การศึกษาชนิดของสับสเตรตและสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascuspurpureus* TISTR 3090

(The study of substrate and optimized condition for absorbance of red pigment extracted from *Monascus purpureus* TISTR 3090)

นฤมล เถือนกูล (วท.บ., วท.ม. ชีววิทยา)

โปรแกรมวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม

พ.ศ. 2546

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการบริหารงานวิจัย ท่านอธิการบดี สถาบันราชภัฏพิบูลสงครามที่กรุณาให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณโปรแกรมวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงครามที่ได้ให้ความกรุณา อุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ ในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อุไรวรรณ วิจารณกุลและอาจารย์สราวุฒิ สิทธิกูล ที่ให้คำแนะนำและคำปรึกษา ในการเขียนรายงานงานวิจัย และขอขอบคุณอาจารย์บัญชา ศรีสมบัติที่ได้ช่วยเหลือในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ขอขอบคุณ นางสาวศิรประภา อินทรชื่น และคุณเชาวลิต พึ่งแตง เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา โปรแกรมวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยและรูปเล่มงานวิจัย

สุดท้ายขอขอบคุณ dm มารดา สามี บุตรีและบุตร ที่ให้กำลังใจในการทำงานวิจัยในครั้งนี้มาโดยตลอด

นฤมล เถื่อนกูล

2546

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ชื่อเรื่อง การศึกษาชนิดของสับสเตรตและสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090

ผู้วิจัย นางนฤมล เถื่อนกูล

โปรแกรม ชีววิทยาประยุกต์

คณะ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบัน สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม

ปีที่ทำวิจัย 2545

ปีที่พิมพ์ 2546

บทคัดย่อ

จากการศึกษาชนิดของสับสเตรต 18 ชนิด และสภาวะที่เหมาะสมที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ซึ่งได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารเลี้ยงเชื้อ อุณหภูมิ ระยะเวลา และกระตุ้นให้มีการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงด้วยแสงสว่าง ความมืด อุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส นำมาสกัดสารสีด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซนต์ ตรวจสอบการสร้างสารสีแดงจากการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร โดยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ วิเคราะห์ผลการวิจัยโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและ F-test ผลการวิจัยพบว่า ข้าวฟ่างทำขนมเป็นสับสเตรตที่ดีที่สุด โดยให้ค่าดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 82.57 แต่เมื่อนำมาเปรียบเทียบราคากับปลายข้าวเจ้าซึ่งให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยรองลงมาคือ 36.70 พบว่าปลายข้าวเจ้ามีราคาถูกกว่ามากจึงนำปลายข้าวเจ้ามาใช้เป็นสับสเตรตในการทำวิจัยในเรื่องสภาวะที่เหมาะสมต่อไป สภาวะที่เหมาะสมพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของสับสเตรตคือ 6 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 20 วัน การกระตุ้นด้วยแสงสว่าง ความมืด อุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *M. purpureus* TISTR 3090

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

Research title The study of substrate and optimized condition for absorbance of red pigment extracted from ***Monascuspurpureus*** TISTR 3090

Author Mrs. Naruemol Thaunkoon.

Program Applied Biology.

Faculty Science and Tecnology.

Institute Rajabhat Institute Pibulsongkram .

Year 2002

Printed 2003

Abstract

This was the study of 18 kinds of substrate and optimized condition for absorbance of red pigment of ***Monascuspurpureus*** TISTR 3090. The cultivated study were pH, temperature and culture duration. To increase the absorbance of red pigment extraction , exposure to light ,dark and temperature at 4 °C and 50 °C were used to activated M. ***purpureus*** TISTR 3090. The extraction of red pigment was done by using 50 % ethanol. The red pigment absorbance were measured by spectrophotometer at 500 nanometre. Arithemetic Mean and F-test were the statistic used to analyzed data obtained. The result showed that millet was the best substrate. Although rice grains was not the best substrate, the price of rice grains was cheaper. Therefore rice grains were chosen for the substrate used. The optimum pH, temperature and culture duration were 6, 30 °C and 20 days, respectively. The exposure to light, dark and temperature at 4 °C and 50 °C were not effect the absorbance of red pigment.

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญ

	หน้าที่
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฌ
บทที่ 1 บทนำและวัตถุประสงค์	1
บทที่ 2 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 สีผสมอาหาร	5
2.2 สีธรรมชาติที่ได้จากจุลินทรีย์	7
2.3 การเลือกใช้วัตถุดิบในประเทศไทย	20
2.4 จุลินทรีย์ที่เป็นแหล่งวิตามินหรือสารสี	27
2.5 เชื้อราที่ใช้ในการผลิตสารสี	30
2.6 การแยกสารสี	44
2.7 การตรวจสอบความเป็นพิษของสารสีโมแนสคัส	46
2.8 ประโยชน์ของราข้าวแดงจีนัส *Monascus spp.*	48
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	57
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	61
บทที่ 4 ผลการวิจัย	67
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผลการวิจัย	105
เอกสารอ้างอิง	112
ภาคผนวก ก	116
ภาคผนวก ข	117
ประวัติผู้วิจัย	119

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ราชภัฏเพชรบุรี Phetchaburi Rajabhat University

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้าที่
2.1	แหล่งวิตามินและสารสีธรรมชาติ	9
2.2	การสำรวจอุตสาหกรรมหมักที่ผลิตวิตามิน และ/หรือสารสีธรรมชาติ	14
2.3	สีธรรมชาติที่ได้รับอนุญาติให้ใช้ในประเทศต่างๆ	17
2.4	องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบบางชนิด	24
2.5	สารเมแทบอไลต์ที่มีประโยชน์จากเชื้อราโมแนสคัส	31
2.6	ข้อดีและข้อเสียของการหมักอาหารแข็ง	39
2.7	แสดงสมบัติของสีโมแนสคัส	46
2.8	แสดงเปอร์เซ็นต์การฟักตัวของไข่ไก่ฟัก เมื่อฉีดด้วยน้ำสีเหลือง และน้ำสีแดงจาก *Monascus bakari* และ *M. kaoliang* ตามลำดับ	47
2.9	การใช้ประโยชน์จากสีโมแนสคัส	49
4.1	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตรของสับสเตรต 18 ชนิดที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 เมื่อบ่มที่ อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน	68
4.2	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตรที่ระดับความเป็นกรด-ด่างของสับสเตรต 7 ระดับ ที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ ***Monascuspurpureus*** TISTR 3090 ที่เจริญในปลายข้าวเจ้า บ่มที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน	76
4.3	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตรที่อุณหภูมิต่างๆที่มีผลต่อการสร้างสารสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ที่เจริญในปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 เป็นระยะเวลา 7 วัน	81
4.4	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตรที่ระยะเวลาต่างๆ ที่มีผลต่อต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ที่เจริญในปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส	86

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Phibulsongkram Rajabhat University

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้าที่
4.5 การศึกษาผลของการกระตุ้นด้วยแสงสว่างและความมืด ต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ที่เจริญในปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 8 วัน	92
4.6 การศึกษาการกระตุ้นการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยหมักบนปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน	97
4.7 การศึกษาผลของการกระตุ้นการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยหมักบนปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน	102

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้าที่
1.1 ขั้นตอนการวิจัย	3
2.1 ตัวอย่างสีจากจุลินทรีย์	8
2.2 วิตามินที่มีสี	12
2.3 โคโลนีของโมแนสคัสอายุ 1,3,5 และ 7 วัน	33
2.4 โครงสร้างการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของ *Monascus spp.* จากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า	35
2.5 วงจรชีวิตของราโมแนสคัส	35
2.6 โครงสร้างเคมีของรงควัตถุที่แยกได้จากราโมแนสคัส	38
2.7 เชื้อราโมแนคัสที่เจริญบนแป้งมันสำปะหลัง	41
2.8 การเพาะเลี้ยงราโมแนสคัสบนเครื่องเขย่า	42
2.9 แผนผังการทำข้าวแดง	43
2.10 การแยกสารสีบริสุทธิ์จากผงข้าวแดง	45
2.11 กากเซลล์และสีสกัดของราโมแนสคัส	47
2.12 ประโยชน์จากสีที่ได้จากราโมแนสคัส	51
2.13 การหมักข้าวแดงในระดับอุตสาหกรรม	53
2.14 เมล็ดข้าวแดงที่ผลิตในข้าวหมักกับ *Monascus purpureus*	53
2.15 การนำสีแดงที่ได้จาก *Monascus purpureus* มาใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อและไส้กรอก	54
2.16 ไวน์แดงที่ได้จากโมแนสคัส	56
4.1 ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนสับสเตรต 18 ชนิด ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน	69
4.2 สับสเตรตที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง	74
4.3 สารละลายสารสีของสับสเตรต 18 ชนิด ที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์	75

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้าที่
4.4	ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนปลายข้าวเจ้า ที่ความเป็นกรด-ด่างในสับสเตรต 7 ระดับ อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน	77
4.5	ลักษณะปลายข้าวเจ้าที่ระดับความเป็นกรด-ด่างในสับสเตรต 7 ระดับ ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง	79
4.6	สารละลายสารสีจากปลายข้าวเจ้าที่ความเป็นกรด-ด่างในสับสเตรต 7 ระดับ ที่สกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์	80
4.7	ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascuspurpureus* TISTR 3090 บนปลายข้าวเจ้าที่อุณหภูมิต่างๆ พีเอช 6 เป็นเวลา 7 วัน	82
4.8	ลักษณะปลายข้าวเจ้าที่อุณหภูมิต่าง ๆ ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 3 ชั่วโมง	84
4.9	สารละลายสารสีจากปลายข้าวเจ้าที่อุณหภูมิต่าง ๆ ที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์	85
4.10	ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาต่างๆ	87
4.11	ลักษณะปลายข้าวเจ้าที่ระยะเวลาต่าง ๆ ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง	89
4.12	สารละลายสีจากปลายข้าวเจ้าที่ระยะเวลาต่าง ๆ ที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์	90
4.13	ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 8 วัน และถูกกระตุ้นด้วยแสงสว่างกับความมืด	93
4.14	แสดงลักษณะปลายข้าวเจ้าที่กระตุ้นด้วยแสงสว่างกับความมืด ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง	95

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Phibulsongkram Rajabhat University

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้าที่
4.15	แสดงสารละลายสีจากปลายข้าวเจ้าที่กระตุ้นด้วยแสงสว่างกับความมืดที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์	96
4.16	ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monuscuspurpureus* TISTR 3090 บนปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 ถูกกระตุ้นด้วย อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 7 วัน	98
4.17	แสดงลักษณะปลายข้าวเจ้าที่กระตุ้นด้วย อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 60-80 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง	100
4.18	แสดงสารละลายสีจากปลายข้าวเจ้าที่กระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์	101
4.19	ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monuscuspurpureus* TISTR 3090 บนปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 ถูกกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 7 วัน	103
ภ.1	ลักษณะโคโลนีของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนอาหาร PDA slat	116

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 1

บทนำและวัตถุประสงค์

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยได้มีการนำเข้าสีผสมอาหารจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นการเสียดุลการค้าเป็นเงินหลายร้อยล้านบาท สีธรรมชาติส่วนใหญ่สกัดจากพืชเช่น แคแสด หัวบีท และสกัดจากสัตว์ เช่น แมลงทะเลทราย ปู ซึ่งสีที่ได้จากพืชและสัตว์จะมีราคาแพงและการเพาะเลี้ยงต้องขึ้นอยู่กับฤดูกาล ใช้พื้นที่มาก วิธีการสกัดสียุ่งยาก หรืออาจจะใช้วิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (tissue culture) ซึ่งต้องลงทุนสูงเนื่องจากราคาของสารอาหารบริสุทธิ์เช่น ฮอร์โมน วิตามิน แร่ธาตุ เกลือแร่ กรดอะมิโนและอุปกรณ์ ที่มีความจำเพาะมีราคาสูง แต่ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงมีวัตถุดิบทางการเกษตรเป็นสารประกอบเชิงซ้อนในรูปของอาหาร เช่น ข้อย ชานอ้อย มันสำปะหลัง ธัญพืชชนิดต่างๆ ซึ่งมีราคาถูก เมื่อถูกนำมาผ่านกรรมวิธีการหมักโดยจุลินทรีย์สามารถปล่อยเอนไซม์มาย่อยวัตถุดิบหรือสับสเตรต (สับสเตรตในที่นี้ หมายถึง แหล่งคาร์บอนหรือแหล่งพลังงาน แหล่งไนโตรเจน อากาศ แร่ธาตุ น้ำสารอาหารพิเศษและการปรับความเป็นกรด-ด่างในอาหารเลี้ยงเชื้อให้เหมาะสม) ดังกล่าวได้เป็นสารประกอบที่มีคุณค่าและราคามากยิ่งขึ้น สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม[a] เครื่องสำอาง[a] และเภสัชกรรม เช่น การผลิตสารสีโมนาสคัสจากข้าว (เชิดชัย และคณะ, 2519 ; รัตนา, 2524 ; บุษบาและวรรณา, 2527 ; Polo และคณะ,1960) จากปลายข้าวหอมมะลิ (บุษบา, 2517) หรือจากธัญพืชหรือพืชหัวชนิดต่างๆ ที่เป็นแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอน (พลายแก้วและบุษบา, 2534ก, 2534ข) การหมักในอาหารเหลวที่มีแป้งมันสำปะหลังและแป้งถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย (บุษบาและวรรณา, 2527, 2528 ; บุษบา และคณะ, 2531 ;Yongsmith และคณะ,2539, 1990, 1993, 1994, 1998) และการหมักแป้งในหัวมันสดและหัวมันเส้น (บุษบา ,2528)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาชนิดของสับสเตรตและสภาวะที่เหมาะสมในการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 โดยเป็นราที่เพาะเลี้ยงได้ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งใช้พื้นที่น้อย การเพาะเลี้ยงไม่ต้องขึ้นอยู่กับฤดูกาล มีการปรับปรุงพันธุ์ได้ง่าย มีการเลือกใช้วัตถุดิบเป็นสับสเตรตในการเพาะเลี้ยงที่มีอยู่มากในประเทศไทยและราคาถูกเพื่อลดต้นทุนการผลิต และนำสีที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์พื้นบ้านบางชนิดเพื่อเพิ่มมูลค่าและลดต้นทุนเพื่อให้เข้ากับนโยบายของรัฐบาล และงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่ต่อเนื่องกับโครงการวิจัยย่อยอื่นๆ ที่จะตามมาและเป็นการนำผลการวิจัยมาขยายผลลงสู่ชุมชน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาชนิดของสับสเตรต 18 ชนิด ได้แก่ ข้าวหอมมะลิ ข้าวเจ้า ปลายข้าวเจ้า ข้าวฟ่าง ทำขนม ข้าวฟ่างอาหารนก ลูกเดือย รำข้าว มันแกว มันเทศ มันสำปะหลัง มันฝรั่ง เผือก กล้วยห่ามฝรั่ง หัวไชเท้า กากมะพร้าว(คั้นกะทิแล้ว) เต้าหู้ขาวและขนมปัง ที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ ***Monascuspurpureus*** TISTR **3090**

2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ซึ่งได้แก่ ความเป็นกรดและด่างในสับสเตรต อุณหภูมิ ระยะเวลา การกระตุ้นการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดง ด้วยแสงสว่าง ความมืด อุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบชนิดของสับสเตรตและสภาวะที่เหมาะสมในการสร้างสารสีแดงในอาหารแข็งไปใช้ในการเพาะเลี้ยง ***Monascuspurpureus*** TISTR 3090 ในอาหารเหลวเพื่อให้สร้างสารสีแดงได้ดีที่สุด

2. เพื่อนำผลการวิจัยไปทำวิจัยต่อด้านอื่นๆ เช่น

2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการเพาะเลี้ยง ***Monascuspurpureus*** TISTR 3090 ในอาหารเหลว

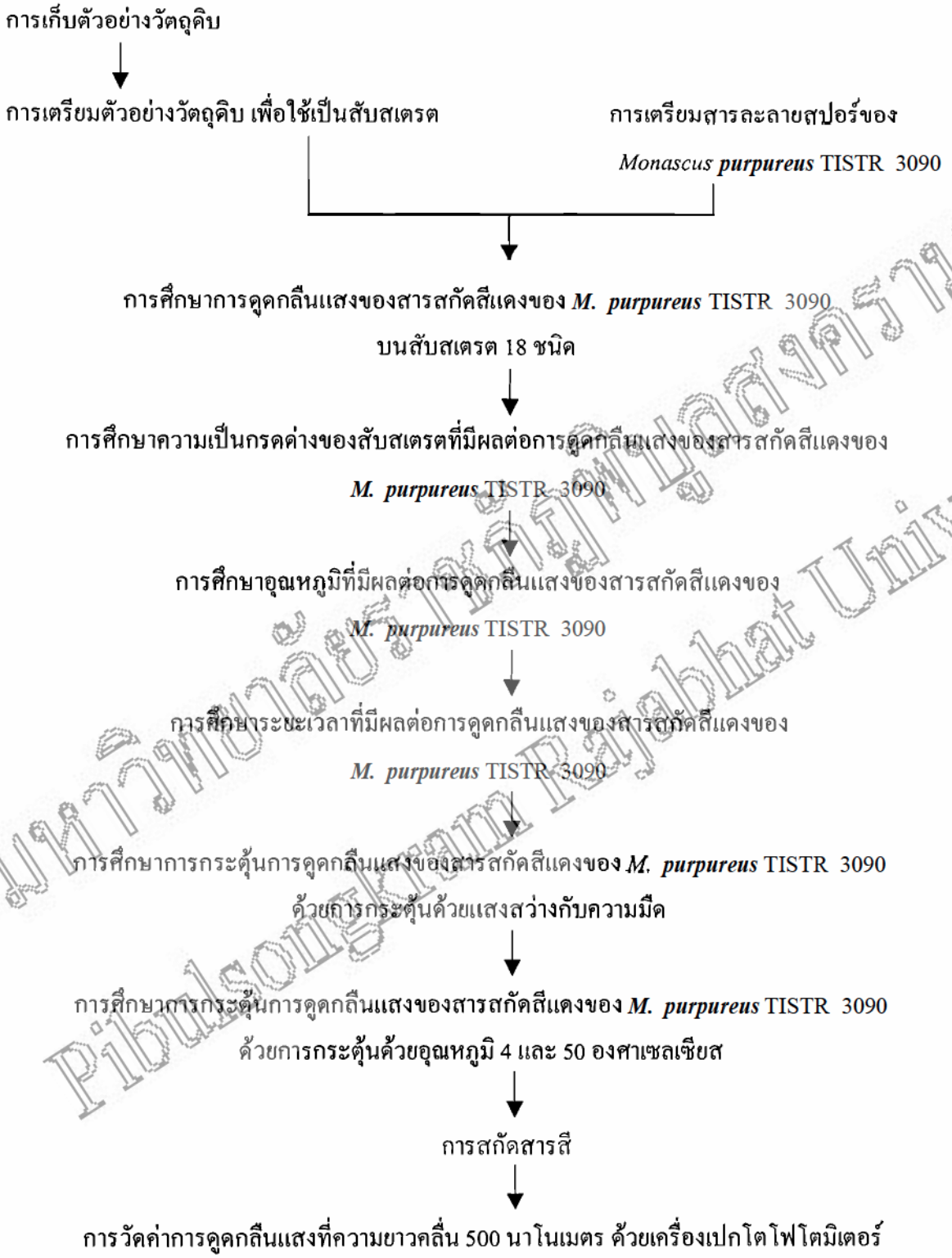
2.2 การชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์เพื่อผลิตสารสีแดงให้ดีขึ้นหรือผลิตสีชนิดอื่นได้

