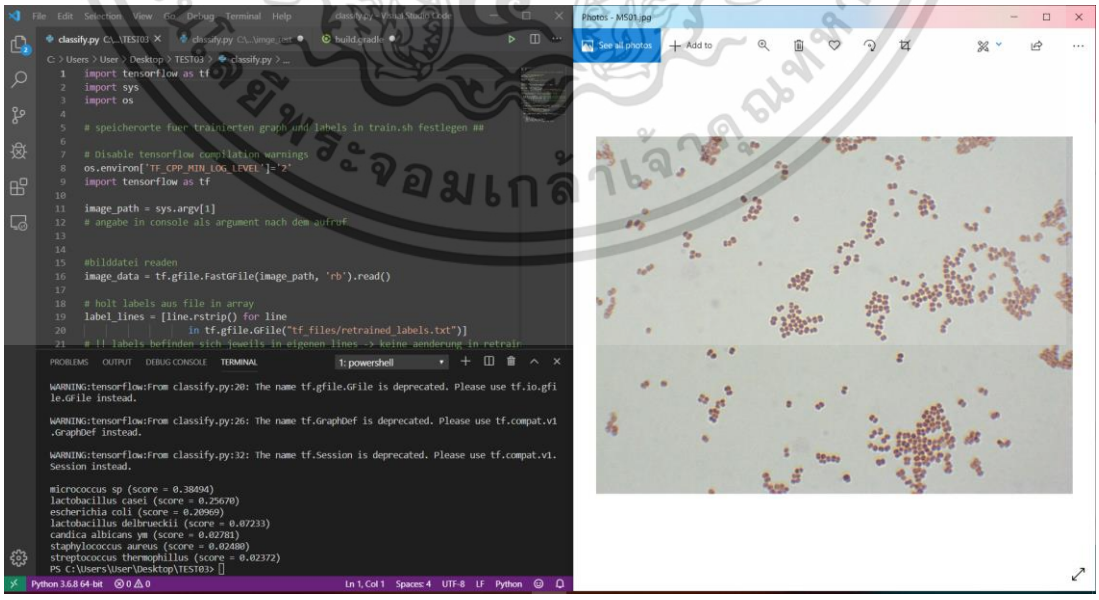
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไฟล์โมแดล คือ ไฟล์ที่ได้จากการฝึกสอน (retrained_graph.pb)
- ไฟล์ลาเบล คือ ไฟล์ที่ได้จากการฝึกสอน ที่เก็บชื่อของจุลินทรีย์ (retrained_labels.txt)
- ไฟล์ภาพ คือ ไฟล์ที่นำมาทดสอบโมเดล

โดยควรจะเป็นไฟล์ภาพที่ไม่เคยผ่านการเทรน (Train) มาก่อน ผลลัพธ์จากการประมวลผลภาพ จะระบุชื่อจุลินทรีย์ ที่ผ่านกระบวนการเรียนรู้ และจำแนกชื่อจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังแสดงผลความแม่นยำในการประมวลผลภาพ เป็นค่าร้อยละ

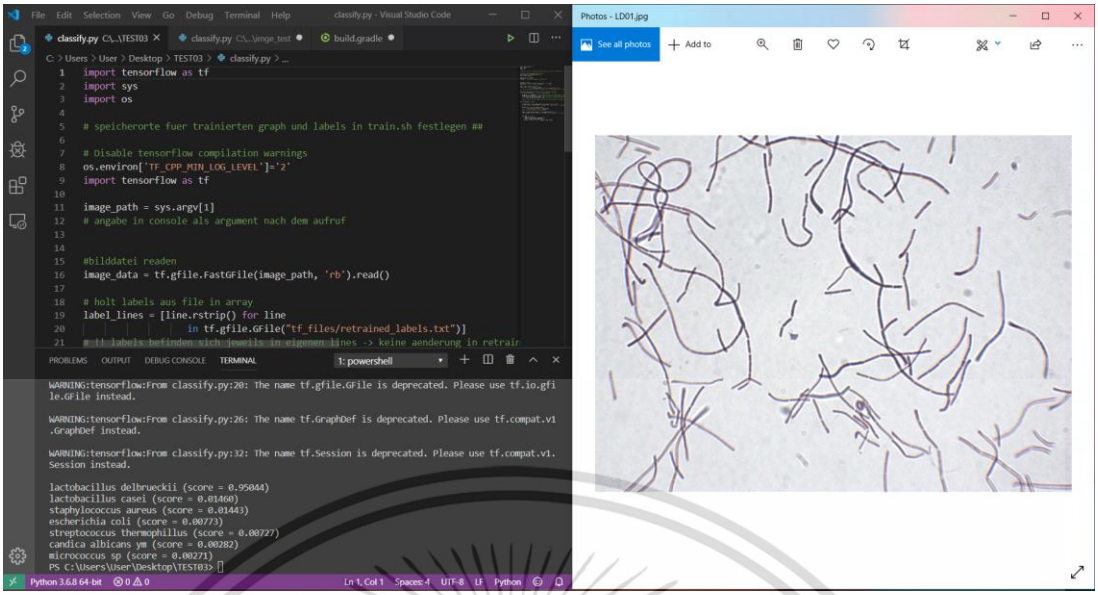


ภาพที่ 3.12 การทดสอบภาพ *E. coil* แสดงผลเป็น *E. coli* 60.16%



ภาพที่ 3.13 การทดสอบภาพ *Micrococcus spp* แสดงผลเป็น *Micrococcus spp* 38.50%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.14 การทดสอบภาพ *Lactobacillus delbrueckii*
แสดงผลเป็น *Lactobacillus delbrueckii* 95.04%

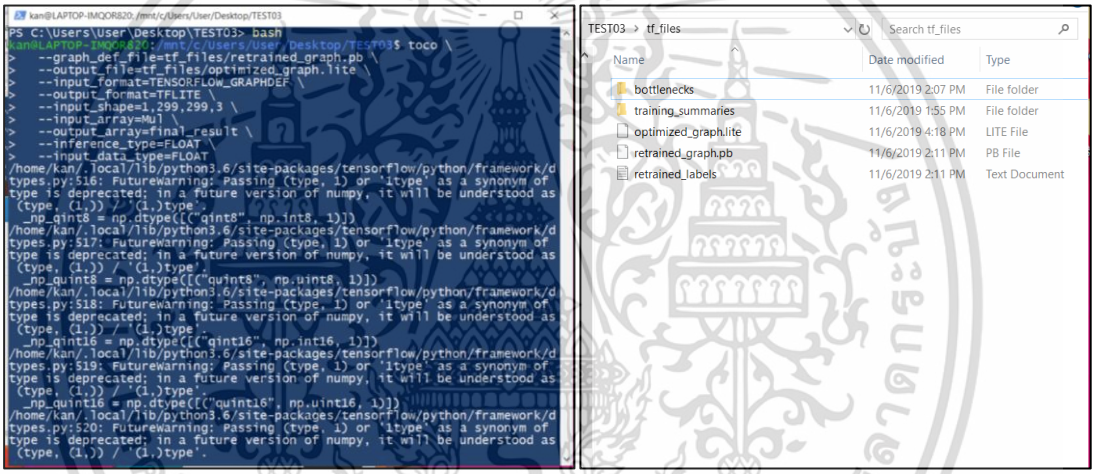
ภาพที่ 3.15 การทดสอบภาพ *Candida albicans* แสดงผลเป็น *Candida albicans* 97.18%