2.3 การศึกษาสารเมแทบอไลต์ปฐมภูมิและทุติยภูมิของสารสีที่ราสายพันธุ์เดิมหรือสายพันธุ์กลายสร้างขึ้น เช่น การสร้างสารปฏิชีวนะยับยั้งแบคทีเรียหรือฟังไจที่ก่อให้เกิดโรค การสร้างวิตามิน กรดอะมิโน หรือสารอื่นๆ เป็นต้น

2.4 นำไปใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ เพื่อที่จะนำสารสีต่างๆ ที่เชื้อราสามารถผลิตขึ้นได้ไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้านบางชนิดเช่น ไวน์ผลไม้ สาโท ข้าวหมาก และขนมบางชนิด เช่น ขนมชั้น บัวลอย ทับทิมกรอบ ดุกกี้ เพื่อลดต้นทุนการผลิต เพิ่มมูลค่าและคุณค่า เป็นต้น

มหาวิทยาลัยนเรศวร Naresuan University Pibulsongkram Rajabhat University

ขั้นตอนการวิจัย ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 ขั้นตอนการวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้

กองอาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข สถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษา

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 2

ทบทวนเอกสาร

2.1 สีผสมอาหาร

สีผสมอาหาร มีวัตถุประสงค์ในการใช้เพื่อเพิ่มความดึงดูดใจ แต่งแต้มสีสัน ทำให้อาหารน่ารับประทานมากยิ่งขึ้น การใช้สีผสมอาหารช่วยให้การผลิตอาหารหรือผลิตภัณฑ์อาหารเป็นที่พอใจของผู้บริโภค สีผสมอาหารเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 21 (พ.ศ. 2522) ได้แบ่งสีผสมอาหารออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. สีอินทรีย์ที่ได้จากการสังเคราะห์ ได้แก่

1.1 จำพวกสีแดง ได้แก่ ปองโซ 4 อาร์ (Ponceau-4-R) เออริโธรซีน (Erythrosine)และ คาร์โมอีซีนหรือ โซรูบีน (Carmoisine or Azorubine)

1.2 จำพวกสีเหลือง ได้แก่ ตาร์ตราซีน (Tartrazine) ซันเซต เยลโลว์ เอฟซีเอฟ (Sunset yellow FCF) และไรโบฟลาวิน (Riboflavin)

1.3 จำพวกสีเขียว ได้แก่ ฟาสต์กรีน เอฟซีเอฟ (Fast green FCF)

1.4 จำพวกสีน้ำเงิน ได้แก่ อินดิโกคาร์มีนหรืออินดิโกทีน (Indigocarmine or indigotine) และบริลเลียนต์บลู เอฟซีเอฟ (Brilliant blue FCF)

2. สีอนินทรีย์ ได้แก่

2.1 ผงถ่านที่ได้จากการเผาพืช (vetgetable charcoal)

2.2 ไตเตเนียมไดออกไซด์ (Titanium dioxide)

3. สีที่ได้จากธรรมชาติ โดยการสกัดพืช ผัก ผลไม้ และสัตว์ที่บริโภคได้โดยไม่เกิดอันตราย และสีชนิดเดียวกันที่ได้จากการสังเคราะห์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

3.1 สีธรรมชาติ ที่ได้จากการสกัดพืช ผัก ผลไม้ และสัตว์ ได้แก่

3.1.1 สีเหลือง จากขมิ้นชัน ขมิ้นอ้อย ดอกโสน ฟักทอง ลูกตาลยี ดอกคำฝอย ดอกกรรณิการ์ และลูกพุด

3.1.2 สีแดง จากครั่ง (เป็นแมลงตัวเล็กๆ ชอบอาศัยอยู่ตามต้นก้ามปู ต้นโพธิ์ ต้นทองกวาว) ข้าวแดง มะเขือเทศสุก กระเจี๊ยบ มะละกอ ถั่วแดงและพริกแดง

3.1.3 สีม่วง จากดอกอัญชันสีน้ำเงินผสมมะนาว ข้าวเหนียวดำ และถั่วดำ

3.1.4 สีเขียว จากใบเตย ใบย่านาง ฟักเขียวและในคะน้า

3.1.5 สีน้ำตาล จากน้ำตาลไหม้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

3.1.6 สีน้ำเงิน จากดอกอัญชัน

3.1.7 สีดำ จากถ่านกาบมะพร้าว ถั่วดำและดอกดิน

3.1.8 สีแสด จากเมล็ดของผลคำแสด

3.2 สีชนิดเดียวกันที่ได้จากการสังเคราะห์

3.2.1 โคชินิล (cochineal)

3.2.2 สีจากคาโรทีนอยด์ (carotenoid) ได้แก่

(1) แคนธาแซนธีน (canthaxanthine)

(2) คาโรทีน (carotene)

(3) เบตา-คาโรทีน (beta- carotene)

(4) เบตา-อะโป-8-คาโรทีนาล (beta-apo-8-carotenal)

(5) เบตา-อะโป-8-คาโรทีโนอิค แอซิด (beta-apo-8-carotenoic acid)

(6) เอทิลเอสเตอร์ ของ เบตา-อะโป-คาโรทีโนอิค แอซิด (ethyl ester of beta-apo-8-carotenoic acid)

(7) เมทิลเอสเตอร์ ของ เบตา-อะโป-คาโรทีโนอิค แอซิด (methyl ester of beta-apo-8-carotenoic acid)

(8) คลอโรฟิลล์ (chlorophyll)

(9) คลอโรฟิลลิ์คอปเปอร์คอมเพลกซ์ (chlorophyll copper complex)

ความสำคัญของการใช้สีผสมอาหาร

1. ช่วยในการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการแปรเปลี่ยนสีตามธรรมชาติ หรือการเปลี่ยนแปลงสีของอาหารในขณะแปรรูปและเก็บรักษา

2. เป็นการเน้นหรือรักษาเอกลักษณ์ของกลิ่นรส ซึ่งโดยปกติเกี่ยวข้องกับสีของอาหารหรือสีผสมอาหาร

3. เป็นการแก้ไขปัญหาอันเกิดจากผลกระทบของการแปรรูปอาหาร การบรรจุหีบห่อ การจัดจำหน่าย เพื่อประกันคุณค่าของอาหาร

4. ช่วยในการคงเอกลักษณ์หรือรูปลักษณ์ที่ทำให้เป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวาง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี Phetchaburi Rajabhat University

การป้องกันอันตรายจากสีผสมอาหาร

ถ้าจำเป็นต้องใช้สีผสมอาหารเพื่อผสมในอาหาร เพื่อความปลอดภัยแลพป้องกันอันตรายที่อาจจะเกดขึ้น ก็ควรรู้จักวิธีการเลือกซื้อที่ถูกต้อง โดยสังเกตจากข้อความที่ฉลากและต้องจัดทำฉลากเป็นภาษาไทยให้อ่านได้ชัดเจน โดยมีข้อความดังนี้

1. คำว่า "สีผสมอาหาร"
2. ชื่อสามัญของสี
3. เลขทะเบียนอาหาร
4. น้ำหนักสุทธิ เป็นระบบเมตริกในกรณีเป็นสีชนิดผงหรือของเหลวข้นมากๆ หรือ ปริมาตรสุทธิ เป็นระบบเมตริกในกรณีเป็นสีชนิดเหลว
5. วันเดือนปี ที่ผลิต หมดอายุ หรือควรบริโภคก่อน
6. ชื่อและที่ตั้งของสถานที่ผลิตหรือผู้แบ่งบรรจุเพื่อจำหน่าย
7. ชนิดของพืช ผัก ผลไม้หรือสัตว์ ที่เป็นต้นกำเนิดสี
8. ส่วนประกอบสำคัญโดยประมาณเป็นร้อยละของน้ำหนักเรียงจากมากไปน้อย
9. วิธีใช้

คำแนะนำสำหรับการเลือกใช้สีผสมอาหาร

ถ้าใช้ไม่ถูกต้องก็กลับเป็นโทษต่อร่างกายได้ สีที่ได้จากธรรมชาติเป็นสีที่ปลอดภัยที่สุด ส่วนสีสังเคราะห์มีอันตรายต่อชีวิตมากกว่าสีประเภทอื่นๆ จากการที่สีสังเคราะห์ทุกชนิดเป็นสารที่ไม่มีประโยชน์หรือไม่มีคุณค่าทางอาหารต่อร่างกาย หากรับประทานอาหารที่มีสีสังเคราะห์บ่อยๆ สีจะสะสมอยู่ในร่างกายมากขึ้น เมื่อมีสีสังเคราะห์สะสมอยู่ในร่างกายมากพอ ก็จะก่อให้เกดอันตรายแก่เราหรือผู้บริโภคได้ แต่ถ้าหากต้องการใช้สีสังเคราะห์ต้องใช้แต่น้อยและปริมาณจำกัด

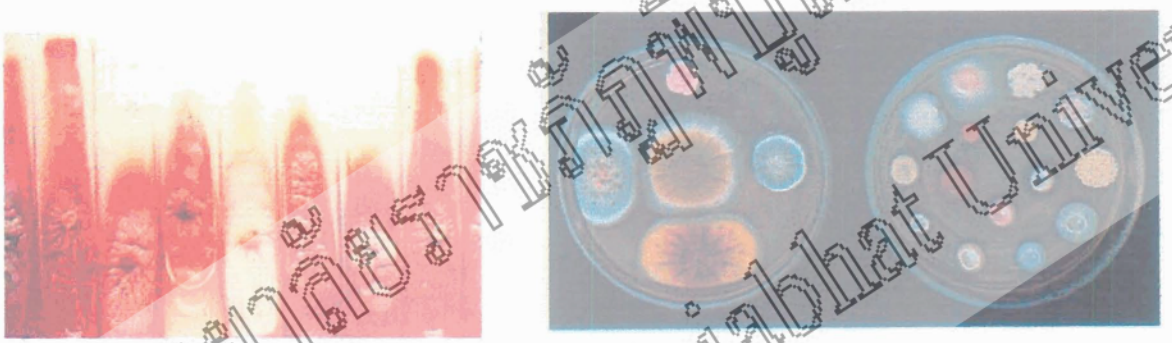
โดยทั่วไปแล้วจะจำกัดปริมาณที่ใช้ให้ปลอดภัยไว้ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม ต่อน้ำหนักร่างกาย 1 กิโลกรัม ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณที่น้อยมาก (จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก, 2537)

ที่มา (http://techno.msu.ac.th/fn/ecenter/fad/color.htm)

2.2 สีธรรมชาติที่ได้จากจุลิทรีย์

สีธรรมชาติของจุลินทรีย์มีส่วนเกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กับสมบัติพิเศษเฉพาะตัวของจุลินทรีย์แต่ละชนิด ตัวอย่างจุลินทรีย์ที่สร้างสีเพื่อปรับตัวให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่มีอันตราย เช่น แสง

อัลตราไวโอเลต การใช้สีที่ดูดซับแสงเพื่อประโยชน์ในการสังเคราะห์แสงซึ่งจะเห็นได้จากกลุ่มแบคทีเรียสังเคราะห์แสง สาหร่ายเซลล์เดียว แบคทีเรียบางชนิดที่มีการสร้างสารพิษจะแสดงให้เห็นชัดเจนจากสีของโคโลนี เช่น *Pseudomonas aeroginosa* หรือ *Staphylococcus aureus* ปกติจะมีสีเหลืองอ่อน แต่สายพันธุ์ที่สร้างสารพิษโคโลนีจะมีสีน้ำตาลหรือสีเหลืองทอง ตามลำดับ นอกจากนี้สีของเชื้อราหลายชนิดที่เป็นสาเหตุโรคพืชบอกถึงความสามารถในการก่อโรคกับพืชได้ ต่อมามีการค้นพบว่ามีจุลินทรีย์หลายชนิดสามารถสร้างสารสีหรือรงควัตถุได้มากและปลอดภัยที่จะนำมาเป็นสีผสมอาหารได้ (Hendry และ Houghton, 1996 ; Thanya, 1992 ; บุษบา และคณะ 2531) จุลินทรีย์บางชนิดสามารถสร้างสารสีที่มีคุณสมบัติเป็นสารเร่งการเจริญหรือเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย คือมีสมบัติในการเป็นวิตามินด้วย เช่น วิตามินบี 2 ให้สีเขียวเหลืองที่เรืองแสงได้ วิตามินเอในรูปของสารคาโรทีนอยด์เป็นสีเหลืองหรือสีแดง และวิตามินบี 12 มีสีแดงเข้ม ตัวอย่างสีจากจุลินทรีย์ ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ตัวอย่างสีจากจุลินทรีย์
ก. เชื้อราแดงสร้างสีโมนัสคัส ข. สีโคโลนีของจุลินทรีย์
(ที่มา: บุษบา ยงสมิทธ์, 2542, หน้าที่ 17)

แหล่งสารสีธรรมชาติและวิตามิน

สารสีต่างๆ และวิตามิน ปกติจะสามารถสกัดออกมาได้ทางอุตสาหกรรมโดยสกัดจากผลิตภัณฑ์จากพืช ผัก ผลไม้ สัตว์และการสังเคราะห์ทางเคมี จากตารางที่ 2.1 แสดงถึงชนิดของวิตามิน แหล่งที่อยู่ในธรรมชาติและกระบวนการผลิต และแสดงถึงการมีหรือไม่มีวิตามิน วิตามินที่มีสีได้แก่ กลุ่มโปรวิตามินเอ วิตามินอี วิตามินบี วิตามินบี 2 บี6 บี12 และวิตามินซี (ภาพที่ 2.2) ส่วนวิตามินที่ไม่มีสีได้แก่ วิตามินบี1 บี3 ไบโอตินและกรดแพนโททีนิก ส่วนวิตามินที่ถูกใช้เป็นสีผสมอาหารได้โดยตรง คือ เบตา-คาโรทีนหรือโปรวิตามินเอ และไรโบฟลาวินหรือวิตามินบี 2

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Phibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 2.1 แหล่งวิตามินและสารสีธรรมชาติ

วิตามิน	ตัวอย่าง	แหล่งธรรมชาติที่สำคัญ	สี + =มี - = ไม่มี	กระบวนการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม ส = สารสกัด ค = ทางเคมี จ = ทางจุลินทรีย์
กลุ่ม โปรวิตามินเอ	เบตา-คาโรทีน แกมมา-คาโรทีน แอฟา-คาโรทีน คริพโตแซนทีน	ผัก ผลไม้	+	ส,ค,จ
กลุ่มวิตามินเอ	เรตินอล (วิตามินเอหนึ่ง) วิตามินเอสอง เรติแนล(วิตามินเอหนึ่ง-อัลดีไฮด์)	น้ำมันตับปลา ตับ นม ผลิตภัณฑ์นม ไข่	-	ค
โปรวิตามินดี	7-ดีไฮโดรคอเรสเตอรอลและเออโกสเตอรอล	ยีสต์	-	ค,จ
กลุ่มวิตามินดี	เออโกคาร์ซิเฟอรอล (D_2) โคลีคาร์ซิเฟอร์รอล (D_3)	น้ำมันปลา ตับ ไข่แดง นม ผลิตภัณฑ์นม	-	ค,จ
กลุ่มวิตามินอี	อัลฟา-โทโคเฟอรอล เบตา-โทโคเฟอรอล แกมมา-โทโคเฟอรอล ซิกมา-โทโคเฟอรอล	น้ำมันพืช ผัก ตับ ไข่ ผลิตภัณฑ์นม	+	ส,ค,จ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) แหล่งวิตามินและสารสีธรรมชาติ

วิตามิน	ตัวอย่าง	แหล่งธรรมชาติที่สำคัญ	สี + =มี - = ไม่มี	กระบวนการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม ส = สารสกัด ค = ทางเคมี จ = ทางจุลินทรีย์
กลุ่มวิตามินแอฟ (polyunsaturated fatty acid, PUFAs)	กรดไลโนลิอิก แกมมา-กรดไลโนลิอิก แอลโคซา-กรดแพนทีโนอิก (EPA) ไดโฮโม-แกมมา-กรดไลโนลิอิก (DHGA)	น้ำมันปลา สาหร่าย เชื้อรา	-	ส,ค,จ
กลุ่มวิตามินเค	ฟิวโลควิโนน (K_1) หรือ ไฟโตเมนาไดออน ฟาโมควิโนน (K_2) หรือ เมนาควิโนน เมนาไดออน (K_3) เมนาไดโอล (K_4)	ตับ ผัก แบคทีเรีย น้ำมันพืช	+	ค
วิตามินบี 1	ไทอะมีน	ธัญพืช ตับ เนื้อ ผัก ผลิตภัณฑ์นม ยีสต์	-	ค
วิตามินบี 2 (วิตามินจี)	ไรโบฟลาวิน	ตับ ไข่ เนื้อ ผัก ผลิตภัณฑ์นม แบคทีเรีย	+	ค,จ
วิตามินบี 3 (วิตามินพีพี)	นิโคตินามิด กรดนิโคตินิก (ไนอะซีน)	ตับเนื้อ ธัญพืช มันฝรั่ง ผัก ยีสต์ ทริปโทเฟน-โปรตีน	-	ค

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรีราชนครินทร์ Phetchaburi Rajabhat University

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) แหล่งวิตามินและสารสีธรรมชาติ

วิตามิน	ตัวอย่าง	แหล่งธรรมชาติที่สำคัญ	สี + =มี - = ไม่มี	กระบวนการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม ส = สารสกัด ค = ทางเคมี จ = ทางจุลินทรีย์
วิตามินบี 5 หรือ กรดแพนโททีนิก	โคเอนไซม์เอ	ตับ ไข่ กากน้ำตาล ผัก ธัญพืช	-	ค,จ
กลุ่มวิตามินบี 6	ไพริดอกซิน ไพริดอกซอล ไพริดอกซามีน	ตับ มันฝรั่ง ผัก เนื้อ ยีสต์	+	ค,จ
วิตามินบีเอช หรือ บี 8	ไบโอติน	ตับไข่แดง ผัก กาก น้ำตาลอ้อย แบคทีเรีย	-	ค,จ
กรดฟอลิก ($B_9B_{10}M$)	Pteroyl-glutamic acid Pteroyl-diglutamic acid Pteroyl-triglutamic acid	ธัญพืช ตับ เนื้อ นม ผัก	-	ค
กลุ่มวิตามินบี 12	ไซยาโนโคบาลามิน (B_{12}) ไฮดรอกซีโคบาลามิน (B_{12b}) ไนโตรโซโคบาลามิน (B_{12c})	เนื้อ ตับ นม แบคทีเรีย	+	จ
วิตามินบี 13	กรดโอโรติก	นมวัว distillers' dried solubles		0
วิตามินซี	กรดแอสคอร์บิก ดีไฮโดร แอสคอร์บิก แอซิด	ส้ม ผลไม้ ผัก มันฝรั่ง	+	(ค,จ)[1]

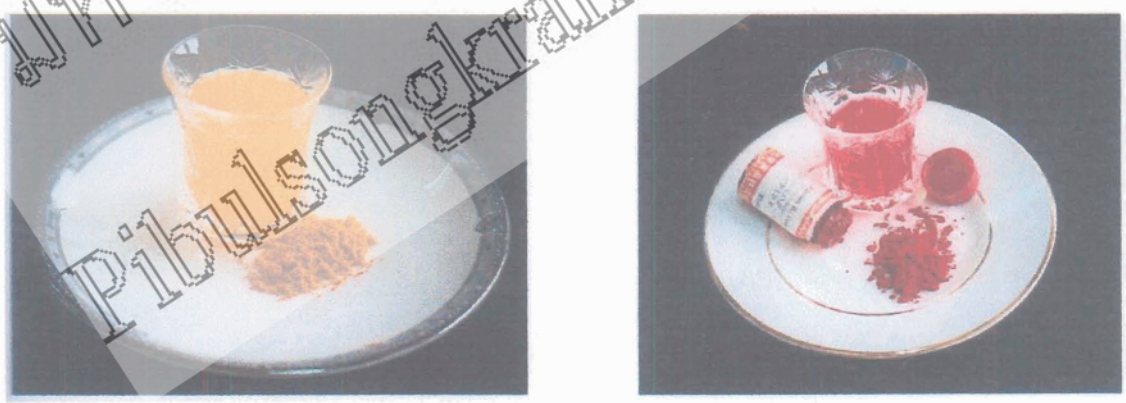
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) แหล่งวิตามินและสารสีธรรมชาติ

วิตามิน	ตัวอย่าง	แหล่งธรรมชาติที่สำคัญ	สี + =มี - = ไม่มี	กระบวนการผลิตในเชิงอุตสาหกรรม ส = สารสกัด ค = ทางเคมี จ = ทางจุลินทรีย์
กรดลิโปอิก		ยีสต์ เนื้อ	-	ส,จ
อินอซิทอล		ยีสต์ เนื้อ ผัก	-	ส,ค
โคลีน (B_7J)		ไข่แดง เนื้อ ฮอพส์		ค
พารา อะมิโนเบนโซอิก แอซิด (PARA)(B_xH',H_2)		ยีสต์		ค

หมายเหตุ[1] : กระบวนการผลิตมีหลายขั้นตอน รวมการสังเคราะห์ทางเคมีและทางจุลินทรีย์เข้าด้วยกัน

ที่มา (บุษบา ยงสมิทธ์, 2542, หน้าที่6-7)



ก. ข.