3.2.3 การสร้างไฟล์แบบจำลอง.lite

เริ่มด้วยการกด shift ค้างไว้บวกกับคลิกขวาที่ folder TEST หรือ folder โมเดลที่ทำอยู่จะเห็นว่ามี open power shell window here ให้คลิกเข้าไปพิมพ์ bash จากนั้น RUN CODE ด้านล่างจะได้ไฟล์ .lite ออกมาเพื่อใช้ในแอนดรอยด์สตูดิโอ (Android Studio)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
toco \
  --graph_def_file=tf_files/retrained_graph.pb \
  --output_file=tf_files/optimized_graph.lite \
  --input_format=TENSORFLOW_GRAPHDEF \
  --output_format=TFLITE \
  --input_shape=1,299,299,3 \
  --input_array=Mul \
  --output_array=final_result \
  --inference_type=FLOAT \
  --input_data_type=FLOAT
```



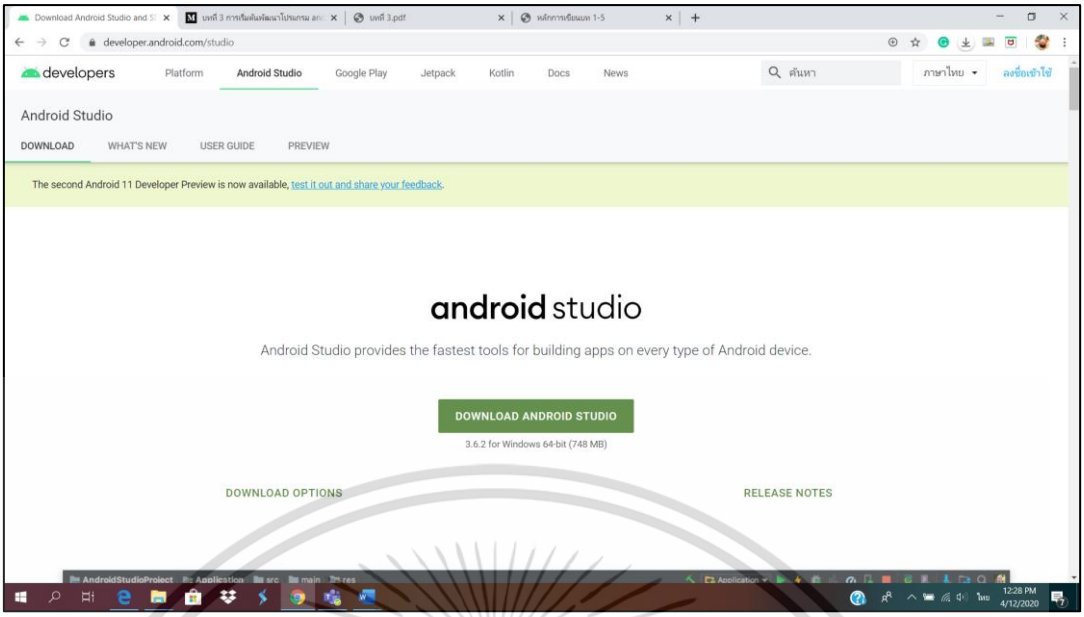
ภาพที่ 3.16 ด้านซ้ายเป็นภาพขณะRUN train.sh ด้านขวาเป็นภาพเมื่อสร้างไฟล์liteแล้ว

3.3 แอพพลิเคชั่น

ในขั้นตอนแอพพลิเคชั่นเราได้เลือกใช้โปรมแกรมแอนดรอยด์สตูดิโอ (Android Studio) มาใช้สร้างแอพพลิเคชั่น โดยเราจะทำแอพพลิเคชั่นที่ใช้กล้องมือถือจับภาพหรือรับภาพจากโทรศัพท์ แล้วนำภาพส่งเข้าไปให้แบบจำลองประมวลผล ทำงานบนมือถือของเราว่าภาพนี้เป็นจุลินทรีย์ใด

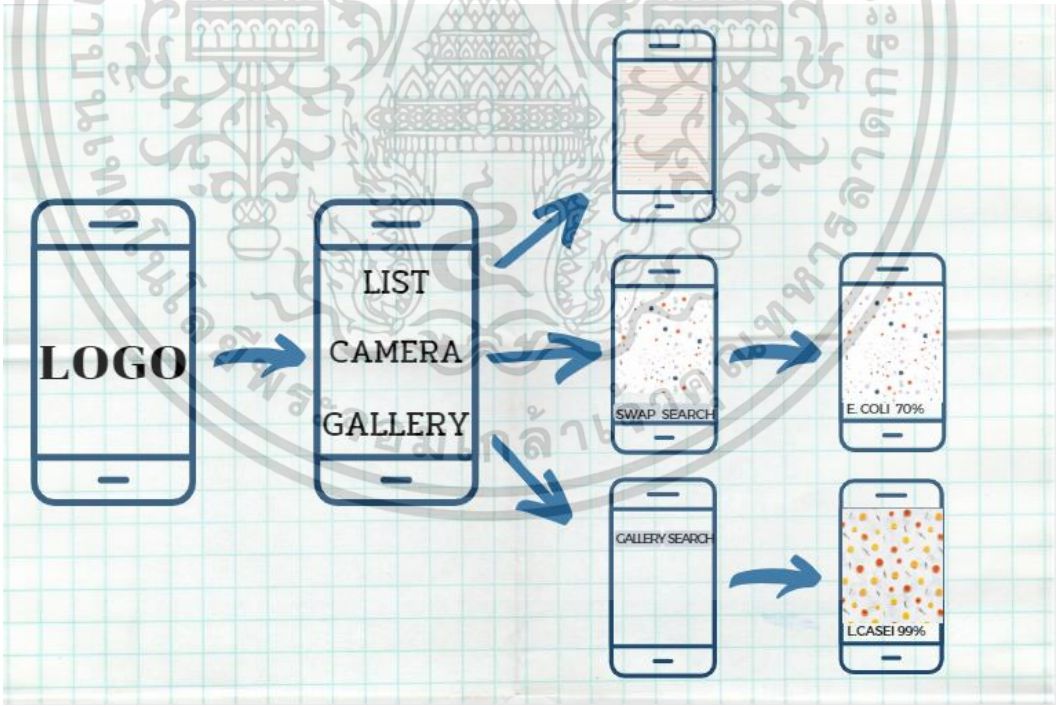
โดยเราทำการดาวน์โหลดโปรมแกรมแอนดรอยด์สตูดิโอ (Android Studio) จาก https://developer.android.com/studio

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.17 หน้าเว็บดาวน์โหลดโปรมแกรมแอนดรอยด์สตูดิโอ (Android Studio)

3.3.1 การออกแบบแอพพลิเคชั่น



ภาพที่ 3.18 แผนผังการออกแบบแอพพลิเคชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

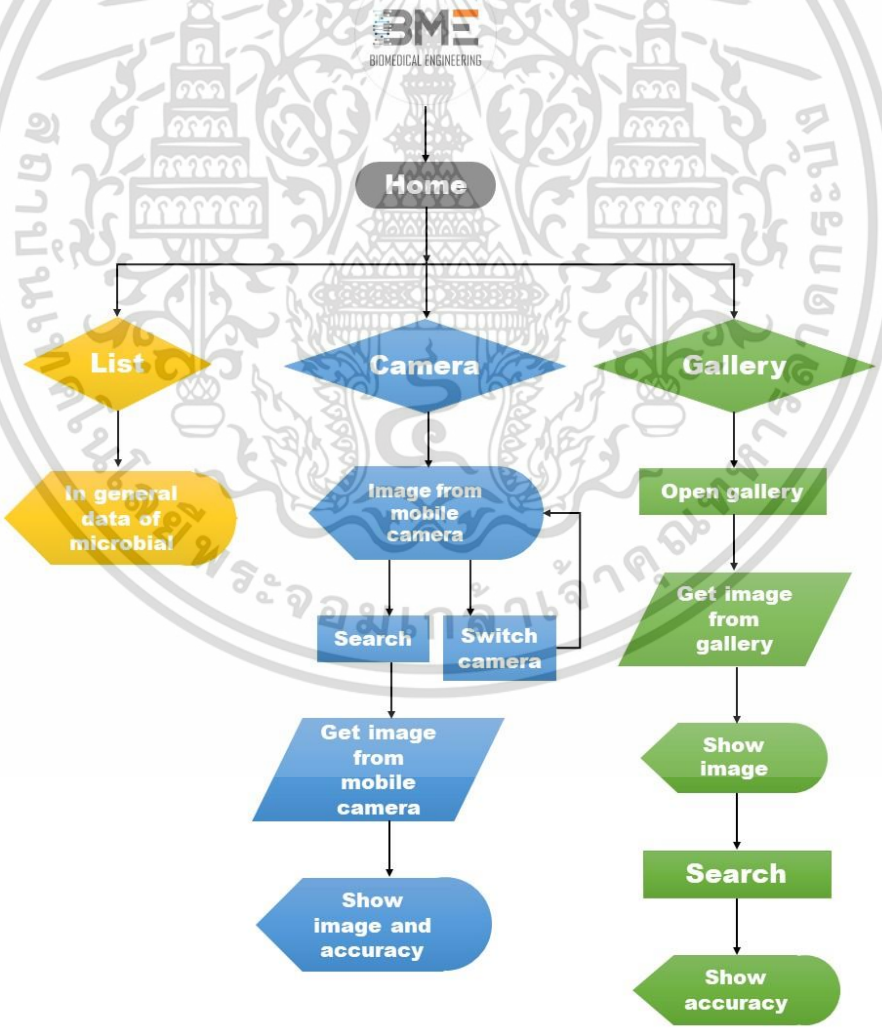
แอพพลิเคชั่นจะประกอบไปด้วย 3 เมนู คือ

- ลิสต์ (LIST) ด้านในประกอบไปด้วยข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับจุลินทรีย์ที่ใช้ทั้ง 8 ชนิด
- กล้อง (CAMERA) ด้านในประกอบไปด้วย หน้าจอแสดงผลภาพจากกล้องของโทรศัพท์มือถือ พร้อมกับปุ่มค้นหา (SEARCH) และปุ่มสลับกล้อง (SWAP)
- แกลลอรี่ (GALLERY) ด้านในประกอบไปด้วยปุ่มเรียกใช้แกลลอรี่ (GALLERY) และปุ่มค้นหา (SEARCH)

หลังจากการกดปุ่มค้นหาจะมีหน้าจอแสดงรูปภาพของจุลินทรีย์พร้อมกับผลจากการทำนาย

3.3.2 การสร้างแอพพลิเคชั่น

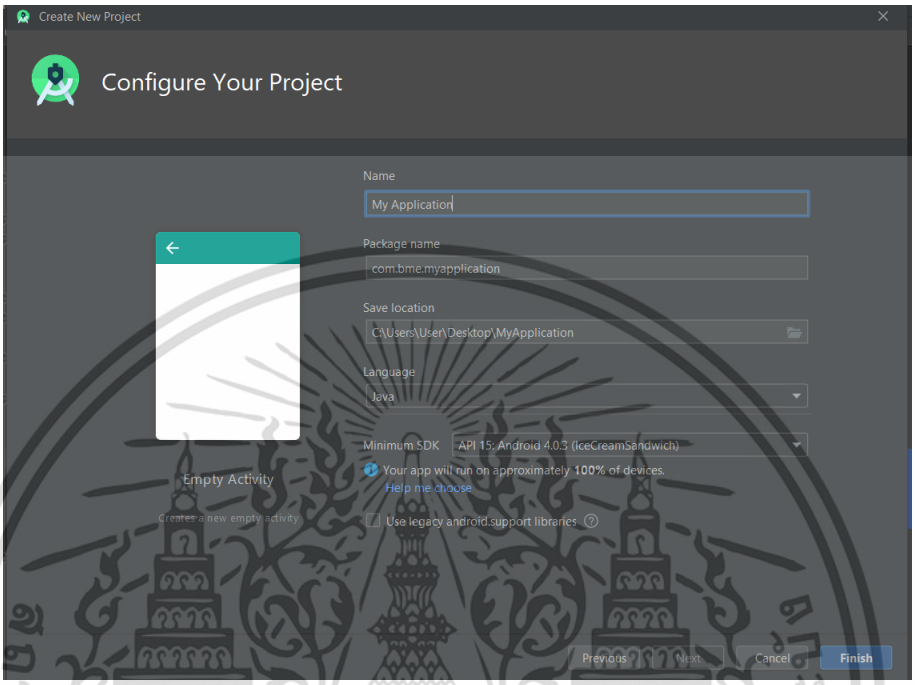
ในส่วนการสร้างแอพพลิเคชั่นนี้เราจะทำการกล่าวถึงการสร้างแอพพลิเคชั่นโดยเน้นไปที่การเรียกใช้กล้องจากโทรศัพท์มือถือ และการเรียกใช้ภาพจากแกลเลอรี่ เป็นหลัก



ภาพที่ 3.19 แผนผังการสร้างแอพพลิเคชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เมื่อทำการทำการสร้างโปรเจคแอนดรอยด์สตูดิโอ โดยเลือกใช้เอมตี้แอคทิวิตี้ (Empty Activity) [File --> New.. --> New Project --> Empty Activity] ตัวโปรแกรมจะทำการโหลดไฟล์ที่เกี่ยวข้อง



ภาพที่ 3.20 ภาพหน้าต่างสร้างโปรเจคใหม่ (Create New Project)

2. เมื่อโปรแกรมดาวน์โหลดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้เข้าไปดูที่ไฟล์ build.gradle แล้วทำการกำหนด aaptOptions ให้ไม่ต้องบีบอัดไฟล์ FlatBuffer นามสกุล tflite, lite ซึ่งเก็บโมเดลเทนเซอร์โฟลไลท์ (TensorFlow Lite) ไว้

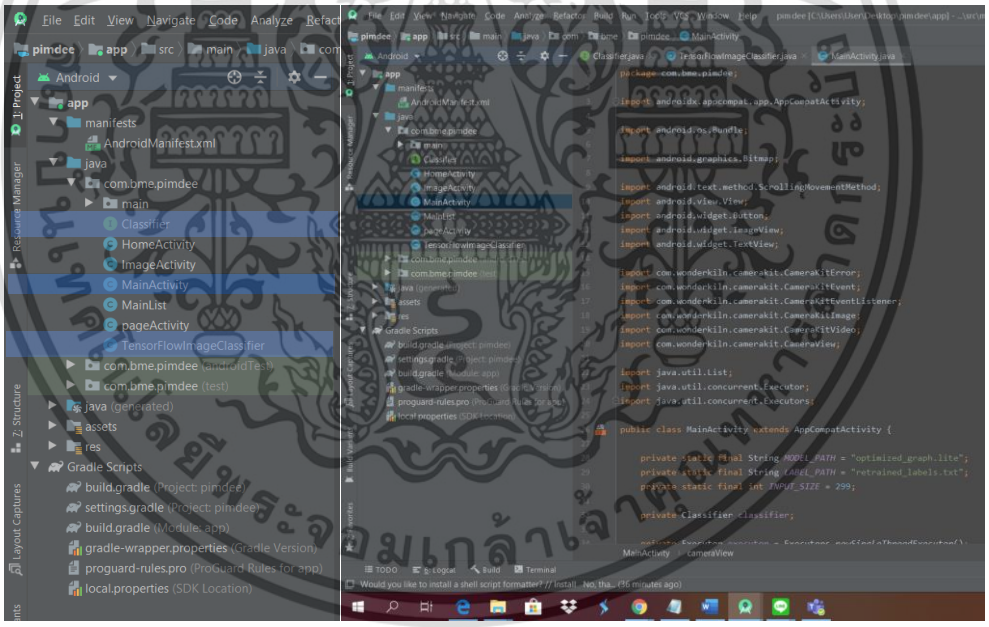
```
android {
    ...
    aaptOptions {
        noCompress "tflite"
        noCompress "lite"
    }
    compileOptions {
        sourceCompatibility = 1.8
        targetCompatibility = 1.8
    }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จากนั้นดูในส่วนของโค้ด dependencies เพื่อเป็นการเรียกใช้ไลบรารี่ implement code ไปยัง org.tensorflow:tensorflow-lite : 2.1.0 และ com.wonderkiln:camerakit : 0.13.1 จากนั้นจึงทำการซิงค์ (Sync) เพื่อให้ระบบปฏิบัติการ แอนดรอยด์ ทำการดาวน์โหลดโค้ดคำสั่งมาใช้ และเข้ามาช่วยในการ preview และดึงภาพมาใช้

```
dependencies {
...
    implementation 'com.wonderkiln:camerakit:0.13.1'
    implementation 'org.tensorflow:tensorflow-lite:2.1.0'
}
```

4. การจำแนกภาพโดยใช้กล้องมือถือ เริ่มต้นโดยทำการเตรียมไลบรารี่ในการจำแนก ซึ่งไฟล์ Class ที่ใช้มี TensorFlowImageClassifier.java, Classifier.java แล้วทำการ add listener ที่ camera preview ใน MainActivity.java



ภาพที่ 3.21 ไฟล์ที่ใช้ในการจำแนกภาพ(กรอบสีน้ำเงิน)

จากไฟล์ MainActivity ทำการเรียกใช้แบบจำลอง กำหนดขนาดภาพ

```
private static final String MODEL_PATH = "optimized_graph.lite";
private static final String LABEL_PATH = "retrained_labels.txt";
private static final int INPUT_SIZE = 299;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นจะไป add listener ที่ camera preview ใน MainActivity.java

```
cameraView.addCameraKitListener(new CameraKitEventListener() {
        @Override
       public void onEvent(CameraKitEvent cameraKitEvent) {
}
        @Override
        public void onError(CameraKitError cameraKitError) {
             }
        @Override
        public void onImage(CameraKitImage cameraKitImage) {
        Bitmap bitmap = cameraKitImage.getBitmap();
        bitmap = Bitmap.createScaledBitmap(bitmap, INPUT_SIZE, INPUT_SIZE, false);
                imageViewResult.setImageBitmap(bitmap);
                final List<Classifier.Recognition> results =
classifier.recognizeImage(bitmap);
         textViewResult.setText(results.toString());
           }
         @Override
         public void onVideo(CameraKitVideo cameraKitVideo) {
           }
         });
```

5. การจำแนกภาพโดยใช้รูปภาพ ใช้ Class เดียวกันกับการจำแนกด้วยกล้องมือถือ โดยสร้างไฟล์ ImageActivity แล้วทำการเรียกใช้แบบจำลอง กำหนดขนาดภาพ

```
    private static final String MODEL_PATH = "optimized_graph.lite";
    private static final String LABEL_PATH = "retrained_labels.txt";
    private static final int INPUT_SIZE = 299;
```

แล้วทำการเรียกใช้ library Classifier จากนั้นจะไปลง Code เรียกแสดงภาพจากมือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Button buttonIntent = findViewById(R.id.button5);
buttonIntent.setOnClickListener(new OnClickListener() {
    public void onClick(View v) {
        Intent intent = new Intent(Intent.ACTION_GET_CONTENT);
        intent.setType("image/*");
        startActivityForResult(Intent.createChooser(intent
                , "Select Picture"), REQUEST_GALLERY);
    }
});
```

6. เมื่อสร้างไฟล์ และหน้าเว็บครบแล้ว รันแอพพลิเคชั่น ติดตั้งแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เวอร์ชัน 5.0 ขึ้น ไป จากไฟล์ app-debug.apk