ภาพที่ 2.2 วิตามินที่มีสี

ก. วิตามินบี 2 ข. วิตามินบี 12

ที่มา (บุษบา ยงสมิทธ์, 2542, หน้าที่ 19)

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี Rajabhat University

สารสีธรรมชาติสามารถสกัดออกมาได้ในทางอุตสาหกรรมโดยสกัดจากผลิตภัณฑ์พืช สัตว์ และการสังเคราะห์ทางเคมี ซึ่งสีธรรมชาติรวมทั้งโปรวิตามินเอ และไรโบฟลาวินนั้นส่วนใหญ่สกัดจากพืช เช่น แคแสด หัวบีต ฯลฯ ส่วนสีธรรมชาติที่สกัดจากสัตว์ เช่น แมลงทะเลทราย ปู ฯลฯ จะต้องใช้เวลาในการการเพาะเลี้ยงพืชหรือสัตว์ให้เจริญ แล้วจึงนำมาสกัดสี หรืออาจใช้เทคนิคเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (tissue culture) ซึ่งต้องลงทุนสูงเนื่องจากราคาของสารอาหารบริสุทธิ์ที่มีความจำเพาะรวมทั้งฮอร์โมนที่จำเป็นต้องเติมในสูตรอาหารเลี้ยงเนื้อเยื่อ (Linsmaier และ Skoon, 1965) จึงทำให้ต้นทุนสูง ยกตัวอย่างเช่น การผลิตเซลล์พืชลาเวนดูลาเพื่อผลิตสีน้ำเงินนั้นต้องใช้สูตรอาหารประกอบด้วยวิตามิน แร่ธาตุ เกลือมากกว่า 10 ชนิด ฮอร์โมนและกรดอะมิโน ซึ่งล้วนแต่เป็นสารราคาแพง (Yongsmith และคณะ, 2533) แต่ประเทศไทยซึ่งมีพื้นฐานทางเกษตรกรรมจึงมีวัสดุการเกษตรราคาถูกเป็นสารประกอบเชิงซ้อน (complex compound) ในรูปของอาหาร เช่น มันสำปะหลัง ข้าว ถั่ว ซึ่งมีราคาถูก เมื่อถูกนำมาผ่านกรรมวิธีการหมักทางจุลินทรีย์โดยตรงสามารถให้เอนไซม์ย่อยแป้ง สารสี วิตามิน และสารอื่น ๆ ทำให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีคุณค่ามากขึ้น (value-added product) เช่นมีราคาสูงขึ้น สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆได้แก่ อุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม เภสัชกรรม เครื่องสำอาง ฯลฯ จากการสำรวจอุสาหกรรมหมักที่ผลิตวิตามินและ/หรือสารสีธรรมชาติได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.2 พบว่าประเทศที่มีอุตสาหกรรมหมักผลิตวิตามินและสารสีธรรมชาติมีกระจายอยู่ทั่วโลก โดยมีสารสีธรรมชาติสีแดงหรือสีส้มของเชื้อราโมนาสคัสมีการผลิตและใช้ในประเทศจีนและญี่ปุ่น (Vandamme, 1989)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 2.2 การสำรวจอุตสาหกรรมหมักที่ผลิตวิตามิน และ/หรือสารสีธรรมชาติ

สาร	สมบัติ			การนำไปใช้ประโยชน์ อ=อาหารคน/สัตว์ พ=แพทย์/เภสัช ท=เทคนิค			ปริมาณที่ควรได้รับต่อวัน (มิลลิกรัม)	ปริมาณผลิต (ตัน/ปี)	ราคาเฉลี่ย (ค.ศ.1988) เหรียญสหรัฐต่อกิโลกรัม	บริษัทผู้ผลิตประเทศ[ก/]
	วิตามินละลายใน		สารสี	อ	พ	ท				
	ไขมัน	น้ำ								
กลุ่มโปรวิตามินเอ	+	-	เหลือง,ส้ม,แดง	(+)	+	+	2.4	100	450	1,4,5,6,13,18,19,21,24
กลุ่มวิตามินดี	+	-	ขาว,เหลืองอ่อน	+	+	-	0.0025	25	350	7,11,18,32
กลุ่มวิตามินอี	+	-	ขาว,เหลืองอ่อน	+	+	+	30	6,800	17	9,18,31,32
กลุ่มวิตามินเอฟ	+	-	ไม่มีสี	+	+	-	50-100	200-2,000	50-800	2,5,6,8,18,25,30,33,35,36
ไรโบฟลาวิน	-	+	เขียว,เหลือง,เรืองแสง	(+)	+	-	1.2 – 1.3	2,000	27	1,4,10,15,16,17,18,23,28,38
กรดแพนโทธีนิก	-	+	ไม่มีสี	+	+	-	10-20	4,000	4	6,18,37,38

หมายเหตุ : (+)ใช้ประโยชน์เป็นสีผสมอาหารธรรมชาติ + มีการใช้ประโยชน์

-ไม่มีการใช้ประโยชน์

ก/ รายชื่อในหน้าที่ 16

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) การสำรวจอุตสาหกรรมหมักที่ผลิตวิตามิน และ/หรือสารสีธรรมชาติ

สาร	สมบัติ			การนำไปใช้ประโยชน์ อ=อาหารคน/สัตว์ พ=แพทย์/เภสัช ท=เทคนิค			ปริมาณที่ควรได้รับต่อวัน (มิลลิกรัม)	ปริมาณผลิต (ตัน/ปี)	ราคาเฉลี่ย (ค.ศ.1988) เหรียญสหรัฐต่อกิโลกรัม	บริษัทผู้ผลิตประเทศ[ก/]
	วิตามินละลายใน		สารสี	อ	พ	ท				
	ไขมัน	น้ำ								
กลุ่มโปรวิตามินบี 6	-	+	ขาว	+	+	-	2	1,600	25	18,29,37,38
วิตามินบี 12	-	+	แดงเข้ม	+	+	-	0.002	5-10	5,000	11,12,14,20, 20,22,23,24, 25,27,31,34, 39,40
กรดโอโรติก	-	+	ไม่มีสี	-	+	-	-	100		20
กลุ่มวิตามินซี	-	+	ขาว	+	+	+	0.050	65,000	8	1,9,18,23, 26,28,29, 38,41,44
ผลิตภัณฑ์โมแนสคัส			แดง, เหลือง, ส้ม	(+)	-	-	-	600	40	41,42,43

หมายเหตุ : (+) ใช้ประโยชน์เป็นสีผสมอาหารธรรมชาติ + มีการใช้ประโยชน์

- ไม่มีการใช้ประโยชน์

ก/ รายชื่อในหน้าที่ 16

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

รายชื่อบริษัทหรือประเทศที่มีการผลิตวิตามินหรือสารสี ด้วยกระบวนการใช้จุลินทรีย์ หรือเคมี

1. บริษัท BASF (เยอรมัน)
2. บริษัท Biocrops Ltd.(อังกฤษ)
3. บริษัท Chas (fl.5.8.)
4. บริษัท Coors Biotech Inc. (ส.ร.อ.)
5. บริษัท Cyanotech (fl.5.0.)
6. บริษัท Dainippon Ink & Chemicals (ญี่ปุ่น)
7. บริษัท Duphar(เนเธอร์แลนด์)
8. บริษัท Efamo Holdings Ltd. (อังกฤษ)
9. บริษัท Eisa Co.,(ญี่ปุ่น)
10. บริษัท E.Merck (เยอรมัน) (ส.ร.อ.)
11. บริษัท Farmitalia-Carlo Erba (อิตาลี)
12. บริษัท Genex Corp. (ส.ร.อ.)
13. บริษัท Gist Brocades (เนเธอร์แลนด์)
14. บริษัทGlaxo(Sefton Chem) (อังกฤษ)
15. บริษัท Glaxo (ส.ร.อ.)
16. บริษัท Greensford (อังกฤษ)
17. บริษัท Grain Processing Corp. (ส.ร.อ.)
18. บริษัท Hoffmann-Laroche (สวิสเซอร์แลนด์)
19. บริษัท Koor Foods (อิสราเอล)
20. บริษัท Kyowa Hakko Kogyo (ญี่ปุ่น)
21. บริษัท Martek Inc. (fl.5.0.)
22. บริษัท Medimpex (ยูโกสลาเวีย)
23. บริษัท Merck S &D (ส.ร.อ.)
24. บริษัท Microbial Products Inc. (fl.5.8.)
25. บริษัท Nippon Oil & Facts Co.,Ltd (ญี่ปุ่น)
26. บริษัท Pao Yeh (ไต้หวัน)
27. บริษัท Piarrel (อิตาลี)
28. บริษัท Pfizer Inc (fl.5.0.)
29. บริษัท Pliva (ยูโกสลาเวีย)
30. บริษัท Q.P. Corporation (ญี่ปุ่น)
31. บริษัทRhone-Poul Ene (ฝรั่งเศส)
32. บริษัท Riken Vitamin (ญี่ปุ่น)
33. บริษัท RMC (Evening Primrose Oil Company Ltd. (อังกฤษ)
34. บริษัท Roussel-UcLaF (ฝรั่งเศส)
35. บริษัท Shiseido Co.,Ltd (ญี่ปุ่น)
36. บริษัท SturgBiochemicals (อังกฤษ)
37. บริษัท Smitorno (ญี่ปุ่น)
38. บริษัท Takeda (ญี่ปุ่น)
39. บริษัท Upjohn(ส.ร.อ.)
40. บริษัท Vico (ส.ร.อ.)
41. ประเทศจีน
42. ประเทศญี่ปุ่น
43. ประเทศไต้หวัน
44. ประเทศรัสเซีย

ที่มา (บุษบา ยงสมิทธ์, 2542, หน้าที่ 12-13)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ส่วนสีธรรมชาติที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารของประเทศต่าง ๆ รวมทั้งประเทศไทยได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สีธรรมชาติที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในประเทศต่างๆ

สีธรรมชาติ	ไทย	ญี่ปุ่น	อินเดีย	สหภาพยุโรป	แคนาดา	สหรัฐอเมริกา จำนวนปอนที่ใช้ในค.ศ.1976)	การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร
อัลคาเนต(alkanet) จากพืช *Alkana tinctoria*	-	-	-	+		-	แยม,ขนมปัง,เนย น้ำผลไม้,ส่วนผสม ไอศกรีม,น้ำนม, ผักผลไม้ดอง,ปลารม ควัน,กุ้งปลาบด, ซอสมะเขือเทศ,ไข่ผง, ไข่เหลว,ไข่แช่เย็นแข็ง, เนยแข็ง,เนื้อเค็ม, น้ำมันพืช
แคแสด(annato)	+	-	+	+	+	+ (630,000)	ผลิตภัณฑ์อบ,เนื้อ,เนยแข็ง, ผัก, น้ำผลไม้, เครื่องปรุงรสอาหารว่าง,อาหารเช้าธัญพืช, ไขมัน,น้ำมัน,
แอนโทไซยานินส์ (anthocyanins)	+	-	-	+	+	-	เช่นเดียวกับประโยชน์ของอัลคาเนต
บีตา-อะโปร-8-แคโรทีนอล (β-apo-8-carotenal)	+	-	+	-		+ (6,100)	น้ำผลไม้,อาหารว่าง, ไขมัน
น้ำมันแครอท	-	-	-	-		+ (10,000)	ไขมัน,น้ำมัน,เกรวี่ ซอส,ผลไม้, น้ำผลไม้, ครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอลล์

หมายเหตุ : + อนุญาตให้ใช้

- ไม่มีข้อมูล

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) สีธรรมชาติที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในประเทศต่างๆ

สีธรรมชาติ	ไทย	ญี่ปุ่น	อินเดีย	สหภาพยุโรป	แคนาดา	สหรัฐอเมริกา จำนวนปอนที่ใช้ในค.ศ.1976)	การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร
คาราเมล			+			+	ครีมคาราเมล
บีตา-แคโรทีน	+		+	+	+	+	เช่นเดียวกับการใช้ประโยชน์ของอัลคาเนต
คลอโรฟิลล์	+		+				ลูกกวาดฉาบน้ำตาลรสมะนาว,ไอศกรีม,ซอสปรุงรส,ผงรสหวาน สำเร็จรูป, เนยแข็ง
สีสกัดจากแมลงกระบองเพชร (cochineal extract หรือ carmine)						+ (1,600)	ผลิตภัณฑ์อบ,ซุบ, ขนมอบ,ส่วนผสมซุบ
ขมิ้น (curcumin หรือ turmeric)			+			+ (1,400,000)	ผลิตภัณฑ์อบ,ซุบ, เครื่องผสมซุบ, แกรวี่ ซอส,เนื้อ,ผลิตภัณฑ์เนื้อ, เครื่องปรุงรส, ปลา,อาหารทะเล, ผัก,ผลไม้ฯลฯ
สีสกัดจากเปลือกองุ่น (enocianina)						+ (8,700)	เครื่องดื่มแอลกอฮอล์, เครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอลล์,ผลไม้, น้ำผลไม้
สีสกัดจากผลองุ่น						+	เช่นเดียวกันกับสีสกัดจากเปลือกองุ่น
ไลโคปีน (lycopene)				+			

หมายเหตุ : + อนุญาตให้ใช้

- ไม่มีข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) สีธรรมชาติที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในประเทศต่างๆ

สีธรรมชาติ	ไทย	ญี่ปุ่น	อินเดีย	สหภาพยุโรป	แคนาดา	สหรัฐอเมริกา จำนวนปอนที่ใช้ในค.ศ.1976)	การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร
พริก (praprika)	+		+	+		+ (7,100,000)	เนื้อ,ผลิตภัณฑ์เนื้อ, ผัก,น้ำผัก,เครื่องปรุงรส,ไขมัน,น้ำมัน,ไข่, อาหารทะเล
ไรโบฟลาวิน			+		+	+	เช่นเดียวกันกับการใช้ประโยชน์จากอัลคาเนต
หญ้าฝรั่น ((saffron)	-		+				ซุบ,เครื่องผสมซุบ, ผลิตภัณฑ์อบ,เนื้อ, ผลิตภัณฑ์เนื้อ
หัวบีบผง				+		+ (220,000)	เครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์,ผลิตภัณฑ์อบ, เนื้อ,ผลิตภัณฑ์เนื้อ, เยลาติน,พุดดิ้ง, ดัสทาร์ด,ซุบ, ส่วนผสมซุบ,ไขมัน, น้ำมัน,เครื่องปรุงรส
น้ำผักน้ำผลไม้	+	+				+	
แป้งเมล็ดฝ้ายอบ						+	
สีเชื้อรา โมแนสคัส		+					ไส้กรอก,ผลิตภัณฑ์ปลา, ซอสมะเขือเทศ, ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลือง หมัก
ครัง		+					ผลิตภัณฑ์เนื้อปลาสำเร็จรูป,ลูกกวาด, น้ำอัดลม

หมายเหตุ : + อนุญาตให้ใช้

- ไม่มีข้อมูล

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) สีธรรมชาติที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ในประเทศต่างๆ

สีธรรมชาติ	ไทย	ญี่ปุ่น	อินเดีย	สหภาพยุโรป	แคนาดา	สหรัฐอเมริกา จำนวนปอนที่ใช้ในค.ศ.1976)	การใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอาหาร
ดอกพุดซ้อน *(Gardenia spp.)*		+					สีเหลือง,สีเขียว, สีน้ำเงินใช้กับ ก๋วยเตี๋ยว,ลูกกวาด,เยล ลี่,เครื่องดื่มกรด,นม เปรี้ยว,ผักดอง
ดอกคำฝอย (saffower)	+	+					น้ำผลไม้,ลูกกวาด,แยม, ก๋วยเตี๋ยว,เครื่อง ดื่มกรดนมเปรี้ยว

หมายเหตุ : + อนุญาตให้ใช้

- ไม่มีข้อมูล

ที่มา (รวบรวมจากประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 21 (2522), Anonymous (1980), Anonymous(1997), Hendry และ Houghton(1996), และKhanna และคณะ ,1980)

2.3 การเลือกใช้วัตถุดิบในประเทศไทย

การศึกษาเรื่องราวของวัตถุดิบในแง่ต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้น มีจุดประสงค์ในการนำมาใช้เป็นแนวทางในการคิดพิจารณาคุณภาพวัตถุดิบที่มีในประเทศไทยว่าเราควรเลือกใช้วัตถุดิบอะไรดี บ้านเรามีวัตถุดิบอุดมสมบูรณ์สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมการหมักต่าง ๆ เช่น กากน้ำตาล แป้งมัน ถั่ว ข้าว เป็นต้น วัตถุดิบราคาถูกดูแล้วไม่น่ามีปัญหาอะไรในการเลือกใช้วัตถุดิบ แต่ปัญหาที่เราจะพบมักเป็นปัญหาเศรษฐศาสตร์-สังคม (socioeconomics) ที่จะต้องหาทางแก้ยกตัวอย่างเช่น กากน้ำตาลจากโรงงานทำน้ำตาลในประเทศเรามีคุณภาพดี แต่ปริมาณที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมนั้นยังเป็นปัญหาอยู่ เพราะว่าราคากากน้ำตาลในตลาดโลกค่อนข้างสูง จึงมีพ่อค้าคนกลางกว้านซื้อเพื่อส่งออกในปริมาณสูง ทำให้ปริมาณที่จะนำมาใช้ทำอุตสาหกรรมการหมักภายในประเทศค่อนข้างจำกัดและอาจเป็นปัญหาในการผลิตได้ ส่วนการใช้แป้งนั้นต้องหาวิธีเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลเสียก่อนขั้นหนึ่ง ซึ่งไม่สะดวกเหมือนการใช้กากน้ำตาลและต้นทุนสูงขึ้น กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบที่ไม่เหมาะต่อการผลิตสารสี เพราะกากน้ำตาลมี

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา Rajabhat University

สำนักวิทยบริการสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม

สีน้ำตาลเข้ม วัตถุดิบที่ดีสำหรับการผลิตสารสีต้องไม่มีสีในตัวเอง ฉะนั้นแหล่งแป้งที่ไม่มีสีจึงเหมาะสมต่อการหมักสารสี เพื่อไม่ให้เป็นปัญหาในการเก็บเกี่ยวสารสี หรือสกัดสีในภายหลัง

ในต่างประเทศมีเทคโนโลยีในการนำวัตถุดิบ หรือของเหลือใช้มาใช้ให้เป็นประโยชน์โดยมีข้อจำกัด (specification) และมีการทำมาตรฐาน (standardization) ทำให้ได้คุณภาพคงที่และนำมาขายเราได้ ตัวอย่างเช่น สารอาหาร ฟาร์มามีเดีย น้ำแช่ข้าวโพด สารสกัดจากยีสต์ เป็นต้น ที่นับวันก็จะมีราคาแพงขึ้น ประเทศไทยเราจึงน่าจะมีผู้คิดใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบรวมทั้งของเหลือทิ้งเหล่านี้ได้ โดยทำอย่างมีมาตรฐานและส่งออกขายได้ ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยนแป้งเป็นกลูโคสโดยการใช้กรดหรือเอนไซม์เพื่อให้ได้กลูโคสที่มีมาตรฐานและปลอดภัยซึ่งก็จะขายได้ดี เพราะหลายแห่งยังต้องการกลูโคสอยู่มาก ปัจจุบันมีการนำเข้ากลูโคสเป็นเงินนับพันล้านบาท

ภูมิอากาศในประเทศไทยก็จะเป็นปัญหาหนึ่งที่ยากต่อการจะเก็บรักษาวัตถุดิบที่อาจหาได้ในประเทศ เช่น น้ำมะพร้าวหรือน้ำทิ้งจากโรงงานเต้าหู้ น้ำทิ้งจากโรงงานสับปะรดกระป๋อง ของทิ้งในลักษณะเช่นนี้ค่อนข้างเปลืองพื้นที่ในการเก็บเพราะมีปริมาณมาก เก็บรักษายาก การจะนำของเหลือทิ้งอื่น ๆ มาใช้ในการหมัก ควรพิจารณาด้วยว่าราคาต้นทุนต่ำจริงหรือไม่ สามารถให้ผลผลิตได้มาก พร้อมทั้งพิจารณาการปนเปื้อนของวัตถุมีพิษ การปรับมาใช่เช่นไรจึงจะทำให้ต้นทุนต่ำ อาจต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูง

ของเหลือทิ้งดูเป็นวัตถุดิบที่ไม่มีราคาก็จริง แต่อาจต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการนำมาปรับใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้อาจต้องใช้เงินลงทุนสูงกว่าการใช้วัตถุดิบธรรมดา เช่น เป็ง หรือน้ำตาลก็เป็นได้ ยิ่งกว่านั้นวัตถุดิบอย่างเดียวกันนี้สามารถนำไปผลิตสารอื่น ๆ ได้กี่ชนิด แต่ละชนิดราคาแพงถูกต่างกันอย่างไร ตลาดมีขนาดประมาณเท่าใด นี่ก็เป็นข้อควรคิดอีกข้อหนึ่ง

ข้อพิจารณาวัตถุดิบที่จะใช้เป็นสับสเตรต

สับสเตรตเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมแก่การเจริญของจุลินทรีย์และการผลิตสารเมแทบอไลต์ที่ต้องการ หลักสำคัญคือ ต้องให้ราคาสับสเตรตต่ำที่สุด ในขณะเดียวกันก็ต้องให้ผลผลิตสูงสุด สับสเตรตที่กล่าวถึงในที่นี้หมายถึง แหลางคาร์บอน หรือแหล่งพลังงาน แหล่งไนโตรเจน อากาศ แร่ธาตุ น้ำ และสารอาหารพิเศษ เช่น สารเริ่มต้น สารชักนำ สารเร่งการเจริญ ฯลฯ เป็นต้น การใช้สับสเตรตในห้องปฏิบัติการเป็นการใช้จำนวนน้อยจึงอาจใช้ของราคาแพงได้ แต่ถ้านำมาใช้ในการหมักปริมาณมากแล้วราคาของสับสเตรตจะเป็นปัจจัยที่สำคัญมากอาจต้องลงทุน 38-73 หรือเฉลี่ย 50 เปอร์เซ็นต์ ของต้นทุนทั้งหมด จึงจำเป็นต้องเปรียบเทียบราคาวัตถุดิบในการใช้เป็นสับสเตรตกับประสิทธิภาพการผลิตขนาดใหญ่ รวมทั้งคุณภาพของผลผลิตที่ได้มา

ว
แน.๔๒๔
น๑๑๐
๑.๑
146658

สิ่งที่ควรนำมาเป็นข้อพิจารณาเลือกวัตถุดิบเป็นแหล่งสับสเตรตสำหรับการหมักของจุลินทรีย์ มีดังต่อไปนี้

1. ราคา (cost) วัตถุดิบควรมีราคาถูก

2. มาตรฐาน (standard) หรือ การควบคุมคุณภาพ (quality control) มาตรฐานของวัตถุดิบแต่ละชนิด ที่ใช้ในการหมักแต่ละครั้ง ควรจะมีความสม่ำเสมอ วัตถุดิบเป็นส่วนสำคัญมากในการให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ และเนื่องจากต้องใช้ในปริมาณมาก ตัวอย่างเช่นการผลิตวิตามินต้องใช้วัตถุดิบ 50 81 100 เท่าของผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ได้ ฉะนั้นจำเป็นต้องมีการตรวจสอบอย่างดี ตั้งแต่งานวิจัยช่วงพัฒนาและช่วงการผลิตในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ สิ่งที่จะเป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพของวัตถุดิบคือ การตรวจทางด้านเคมี และชีวภาพ เช่น การหาน้ำหนักแห้ง ไนโตรเจน เถ้า โลหะหนัก กรดแลคติก เป็นต้น และดูลักษณะอื่น ๆ ประกอบด้วย เช่น กลิ่น สี ความใส ถ้ากากน้ำตาลหรือน้ำแช่ข้าวโพดส่งกลิ่นเหม็นเน่าก็แสดงว่าเก็บไว้ไม่ถูกต้อง ถ้ามีน้ำตาลรีดิวซิงในน้ำแช่ข้าวโพดก็แสดงว่าการหมักกรดแลคติกไม่สมบูรณ์ บางครั้งฤดูกาลก็มีผลต่อคุณภาพยกตัวอย่างเช่น หางน้ำนมมันจะมีส่วนประกอบที่แปรผันตามฤดูกาลหนึ่งของเหลือทิ้งจากโรงงานที่จะใช้เป็นวัตถุดิบ แม้จะมีปริมาณมากแต่ถ้าไม่ได้ปรับมาตรฐานก็ไม่เป็นที่ต้องการ

3. หาได้สม่ำเสมอตลอดปี (availability) และมีปริมาณมากเพื่อป้องกันปัญหาการขาดแคลนทั้ง 3 ข้อนี้มีความสำคัญมากที่สุด

4. ความต้องการสารอาหารพิเศษ โดยจะพิจารณาส่วนประกอบของอาหารว่ามีความสัมพันธ์เช่นไรกับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ เช่น การผลิตวิตามินบี 12 นั้น ส่วนประกอบอาหารก็ต้องมีโคบอลต์อยู่ด้วย เนื่องจากโคบอลต์เป็นนิวเคลียสของโมเลกุลวิตามินบี 12

5. ความสะดวกหรือความยุ่งยากในการเก็บเกี่ยวผลผลิต ปัญหาในการเก็บและการขนส่งวัตถุดิบ กากน้ำตาล แป้ง ถั่ว ฯลฯ ซึ่งอาจจะต้องเก็บนานเพราะผลิตได้จำนวนน้อยครั้งต่อปี แต่วัตถุดิบบางชนิดผลิตได้ตลอดปีอยู่แล้วจึงไม่มีปัญหาในการเก็บ เวลาเก็บต้องระวังในเรื่องของอุณหภูมิ แสง ความชื้น และการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ ต้องควบคุมทั้งอุณหภูมิและความชื้นให้เหมาะสมกับวัตถุดิบแต่ละประเภท และห้ามนำวัตถุดิบที่เก็บในสภาพต่างกันหรือจะเกิดปฏิกิริยาต่อกันได้มาเก็บไว้ในบริเวณใกล้เคียงกัน

วัตถุดิบประเภทเมล็ดหรือแป้งมักขึ้นราได้ง่าย ต้องเก็บในถุงหรือกระสอบพลาสติกกันแสงและเก็นในห้องที่อากาศถ่ายเทได้ที่อุณหภูมิ 10 – 15 องศาเซลเซียส วัตถุดิบที่เป็นของเหลวต้องเก็บในถังใต้ดิน เช่น กากน้ำตาลสดมักไม่นำมาใช้ทันทีแต่จะเก็บไว้ 2 – 3 เดือนก่อน น้ำแช่ข้าวโพดต้องเก็บในห้องมืดเย็นที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 5 – 20 องศาเซลเซียส ส่วนสารอื่น ๆ เช่น แอมโมเนีย กรด ด่าง เก็บในถังบางแห่งที่ใช้เมทานอลและเอทานอลเป็นวัตถุดิบในการหมักจึงต้องระวังในการเก็บเพราะเป็นเชื้อเพลิงได้ เมื่อนำเก็บในโรงเรือนแล้วเวลาจะนำไปใช้มักจะใช้วิธีสูงโดยใช้ท่อใต้ดิน

6. การควบคุมมลภาวะ (pollution control) ในเรื่องของค่าบีโอดี (BOD) กลิ่น สี รวมทั้งกากของเหลือทิ้งจากโรงงาน

Stanbury และ Whitaker (1984) ได้ให้ข้อคิดเห็นในการนำวัตถุดิบราคาถูกดังกล่าวมาใช้ ควรมีข้อพิจารณาดังต่อไปนี้

1. เป็นสารอาหารที่จะผลิตสารหรือชีวมวลต่อกรัมวัตถุดิบได้มากที่สุด
2. เป็นสารอาหารที่จะผลิตสารหรือชีวมวลได้เข้มข้นมากที่สุด
3. เป็นสารอาหารที่ให้อัตราการผลิตสารได้มากที่สุด
4. เป็นสารอาหารที่ให้สารอื่นที่ไม่น้องการน้อยที่สุด
5. ราคาควรถูก มีคุณภาพคงที่ และหาได้ตลอดปี
6. ต้องเป็นสารอาหารที่ไม่สร้างปัญหาในกระบวนการหมัก เช่น การให้อากาศ การหมุนของใบพัด การแยก การทำให้สารที่หมักได้บริสุทธิ์ และการกำจัดของเสีย

รายละเอียดวัตถุดิบบางชนิดที่ใช้เป็นแหล่งสับสเตรตในการผลิตระดับใหญ่

วัตถุดิบจากพืช สัตว์ หรือยีสต์มีหลายชนิดที่ใช้เป็นสับสเตรตของจุลินทรีย์ได้ (Anonymous. 1993) ตารางที่ 2.4 ได้แสดงส่วนประกอบเคมีของวัตถุดิบหลากหลายเหล่านั้นดังต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบบางชนิด

วัตถุดิบ	องค์ประกอบหลัก (เปอร์เซ็นต์)						แร่ธาตุ (เปอร์เซ็นต์)					
	น้ำหนักแห้ง (Dry matter)	โปรตีน (Protein)		ไขมัน (Fat)	เส้นใย (Fiber)	เถ้า (Ash)	แคลเซียม (Calcium)	แมกนีเซียม (Magnesium)	ฟอสฟอรัส (Phosphorus)	phosphorus)	โพแทสเซียม (Potassium)	ซัลเฟอร์ (Sulfur)
ข้าวบาร์เลย์	90.0	12.0	54.0	4.5	12.0	4.0	0.05	0.16	0.35	0.1	0.42	0.21
ข้าวมอลต์	96.0	13.0	70.0	2.0	3.5	2.5	-	-	-	-	-	-
น้ำตาลกลูโคส	91.5	-	91.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
กากน้ำตาล	77.0	6.7	65.1	0.0	0.0	5.2	0.16	0.23	0.02	0.01	4.71	0.47
ข้าว	89.5	8.0	65.0	2.0	10.0	4.5	0.04	0.06	0.23	-	-	-
รำข้าว	91.0	13.0	45.0	13.0	14.0	16.0	-	-	-	-	-	-
ข้าวโพด	82.0	99.9	69.2	4.4	2.2	1.3	0.02	0.11	0.28	0.1	0.31	0.08
น้ำแช่ข้าวโพด	50.0	24.0	5.8	1.0	1.0	8.8	-	-	-	-	-	-
แป้งข้าวโพด	95.0	48.0	-	0.4	-	17.0	0.06	1.5	3.3	1.1	4.5	0.58
ข้าวสาลี	90.0	13.2	69.0	1.9	2.6	1.8	0.05	0.17	0.35	0.17	0.45	0.12
ข้าวโอ๊ต	86.5	12.0	54.0	4.5	12.0	4.0	0.05	0.16	0.35	0.1	0.42	0.21

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบบางชนิด

วัตถุดิบ	วิตามิน (มก/กก.)						
	ไบโอทิน (Biotin)	โคลีน (Choline)	ไนอะซิน (Niacin)	แพนโตทีนิก(Pantothenic)	ไพริด็อกซิน (Pyridoxine)	ไรโบฟลาวิน (Riboflavin)	ไทมิน (Thiamine)
ข้าวบาร์เลย์	0.22	1,100	52.8	6.16	3.52	1.54	5.5
ข้าวมอลต์			49.74	8.58		2.86	3.74
น้ำตาลกลูโคส							
กากน้ำตาล		880	39.6	4,62		2.2	
ข้าล		990	33.0	11.0		1.32	3.08
รำข้าว		1,254	297.0	23.1		2.64	22.0
ข้าวโพด		528	22.0	5.72	7.6	1.1	
น้ำแช่ข้าวโพด	0.88				19.36		0.88
แป้งข้าวโพด		5.6	0.16	0.03	0.02	0.01	0.01
ข้าวสาลี		880	61.6	13.2		1.1	2.06
ข้าวโอ๊ต	-	935	13.2	12.76	-	1.1	6.6

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบบางชนิด

วัตถุดิบ	กรดอะมิโน (เปอร์เซ็นต์)												
	อาร์จินีน (Arginine)	ซิสทีน (Cystine)	ไกลซน (Glycine)	ฮิสทิดีน (Histidine)	ไอโซลิวซีน (Isoleucine)	ลิวซีน (Leucine)	ไลซีน (Lysine)	เมไทโอนีน (Methioinine)	ฟีนิวอะลานีน (Phenylalanine)	ทรีโอนีน (Threonine)	ทริปโตเฟน (Tryptophan)	ไทโรซีน (Tyrosine)	วาลีน (Valine)
ข้าวบาร์เลย์	0.5	0.26	0.45	0.3	0.5	0.8	0.42	0.22	0.6	0.4	0.17	0.4	0.6
ข้าวมอลต์	0.4	-	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
น้ำตาลกลูโคส	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
กากน้ำตาล	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ข้าว	0.5	0.1	-	0.1	0.4	0.6	0.3	0.3	0.4	0.3	0.1	0.7	0.6
รำข้าว	0.5	0.1	0.9	0.2	0.4	0.6	0.5	0.2	0.4	0.4	0.1	-	0.6
ข้าวโพด	0.5	0.09	0.33	0.2	0.4	1.1	0.2	0.17	0.5	0.4	0.1	-	0.4
น้ำแช่ข้าวโพด	0.4	0.5	1.1	0.3	0.9	0.1	0.2	0.5	0.3	-	-	0.1	0.5
แป้งข้าวโพด	3.3	1.9	5.1	2.8	3.6	11.3	2.5	1.9	4.4	4.0	-	3.4	5.8
ข้าวสาลี	0.8	0.2	-	0.3	0.6	1.0	0.5	0.2	0.7	0.4	0.2	0.5	0.6
ข้าวโอ๊ต	0.8	0.2	0.2	0.2	0.6	1.0	0.4	0.2	0.7	0.4	0.2	0.6	0.7

ที่มา (บุษบา ยงสมิทธ์, 2542, หน้า 32 – 33)

การปลอดเชื้อในวัตถุดิบ

วัตถุดิบในที่นี้หมายถึงสิ่งต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการทำสับสเตรต อากาศ ฯลฯ ในถังหมัก จุดประสงค์การปลอดเชื้อก็คือต้องการทำลายเชื้ออื่น ๆ ไม่ให้มาปะปนในกระบวนการหมัก เชื้อเหล่านี้ปนเปื้อนมากับสารอาหาร หรืออากาศที่พ่นลงไป โดยที่วิธีการปลอดเชื้อต้องใช้อุณหภูมิที่จะทำให้ส่วนประกอบของอาหารเสียหายน้อยที่สุด หรือไม่ทำให้เกิดการตกตะกอนของแร่ธาตุในอาหาร ในบรรดาเชื้อปนเปื้อนที่เป็นปัญหาสำคัญ คือ สปอร์ของแบคทีเรีย เพราะต้องใช้อุณหภูมิสูงเกินกว่า 100 องศาเซลเซียส จึงจะกำจัดได้ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ส่วนประกอบอาหารหลายชนิดเสียหายได้ ฉะนั้นเพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายดังกล่าว การปลอดเชื้อในอาหาร (Richards, 1966, 1968) โดยการใช้ความร้อนจึงแบ่ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