7. เมื่อลงแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือแล้ว เราก็จะเริ่มการใช้งาน โดยการประมวลผลภาพในแอพพลิเคชั่น จะมีอยู่ด้วยกัน 4 ขั้นตอน
   7.1 การประมวลผลจะนำภาพที่ได้จากการสแกนภาพผ่านแอพพลิเคชั่น มาแปลง ไฟล์ภาพให้อยู่ในรูปของไฟล์ bitmap ที่ข้อมูลตำแหน่งพิกเซล (Pixel) จัดเรียงกันอยู่อย่างเหมาะสมที่จะใช้ใน การประมวลผลภาพ
   7.2 นำไฟล์ภาพ bitmap มาแปลงตำแหน่งพิกเซล (Pixel) ที่เดิมมีค่าเป็น int มีค่าตั้งแต่ 0-255 แต่ยังไม่สามารถนำไปใช้กับตัวโมเดลได้ และต้องนำตำแหน่งพิกเซล (Pixel) ของไฟล์ไปแปลงให้เป็น float ไฟล์ภาพนั้น จึงสามารถนำไปใช้กับโมเดลนั้นได้
   7.3 การนำข้อมูลไฟล์ภาพที่ถูกแปลงไปประมวลผลด้วย Tensorflow inference Interface ที่เป็นตัวไลบรารี่ที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูลไฟล์ทดสอบกับโมเดล ซึ่งข้อมูลที่ถูกส่งจะเป็นข้อมูล พิกเซล (Pixel) ของไฟล์ภาพที่ได้จากการถ่ายภาพ และนำมาแปลงตำแหน่งพิกเซล (Pixel) แล้ว
   7.4 เมื่อแอพพลิเคชั่นทำการประมวลผลภาพเสร็จสิ้นก็จะส่งค่าออกมาเป็นชื่อ ของไฟล์ภาพ และเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการประมวลผลภาพ โดยนำเอาเปอร์เซ็นต์ที่มากที่สุดที่ ได้จากโมเดลทดสอบมาแสดงผลลัพธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4
ผลการวิจัย

หลังจากผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามวิธีดำเนินการวิจัยที่ระบุไว้ในบทที่ 3 และได้มีการพัฒนาแอพพลิเคชั่นจำแนกจุลินทรีย์ผ่านโทรศัพท์มือถือ ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการศึกษาวิธีการเรียนรู้เชิงลึกที่ใช้ตรวจสอบจำแนกจุลินทรีย์ โดยใช้ไลบรารี่เทนเซอร์โฟล (TensorFlow) ร่วมกับไพธอน (Python) และอูบุนตู (Ubuntu) บนวินโดว์10 (Window10) เพื่อจำแนกว่าภาพนั้นมีชื่อจุลินทรีย์ว่าอะไร พร้อมทั้งระบุถึงความแม่นยำในการประมวลผลภาพ ซึ่งแบ่งการทดสอบออกได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.1 ผลการทดสอบในส่วนของวิธีการเรียนรู้เชิงลึก

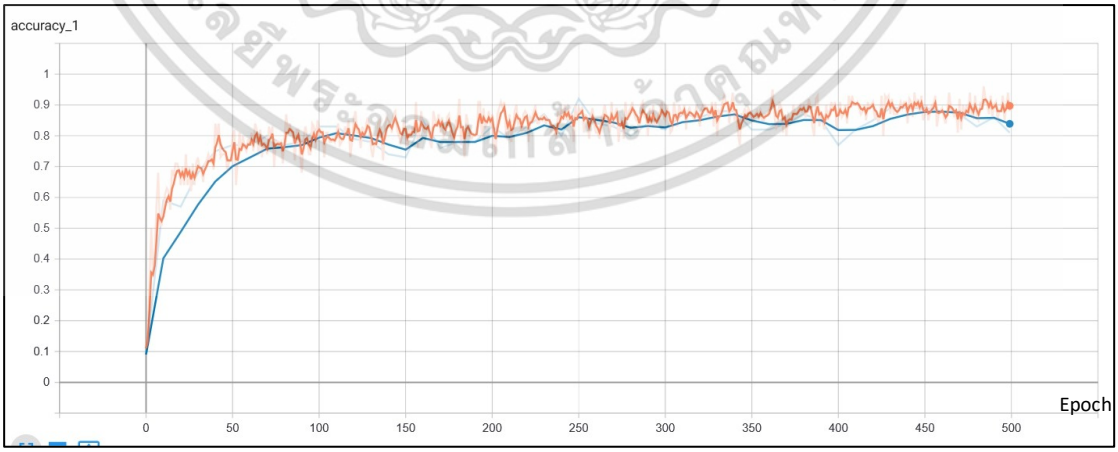
4.2 ผลการทดสอบในส่วนของแอพพลิเคชั่น

4.1 ผลการทดสอบในส่วนของวิธีการเรียนรู้เชิงลึก

ในส่วนของการเรียนรู้เชิงลึกเป็นการสอนและทดสอบ จำแนกจุลินทรีย์ เราเลือกใช้ไลบรารี่เทนเซอร์โฟล (Library TensorFlow) ในการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้เชิงลึกมาเป็นตัวสอนและทดสอบ พร้อมกับการทดสอบแบบจำลองผ่านคอมมานด์ไลน์

4.1.1 ผลการทดสอบจากการสร้างแบบจำลอง

ผลการฝึกสอนและทดสอบ โดยใช้ TensorFlow แล้วแสดงผลผ่าน Tensor board



ภาพที่ 4.1 กราฟค่าความแม่นยำ ของการเทรน-เทส (Train-test) โดยใช้ TensorFlow

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟในภาพที่ 4.1 เส้นกราฟทำนายผลการฝึกสอน (Train) สองเส้น คือ เส้นกราฟสีส้ม แสดงผลความแม่นยำของการทำนาย ในช่วงเวลาที่มีการฝึกสอน และเส้นกราฟสีน้ำเงินแสดงผลการตรวจสอบ (Validation) ความแม่นยำ ในช่วงเวลาที่มีการฝึกสอน ตัวเลขในแกน Y หรือแนวตั้ง คือ ค่าความแม่นยำ ส่วนตัวเลขในแนวนอน หรือแกน x คือ จำนวนลำดับขั้นตอนที่ใช้ในการเทรนโมเดล ซึ่งตัวเลขนี้จะถูกกำหนดขึ้นก่อนที่จะมีการรันสคริปต์โมเดลฝึก

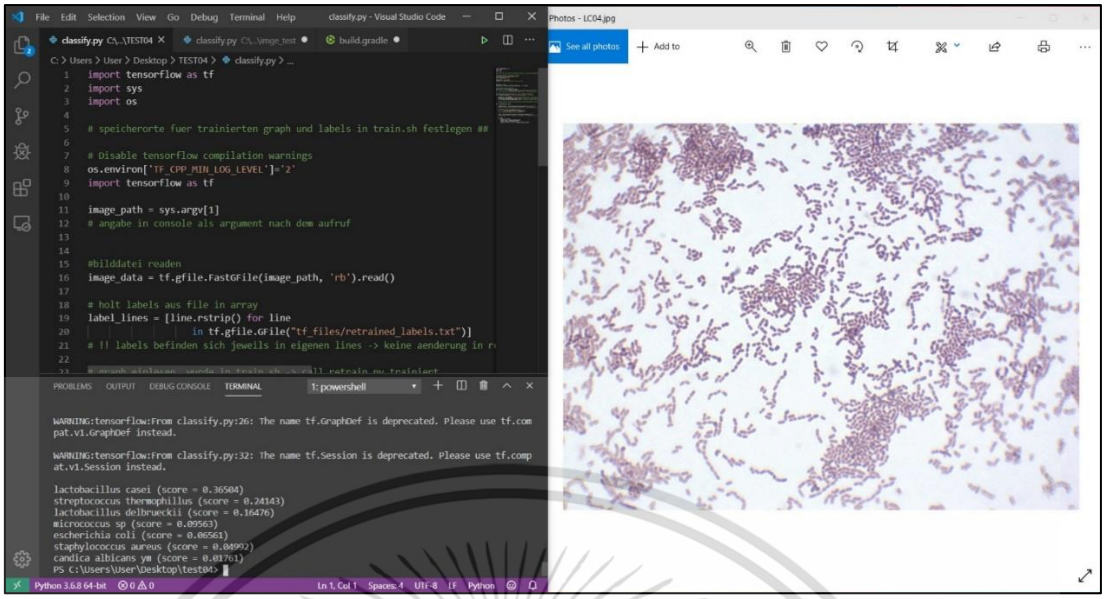
จากกราฟในภาพที่ 4.1 อธิบายได้ว่า ลักษณะของเส้นกราฟสีส้มที่ถูกพล็อต ใช้ทำนายผลทดสอบ แล้วบอกผลการทำนายเป็นเปอร์เซ็นต์ ในแต่ลำดับขั้นตอนของการฝึกโมเดล ซึ่งได้ออกมาลู่ขึ้นมีความแม่นยำจากต่ำแล้วค่อยๆสูงขึ้น จนแทบจะเป็นกราฟเส้นตรงคือเกือบจะแม่นยำที่สุด โดยแอพพลิเคชั่นมีการพล็อตกราฟสีน้ำเงินควบคู่ไปกับกราฟสีส้มด้วย เพื่อบ่งบอกการตรวจสอบค่าความถูกต้องของแต่ละลำดับขั้นตอนที่มีการฝึกโมเดลนั้น โดยค่าความแม่นยำของเส้นกราฟสีส้มไม่ควรต่ำกว่าค่าความถูกต้องของเส้นกราฟสีน้ำเงิน

4.1.2 ผลการทดสอบแบบจำลอง

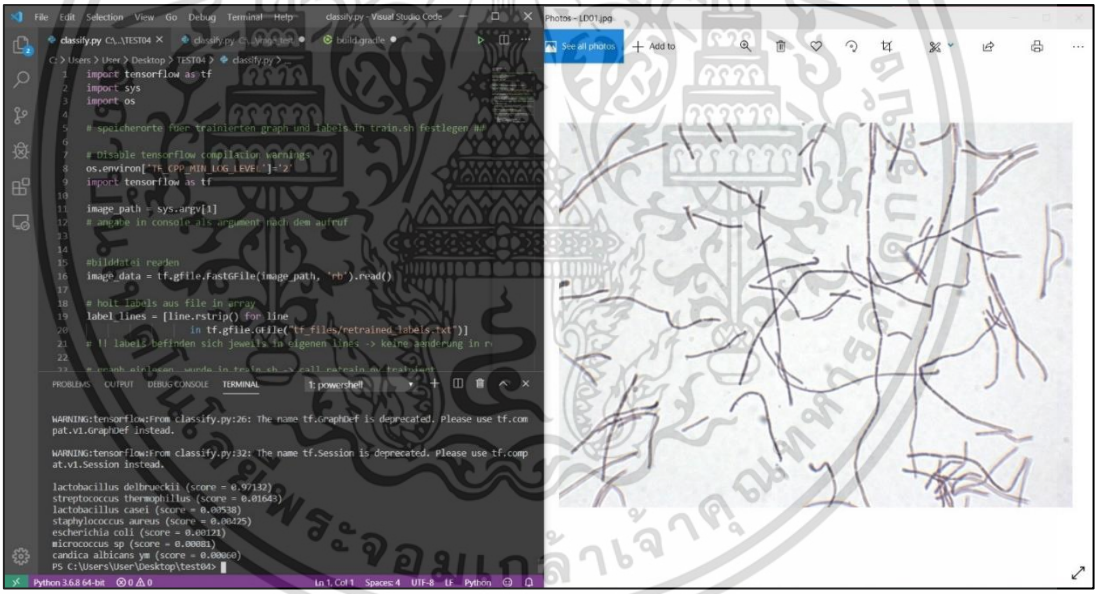
ทำการทดสอบแบบจำลองโดยการสุ่มเลือกจุลินทรีย์ละ 5 ภาพ รวมทั้งหมด 40 ภาพ ทำการทดสอบโดยใช้ไลบรารี่ Classify.py ที่เป็นสคริปต์ติดมากับเทนเซอร์โฟลเอ็นจิง (Tensorflow Engine) ซึ่งจากการทดสอบทั้งหมด 40 ภาพ สามารถบอกชนิดของจุลินทรีย์ได้ถูกต้องทั้งหมด 38 ตัว และผิดพลาด 2 ตัว คิดเป็นค่าความถูกต้อง 95%

ภาพที่ 4.2 ตัวอย่างการทดสอบ *Escherichia coli*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

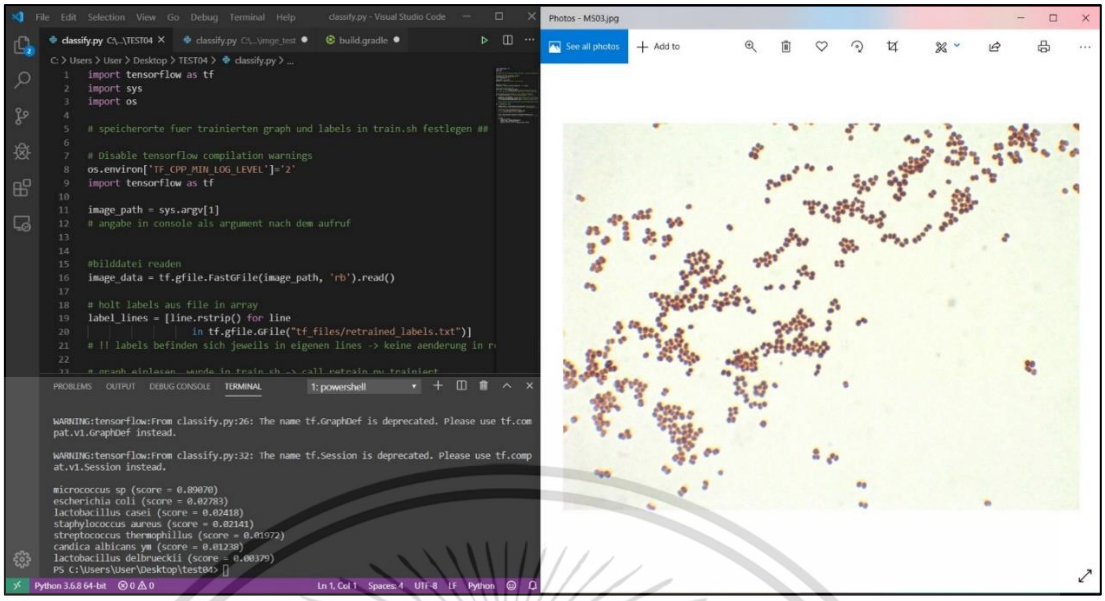


ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างการทดสอบ *Lactobacillus casei*