เป็นทั้งแบบครั้งคราว หรือรวดเดียว (batch sterilization) และแบบต่อเนื่อง (continuous sterilization) หรือใช้หลายวิธีประกอบกัน เช่น ใช้ความร้อน รังสี การกรอง การใช้ความร้อนนึ่งฆ่าเชื้อในสารอาหารเข้มข้นแล้วจึงปล่อยน้ำกรองปราศจากเชื้อเข้าไปผสมกับอาหารเป็นต้น การปลอดเชื้อแบบรวดเดียวในถังหมักมักใช้อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นานหลายชั่วโมง มีผลทำให้อาหารมีสีเข้มข้น พีเอชเปลี่ยนไป เนื่องมาจากปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชั่น(caramelization) และปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) วิตามินถูกทำลาย และคุณภาพอาหารเสียงไป ส่วนการปลอดเชื้อแบบต่อเนื่องใช้อุณหภูมิสูงกว่า 121 องศาเซลเซียส ในเวลาสั้น โดยการให้อาหารผ่านไปตามท่อแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) ที่เพิ่มอุณหภูมิตามต้องการได้ในเวลาอันสั้น แล้วผ่านไปทำให้เย็นได้ในทันที หลังจากนั้นจึงมีการอัดอากาศที่ปราศจากเชื้อเข้าไปให้ความดันภายในสูงกว่าความดันภายนอก ป้องกันสภาพสุญญากาศภายในถังหมัก ซึ่งจะทำให้อากาศภายนอกไหลเข้าภายในถังหมักได้

ส่วนการปลอดเชื้อในอากาศในบริเวณที่มีการหมัก พบว่าอากาศทั่วไปมีจุลินทรีย์ประมาณ 5 ถึง 2,000 เซลล์ต่อลูกบาศก์เมตร ปริมาณครึ่งหนึ่งเป็นสปอร์รา ส่วนอีก 40 เปอร์เซ็นต์เป็นแบคทีเรีย แกรมลบวิธีที่จะประหยัดพลังงานได้มากที่สุดคือการใช้ตัวกรองอากาศแบบโบราณเป็นแบบ depth filters ต่อมา เป็นแบบใยหินแบบ glass fiber filter cartridges ที่ก้าวหน้าก็เป็นแบบเมมเบรนจีบ ซึ่งจะมีขนาดเล็กกว่าที่ใช้แบบใยหิน (Richards, 1967 ; Perkwoski, 1983)

2.4 จุลินทรีย์ที่เป็นแหล่งวิตามินหรือสารสี

คุณลักษณะของจุลินทรีย์ที่เป็นแหล่งวิตามินหรือสารสี

จุลินทรีย์เป็นกุญแจแห่งความสำเร็จ หรือความล้มเหลวของกระบวนการ ฉะนั้นหลักการทั่วไปในการคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญในการผลิตสีและวิตามิน ควรมีข้อพิจารณาดังนี้

1. สามารถเจริญได้เร็ว ขยายพันธุ์ได้ดี
2. มีความสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ เช่น วิตามินหรือสารสีได้สูง ได้ผลสม่ำเสมอ และไม่ควรให้ผลพลอยได้ที่ไม่จำเป็นหรือไม่ต้องการ
3. ควรเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถใช้วัตถุดิบที่หาง่าย ราคาถูก ที่มีอยู่แล้วในท้องถิ่นได้ดี (ข้อนี้สำคัญมากในทางปฏิบัติ)
4. มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดี มีช่วงพีเอช และช่วงอุณหภูมิที่เหมาะต่อการเจริญเติบโตกว้าง
5. เป็นจุลินทรีย์ที่มีลักษณะทางพันธุกรรมที่คงที่ไม่เปลี่ยนแปลงง่าย
6. ควรเป็นจุลินทรีย์ที่เลี้ยงง่าย ตายยาก เก็บได้นาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

7. ควรเป็นจุลินทรีย์บริสุทธิ์ปราศจากแบคทีริโอฟาจ (bacteriophage) หรือทนต่อการทำลายของแบคทีริโอฟาจหรือของจุลินทรีย์ชนิดอื่น เช่น แบคทีเรียควรเป็นสายพันธุ์ต้านทานแบคทีริโอฟาจ สาหร่ายก็ควรทนต่อการเข้าทำลายของแบคทีเรีย หรือรา เป็นต้น

8. ต้องไม่เป็นจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อโรคต่อคน และไม่สร้างสารพิษให้กับผลผลิตนั้น ๆ

ข้อปลีกย่อยจุลินทรีย์ที่ต้องการควรมีความสามารถป้องกันตนเองจากการปนเปื้อนของเชื้ออื่น (contamination) เช่น สามารถเจริญที่พีเอชต่ำ หรืออุณหภูมิสูงได้ และควรเป็นจุลินทรีย์ที่นำมาปรับปรุงพันธุ์ได้ง่าย เช่น การกลายพันธุ์ (mutation)

แหล่งของจุลินทรีย์

วิธีการแยกจุลินทรีย์อาจแยกด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

1. แยกจากแหล่งธรรมชาติ เช่น จากดิน เช่น ดินจากจอมปลวก ดินที่มีขี้วัวมัสสูงๆ ดินที่มีอุณหภูมิต่ำหรือสูง จากน้ำ เช่น น้ำจืด น้ำทะเล น้ำกร่อย และจากอากาศ

2. ขอจากแหล่งที่มีการวิจัย และมีจุลินทรีย์อยู่แล้ว เช่น สถาบันวิจัย มหาวิทยาลัย โรงงานอุตสาหกรรมหมัก ศูนย์วิทยาศาสตร์ เป็นต้น

3. ขอหรือซื้อจากแหล่งเก็บรักษาจุลินทรีย์ที่มีการเผยแพร่ต่อสาธารณชนในเชิงการค้า (public culture collection) เช่น ATCC, NRRL, Bamgkok MIRCEN สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) เป็นต้น

การแยกจุลินทรีย์

เมื่อแยกจุลินทรีย์ที่ต้องการออกจากแหล่งธรรมชาติด้วยอาหารแข็งหรืออาหารเหลวที่เหมาะสมต่อจุลินทรีย์ประเภทต่างๆ ได้แล้วถือว่าเป็นขั้นต้นของการคัดเลือก (srreening) ส่วนขั้นตอนการแยกจุลินทรีย์ที่ต้องการมีดังนี้

1. ตั้งคุณลักษณะของจุลินทรีย์ที่ต้องการ และตรวจหาคุณสมบัติของจุลินทรีย์ชนิดนั้นๆ จากเอกสารอ้างอิงแหล่งต่างๆ เสียก่อน

2. เลือกแหล่งจุลินทรีย์ที่จะนำมาแยกเชื้อ เช่น ดิน น้ำ แต่ในกรณีแยกจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการบริโภคของมนุษย์ต้องเลือกแหล่งให้เหมาะสมและปลอดภัย เช่น เลือกอาหารมักเป็นแหล่งเชื้อเป็นต้น

3. เลือกวิธีการที่เหมาะสมทั้งทางกายภาพและชีวภาพ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี Phetchaburi Rajabhat University

การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่สร้างสารสีหรือวิตามิน

เมื่อแยกเชื้อบริสุทธิ์ได้แล้ว ปกติจะได้สายพันธุ์มากมาย ซึ่งจำเป็นต้องมาผ่านการคัดเลือกเพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่มีคุณสมบัติที่เราต้องการมากที่สุด การคัดเลือกมี 2 ขั้นตอน do

1. การคัดเลือกขั้นต้น (primary srreening)

เป็นการคัดเลือกแบบคร่าวๆ คือ หลังจากแยกเชื้อบริสุทธิ์โดยการลากบนผิวอาหารวุ้น จนได้โคโลนีเดี่ยวๆ และนำมาทดสอบการสร้างวิตามินโดยการใช้จุลินทรีย์ทดสอบ (microbiological assay) (AOAC ,1990) ส่วนการคัดเลือกจุลินทรีย์ที่ผลิตสารสี จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถสร้างสีได้ภายในเซลล์หรือภายนอกเซลล์ แบคทีเรียที่สร้างสีจะเข้าใจว่าไม่มีประโยชน์ต่อเซลล์ตนเอง แต่สร้างขึ้นเพื่อกรองแสงป้องกันการทำลายโดยแสงหรือรังสีในบรรยากาศ เมื่อแยกเชื้อบนอาหารวุ้นได้ ก็สามารถเลือกไอโซเลตที่ให้สีตามต้องการได้เพราะเห็นสีชัดเจนและสามารถตรวจสอบการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ และใช้เครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์วัดความเข้มข้นของสี ณ จุดการดูดกลืนแสงสูงสุดได้ หลักสำคัญ คือ ถ้าต้องการใช้สีจากจุลินทรีย์เป็นสีผสมในอาหารควรสำรวจสกุลหรือกลุ่มของจุลินทรีย์ที่ใช้ในอาหารได้ รวมทั้งแหล่งที่นำมาแยกเชื้อก็ควรเป็นแหล่งที่ปลอดภัยด้วย เช่น จากอาหารหมัก (Cook, 1994 ; Campbell-Platt และ Cook, 1989; Platt, 1987)

2. การคัดเลือกขั้นที่สอง (secondary srreening)

การคัดเลือกขั้นนี้ทำให้ได้รายละเอียดเพิ่มขึ้นว่าจุลินทรีย์ที่ผ่านการคัดเลือกขั้นต้นมีคุณสมบัติและคุณค่าเหมาะสมในอุตสาหกรรมมากน้อยเพียงใด สิ่งที่ควรพิจารณาในการคัดเลือกขั้นที่สองมีดังนี้

2.1 คุณภาพ ปริมาณ และชนิดของผลผลิต โดยใช้วิธีโครมาโตกราฟี ช่วยทำให้ทราบอย่างหยาบๆ ว่าผลิตภัณฑ์นั้นๆ ตรงกับความต้องการหรือไม่

2.2 การจัดจำแนกจุลินทรีย์ (identification) ทำให้ทราบว่าเป็นจุลินทรีย์ชนิดใหม่หรือไม่ มีอันตรายต่อพืช สัตว์ มนุษย์หรือไม่ การจัดจำแนกควรทำถึงชนิดหรือสปีชีส์ จุลินทรย์สิทธิ์บัตร (patent strain) จะต้องเป็นสายพันธุ์ใหม่ที่พิสูจน์ได้ หรือสายพันธุ์ประดิษฐ์ หากเป็นสายพันธุ์ธรรมดาจะไม่ถือสิทธิ์บัตรกัน และหากกระบวนการผลิตมีขั้นตอนใหม่หรือได้สารใหม่ ที่ยังไม่มีใครรายงานไว้ก็สามารถนำไปจดสิทธิ์บัตรได้ แม้ว่าจะเกิดจากจุลินทรีย์สายพันธุ์ธรรมดาก็ตาม

2.3 สภาวะที่เหมาะสมของจุลิทรีย์นั้นๆ เช่น ความเป็นกรด-ด่าง ความต้องการอากาศ อุณหภูมิ ส่วนประกอบของอาหาร วิ่งมีความสำคัญเกี่ยวกับความคงตัวของยีน การค้ดเลือกขั้นนี้ควรเน้นการตรวจสอบความไม่เสถียรภาพด้านพันธุกรรม (genetic instability) ของจุลินทรีย์ เพราะถ้าหากว่าลักษณะทางพันธุกรรมไม่มีเสถียรภาพแล้ว จุลินทรีย์ชนิดนี้ก็จะไม่มีประโยชน์สำหรับการนำไปศึกษาต่อหรือนำไปใช้ประโยชน์

2.4 ควรหาข้อมูลเกี่ยวกับอาหาร (medium) อาหารบางชนิดที่มีความจำเป็นต่อการเจริญ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี Phetchaburi Rajabhat University

หรือต่อการสะสมผลผลิตที่ได้จากการหมัก หรือสารบางชนิดเป็นพิษต่อการเจริญและการผลิต หรืออาหารที่ใช้ในการเก็บรักษาเชื้อให้คงทนถาวรก็ต้องตรวจสอบด้วย เช่น การเก็บรักษาราโมแนสคัส พบว่าเก็บได้ดีในรูปของสปอร์บนเมล็ดข้าวแทนที่จะเป็นอาหารวุ้น

2.5 ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและชีวภาพของจุลินทรีย์

2.6 ศึกษาโครงสร้างทางเคมีของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการหมัก

2.7 กรณีได้จุลินทรีย์สายพันธุ์ใหม่ ควรตรวจสอบความเป็นพิษประกอบด้วย

2.5 เชื้อราที่ใช้ในการผลิตสารสี

การใช้เชื้อรา Monascus spp. ในอาหารและเครื่องยาพื้นบ้านในประเทศแถบตะวันออกมีมานานแล้วนับเป็นเวลาหลายร้อยปี (Wong, 1982) มีการให้ชื่อสกุลโมแนสคัส (Monascus) มานานกว่าร้อยปีแล้วในยุโรป (Van Tieghem, 1884) และในอินโดนีเซีย (Went, 1895) แต่สำหรับชาวตะวันตกเองสปีชีส์ต่าง ๆ ของเชื้อราโมแนสคัสกลับเป็นที่รู้จักกันในสถานะที่เป็นเชื้อราปะปนในธัญพืช แป้ง ไซเลจ และสารอื่น ๆ (Lizuka และ Lin, 1980 ; Young, 1930) เชื้อรานี้สามารถเจริญบนข้าวนึ่งเมื่อบ่มที่อุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม โดยย่อยข้าวจนข้าวนุ่ม ในขณะเดียวกันก็สร้างสีแดงเข้มขึ้น (Su และ Wong, 1983) ข้าวแดงมีชื่อเรียก ต่าง ๆ กันมากมาย คือ ข้าวแดง (red rice) ข้าวแดงจากจีน (Chinese red rice) อังคัก (ang-kak) แอนแคก (ankak) แองคา (anka) อังคเวค (angquac) เบนนิ-โคจิ (beni-koji) และอะกาโคจิ (aka-koji) (Hesseltin, 1965)

ในปี ค.ศ. 1920 Church รายงานว่าการผลิตข้าวแดงมีกันมานานแล้วในสาธารณรัฐประชาชนจีนและได้ทดลองแยกสายพันธุ์ที่ได้จากข้าวแดงของประเทศจีน จนในที่สุดก็ทราบว่าเชื้อราที่ให้สีแดง คือ *Monascus purpureus* ต่อมา Palo และคณะ (1960) นักวิทยาศาสตร์ชาวฟิลิปปินส์ได้ทดลองใช้เชื้อราข้าวแดงนี้ทำข้าวแดงจนได้ข้าวแดงที่มีคุณภาพดีพอสมควร สามารถนำเอาข้างแดงมาใช้เจือสีอาหารได้โดยตรง (Su และ Wong, 1983) ภายหลังได้มีความสนใจที่จะศึกษาสายพันธุ์ราโมแนสคัสที่เหมาะสมสำหรับใช้ในสภาพหมักเปียก (submerged cultivation) ริเริ่มโดย Lin (1973) ต่อมาก็มีผู้ประสบความสำเร็จในการศึกษาการผลิตสีในอาหารเหลว (Shepherd และ Carels, 1983 ; Yongsmith และคณะ, 1975 ; Shin และคณะ, 1998 ; บุษบาและวรรณภา, 2527 ; Lee และคณะ, 1992)

เมแทบอไลต์ประเภทต่าง ๆ จากเชื้อราโมแนสคัส

การศึกษาต่อ ๆ มาได้พบสารเมแทบอไลต์หลาย ๆ ชนิดที่น่าสนใจและมีค่าทางเศรษฐศาสตร์จากเชื้อราโมแนสคัสดังรวบรวมในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 สารเมแทบอไลต์ที่มีประโยชน์จากเชื้อราโมแนสคัส

เมแทบอไลต์	เอกสารอ้างอิง
ก. เอนไซม์	
1) กลูโคอะไมเลส	Lizuka และ Mineki (1977, 1978) ; Yongsmith และคณะ (1990) ; บุษบาและวรรณภา (2527)
2) โปรตีเอส	Nishikawa และคณะ (1988) ; Tsai และคณะ (1978)
3) แอลฟา กาแลคโตซิเดส	Wong และคณะ (1986), Wong และคณะ (1993)
4) แอลฟา – อะมิเลส	Pichayangkula (1979)
5) โรโบนิวคลีเอส	Yasuda และคณะ (1995)
ข. เมแทบอไลต์ปฐมภูมิ	
1) เอทิลแอลกอฮอล์	Fink – Gremmels และ Leistner (1989)
2) กรดอินทรีย์	Lumyong และคณะ (1990), Lumyong และ Tomita (1992, 1993)
3) วิตามินบี 2	รัตนา (2524, 2528) : บุษบา (2529)
4) ไขมัน	Rasheva และคณะ (1997)
5) กรดไขมัน	Juzlova และคณะ (1996)
ค.เมแทบอไลต์ทุติยภูมิ	
1) สารสี (แดง, เหลือง, ส้ม)	Chen และ John (1993, 1994) Faber และคณะ (1993) ; Sweeny และคณะ (1981) ; Yongsmith และคณะ (1993, 1994a)
2) สารปฏิชีวนะ	นิสา (2537 fl, ข) ; บุษบา และนิสา (2540) ; Martinkova และคณะ (1995) ; Wong และ Bau (1977) ; Wong และคณะ (1981, 1983)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 2.5 (ต่อ) สารเมแทบอไลต์ที่มีประโยชน์จากเชื้อราโมแนสคัส

เมแทบอไลต์	เอกสารอ้างอิง
3) สารลดคอเลสเทอรอล	Endo (1979) ; Fink – Grernrnels และ Leistner (1989)
4) สารตกตะกอน	Francis (1898)
5) ยาลดความดันโลหิต	Francis (1989) ; Juzlova และคณะ (1996)
6) ยาพื้นบ้านของจีนรักษาโรคอาหารไม่ย่อย, โรคบิด, กล้ามเนื้อฟกช้ำ	Lin และ lizuka (1982) ; Wong และคณะ (1981)
7) คูมารินใช้รักษาโรคด่างขาว	ระพีพล (2526)
8) สารถนอมอาหารประเภทเนื้อ	Chen และ Tseng (1989)
9) โคเอนไซม์ Q_{10}	Dainippon ink และ Chemicals (1982)
10) สารให้กลิ่นหอม	Kranz และคณะ (1992)

ที่มา (บุษบา ยงสมิทธ์, 2542, หน้าที่ 204)

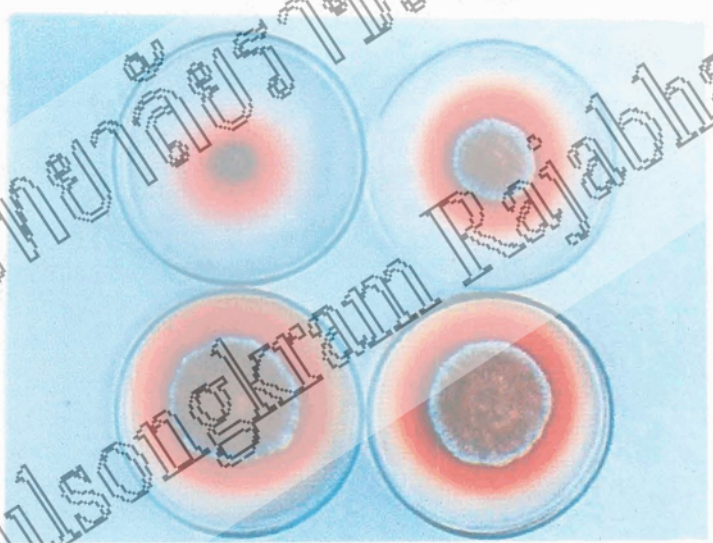
สันฐานวิทยาของ *Monascus spp.*

เชื้อราโมแนสคัส *(Monascus spp.)* เคยจัดอยู่ในวงศ์ (Family) Aspergillaceae แต่ปัจจุบันจัดอยู่ในวงศ์ Monascaceae กลุ่ม (Class) Ascomycetes กลุ่มย่อย (Subclass) Plectomycetidae อันดับ (Order) Eurotiales (Alexopoulos และ Mims,1979; Hawksworth และคณะ,1995) เส้นใยมีผนังกั้น(septate) มีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศเส้นใยมีการแตกกิ่งก้านสาขามากมายและมักเจริญแบบชิดเกาะแน่นบนผิวของอาหารแข็ง เส้นใยเมื่ออายุอ่อนมีสีขาว แต่เมื่ออายุมากขึ้นจะมีสีแดงหรือแดงม่วง (ภาพที่ 2.3)

ราข้าวแดง (red rice mold) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Monascus* van Tieghem (1884) เป็นราเส้นสาย (filamentous fungus)ใน Class Ascomycetes ที่มีการสืบพันธุ์แบบครบวงจรชีวิต (homothallism) คือ สามารถสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องอาศัยการผสมพันธุ์กับสายพันธุ์ที่มีเพศตรงข้าม (opposite mating type) โครงสร้างสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศที่สร้าง คือ โคนิเดีย ชนิดอะลิวริโอโคนิเดีย (aleurio conidia) ซึ่งสร้างขึ้นตรงปลายก้านชูสปอร์ (conidiophore) หรือ เกิดตรง

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี Phetchaburi Rajabhat University

ด้านข้างของเส้นใยแบบซิกแซกไปมา (sympodial หรือ lateral) โคนิเดียอาจเกิดเดี่ยว ๆ และพัฒนาการเจริญในลักษณะที่โคนิเดียซึ่งเกิดใหม่ที่ฐานล่างดันโคนิเดียแก่ขึ้นไปเรื่อย ๆ (basipetal development) บนก้านชูสปอร์ โคนิเดียรูปร่างรีจนถึงทรงกลม มีรอยตัดที่ฐาน ไม่มีสี จนถึงสีน้ำตาลผนังหนาและเรียบ (Carels และ Shepherd, 1975) ในบางสปีชีส์สร้างคาร์มายโดโคนิเดีย (chlamydoconidia) หรืออาร์โทรโคนิเดีย (arthroconidia) (Hawksworth และ Pitt, 1983) สำหรับการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศสร้าง แอสโคคาร์ปชนิดคลีสโตทีเชีย (cleistothecial) ซึ่งมีรูปร่างกลม ผนังบาง ไม่มีสี หรือสีน้ำตาลอ่อน ขนาดแตกต่างกันตามระยะเวลาของการพัฒนา โดยเกิดเดี่ยว ๆ ที่ปลายเส้นใยและกระจายอยู่ทั่วไปในกลุ่มของเส้นใย ภายในคลีสโตทีเชียบรรจุแอสคัสและแอสโคสปอร์จำนวนมาก แต่ละแอสคัสมีแอสโคสปอร์ 8 อัน ซึ่งต่อมาผนังแอสคัสจะสลายไป จึงเห็นแอสโคสปอร์จำนวนมากอยู่รวมกันภายในคลีสโตทีเชีย แอสโคสปอร์จะแก่เกือบพร้อมกัน ผนังแอสโคสปอร์บาง ไม่มีสี แอสโคสปอร์มีลักษณะเป็นรูปไข่กว้าง ๆ ผิวเรียบ ไม่มีเยื่อหุ้ม (gelatinous sheaths)



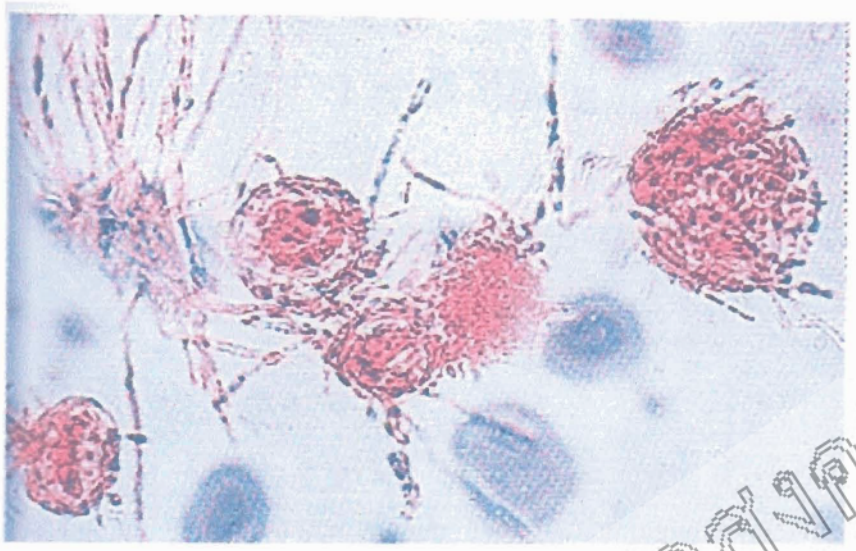
ภาพที่ 2.3 โคโลนีของโมแนสคัสอายุ 1,3,5 และ 7 วัน
ที่มา (บุษบา ยงสมิทธ์, 2542, หน้าที่ 249)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

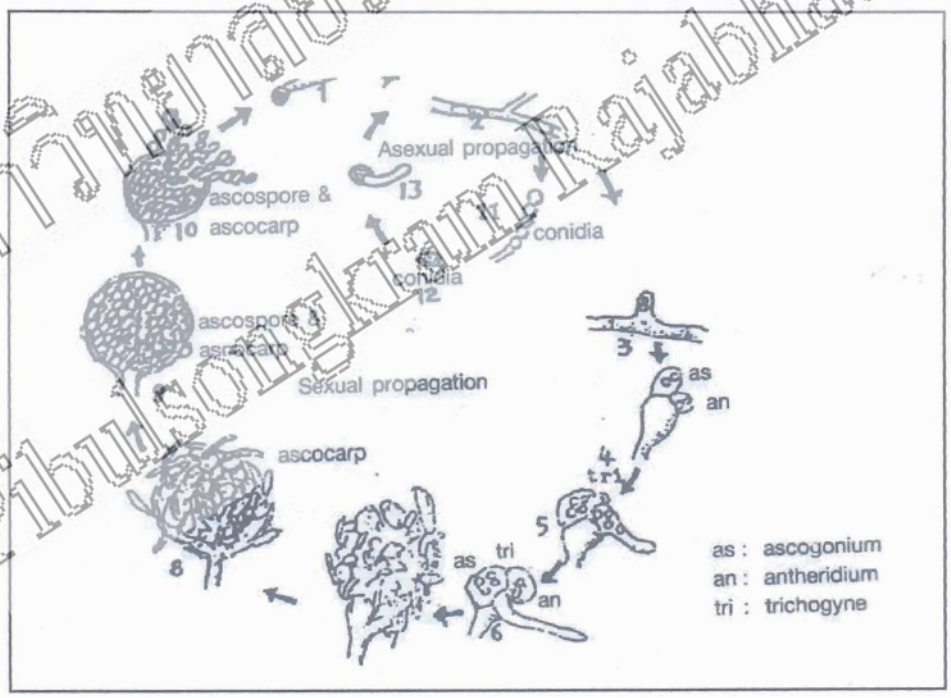
การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ มีการสร้างโคนิเดียเจริญมาจากก้านชูอับสปอร์ (conidiophore) โคนิเดีย มีลักษณะกลมหรือรูปไข่ อาจมีอันเดียวหรือเกิดติดต่อกันเป็นลูกโซ่ (Hawksworth และ Pitt, 1983) โคนิเดียมักไม่มีสี แต่เมื่ออายุมากขึ้นจะเกิดสีแดงได้บ้าง ก้านชูอับสปอร์มีขนาดสั้นอาจมีผนังกั้น 0-1 ด้าน ถ้ามีขนาดยาวจะมีผนังกั้น 2 – 6 ด้าน เป็นสายตรงหรือขดเป็นเกลียว และเปลี่ยนเป็นสีแดง เมื่ออายุแก่ขึ้น การงอกของโคนิเดียจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสูตรอาหาร เช่น C Medium (Hiroi และ คณะ, 1979) เหมาะสมสำหรับการเกิดโคนิเดียของโมแนสคัส นอกจากนั้นยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นอีกหลาย ๆ ประการ เช่น อายุสปอร์ ความหนาแน่นของสปอร์ ความเป็นกรดเป็นด่าง แสงและอุณหภูมิ เช่น อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 35 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปโคนิเดียจะงอกภายใน 4 ชั่วโมง เมื่อมีความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมด้วยการสร้างเจิ่มทิวป์ (gem-tube) ขึ้นมา 1 อัน หรือ 2 อัน หรือบางทีอาจมีได้ถึง 6 อัน ซึ่งการงอกของโคนิเดีย กระตุ้นได้ด้วยคาร์โบไฮเดรตหลายชนิด (Wong และ Bau, 1978)

ส่วนการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของเชื้อราโมแนสคัสคล้ายๆ กับเชื้อราอื่นใน Class Ascomycetes มีการสร้างเพอริทีเซียม (perithecium) (บางรายงานใช้คลิสโททีเซียม, cleistothecium) ซึ่งเป็นแอสโคคาร์ป (ascocarp) มีรูปร่างกลม (ภาพที่ 2.4) โดยจะเกิดบนก้าน (stalk) (Kolotila, 1978, 1980 Smith, 1969 ; Von Arx, 1974) ที่มีหรือไม่มีผนังกั้นก็ได้ แอสโคคาร์ปเกิดขึ้นบนเส้นใยซึ่งเป็นแบบโฮโมแทลลิก (homothallic) โดยการสร้างโครงสร้างออกมา 2 ชนิด คือ แอนเทอริเดียม (antheridium) แอสโคโกเนียม (ascogonium) เกิดการรวมกัน (fusion) ที่ปลายแอสโคโกเนียมกับส่วนฐานหรือส่วนกลางของแอนเทอริเดียม แล้วจะมีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซีส ตามมาด้วยไมโตซีส มีนิวเคลียสของเซลล์ลูก (daughter nuclei) จากการแบ่งตัว มีการขยายผนังเซลล์รวมออกเรียกว่า การสร้างแอสโคคาร์ปขึ้นในที่สุด (Carels และ Shepherd, 1975 ; Kolotila และคณะ, 1978) ภายในเพอริทีเซียมมีแอสโคสปอร์ (ascospores) มากมาย โดยแอสโคสปอร์จำนวน 2-8 รวมอยู่ภายในแอสคัส (ascus) แอสโคสปอร์มีลักษณะเป็นรูปไข่ อาจมีสีน้ำตาล สีแดง สีส้ม หรือไม่มีสี เมื่อผนังแอสโคคาร์ปแตกออกก็จะปล่อยแอสโคสปอร์งอกเป็นเส้นใยใหม่ขึ้น วงจรชีวิตของราโมแนสคัส ดังภาพที่ 2.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn University



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศของ *Monascus spp.*
จากกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า
ที่มา (บุษบา ยงสมิทธ์, 2543, หน้าที่ 249)



ภาพที่ 2.5 วงจรชีวิตของราโมแนสคัส
ที่มา (ดัดแปลงมาจาก Lizuka และ Lin, 1981 อ้างโดยบุษบา ยงสมิทธ์, 2542, หน้าที่ 206)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย Chiang Rai Rajabhat University

ประวัติและสายพันธุ์ต่างๆ ของ *Monascus spp.*

ในปี ค.ศ. 1884 van Tieghem ได้แยกรา *Monascus spp.* เป็นครั้งแรกจากมันฝรั่งต้มในประเทศฝรั่งเศส โดยพบว่ามีอยู่ 2 สปีชีส์ด้วยกันคือ ***Monascus ruber*** และ ***M. mucoroides*** ต่อมา Harz (1890) ได้รายงานว่าพบราชนิดหนึ่งในโรงงานลูกอมและโรงงานสบู่ โดยพบการเจริญอยู่บนสารละลายกลีเซอริน (raw glycerin solution) เข้มข้น 8-10 เปอร์เซ็นต์ ภายหลัง Young (1930) ได้ให้ชื่อรานี้ว่า *Physomyces heterosporus* ซึ่งมีรายงานต่อมาว่า รานี้เป็นสปีชีส์ที่แปรผันมาจาก ***Monoscus ruber*** นั่นเอง ต่อมา Went (1895) ได้แยก ***Monascus purpureus*** จากข้าวแดง หรือ อังคัก (ang-kak) หลังจากนั้นในปี ค.ศ. 1910 Lewis ได้แยก ***Monascus bakeri*** Dangeard จากอาหารดอง (pickles) ซึ่งต่อมา Piedallu (1924) พบ *Monascus olei* เจริญอยู่ในกระป๋องน้ำมันและผิวของเปลือกไม้ที่ประเทศฝรั่งเศส นอกจากนี้ในปี ค.ศ. 1929 Yesair ได้แยก ***Monascus purpureus*** จากราที่เจริญและสร้างสีแดงบนไส้กรอก ซึ่งในประเทศแถบเอเชียได้ใช้รา ***Monascus purpureus*** ร่วมกับยีสต์ในการหมักเครื่องดื่มจำพวกแอลกอฮอล์ ตลอดจนใช้ในการผลิตข้าวแดงซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า Aga-Koji (Schade, 1937)

การจำแนกราข้าวแดงในระยะแรก ๆ นั้นอาศัยการตรวจสอบลักษณะการเจริญของราบนอาหาร (cultural characteristics) โดยเฉพาะลักษณะของโคโลนีและการผลิตรงควัตถุ ซึ่งทำให้ Sato (1936) จำแนกราข้าวแดงออกได้เป็น 11 สปีชีส์ ภายหลัง Carels และ Shephed (1977) ได้จัดจำแนกราข้าวแดงในยีนัส *Monascus* ออกเป็นสปีชีส์ต่าง ๆ โดยอาศัยความแตกต่างของรงควัตถุที่ราสร้างขึ้น ซึ่งมีความสัมพันธ์กับสภาพการเจริญของราบนอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อมากกว่าความแตกต่างของลักษณะทางพันธุกรรมหรือยีโนไทป์ ต่อมา Hawsworth และ Pitt (1983) ได้จำแนกราข้าวแดง โดยอาศัยลักษณะการเจริญของเชื้อบนอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อต่าง ๆ สามชนิด ได้แก่ Czapek Yeast Extract agar (CYA), Malt Extract Agar (MEA) และ 25% Glycerol Nitrate Agar (G25N) โดยบ่มเชื้อที่อุณหภูมิต่าง ๆ และตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยาของโครงสร้างต่าง ๆ ของเชื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ร่วมกับการผลิตรงควัตถุบนอาหารเพาะเลี้ยงเชื้อทั้งสามชนิด ระบบนี้สามารถจำแนกรา ***Monascus*** ออกได้เป็น 3 สปีชีส์ คือ ***Monascus pilosus, M.purpureus*** และ ***M. ruber*** ต่อมา nishikawa และ lizuka (1993) ได้พัฒนาการจัดจำแนกสปีชีส์ของรา ***Monascus*** อีกวิธีหนึ่งโดยใช้เอนไซม์ esterase และ lactatedehydrogenase ที่ปรากฏว่า เมื่อแยกเอนไซม์โดยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซีสด้วยเจลโพลีอะคริลาไมด์ ซึ่งสามารถจำแนกรา *Monascus* จำนวน 15 สปีชีส์ ออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย *M. ruber* van Tieghem และ *M. kaoliang* และกลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย *M. piolsus* Sato และ *M.pubigerus* Sato และในปี 1995 Cannon และคณะได้รายงานว่า พบรา ***Monascus*** 2 สปีชีส์ใหม่ ซึ่งแยกได้จากตะกอนในแม่น้ำชัทท์-เอล อาหรับ (Shatt-al-Arab) ประเทศอิรัก คือ *M. pallens* sp. Nov และ ***M. sanguineus sp.*** Nov และได้จัดจำแนกราทั้งสองสปีชีส์นี้ตามวิธีของ Hawksworth และ Pitt (1983) รวมทั้งวิธี APIZYM strip

test ของ Bridge และ Hawksworth (1985) ด้วย (Connon และคณะ, 1995) สำหรับวิธี APIZYM strip test นี้ เป็นระบบอนุกรมวิธานที่ Bridge และ Hawksworth (1985) ได้พัฒนาขึ้นมาโดยอาศัยการทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ 8 ชนิด คือ valine arylamidase, cystine arylamidase, trypsinase α-galactosidase, β-galactosidase,α-glucosidase, polypectase pH 6 และ cellulose hydrolysis จากวิธีดังกล่าวนี้ทำให้สามารถจำแนกสปีชีส์ของ *Monascus* ออกได้เป็น 4 สปีชีส์ คือ *M. floridanus, M. pilosus, **M. purpureus*** และ ***M. ruber*** (Bridge และ Hawksworth, 1985)

สารสีจากเชื้อราโมแนสคัส

Haws และคณะ (1959) พบโครงสร้างของรูโบรพังตาติน (rubropuntatin, $C_{21}H_{22}O_5$) แยกได้จาก *M. rubropuntatus* Sant. ซึ่งสารนี้เมื่ออยู่ในสารละลายแอมโมเนียจะได้รูโบรพังตามีน (mbropuntamine, $C_{21}H_{23}O_4N$) ซึ่งเป็นสารสีม่วง ดังภาพที่ 2.6(5) Fielding และคณะ (1960,1961) ศึกษาโครงสร้างสารสีที่ Nishikawa แยกได้จาก *M. **purpureus*** Went. คือ โมนาสโครูบลิน (monascorubrin, $C_{23}H_{26}O_5$) ดังภาพที่ 2.6(4) และโมนาสโคฟลาวิน (monascoflavin) หรือโมนาสซิน (monascin, $C_{21}H_{26}O_5$) ดังภาพที่ 2.6(1) Nakanishi และคณะ (1959) แสดงให้เห็นว่าโมนาสโครูบรามีน (monascorubramine) และรูโบรพังตามีน (rubropuntamine) เปลี่ยนมาจากโมนาสโครูบลิน (monascorubrin) และรูโบรพังตาติน (rubropuntatin) (สีส้ม) ตามลำดับ Hiroi และคณะ (1975) ศึกษาโครงสร้างของสาร 2 ชนิด คือ โมนาสโครูบลิน (สีส้ม) และรูโบรพังตาติน (สีม่วง) Manchand และคณะ (1973) ศึกษาโครงสร้างของอังคาฟลาวิน(ankaflavin, $C_{23}H_{30}O_5$) ดังภาพที่ 2.6(2) ซึ่งเป็นสารสีที่สกัดได้จาก ***M. anka*** Santo.