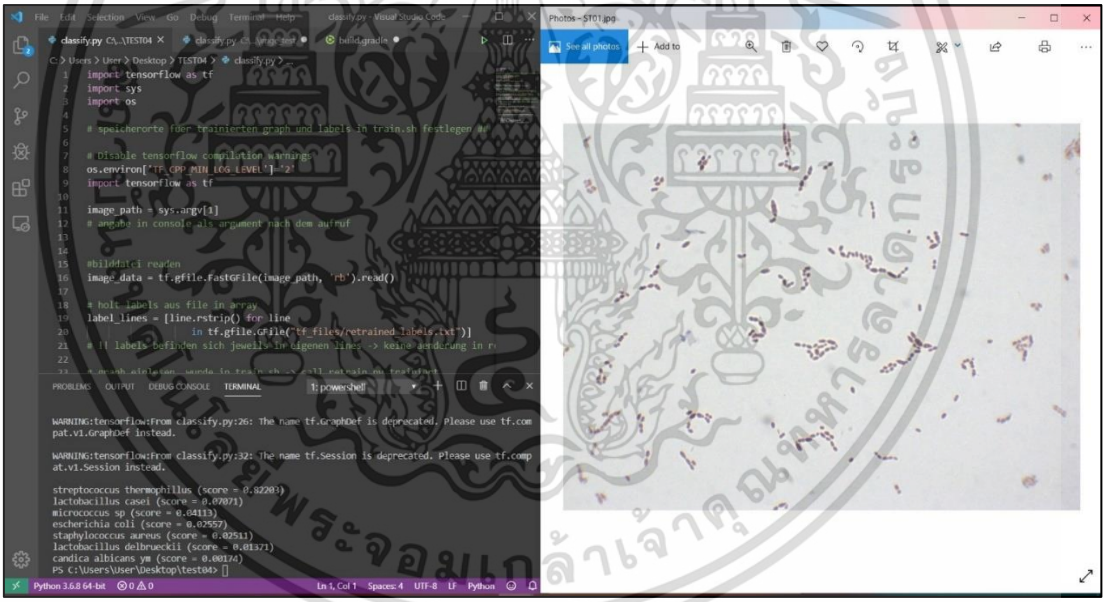


ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างการทดสอบ *Lactobacillus delbrueckii*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างการทดสอบ *Micrococcus spp*



ภาพที่ 4.6 ตัวอย่างการทดสอบ *Streptococcus thermophilus*

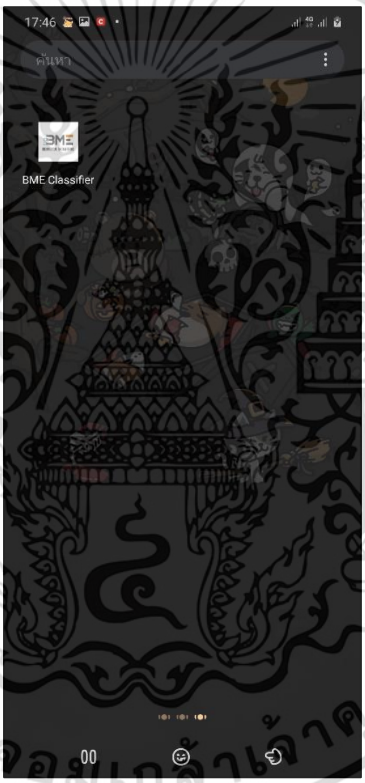
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการทดสอบในส่วนของแอพพลิเคชั่น

การทดสอบแอพพลิเคชั่นในการจำแนกจุลินทรีย์ จะเริ่มกล่าวถึงตั้งแต่ตัวแอพพลิเคชั่นที่กำลังพัฒนาจนไปถึงฟังก์ชันการทำงาน และรวบไปถึงการทดสอบการใช้งานฟังก์ชันในแอพพลิเคชั่น คือ การเรียกใช้กล้องโทรศัพท์มือถือ และการเรียกใช้ภาพจากแกลอรี่ด้วย

4.2.1 แอพพลิเคชั่นที่กำลังพัฒนา

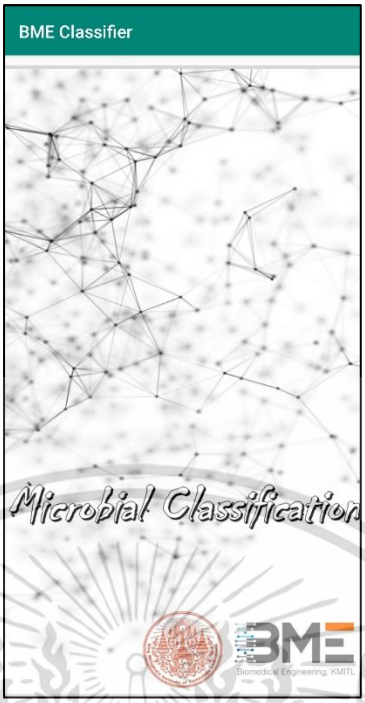
ให้ทำการติดตั้งแอพพลิเคชั่นบนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เวอร์ชัน 5.0 ขึ้นไป จากไฟล์ app-debug.apk เมื่อติดตั้งเสร็จสิ้น จะปรากฏภาพไอคอน BME Classifier บนหน้าจออุปกรณ์ ดังนี้



ภาพที่ 4.7 ไอคอนเข้าสู่ของแอพลิเคชั่น

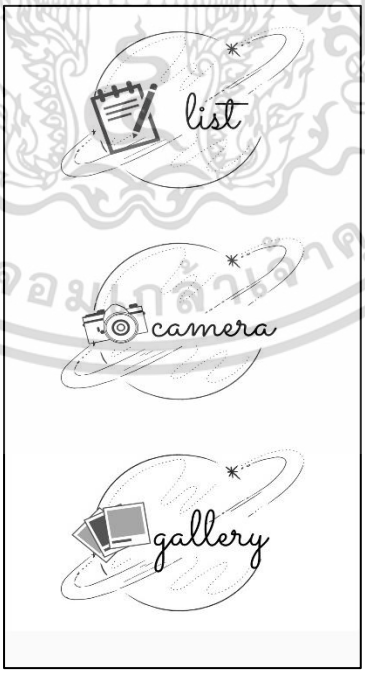
เมื่อคลิกที่ไอคอน BME Classifier เพื่อเข้าสู่แอพพลิเคชั่นจะปรากฏจอภาพเมนูหน้าแรก ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 หน้าแรกของแอพพลิเคชั่น

หน้าแรกของแอพพลิเคชั่นจะแสดงโลโก้สถาบันการศึกษาและภาควิชา หากใช้นิ้วมือแตะหน้าจอจะแสดงหน้าเมนูถัดไป



ภาพที่ 4.9 หน้าเมนูหลักของแอพพลิเคชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากกดเลือกเมนูแรก List จะขึ้นหน้าจอเป็นภาพอินโฟกราฟิกข้อมูลทั่วไปของจุลินทรีย์ สามารถเลื่อนซ้าย-ขวา เพื่อไปยังจุลินทรีย์ที่เหลือได้

ภาพที่ 4.10 หน้าแรกของเมนูลิสต์

หากกดเลือกเมนูแรก Camera จะขึ้นหน้าจอเป็นภาพกล้องมือถือ มีปุ่มสลับกล้อง เพื่อเปลี่ยนกล้องหน้า-หลัง และปุ่มค้นหาเพื่อจำแนกจุลินทรีย์ที่กล้องจับภาพได้

ภาพที่ 4.11 หน้าเมนู Camera

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากกดเลือกเมนูแรก Gallery จะขึ้นหน้าจอเป็นหน้าที่มีปุ่ม Gallery เพื่อเข้าไปเลือกรูปภาพ และปุ่มค้นหา เพื่อทำการจำแนกจุลินทรีย์ในภาพ

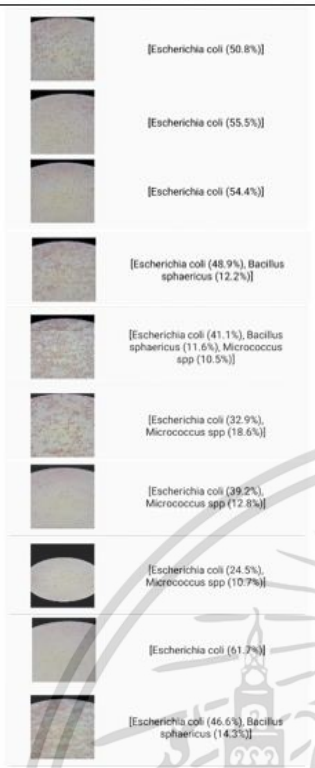
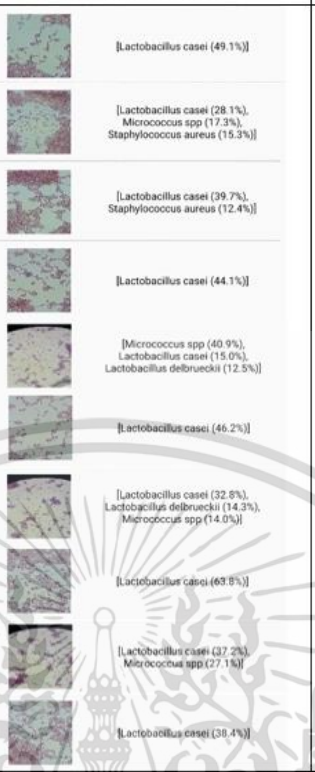
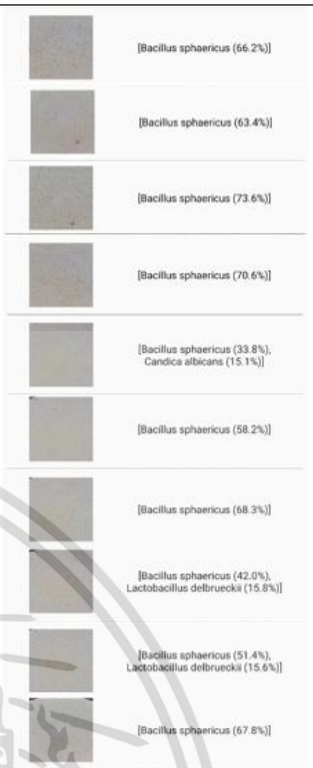
ภาพที่ 4.12 หน้าเมนูแกลอรี่

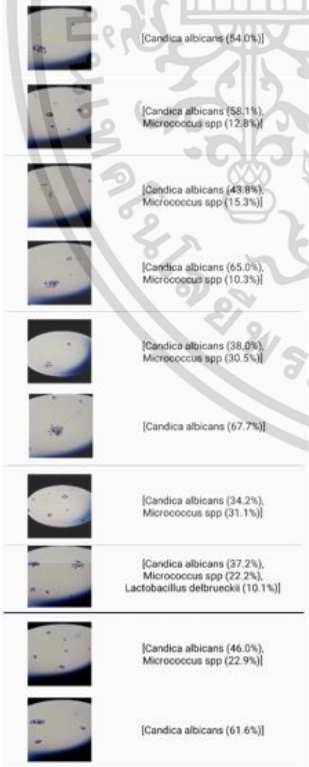
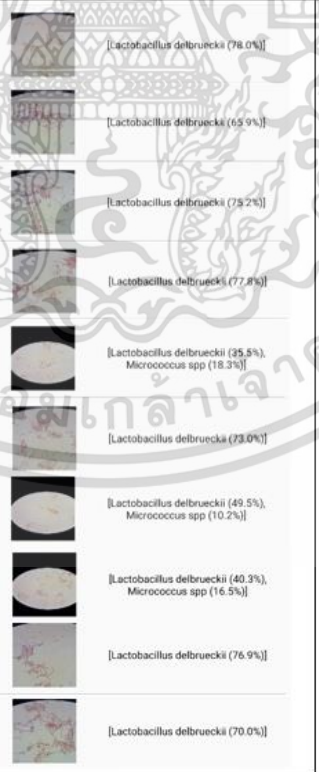
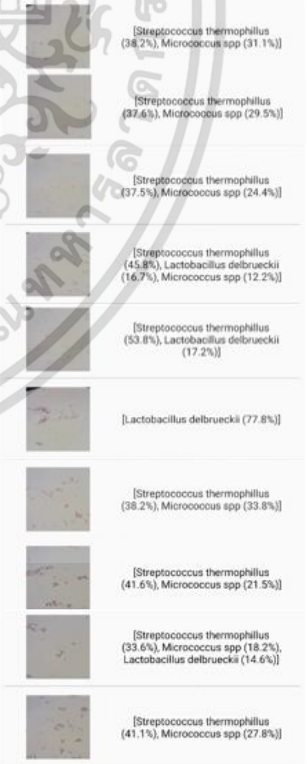
4.2.2 ผลการทดสอบฟังก์ชันกล้องจากโทรศัพท์มือถือ

ในการทดสอบใช้งานการจำแนกจุลินทรีย์จากกล้องจากโทรศัพท์มือถือ เราจะต้องใช้ภาพจริงจากกล้องจุลทรรศน์เท่านั้น เนื่องจากหากใช้เป็นการถ่ายจากภาพจะเกิดการรบกวนจากสภาพแวดล้อมรอบข้างขณะนั้น ทำให้การจำแนกผิดพลาด

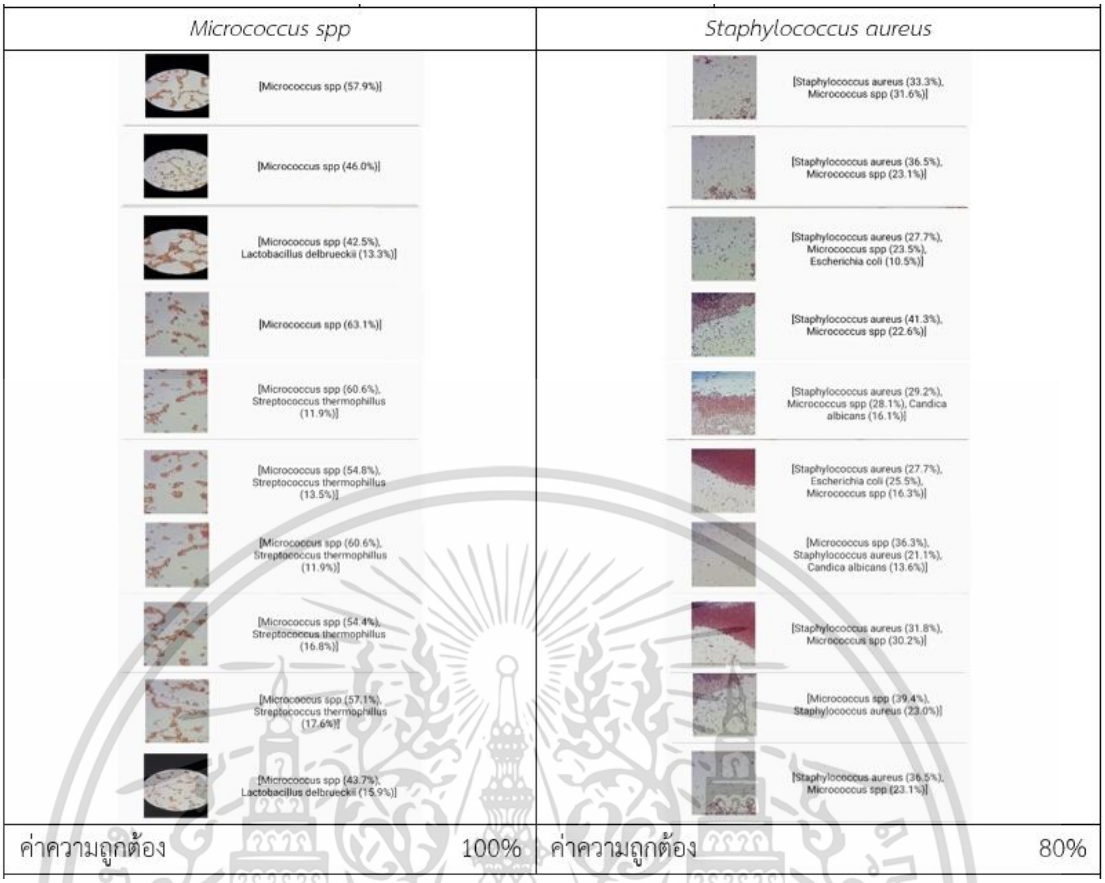
โดยเราจะทำการทดสอบด้วยการจับภาพจากกล้องจุลทรรศน์ผ่านทางกล้องโทรศัพท์มือถือ เป็นการทดสอบการจำแนกจุลินทรีย์ ซึ่งจะทำการจับภาพจุลินทรีย์ละ 10 ภาพ เป็นจำนวน 80 ภาพ ได้ค่าความถูกต้องอยู่ที่ 96.25 เปอร์เซ็นต์ ดังนี้

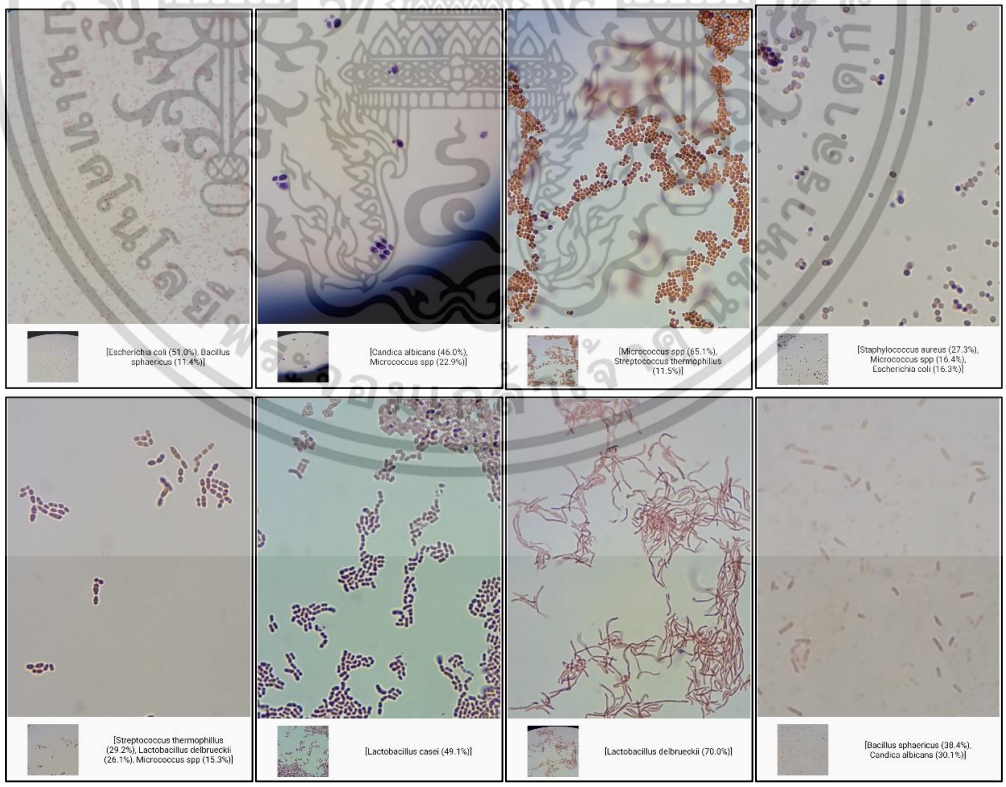
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Escherichia coli	*Lactobacillus casei*	*Bacillus sphaericus*
		
ค่าความถูกต้อง 100%	ค่าความถูกต้อง 90%	ค่าความถูกต้อง 100%

Candida albicans	*Lactobacillus delbrueckii*	*Streptococcus thermophillus*
		
ค่าความถูกต้อง 100%	ค่าความถูกต้อง 100%	ค่าความถูกต้อง 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ภาพที่ 4.13 ตัวอย่างจากการทดสอบผ่านกล้องโทรศัพท์มือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบผ่านกล้องโทรศัพท์มือถือ พบว่าจากจำนวนทั้งหมด 80 ภาพ ถูกต้อง 77 ภาพ และผิดพลาด 3 ภาพ ได้ค่าความถูกต้องอยู่ที่ 96.25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความผิดพลาดอาจเกิดเนื่องจากความคล้ายคลึงกันของรูปร่างและการจัดเรียงตัวของเซลล์ เช่น *Staphylococcus aureus* ที่มีรูปร่างเป็นทรงกลมและการจัดเรียงตัวของเซลล์ติดกัน ซึ่งคล้ายคลึงกับ *Micrococcus spp.*

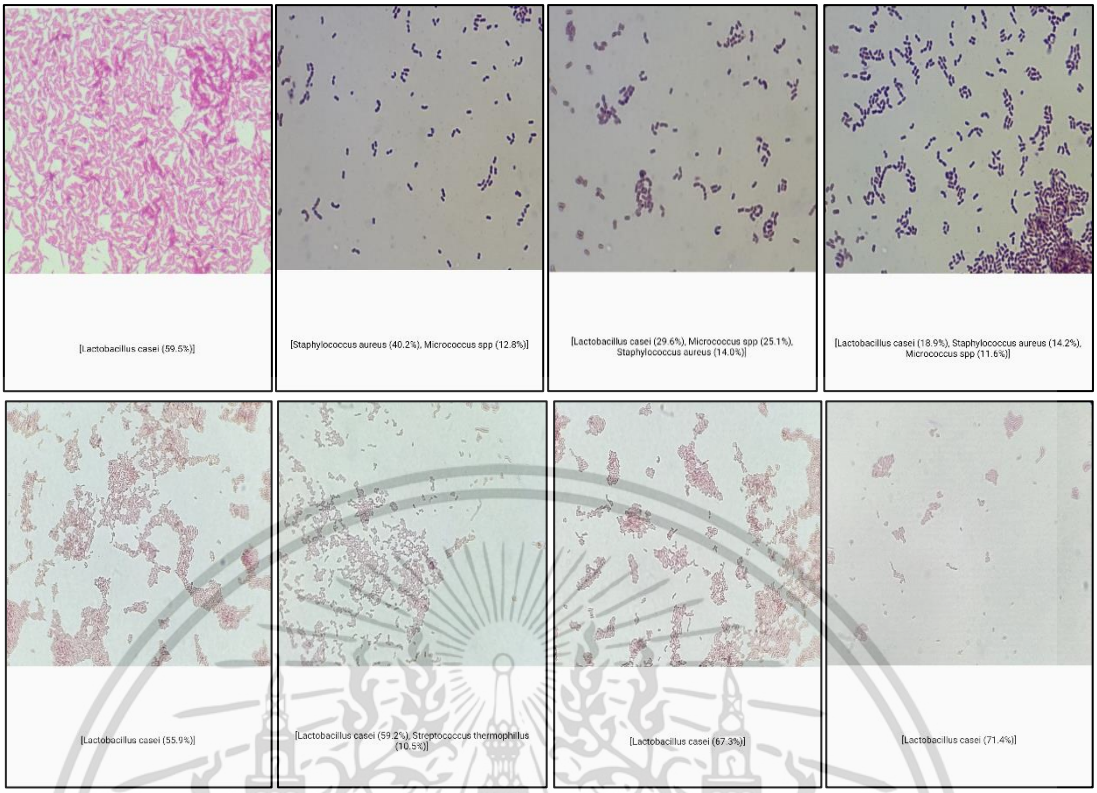
4.2.3 ผลการทดสอบฟังก์ชันภาพจากแกลอรี่

ในการทดสอบใช้งานการจำแนกจุลินทรีย์จากภาพจากแกลอรี่ เราจะควรใช้ภาพขนาดไม่น้อยกว่า 299x299 และ ขนาดไม่ควรมากกว่า 5000x5000 เนื่องจากเมื่อรับภาพเข้ามาแล้วแอพพลิเคชั่นจะทำการแปลงภาพไม่ว่าขนาดใดก็ตามเป็น 299x299 ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ภาพที่มีขนาดต่ำกว่านี้จะทำให้ภาพแตก ส่งผลให้การจำแนกเกิดความผิดพลาด และหากใช้ภาพขนาดที่ใหญ่เกินไปจะไม่สามารถรับเข้ามาในแอพพลิเคชั่นได้

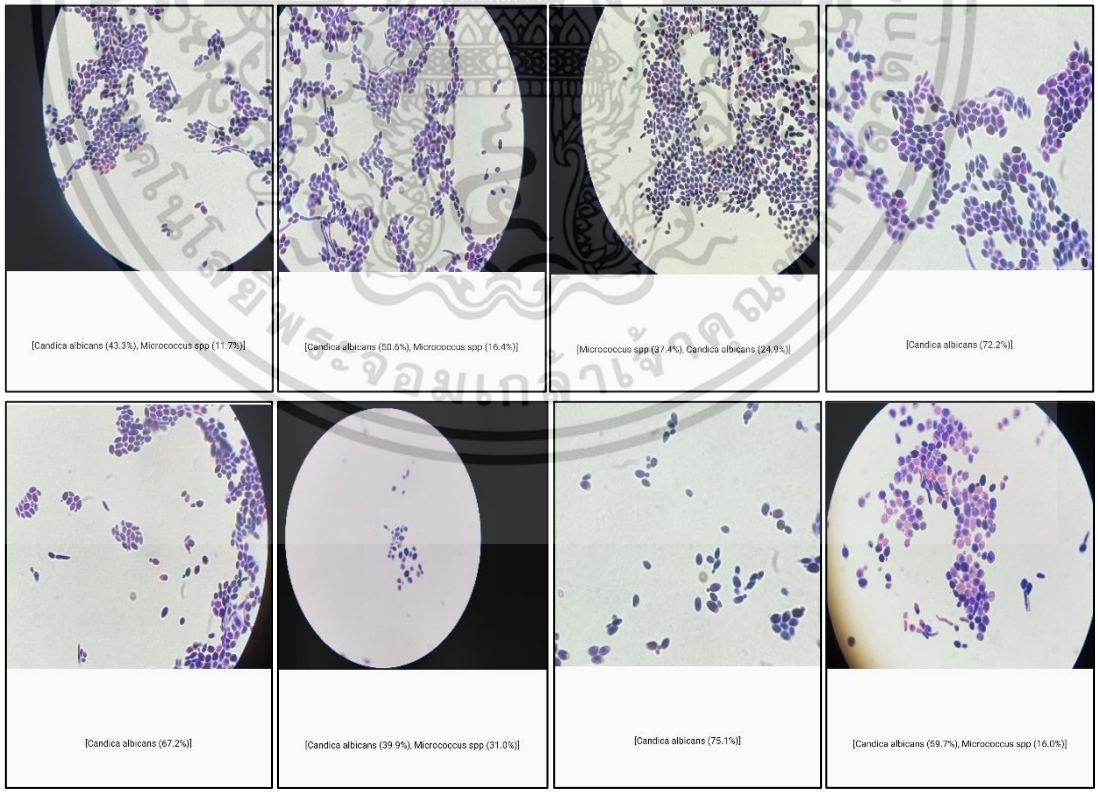
โดยเราจะทำการทดสอบด้วยการซุ่มภาพจากข้อมูลที่ทำการเก็บแยกไว้สำหรับการทดสอบจุลินทรีย์ละ 8 ภาพ เป็นจำนวน 64 ภาพ ได้ค่าความถูกต้องอยู่ที่ 92.18 เปอร์เซ็นต์ ดังนี้