สารสีที่สกัดได้จาก *Monascus* sp. เช่น รูโบรพังตาติน จาก ***M. rubropunfafus*** โมนาสโครูบลิน จาก *M. **purpureus*** และโมนาสซินหรือโมนาสโคฟลาวิน จาก *Monascus* sp. เป็นสารประกอบโพลีคีไทด์ (polyketide) ซึ่งเป็นสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิ โดยผลิตขึ้นมาคล้ายกับเส้นทางสังเคราะห์กรดไขมัน (Tumer, 1971)

Sweet และคณะ (1981) สามารถสกัดสารสีจากโคจิของ ***M. anka*** ได้ถึง 6 ชนิด คือ 1,2,3,4,5 และ 6 ดังภาพที่ 2.6 เชื้อราแดงนี้สามารถผลิตได้ทั้งสารสีแดง ส้ม เหลือง คือ

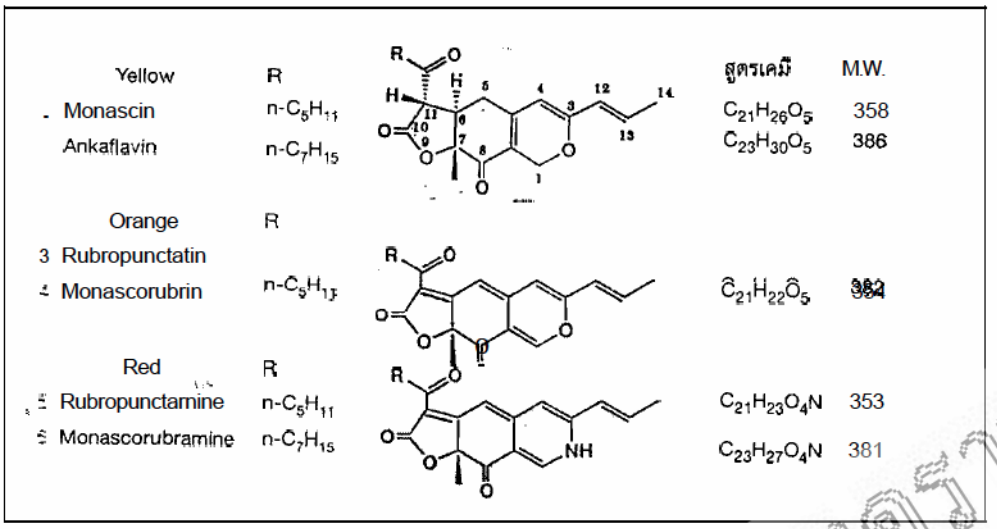
(1) และ (2) สีเหลือง (yellow pigment)

(3) และ (4) สีส้ม (orange pigment)

(5) และ (6) สีแดง (red pigment) เป็นสารอนุพันธ์เอมีนของสีส้ม

Carels และ Shepherd (1977) เสนอว่าสารสีส้มถูกสังเคราะห์เป็นสีแรก และสารสีเหลืองหรือสารสีแดงมาจากปฏิกริยาเคมีที่เกิดขึ้นกับสีส้มนั้นๆ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University



ภาพที่ 2.6 โครงสร้างเคมีของสารสีที่แยกได้จากราโมแนสคัส

ที่มา (บุษบา ยงสมิทธ์, 2542, หน้าที่ 209)

การเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์บนอาหารแข็ง

การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์บนอาหารแข็ง (solid-substrate fermentation) เช่น รำข้าว ข้าว ถั่วเหลือง ปน และฟางข้าว ฯลฯ ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมจุลินทรีย์มานานแล้ว ที่เห็นชัด ๆ คือ การเลี้ยงเห็ด อาหารหมัก การผลิตเอนไซม์ และการหมักไซเลจเป็นอาหารสัตว์ การผลิตข้าวดงอังคัก เป็นต้น (Hesseltine, 1977 ; Mudget, 1986) ซึ่งการหมักอาหารแข็งมีทั้งข้อดีและข้อเสียดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 2.6 ส่วนการเลี้ยงจุลินทรีย์บนอาหารแข็ง จำแนกได้เป็น 2 วิธี ดังนี้

1. การหมักอาหารแข็งแนวระนาบ เครื่องมือที่ใช้มีถาดอะลูมิเนียมรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส สำหรับบรรจุอาหารและจุลินทรีย์คลุกเคล้ากันและวางเป็นชั้น ๆ ซ้อนกันอยู่บนหิ้งในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ ต้องมีการปรับความชื้นให้เท่ากับ 92 เปอร์เซ็นต์ ให้อาหารหนาประมาณ 5 เซนติเมตร

2. การหมักอาหารแข็งแนวดิ่ง เช่นการใช้ภาชนะแก้วเป็นหลอดแก้วหลาย ๆ หลอดในอ่างน้ำมีการควบคุมอุณหภูมิอย่างดี รวมทั้งมีการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยควบคุมกระบวนการหมัก (Saucedo Castaneda และ Hernandez, 1994) หรือระบบการใช้เป็นคอลัมน์เดี่ยวแบ่งเป็นตอน ๆ ที่ควบคุมได้ทั้งระบบด้วยคอมพิวเตอร์ทั้งระบบ ซึ่งทั้งระบบสามารถประยุกต์ใช้ได้ทั้งหมักแบบต้องการหรือไม่ต้องการอากาศ

ตารางที่ 2.6 ข้อดีและข้อเสียของการหมักอาหารแข็ง

ข้อดี	ข้อเสีย
1. การหมักแข็งใช้สารอาหารธรรมชาติ ธรราดาง่าย ๆ ราคาถูกมากกว่าการใช้สารสังเคราะห์ราคาแพง 2. ปริมาณน้ำใช้ต่ำ ประหยัด น้ำเสียน้อย จุลินทรีย์อื่นปะปนน้อย 3. ง่ายต่อการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้ประโยชน์ 4. การใช้อากาศแบบซึมผ่านหรือชั่วครั้งชั่วคราวมากกว่าให้แบบต่อเนื่อง 5. ผลผลิตสูง 6. การใช้พลังงานต่ำกว่าใช้ถังหมักแบบกวน	1. จำกัดการใช้กับเชื้อราซึ่งทนความชื้นต่ำได้ 2. ความร้อนสะสมมากในการผลิตระดับใหญ่ 3. การตรวจสอบกระบวนการหมัก เช่น ระดับความชื้น ชีวมวล ออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ทำได้ลำบาก 4. การออกแบบถังหมักยังไม่พัฒนาพอ 5. ผลผลิตจำกัด 6. จุลินทรีย์มีอัตราการเจริญช้า

ที่มา (บุษบา ยงสมิทธ์, 2542, หน้าที่ 114)

การหมักเชื้อราโมแนสคัสบนอาหารแข็ง

ข้าวแดง หรืออังคัก เป็นผลิตภัณฑ์สารสีที่ได้จากการเลี้ยงเชื้อราโมแนสคัสบนข้าวนึ่งรู้จักกันมาช้านานแถบตะวันออกเช่นประเทศจีน ประเทศแถบเอเชียใต้ เช่น ไต้หวัน มาเลเซีย ฮ่องกง ไทย กัมพูชา ญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย เป็นต้น เชื้อราที่เจริญบนข้าวสามารถสร้างสารสีออกมานอกเซลล์ได้มากทำให้ไม่เกิดการยับยั้งการสังเคราะห์สารสี (Johns และ Sturat, 1991) เชื้อราโมแนสคัสสายพันธุ์ที่นิยมใช้หมักข้าวแดง *do M. purpureus* และ *M. anka* ส่วนปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของข้าวแดงมีผู้ศึกษาไว้มากมาย ส่วนใหญ่จะเป็นปัจจัยเกี่ยวกับสายพันธุ์ข้าว สายพันธุ์เชื้อรา สภาวะเลี้ยงเชื้อ เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อการหมักสีโมแนสคัสบนอาหารแข็ง

1. สายพันธุ์เชื้อราโมแนสคัส

โดยทั่วไปเชื้อราโมแนสคัส เมื่อเจริญบนเมล็ดข้าวโดยการงอกของเส้นใยทั้งผิวหน้า และแทรกทะลุเข้าไปในเมล็ดข้าวนั้นก็จะมีการสร้างสารสีได้ภายหลังจากการบ่มไปได้นาน 3 วัน สารสีเหล่านี้เมื่อ

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

มีการนำมาสกัดด้วยสารละลายเอทานอล พว่าสารสีแดงทั่วไปจะมีค่าดูดกลืนแสงสูงสุด 2 จุด ที่ 420 และ 500 นาโนเมตร บางสายพันธุ์ที่ให้สีข้าวแดง หรือ อังคัก เป็นสีแดงสวย หรือแดงชมพูแก่ จะมีความโด่ง (peakedness) ที่จุด 500 นาโนเมตร สูงกว่าที่ 420 นาโนเมตร เช่นที่พบในสายพันธุ์ของ *M. purpureus* หรือ *M. anka* แต่บางสายพันธุ์อาจให้สีแดงเข้มคล้ำ โดยมีค่าความโด่งที่ 420 สูงกว่าที่ 500 นาโนเมตร หรือค่าความโด่งที่ 370 สูงกว่า 500 นาโนเมตร เป็นต้น เช่น สายพันธุ์ *M. barkeri* (พลายแก้ว และบุษบา, 2534 ข) หรือ *M. kaoliang* (บุษบา และวรรณภา, 2528)

2. วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการหมักสีโมแนสคัสแบบแห้งนั้น ปกติจะเป็นข้าว (Palo และคณะ, 1960) หรือเมล็ดธัญพืชอื่น ๆ (พลายแก้ว และบุษบา, 2534 ก : Han, 1990 Lin และ Lizuka, Rashbaum และ Yueh, 1983)

2.1 ข้าว

Palo และคณะ (1960) ได้ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการสร้างสีของ *M.purpureus* และพบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตอังคัก มีดังต่อไปนี้ ความชื้นไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ พีเอช ระหว่าง 3.0-7.5 อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส แต่สายพันธุ์ข้าวเหนียวให้ผลไม่ดีนัก บุษบา (2518) ได้ทดลองการสร้างสีของ *M. purpureus* โดยใช้สภาวะต่อการผลิตข้าวแดงของ Palo และคณะ (1960) มาทดสอบกับข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ของไทย พบว่าข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู และข้าวพันธุ์หอมมะลิให้สีเข้มใกล้เคียงกันแต่ข้าวเหนียวกลับให้สีน้ำหอมมากกว่าข้าวหอมมะลิกลิ่นหอมดังกล่าวคือคลิ่นเอสเทอร์และแอลกอฮอล์ปนกัน ทั้งนี้ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู และข้าวเจ้าพันธุ์หอมมะลิให้ผลความเข้มของสีใกล้เคียงกับข้าวพันธุ์ญี่ปุ่นในขณะที่ข้าวสายพันธุ์อื่น ๆ ของไทย คือ พันธุ์เสาไห้ พันธุ์ธรรมดา ฯลฯ นั้นล้วนแต่ให้สีและความหอมน้อยกว่ามาก ส่วนอรัญและคณะ (2531) รายงานว่าปริมาณอะไมโลสในเมล็ดข้าวที่แตกต่างกันมีผลต่อการผลิตข้าวแดงแตกต่างกันไปด้วย โดยพบว่าพันธุ์ข้าวที่มีอะไมโลสสูงมากกว่า 24 เปอร์เซ็นต์ เช่น พันธุ์เหลือง 148 กน 23 กน 25 เหมาะสมต่อการผลิตข้าวแดงมากกว่าพันธุ์ กน 7 และขาวดอกมะลิ 105 เชิดชัย และคณะ (2519) พบว่าปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวมีเพียงพอต่อการสร้างสารสี จึงไม่จำเป็นต้องเติมเปปโตน Schumacher และคณะ (1996) พบเช่นกันว่าข้าวจากแหล่งปลูกต่าง ๆ ในประเทศเกาหลีมีผลต่อการสร้างสีของข้าวแดง และพบว่าข้าวจากแหล่งปลูก Punpo ให้ผลดีที่สุด

2.2 เมล็ดธัญพืช และอื่น ๆ

พลายแก้ว และบุษบา (2534 ก) ได้ศึกษาแหล่งสับสเตรต ชนิดต่าง ๆ ต่อการผลิตสีโมแนสคัสเปรียบเทียบกับการผลิตบนข้าวโดยใช้เมล็ดข้าวโพด มันเทศ มันสำปะหลัง (ภาพที่ 2.7) มันฝรั่ง ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ข้าวฟ่าง ขนมปังแทนข้าวต่อการเจริญ การสร้างสี และการสร้างสปอร์ของ M. *kaoliang*

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Chulalongkorn University

ก ข

ภาพที่ 2.7 เชื้อราโมแนคัสที่เจริญบนแป้งข้าวสำปะหลัง
ก. บริเวณใสรอบโคโลนีแสดงเอนไซม์ย่อยแป้ง
ข. สายพันธุ์โมแนสคัสที่สามารถใช้แป้งมันสำปะหลังทั้งดิบและสุก
ที่มา (มยุรา รายงสมิทธ์, 2542, หน้าที่ 249)

3. ความเป็นกรดด่าง (pH)

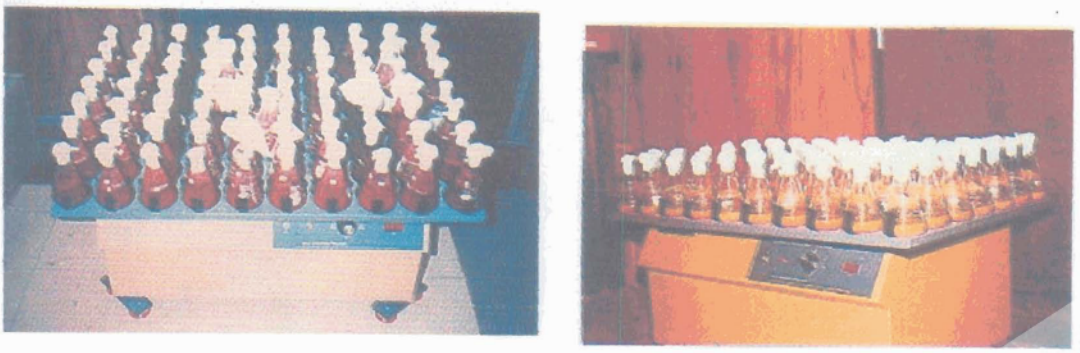
Palo (1960) รายงานว่า *M. purpureus* สร้างสีแดงได้ในพีเอชระหว่าง 3.0-7.5 พลายแก้ว และบุบบา (2534ข) พบว่าสภาวะเป็นกรดไม่มีผลต่อการสร้างสีเหลืองของ ***M. barkari***

4. อุณหภูมิ

อุณหภูมิที่เหมาะต่อการสร้างสีจะอยู่ระหว่าง 27-30 องศาเซลเซียส โดยบุบบา (2529) พบว่าอุณหภูมิ 35-37 องศาเซลเซียสเหมาะสมต่อการเจริญและการสร้างเอนไซม์กลูโคอะไมเลส แต่ไม่เหมาะสมต่อการสร้างสีของเชื้อราโมแนสคัส

5. องค์ประกอบของแก๊ส

Han และ Mudgett (1992) เป็นรายแรกที่รายงานว่าสัดส่วนของแก๊สออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ มีส่วนต่อการผลิตข้าวแดงด้วย โดยพบว่าความดันแก๊สออกซิเจนต่อความดันคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับ 0.50 do o m บรรยากาศ (atm) จะมีผลดีต่อการสร้างสีแดงของอังคักมากที่สุด โดยปกติการเพาะเลี้ยงโดยการให้อากาศจะเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวบนเครื่องเขย่า (ภาพที่ 2.8)



ก ข

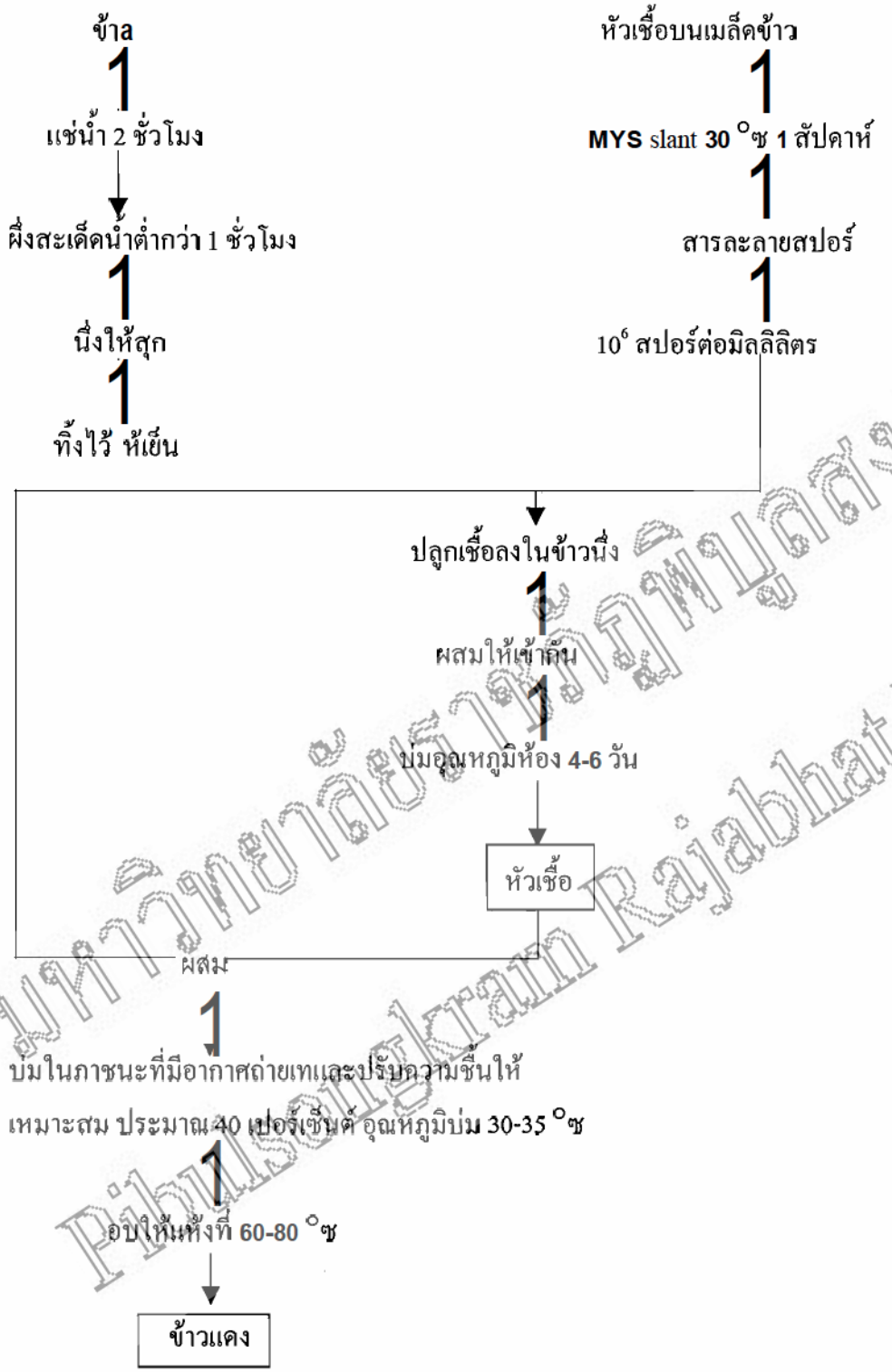
ภาพที่ 2.8 การเพาะเลี้ยงราโมแนสคัสบนเครื่องเขย่า