ภาพที่ 4.14 การทดสอบภาพจากแกลอรี่ *Escherichia coli* ค่าความถูกต้อง 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

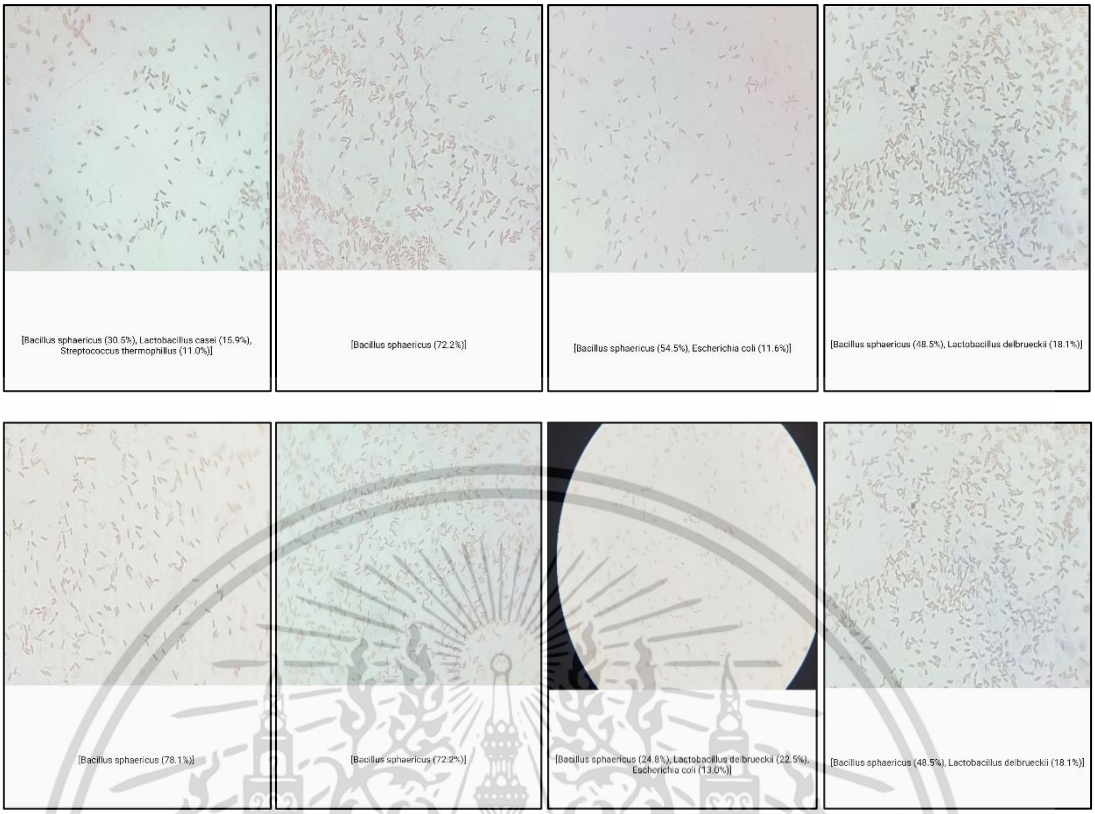


ภาพที่ 4.15 การทดสอบภาพจากแกลอรี่ *Lactobacillus casei* ค่าความถูกต้อง 87.5%

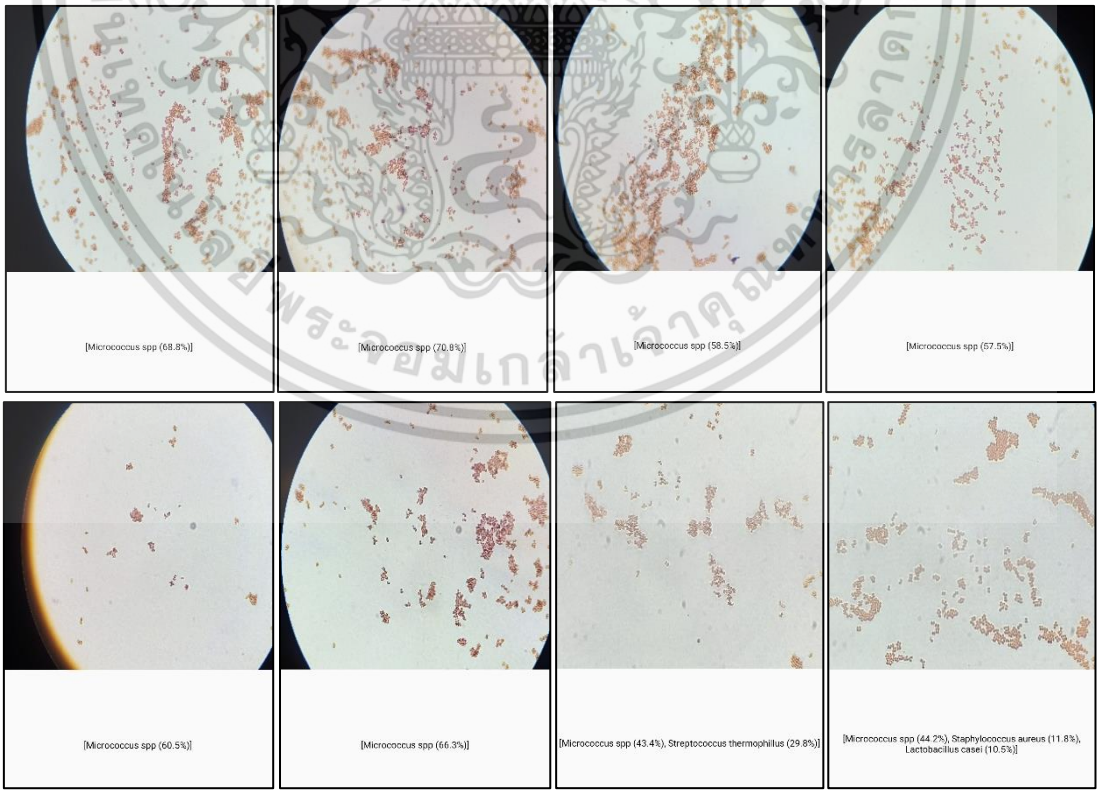


ภาพที่ 4.16 การทดสอบภาพจากแกลอรี่ *Candida albicans* ค่าความถูกต้อง 87.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

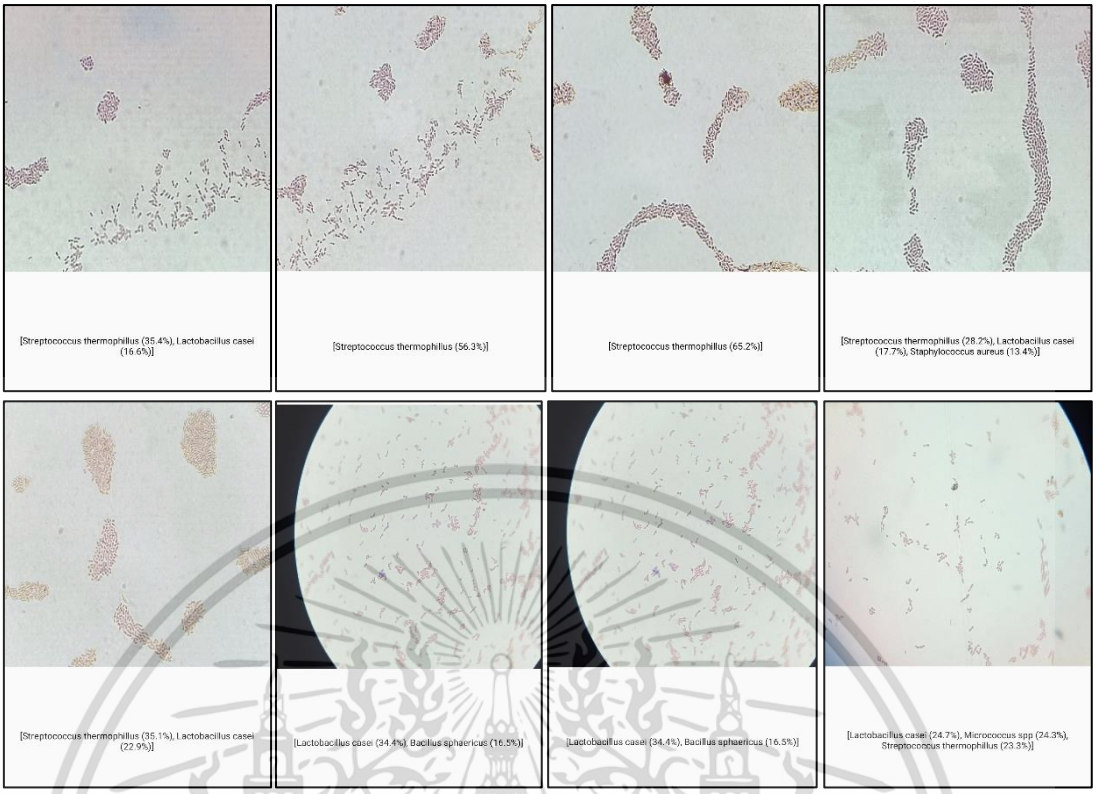


ภาพที่ 4.17 การทดสอบภาพจากแกลอรี่ *Bacillus sphaericus* ค่าความถูกต้อง 100%



ภาพที่ 4.18 การทดสอบภาพจากแกลอรี่ *Micrococcus spp* ค่าความถูกต้อง 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.19 การทดสอบภาพจากแกลอรี่ *Streptococcus thermophilus* ค่าความถูกต้อง 62.5%

ภาพที่ 4.20 การทดสอบภาพจากแกลอรี่ *Staphylococcus aureus* ค่าความถูกต้อง 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบผ่านภาพจากแกลอรี่ พบว่าจากจำนวนทั้งหมด 64 ภาพ ถูกต้อง 59 ภาพ และผิดพลาด 5 ภาพ ได้ค่าความถูกต้องอยู่ที่ 92.18 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความผิดพลาดเกิดขึ้นในจุลินทรีย์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน เช่น *Streptococcus thermophilus* ที่คล้ายกันกับ *Lactobacillus casei*

ปัจจัยที่มีผลให้ผลจากการทดสอบผ่านภาพจากแกลอรี่ต่ำกว่าผลจากการทดสอบผ่านกล้องโทรศัพท์มือถือส่วนหนึ่งเกี่ยวข้องกับสภาพแวดล้อมภายนอกที่ไม่สามารถควบคุมได้เช่นแสง สี หรือความคมชัดของอุปกรณ์ที่ใช้บันทึกภาพต้นฉบับ นอกจากนั้นก็ยังมีส่วนของกระบวนการทำงานของแอพพลิเคชั่น หลังจากรับภาพใดๆ ที่ผู้ใช้เลือกแอพพลิเคชั่นจะทำการปรับขนาดภาพเป็น 299x299 ดังนั้นหากภาพที่รับมามีขนาดที่แตกต่างออกไปมาก ภาพนั้นจะถูกปรับจนอาจทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงของรูปร่างจุลินทรีย์ ซึ่งอาจส่งผลต่อการทำนายจุลินทรีย์ชนิดนั้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 บทสรุป

จากการประยุกต์ใช้การเรียนรู้เชิงลึก ในการออกแบบและสร้างแอพพลิเคชั่นสำหรับการจำแนกจุลินทรีย์ เพื่อลดความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ในการจำแนกประเภทของจุลินทรีย์ โดยใช้จุลินทรีย์ทั้งหมด 8 ชนิดด้วยกันคือ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, *Micrococcus spp*, *Streptococcus thermophilus, Lactobacillus casei, Lactobacillus delbrueckii* และ *Bacillus sphaericus* หลังจากทำการสร้างแบบจำลองด้วยเทนเซอร์โฟล (Tensorflow) ซึ่งใช้กระบวนการอัลกอริทึมของโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Network : CNN) ได้ค่าเฉลี่ยความถูกต้องจากการเทรนอยู่ที่ 82.79 เปอร์เซ็นต์ และค่าที่มากที่สุดอยู่ที่ 96.00 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของค่าเฉลี่ยความถูกต้องจากการทดสอบในตัวโมเดลอยู่ที่ 79.72 เปอร์เซ็นต์ และค่าสูงสุดอยู่ที่ 92.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองด้วยภาพที่โมเดลไม่เคยเห็นมาก่อน (สุ่มเลือกภาพทั้งหมด 40 ภาพ) ได้ค่าความถูกต้องอยู่ที่ 95 เปอร์เซ็นต์

แบบจำลองการเรียนรู้ที่ได้ถูกนำไปประยุกต์ใส่ลงในแอพพลิเคชั่น โดยถูกออกแบบแอพพลิเคชั่นให้มีฟังชั่นการทำงานสามเมนูด้วยกันคือ ฟังก์ชันข้อมูลของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง, ฟังก์ชันกล้องจากโทรศัพท์มือถือ และฟังก์ชันภาพจากแกลอรี่

ฟังก์ชันกล้องจากโทรศัพท์มือถือ โดยได้ทำการทดสอบการใช้งานจากการเรียกตัวอย่างจากกล้องโทรศัพท์ซึ่งในฟังก์ชันการทำงานแอพจะเปิดกล้องโทรศัพท์มือถือเราจึงจำเป็นต้องใช้ภาพจริงจากกล้องจุลทรรศน์ทำการทดสอบจับภาพจุลินทรีย์ชนิดละ 10 ภาพรวมทั้งหมด 80 ภาพ ได้ค่าความถูกต้องอยู่ที่ 96.25 เปอร์เซ็นต์ และผลทดสอบจากฟังก์ชันภาพจากแกลอรี่จุลินทรีย์ละ 8 ภาพ รวมทั้งหมด 64 ภาพ ได้ค่าความถูกต้องอยู่ที่ 92.18 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดสอบจะเห็นได้ชัดว่าจากผลของฟังก์ชันเปิดกล้องโทรศัพท์มือถือ (96.25 %) นั้นมีค่ามากกว่าผลการทดสอบฟังก์ชันภาพจากแกลอรี่ (92.18 %) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแอพพลิเคชั่นจะทำการแปลงภาพไม่ว่าขนาดใดก็ตามเป็น 299 x 299 รูปร่างของเชื้ออาจมีการเปลี่ยนไปตอนการแปลงภาพ หรือส่วนนึงอาจจะเป็นเพราะสภาพแวดล้อมรวมไปจนถึงปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น แสง สี ความคมชัดของอุปกรณ์ การกระจายตัวของเชื้อ ฯลฯ จึงส่งผลให้ภาพที่ได้แตกต่างจากภาพตัวอย่างที่ใช้ในการเทรน และผลจากการทำนายถูกต้องน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ควรเลือกเชื้อจุลินทรีย์ที่พบได้ทั่วไปและยากแก่การวินิจฉัยและเพิ่มจำนวนชนิดให้มากขึ้น

- การเก็บภาพตัวอย่าง ควรเก็บจากจุลินทรีย์ในหลายช่วงอายุ เนื่องจากอายุของจุลินทรีย์จะส่งผลต่อสี องค์ประกอบของเซลล์ที่เปลี่ยนไป นอกจากนั้นควรใช้ภาพตัวอย่างที่มีความหลากหลายจากหลายๆแหล่งที่มา

- มีการเพิ่มฟังก์ชันการปรับตกแต่งภาพก่อนนำมาใช้เพื่อให้ภาพที่ได้คมชัดและสามารถจำแนกได้ง่ายขึ้น

- ปรับเงื่อนไขการทำนายให้ดูมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้นโดยอาจจะกำหนดเปอร์เซ็นต์จากการทำนายขั้นต่ำเอาไว้เป็นมาตรฐาน ถ้าเปอร์เซ็นท์ที่ได้ต่ำเกินก็จะถูกตัดออกจากการทำนายเชื้อทั้งหมดที่มี

- พัฒนาโมเดลให้สามารถตรวจจับเชื้อจุลินทรีย์ได้เป็นตัวๆ (Object detection) เผื่อในกรณีที่มีจุลินทรีย์มากกว่า 1 ชนิดในภาพตัวอย่างเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ไบโอเทค. 2561. **จุลินทรีย์ คือ อะไร (What is Microorganism?).** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.thaibiotech.info/what-is-microorganism.php.

[2] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2563. **Escherichia coli / E. coli**. [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1125/escherichia-coli-e-coli.

[3] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2563. **โรคและอาการของโรคที่เกิดจาก Staphylococcus aureus.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com /wiki/word/ 3919/โรคและอาการของโรค-ที่เกิดจาก-staphylococcus-aureus.

[4] **การติดเชื้อสเตร็ปโตคอคคัส (Staphylococcus Aureus infection).** 2563. [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.honestdocs.co/staph-infection.

[5] **เชื้อราในช่องคลอด.** 2563. [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.pobpad.com/เชื้อราในช่องคลอด.

[6] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2563. Micrococcus / ไมโครคอกคัส. [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1982/micrococcus.

[7] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2563. **Streptococcus.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1456/streptococcus.

[8] **ลักษณะเฉพาะของ Streptococcus thermophilus ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและคุณประโยชน์.** 2563. [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://th.thpanorama.com/articles/biologa/streptococcus-thermophilus-caractersticas-morfologa-y-beneficios.html.

[9] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2563. **Lactobacillus / แล็กโทบาซิลลัส.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1271/lactobacillus-แล็กโทบาซิลลัส.

[10] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.). 2563. **Bacillus sphaericus.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.nstda.or.th/th/nstda-r-and-d/820-bacillus-sphaericus

[11] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2563. **Culture media / อาหารเลี้ยงเชื้อ.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4122/culture-media-อาหารเลี้ยงเชื้อ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] เนียรวรรณ มีเจริญ. 2560. **อาหารเลี้ยงเชื้อและการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://scimath.org/lesson-biology/item/7439-2017-08-11-04-33-12.

[13] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2563. **Gram staining / การย้อมแกรม.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1768/gram-staining-การย้อมแกรม.

[14] Jen Namjatturas. 2562. **ทำความรู้จัก AI, Machine learning, Deep learning ฉบับเข้าใจง่าย.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://techsauce.co/tech-and-biz/ai-machine-learning-deep-learning-differences.

[15] ประสิทธิ์ ทองประดิษฐ์. 2561. **มาทำความรู้จัก Tensorflow.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.thaiprogrammer.org/2018/12/มาทำความรู้จัก-tensorflow/?fbclid =IwAR0y FOXR9gW3srQWD7SZxvfucf5Wiyv3LB6Jj9jU02NQtdn-PjydzJBva1c.

[16] Keng Surapong. 2562. **TensorFlow Lite (TFLite) คืออะไร สอนแปลงโมเดล.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.bualabs.com/archives/3562/what-is-tensorflow-lite-tflite-how-to-convert-tensorflow-python-to-run-on-edge-device-raspberry-pi-jetson-nano-arduino-sparkfun-microcontroller-tflite-ep-1/

[17] **Deep Learning แบบฉบับคนสามัญชน EP 1 : Neural Network History.** 2563. [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://medium.com/mmp-li/deep-learning.

[18] Keng Surapong. 2562. **Activation Function คืออะไร ใน Artificial Neural Network.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.bualabs.com/archives /1261/what-is-activation-function-what-is-sigmoid-function-activation-function-ep-1/

[19] Keng Surapong. 2562. **ReLU Function คืออะไร ทำไมถึงนิยมใช้ใน Deep Neural Network.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.bualabs.com/archives/1355/what-is-relu-function-why-popular-deep-learning-training-deep-neural-network-activation-function-ep-3/

[20] Keng Surapong. 2562. **BatchNorm คืออะไร สอน Batch Normalization.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.bualabs.com/archives/2617/what-is-batchnorm-teach-batch-normalization-train-machine-learning-model-deep-convolutional-neural-network-convnet-ep-5/

[21] Leonardo Araujo dos Santos. 2563. **GoogleNet.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://leonardoaraujosantos.gitbooks.io/artificial-inteligence/content/googlenet.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[22] Faizan Shikh. 2554. **10 Advanced Deep Learning Architectures Data Scientists Should Know!.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.analytics vidhya.com /blog /2 0 1 7 / 0 8 / 1 0 - advanced-deep-learning-architectures-data-scientists/?fbclid=IwAR1YbYzzy14_bvgKxoUPbOvF4AYlB0xTSuEtsyOiTp29zG8hEk79MmmzZdQ

[23] Keng Surapong. 2562. **Softmax Function คืออะไร เราจะใช้งาน Softmax Function อย่างไร ประโยชน์ของ Softmax.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.bualabs .com/archives/1819/what-is-softmax- function-how-to-use-softmax-function-benefit-of-softmax/.

[24] Keng Surapong. 2562. **Cross Entropy Loss คืออะไร Logistic Regression คืออะไร Log Loss คืออะไร.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.bualabs.com /archives/1945/what-is-cross-entropy-loss-logistic-regression-log-loss-loss-function-ep-3/.

[25] ไฟศอล หะยี. 2561. **3SB04: Android Development.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://medium.com/@faisolhayee/3sb04-android-development-a090fe92f3c4

[26] Chai Phonbopit. 2551. **การใช้ Intent เพื่อเปิดหน้า Activity และส่งข้อมูลระหว่าง Activity.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://devahoy.com/blog/2014/06/android-open-new-activity-with-intent/

[27] ThaiCreate. 2554. **รู้จักกับ Android Studio ซึ่งเป็น IDE Tool จาก Google.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.thaicreate.com/mobile/android-studio-ide.html

[28] มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2563. **โครงสร้างของโปรเจ็กต์แอนดรอยด์ในแอนดรอยด์สตูดิโอ.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://pirun.ku.ac.th/~faastwc/Android /ponglang /ready/pdf/7%20บทที่ %204%20โครงสร้างของโปรเจ็คแอนดรอยด์ใน% 20android% 20studio-51-80.pdf

[29] เอโอซอฟต์. 2561. **Python คืออะไร - ภาษา python ใช้ทำอะไร.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.aosoft.co.th/article/322/Python-คืออะไร-ภาษา-python-ใช้ทำอะไร.html

[30] Blogone. 2560. **Python 3.6 ออกแล้ว เพิ่มรูปแบบการฟอร์แมตสตริง.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.blognone.com/node/88608

[31] ศุภกิจ อรรณพพรชัย. 2560. **Github คืออะไร เป็น Git host ที่เก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของ file.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://saixiii.com/what-is-github/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[32] PhpBB(momai). 2559. **รู้จัก Ubuntu (อูบุนตู) เบื้องต้น.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.mindphp.com/forums/viewtopic.php?f=79&t=37046

[33] Thaimobilecenter. 2558. **เผยเคล็ดลับ วิธีเพิ่มความเร็ว Android ให้ไหลลื่น ไม่สะดุด.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.sanook.com/hitech/1395145/

[34] Vm360degree. 2560. **PowerShell คืออะไร.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://vm360degree.com/tag/powershell-คืออะไร/

[35] Thaiware(moonlightkz). 2559. **วิธีใช้งาน Command Prompt บน Windows เวอร์ชั่นต่างๆ.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://tips.thaiware.com/423.html

[36] ชัยพร ธรรมโยธิน. 2563. **Bitmap คืออะไร.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://sites.google.com/site/chai31a/bitmap-khux-xari

[37] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2563. **Accuracy / ความถูกต้อง ความแม่นยำ.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/4289 /accuracy-ความถูกต้อง-ความแม่นยำ

[38] Mindphp. 2560. **GUI คืออะไร จียูไอ คือการนำเอารูปภาพ.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.mindphp.com/คู่มือ/73-คืออะไร/2079-gui-คืออะไร.html

[39] ราชกิจจานุเบกษา ประกาศกระทรวงสาธารณสุข. 2561. **รายการเชื้อโรคที่ประสงค์ควบคุมตามมาตรา ๑๘.** หน้า ๖ เล่ม ๑๓๕ ตอนพิเศษ ๓๐๑ ง .

[40] พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์. 2563. **Lactobacillus bulgaricus / แล็กโทแบซิลบัลการิคัส.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1460/lactobacillus-bulgaricus-แล็กโทแบซิลบัลการิคัส.

[41] LUISA ORELLANA. 2559. **Microbiología.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.pinterest.com/pin/587086501395475594/?autologin=true

[42] สมาคมโปรแกรมเมอร์ไทย. 2561. **Deep learning คืออะไร ?.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.thaiprogrammer.org/2018/12/deep-learning-คืออะไร/

[43] กรณ์พงศ์ (กัง). 2562. **Android Studio #1 สำหรับผู้เริ่มต้นเริ่มสร้างแอพมือถือแอพแรก.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.youtube.com/watch?v=jgvWV5GvAwc

[44] Alongkorn. 2560. **สร้างแอพพลิเคชั่นด้วย Android Studio.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.youtube.com/watch?v=MuRj4vWEx0Y

[45] Edje Electronics. 2561. **How To Train an Object Detection Classifier Using TensorFlow (GPU) on Windows 10.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.youtube .com/watch?v=Rgpfk6eYxJA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[46] Dan Jarvis. 2560. **Machine Learning for Android Developers.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.youtube.com/watch?v=fX7eQ9oRp-U

[47] MeeHai Channel. 2560. **Tensorflow classification and image/video input (TH).** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : youtube.com/watch?v=-Ghyj83wM6A

[48] Trialation Dev. 2559. **How to Android Studio | Chapter 8 : ทำแอพหลายๆหน้าปัดเลื่อนไปมาได้ (Tabbed Activity).** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.youtube.com/watch?v=OoOOVHXgLoU

[49] Wannik Akademy. 2559**. [Android] แอพที่เลือกรูปจาก Gallery มาแสดง.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.youtube.com/watch?v=fyfJshK1qsU

[50] CMDev. 2559. **Android Dev : การติดตั้ง ADB USB Driver หรือการลงแอพบนเครื่องจริงผ่าน Android Studio.** [ระบบออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : https://www.youtube.com /watch?v=z06IDFbIKhY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Train.sh

```
python retrain.py
--bottleneck_dir=tf_files/bottlenecks
 --how_many_training_steps=500
 --model_dir=inception
 --summaries_dir=tf_files/training_summaries/basic
 --output_graph=tf_files/retrained_graph.pb
 --output_labels=tf_files/retrained_labels.txt
 --image_dir=training_dataset
```

Classify.py

```
import tensorflow as tf
import sys
import os

os.environ['TF_CPP_MIN_LOG_LEVEL']='2'
import tensorflow as tf

image_path = sys.argv[1]
image_data = tf.gfile.FastGFile(image_path, 'rb').read()

label_lines = [line.rstrip() for line
                   in tf.gfile.GFile("tf_files/retrained_labels.txt")]
with tf.gfile.FastGFile("tf_files/retrained_graph.pb", 'rb') as f:

    graph_def = tf.GraphDef()
    graph_def.ParseFromString(f.read())
    _ = tf.import_graph_def(graph_def, name='')
with tf.Session() as sess:

    softmax_tensor = sess.graph.get_tensor_by_name('final_result:0')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    predictions = sess.run(softmax_tensor, \
            {'DecodeJpeg/contents:0': image_data})

    top_k = predictions[0].argsort()[-len(predictions[0]):][::-1]
    for node_id in top_k:
        human_string = label_lines[node_id]
        score = predictions[0][node_id]
        print('%s (score = %.5f)' % (human_string, score))
```

Convert file .lite on PowerShell window

```
toco \
  --graph_def_file=tf_files/retrained_graph.pb \
  --output_file=tf_files/optimized_graph.lite \
  --input_format=TENSORFLOW_GRAPHDEF \
  --output_format=TFLITE \
  --input_shape=1,299,299,3 \
  --input_array=Mul \
  --output_array=final_result \
  --inference_type=FLOAT \
  --input_data_type=FLOAT
```

MainActivity.java

```
package com.bme.pimdee;
import androidx.appcompat.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;
import android.graphics.Bitmap;
import android.text.method.ScrollingMovementMethod;
import android.view.View;
import android.widget.Button;
import android.widget.ImageView;
import android.widget.TextView;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
import com.wonderkiln.camerakit.CameraKitError;
import com.wonderkiln.camerakit.CameraKitEvent;
import com.wonderkiln.camerakit.CameraKitEventListener;
import com.wonderkiln.camerakit.CameraKitImage;
import com.wonderkiln.camerakit.CameraKitVideo;
import com.wonderkiln.camerakit.CameraView;
import java.util.List;
import java.util.concurrent.Executor;
import java.util.concurrent.Executors;

public class MainActivity extends AppCompatActivity {
    private static final String MODEL_PATH = "optimized_graph.lite";
    private static final String LABEL_PATH = "retrained_labels.txt";
    private static final int INPUT_SIZE = 299;

    private Classifier classifier;

    private Executor executor = Executors.newSingleThreadExecutor();
    private TextView textViewResult;
    private Button btnDetectObject;
    private ImageView imageViewResult;
    private CameraView cameraView;
    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_main);

        cameraView = findViewById(R.id.cameraView);
        imageViewResult = findViewById(R.id.imageViewResult);
        textViewResult = findViewById(R.id.textViewResult);
        textViewResult.setMovementMethod(new ScrollingMovementMethod());
        Button btnToggleCamera = findViewById(R.id.btnToggleCamera);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        btnDetectObject = findViewById(R.id.btnDetectObject);


        cameraView.addCameraKitListener(new CameraKitEventListener() {
            @Override
            public void onEvent(CameraKitEvent cameraKitEvent) {
            }
            @Override
            public void onError(CameraKitError cameraKitError) {
            }
            @Override
            public void onImage(CameraKitImage cameraKitImage) {
                Bitmap bitmap = cameraKitImage.getBitmap();
                bitmap = Bitmap.createScaledBitmap(bitmap, INPUT_SIZE, INPUT_SIZE,
false);
                imageViewResult.setImageBitmap(bitmap);
                final List<Classifier.Recognition> results =
classifier.recognizeImage(bitmap);
                textViewResult.setText(results.toString());            }
            @Override
            public void onVideo(CameraKitVideo cameraKitVideo) {
            }       });
        btnToggleCamera.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
            @Override
            public void onClick(View v) {
                cameraView.toggleFacing();} });
        btnDetectObject.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
            @Override
            public void onClick(View v) {
                cameraView.captureImage();} });
        initTensorFlowAndLoadModel();    }
    @Override
    protected void onResume() {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    super.onResume();
    cameraView.start();    }
@Override
protected void onPause() {
    cameraView.stop();
    super.onPause();    }
@Override
protected void onDestroy() {
    super.onDestroy();
    executor.execute(new Runnable() {
        @Override
        public void run() {
            classifier.close();        }        });    }
private void initTensorFlowAndLoadModel() {
    executor.execute(new Runnable() {
        @Override
        public void run() {
            try {
                classifier = TensorFlowImageClassifier.create(
                        getAssets(),
                        MODEL_PATH,
                        LABEL_PATH,
                        INPUT_SIZE);
                makeButtonVisible();
            } catch (final Exception e) {
                throw new RuntimeException("Error initializing TensorFlow!", e);} } });}
private void makeButtonVisible() {
    runOnUiThread(new Runnable() {
        @Override
        public void run() {
            btnDetectObject.setVisibility(View.VISIBLE);} });}}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TensorFlowImageClassifier.java

```
package com.bme.pimdee;
import android.annotation.SuppressLint;
import android.content.res.AssetFileDescriptor;
import android.content.res.AssetManager;
import android.graphics.Bitmap;
import android.os.SystemClock;
import android.util.Log;
import org.tensorflow.lite.Interpreter;
import java.io.BufferedReader;
import java.io.FileInputStream;
import java.io.IOException;
import java.io.InputStreamReader;
import java.nio.ByteBuffer;
import java.nio.ByteOrder;
import java.nio.MappedByteBuffer;
import java.nio.channels.FileChannel;
import java.util.ArrayList;
import java.util.Comparator;
import java.util.List;
import java.util.PriorityQueue;
import static android.content.ContentValues.TAG;

public class TensorFlowImageClassifier implements Classifier {
    private static final int MAX_RESULTS = 3;
    private static final int BATCH_SIZE = 1;
    private static final int PIXEL_SIZE = 3;
    private static final float THRESHOLD = 0.1f;

    private static final int IMAGE_MEAN = 128;
    private static final float IMAGE_STD = 128.0f;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    private Interpreter interpreter;
    private int inputSize;
    private List<String> labelList;

    private TensorFlowImageClassifier() {
    }
    public static Classifier create(AssetManager assetManager,
                                    String modelPath,
                                    String labelPath,
                                    int inputSize) throws IOException {
        TensorFlowImageClassifier classifier = new TensorFlowImageClassifier();
        classifier.interpreter = new Interpreter(classifier.loadModelFile(assetManager,
modelPath));
        classifier.labelList = classifier.loadLabelList(assetManager, labelPath);
        classifier.inputSize = inputSize;
        return classifier;
    }
    @Override
    public List<Recognition> recognizeImage(Bitmap bitmap) {
        ByteBuffer byteBuffer = convertBitmapToByteBuffer(bitmap);
        float[][] result = new float[1][labelList.size()];

        long startTime = SystemClock.uptimeMillis();

        interpreter.run(byteBuffer, result);

        long endTime = SystemClock.uptimeMillis();
        String runTime = String.valueOf(endTime - startTime);

        Log.d(TAG, "recognizeImage: " + runTime + "ms");
        return getSortedResult(result);
    }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    @Override
    public void close() {
        interpreter.close();
        interpreter = null;    }
    private MappedByteBuffer loadModelFile(AssetManager assetManager, String
modelPath) throws IOException {
        AssetFileDescriptor fileDescriptor = assetManager.openFd(modelPath);
        FileInputStream inputStream = new
FileInputStream(fileDescriptor.getFileDescriptor());
        FileChannel fileChannel = inputStream.getChannel();
        long startOffset = fileDescriptor.getStartOffset();
        long declaredLength = fileDescriptor.getDeclaredLength();
        return fileChannel.map(FileChannel.MapMode.READ_ONLY, startOffset,
declaredLength);   }
    private List<String> loadLabelList(AssetManager assetManager, String labelPath)
throws IOException {
        List<String> labelList = new ArrayList<>();
        BufferedReader reader = new BufferedReader(new
InputStreamReader(assetManager.open(labelPath)));
        String line;
        while ((line = reader.readLine()) != null) {
            labelList.add(line);        }
        reader.close();
        return labelList;}
    private ByteBuffer convertBitmapToByteBuffer(Bitmap bitmap) {
        ByteBuffer byteBuffer = ByteBuffer.allocateDirect(4 * BATCH_SIZE * inputSize
* inputSize * PIXEL_SIZE);
        byteBuffer.order(ByteOrder.nativeOrder());
        int[] intValues = new int[inputSize * inputSize];
        bitmap.getPixels(intValues, 0, bitmap.getWidth(), 0, 0, bitmap.getWidth(),
bitmap.getHeight());
        int pixel = 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        for (int i = 0; i < inputSize; ++i) {
            for (int j = 0; j < inputSize; ++j) {
                final int val = intValues[pixel++];
                byteBuffer.putFloat((((val >> 16) & 0xFF)-IMAGE_MEAN)/IMAGE_STD);
                byteBuffer.putFloat((((val >> 8) & 0xFF)-IMAGE_MEAN)/IMAGE_STD);
                byteBuffer.putFloat((((val) & 0xFF)-IMAGE_MEAN)/IMAGE_STD);
            } }
        return byteBuffer;  }
    @SuppressLint("DefaultLocale")
    private List<Recognition> getSortedResult(float[][] labelProbArray) {
        PriorityQueue<Recognition> pq =
                new PriorityQueue<>(
                        MAX_RESULTS,
                        new Comparator<Recognition>() {
                            @Override
                            public int compare(Recognition lhs, Recognition rhs) {
                                return Float.compare(rhs.getConfidence(),
lhs.getConfidence());
                            } });
        for (int i = 0; i < labelList.size(); ++i) {
            float confidence = (labelProbArray[0][i] * 100) / 127.0f;
            if (confidence > THRESHOLD) {
                pq.add(new Recognition("" + i,
                        labelList.size() > i ? labelList.get(i) : "unknown",
                        confidence));
            } }
        final ArrayList<Recognition> recognitions = new ArrayList<>();
        int recognitionsSize = Math.min(pq.size(), MAX_RESULTS);
        for (int i = 0; i < recognitionsSize; ++i) {
            recognitions.add(pq.poll());
        }
        return recognitions;    }}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Classifier.java

```
package com.bme.pimdee;
import android.annotation.SuppressLint;
import android.graphics.Bitmap;
import java.util.List;

public interface Classifier {
    class Recognition {
        private final String title;
        private final Float confidence;
        public Recognition(final String id, final String title, final Float confidence) {
            this.title = title;
            this.confidence = confidence;        }
        public String getTitle() {
            return title;        }
        public Float getConfidence() {
            return confidence;        }
        @SuppressLint("DefaultLocale")
        @Override
        public String toString() {
            String resultString = "";
            if (title != null) {
                resultString = resultString + title + " ";            }
            if (confidence != null) {
                resultString = resultString + String.format("(%.1f%%)", confidence *
100.0f);
            }
            return resultString.trim();
        }  }
    List<Recognition> recognizeImage(Bitmap bitmap);
    void close();
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ImageActivity.java

```
package com.bme.pimdee;
import android.os.Bundle;
import java.io.FileNotFoundException;
import java.io.IOException;
import java.util.List;
import java.util.concurrent.Executor;
import java.util.concurrent.Executors;
import android.net.Uri;
import android.provider.MediaStore.Images.Media;
import android.content.Intent;
import android.graphics.Bitmap;
import android.text.method.ScrollingMovementMethod;
import android.view.View;
import android.view.View.OnClickListener;
import android.widget.Button;
import android.widget.ImageView;
import android.widget.TextView;
import androidx.appcompat.app.AppCompatActivity;

public class ImageActivity extends AppCompatActivity {
    public static final int REQUEST_GALLERY = 1;
    private static final String MODEL_PATH = "optimized_graph.lite";
    private static final String LABEL_PATH = "retrained_labels.txt";
    private static final int INPUT_SIZE = 299;

    private Classifier classifier;
    private Executor executor = Executors.newSingleThreadExecutor();
    private TextView textViewResult;
    private Button btnDetectObject;
    private ImageView imageViewResult;
    Bitmap bitmap;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    public void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_image);
        imageViewResult = findViewById(R.id.imageViewResult);
        textViewResult = findViewById(R.id.textViewResult);
        textViewResult.setMovementMethod(new ScrollingMovementMethod());
        btnDetectObject = findViewById(R.id.btnDetectObject);
        Button buttonIntent = findViewById(R.id.button5);
        buttonIntent.setOnClickListener(new OnClickListener() {
            public void onClick(View v) {
                Intent intent = new Intent(Intent.ACTION_GET_CONTENT);
                intent.setType("image/*");
                startActivityForResult(Intent.createChooser(intent
                        , "Select Picture"), REQUEST_GALLERY);          }       });
        btnDetectObject.setOnClickListener(new View.OnClickListener() {
            @Override
            public void onClick(View v) {
                bitmap = Bitmap.createScaledBitmap(bitmap, INPUT_SIZE, INPUT_SIZE,
false);
                imageViewResult.setImageBitmap(bitmap);
                final List<Classifier.Recognition> results =
classifier.recognizeImage(bitmap);
                textViewResult.setText(results.toString());          }       });
        initTensorFlowAndLoadModel();
    }
    @Override
    protected void onDestroy() {
        super.onDestroy();
        executor.execute(new Runnable() {
            @Override
            public void run() {
                classifier.close();          }       });    }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
private void initTensorFlowAndLoadModel() {
    executor.execute(new Runnable() {
        @Override
        public void run() {
            try {
                classifier = TensorFlowImageClassifier.create(
                        getAssets(),
                        MODEL_PATH,
                        LABEL_PATH,
                        INPUT_SIZE);
                makeButtonVisible();
            } catch (final Exception e) {
                throw new RuntimeException("Error initializing TensorFlow!", e);
            }   }   });    }
private void makeButtonVisible() {
    runOnUiThread(new Runnable() {
        @Override
        public void run() {
            btnDetectObject.setVisibility(View.VISIBLE);
        }       });    }
public void onActivityResult(int requestCode, int resultCode
        , Intent data) {
    if (requestCode == REQUEST_GALLERY && resultCode == RESULT_OK) {
        Uri uri = data.getData();
        try {
            bitmap = Media.getBitmap(this.getContentResolver(), uri);
            imageViewResult.setImageBitmap(bitmap);
        } catch (FileNotFoundException e) {
            e.printStackTrace();
        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
        }       }    }}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้