ก. ผลิตสีแดง ข. ผลิตสีเหลือง

ที่มา (บุษบา ยงสมิทธ์, 2542, หน้าที่ 249)

6. ความชื้น

Palo และคณะ (1960) เป็นรายแรกที่รายงานว่าความชื้นต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ให้ผลดีต่อการสร้างสีอังคักของ *M. purpureus* เชิดชัย และคณะ (2519) พบว่าความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ให้ผลดีมีอีมีการ ah หรือการให้อากาศช่วยให้เชื้อรานี้สร้างสีแดงได้ดีและเร็วขึ้น รัตนา (2528) รายงานว่าหมักข้าวแดงในสภาพที่มีความชื้นสูงมลง ไปนั้น เชื้อราโมแนสคัสจะสร้างเอนไซม์ย่อยแป้งได้สูง แต่สีกลับน้อยลง Lotong และ Suwanarit (1990) พบว่าความชื้นเริ่มต้นที่เหมาะสมต่อการผลิตข้าวแดงในถุงพลาสติกของเชื้อรา *Monascus* sp. NP 1 คือ 32.6 เปอร์เซ็นต์ แต่ความชื้นเริ่มต้นเท่ากับ 39.6 เปอร์เซ็นต์นั้น อัตราการสร้างสารสีจะลดลง ความชื้นต่ำเกินไปทำให้เชื้อราเจริญได้ไม่ดี ส่งผลให้การสร้างสีไม่ดีด้วย ความชื้นสูงเกินไปเกิดการเจริญและการสร้างเอนไซม์กลูโคสอะไมเลสมาก เกิดการสะสมกลูโคสยับยั้งการสร้างสีได้จึงได้พัฒนาสายพันธุ์กลายที่ทนต่อกลูโคสได้สูง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวแดง (กังสดาลย์, 2538 ; กังสดาลย์ และคณะ, 2539) ในขณะที่ Han (1990) และ Johns และ Stuart (1991) พบว่า ถ้าความชื้นเริ่มต้นต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์จะได้สีน้อย แต่ถ้าความชื้นเริ่มต้นที่ 50-56 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้สีสูงสุดภายใน 8 วัน พลายแก้ว และบุษบา (2534ข) ศึกษาสภาพวัตถุดิบที่เหมาะสมต่อการเจริญและการสร้างสีของ *M. kaoliang* ที่ให้สีแดง โดยศึกษาเวลาในการแช่ข้าว และเวลาสะเด็ดน้ำ และของ *M. barkari* ที่ให้สีเหลืองในสภาพที่เป็นกรด พบว่าเวลาแช่ข้าวนาน 8 ชั่วโมง และสะเด็ดน้ำ 5 – 10 นาที ที่ทำให้ข้าวมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 41 เปอร์เซ็นต์ เหมาะต่อการสร้างสีแดงของ *M. kaoliang* และสีเหลืองของ M *barkeri* นอกจากนั้น ยังพบเพิ่มเติมว่าการแช่ข้าวในน้ำนานเกินไปทำให้เมล็ดข้าวเกาะกัน การผึ่งสะเด็ดน้ำชั่วครู่ก็เพียงพอ มิฉะนั้นอาจทำให้ข้าวผึ่งลมมากเกินไป ทำให้ผิวหน้าแห้งเกินไป ไม่เป็นผลดีต่อการสร้างสี ดังนั้นการทำข้าวแดงจึงสามารถปฏิบัติได้ดังแผนผังในภาพที่ 29



ภาพที่ 2.9 แผนผังการทำข้าวแดง

ที่มา (บุษบา ยงสมิทธ์, 2542, หน้าที่ 216)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

การผลิตสารสีเหลืองโดยเชื้อราโมแนสคัส

สีผสมอาหารสีเหลืองจะมีราคาแพงกว่าสีแดงถึง 5 เท่า ที่ความเข้มข้นเดียวกันและมักเป็นสีที่ต้องระวังเกี่ยวกับความปลอดภัยมากกว่าสีแดง สีโมแนสคัสเองก็สามารถใช้สารเคมี เช่น นอร์แมลเฮ็ค เซน หรือคลอโรฟอร์มสกัดสีเหลืองออกมาจากสารสีหมักได้แต่อันตรายถ้ามีสารเคมีที่ใช้สกัดตกค้าง ฉะนั้นการที่กลุ่มนักวิจัยได้ค้นพบสายพันธุ์โมแนสคัสสีเหลืองที่สามารถใช้สับสเตรตราคาถูกที่หาได้ในบ้านเรา เช่น แป้งมันสำปะหลังหรือแป้งถั่วเหลืองหรือข้าวและสร้างสีเหลืองโดยตรงที่ค่าดูดกลืนแสงสูงสุด 330-370 นาโนเมตรในสภาพหมักแข็ง (พลายแก้ว และบุษบา, 2534 ข.) หรือหมักเปียก Yongsmith และคณะ, 1994) จึงมีประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาวิชาการในระดับมหาวิทยาลัยและการเรียนรู้เทคโนโลยีการหมักผลิตภัณฑ์จากเชื้อราเพื่ออุตสาหกรรมหมักในประเทศ

2.6 การแยกสารสี

วิธีสกัดสีออกจากเส้นใยจะแตกต่างกันไปทั้งทางด้านการใช้ตัวทำลายเป็นตัวสกัด และปริมาณความเข้มข้นของตัวทำละลายที่ใช้สกัด Broder และ Koehler (1980) ทดลองใช้เมทานอล คลอโรฟอร์ม เอทานอล และแอซีโตน ในการสกัดสีออกจากเส้นใย พบว่าสารที่สกัดสีได้ดีที่สุดคือ เมทานอล ซึ่งสีที่สกัดได้จะมีค่าดูดกลืนแสงเด่นอยู่ 2 สี ที่ความยาวคลื่น 390 นาโนเมตร (สีเหลือง) และ 500 นาโนเมตร (สีแดง) Lin (1973) ใช้เอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ในการสกัดสีออกจากเส้นใย นำเอาส่วนใสที่กรองได้ไปวัดค่าสีด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร Lin และ Lizuka (1982) มีการวัดค่าสีที่ละลายน้ำได้และสีที่ละลายน้ำรวมทั้งละลายในเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ได้ด้วย นำมาวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร และ 500 นาโนเมตร Hajjaj และคณะ (1997) พบว่านอร์แมลบิวทานอลนอกจากใช้สกัดสีโมแนสคัสได้ดี แล้วยังช่วยให้สีคงตัวต่อแสงด้วย ส่วน Sweeny และคณะ (1981) ประสบความสำเร็จจากการแยกสีบริสุทธิ์ชนิดต่าง ๆ จากข้าวแดงดังขั้นตอนต่าง ๆ แสดงในภาพที่ 2.10 ภาพกากเซลล์สดและการสกัดสีจากกากเซลล์ด้วยเอทานอลแสดงดังภาพที่ 2.11 ส่วนสมบัติของสีโมแนสคัส ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.7

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาพที่ 2.10 การแยกสารสีบริสุทธิ์จากผงข้าวแดง
ที่มา (Sweeny และคณะ, 1981 อ้างถึงใน บุษบา ยงสมิทธ์, 2542, หน้าที่ 229)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ก ข

ภาพที่ 2.11 กากเซลล์และสีสกัดของรา โมแนสคัส
ก. กากเซลล์สด **ข.** สีสกัดจากกากเซลล์ด้วยเอทานอล
ที่มา (บุษบา ยงสมิทธ์, 2542, หน้าที่ 250)

ตารางที่ 2.7 แสดงสมบัติของสีโมแนสคัส

สมบัติ	สีแดง	สีเหลือง
ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด (μ_{max})	420,500	330,370
ความคงทนต่อพีเอช	4 – 11	2 – 11
สารละลาย	เอทานอล, น้ำ, โมทานอล	เอทานอล, น้ำ, แอซีโตน
ความคงทนต่อความร้อน	ดีพอใช้	ดีกว่าสีแดง
ความคงตัวต่อแสง	พอใช้	ดี
ความปลอดภัย	ดี	ดี

ที่มา (บุษบา และคณะ, 2531, หน้าที่ 237)

2.7 การตรวจสอบความเป็นพิษของสารสีโมแนสคัส

Kaio และคณะ (1978) ศึกษาทางด้านความเป็นพิษของสีที่ได้จาก *Monascus sp.* โดยทดลองกับหนู พบว่าไม่เป็นพิษต่อสัตว์ทดลองนั้น ๆ นอกจากนี้ยังพบว่าค่า LD_{50} มีค่า 33.3 หรือ 8.7 กรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวเมื่อกินสีเข้าไป หรือเมื่อฉีดเข้าช่องท้อง ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี Rajabhat University

บุษบา และคณะ (2531) ศึกษาความปลอดภัยของสารสีจากเชื้อราโมแนสคัส โดยนำน้ำสีไปฉีดทดสอบความเป็นพิษในไข่ไก่ฟักเปรียบเทียบกับการฉีดด้วยน้ำกลั่นตามวิธีของ AOAC พบว่าไข่ไก่ฟักที่ผ่านการฉีดด้วยน้ำสีแดงหรือสีเหลืองมีอัตราการรอดเท่ากับไข่ไก่ฟักควบคุมที่ฉีดด้วยน้ำกลั่น (ตารางที่ 2.8)

ตารางที่ 2.8 แสดงเปอร์เซ็นต์การฟักตัวของไข่ไก่ฟัก เมื่อฉีดด้วยน้ำสีเหลืองและน้ำสีแดงจาก *Monascus bakari* และ *M. kaoliang* ตามลำดับ

ตัวอย่างน้ำสีที่ฉีดไข่	จำนวนไข่ที่ใช้ (ฟอง)	จำนวนไข่ที่ฟักเป็นตัวทั้งหมด (ฟอง)	เปอร์เซ็นต์การฟักเป็นตัว
Control			
ไม่ฉีดน้ำกลั่น	10	6	77.5
ฉีดน้ำกลั่น	30	25	83.3
Monascus barkeri KB10			
(35.55 หน่วยต่อมิลลิลิตร)			
สีเหลืองเจือจาง ***2*** เท่า	10	9	90.00
เจือจาง 5 เท่า	25	21	84.00
Monascus kaoliang KB9			
(67.90 หน่วยต่อมิลลิลิตร)			
สีเหลืองเจือจาง 2 เท่า	30	23	76.67
เจือจาง 5 เท่า	30	25	83.33

ที่มา (บุษบา และคณะ, 2531, หน้าที่ 231)

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Pibulsongkram Rajabhat University

2.8 ประโยชน์ของราข้าวแดงจีนัส *Monascus spp.*

นับแต่โบราณกาลชาวจีนรู้จักใช้ข้าวแดงที่เรียกว่า อังคัก ในการผลิตอาหารหมักและเครื่องดื่ม จากราข้าวแดง ผลิตภัณฑ์เหล่านั้น ได้แก่ เต้าหู้ยี้ (read soybean cheese) (Lin, 1973 ; Tsai และคณะ, 1978) บรั่นดีเกาเหลียง (kaoliang brandy) (Lin, 1973, 1975) ไวน์ข้าวแดง (red rice wine) หรือที่ชาวจีนเรียกว่า อังจิ้ว (Antyu) หรือ ไวน์แดงเฉาชิง (read Shao-Hsing wine) (Lin, 1973 ; Wong และ Chien, 1986) ราข้าวแดงที่เกี่ยวข้องในผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ได้แก่ *Monascus anka, M. purpureus* และ *M. barkeri* โดยจะนำราเหล่านี้มาเตรียมหัวเชื้อข้าวแดง เพื่อใช้กับผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ต่อไปโดยเฉพาะเครื่องดื่มที่ใช้หัวเชื้อของราเหล่านี้จะมีปริมาณเอทานอลสูงถึง 13 – 15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้หมักร่วมกับยีสต์ (Yokotsuka, 1992 a) นอกจากนี้ราข้าวแดงบางสปีชีส์ยังมีสมบัติในการยับยั้งแบคทีเรีย (Wong และ Bau, 1977 ; 1978) ตลอดจนยีสต์และราเส้นสายบางชนิด (Martinkova และคณะ, 1995)

นอกจากประโยชน์ในกระบวนการอาหารโดยตรงแล้ว *Monascus* ยังสามารถสร้างเอนไซม์ต่าง ๆ ได้แก่ α-amylase, β-amylase, protease (Tsai และคณะ, 1978) α-galactosidase (Wong และคณะ, 1986) ribonuclease, lipase, α-glucosidase, (Yokosuka, 1992 b) glucoamylase, (Lin, 1973 ; lizuka และ Mineki, 1977) maltase, RNA-degrading enzyme (Wong และ Bau, 1978) และ polypectase (Bridge และ Hawksworth, 1985) นอกจากนี้ รา *M. ruber* ยังสร้างสารโมนาโคลิน เค (Monacolin k) ซึ่งมีอิทธิพลต่อเมตาบอลิซึมของลิโพโปรตีนชนิดใช้ลดคลอเลสเตอรอลและเอชดีแอลคอลเลสเตอรอล(HDL-chloesterol) ตลอดจนไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride) ได้อีกด้วย (Fink-Gremmels และ Leistner, 1989)

ประโยชน์ที่สำคัญอีกประการหนึ่งของรา *Monascus* ก็คือ การสร้างรงควัตถุธรรมชาติเพื่อใช้เป็นสีผสมอาหาร (Su และคณะ, 1973) ซึ่งต่อมาได้มีการผลิตรงควัตถุจากรา *Monascus* เป็นการค้าดังเช่นในประเทศจีน ไต้หวัน และญี่ปุ่น (Su และ Huang, 1980 ; Yokotsuka, 1992 a) สปีชีส์ที่สำคัญในการผลิตสีผสมอาหาร ได้แก่ *M. purpureus* และ *M. anka* ซึ่งมีความปลอดภัยเพราะเป็นราที่ชาวตะวันออกใช้เป็นหัวเชื้อข้าวแดงมาแต่โบราณ สำหรับรงควัตถุที่ราสร้างขึ้นเป็นสีผสมของสีเหลือง (monascin, ankaflavin) สีแดง-ส้ม (robropuntatin, monascorubrin) และสีม่วง-แดง (rubropunctamine, monascorubramine) ซึ่งได้จากการหมักในอาหารเหลวและบนอาหารแข็งโดยใช้เซลล์อิสระ (free cell) หรือการตรึงเซลล์ (immobilized cell) (Su และ Huang, 1980 ; Lin และ lizuka, 1982 ; Evans และ Wang, 1984 ; Mak และคณะ 1990 ; Johns และ Stuart, 1991 ; Chiu และ Chan, 1992)

ในปัจจุบันสีผสมอาหารที่ผลิตจากราข้าวแดง *Monascus* ได้รับจดการสิทธิบัตรทั้งหมด 38 ฉบับ ได้แก่ สีที่ใช้กับผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ อาหารที่ใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ โปรตีนจากพืช dm (Bijelis, 1992) เป็ด ไก่ (Fink-Gremmels และ Leistner, 1989) สีที่ใช้แต่งลูกกวาด ขนมเค้กผลิตภัณฑ์นมและ

เครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์ สำหรับประโยชน์ของการผสมสีลงไปในเนื้อสัตว์นั้น นอกจากเพื่อการแต่งเติมสีของเนื้อแล้ว ยังใช้รักษาสีของเนื้อเช่นเดียวกับการเติมไนไตรท์ (Bijelis, 1992)

การใช้ประโยชน์ของสีธรรมชาติชนิดนี้มีมานานกว่าพันปีในประเทศจีนและมีรายงานกล่าวถึงดังรวบรวมไว้ในตารางที่ 2.9 ภาพที่ 2.12 สิทธิบัตรการใช้ประโยชน์สีโมแนสคัสมีมากกว่า 80 ฉบับ จดในประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส และเยอรมัน (Lin และคณะ, 1992) ในขณะที่ระหว่างปี ค.ศ. 1971 ถึง 1990 พบว่ามีเพียง 39 ฉบับ โดยจดในญี่ปุ่น 30 ฉบับ สหรัฐอเมริกา 4 ฉบับ และ ยุโรป 5 ฉบับ (Cook, 1994)

ตารางที่ 2.9 การใช้ประโยชน์จากสีโมแนสคัส

การใช้ประโยชน์	เอกสารอ้างอิง
1. เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ สาเก (sake หรือ rice wine) ไวน์แดง เหล้าจีน	Lin และ Iizuka (1982)
2. เครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอล์ เช่น น้ำหวาน น้ำนม น้ำนมเปรียว น้ำผลไม้	Moll และ Farr (1976)
3. อาหาร แยมถั่วเหลือง (bean jam) เต้าหู้ยี้ (chinese cheese หรือ sufu) เนื้อเทียม (artificial meat products) ปลาแป้งแดง ปลาหมึก กะทิ ไอศกรีม นม นมเปรี้ยว ไส้กรอก (sausage) แฮม (hams) ซ๊อสมะเขือเทศ (ketchup) ผลิตภัณฑ์ทะเล เช่น เนื้อปลาบด (kamaboko) ไข่ปลาคอด (cod's row)	Toyo Brewing (1981) Ezaki Glico (1980) Moll และ Farr (1978) Yamanaka (1980)

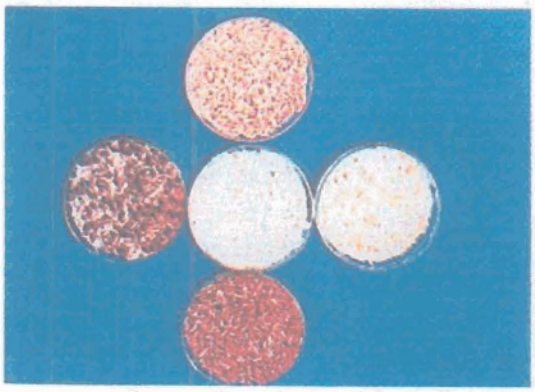
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ตารางที่ 2.9 (ต่อ) การใช้ประโยชน์จากสีโมแนสคัส

การใช้ประโยชน์	เอกสารอ้างอิง
ขนมลูกชุบทำจากถั่ว	บุษบา และคณะ (2531)
ผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม เช่น โปรตีนเกษตร แฮมเทียม	
ผลิตภัณฑ์สุริมิ เช่น ปูเทียม4. อื่น ๆ โคจิ ซีอิ้ว	Suzuki (1988) ; Hiroi (1988)
เครื่องยาจีน	Lin และ lizuka (1982)
	Moll และ Farr (1976)
Aperitifs ขนมต่าง ๆ	บุษบา และคณะ (2531)
ยาเม็ดและยาน้ำ	Pola Chemical Industries
เครื่องสำอาง เช่น แป้งฝุ่นผัดหน้า	(1984)
ผ้าไหม และรังไหม	บุษบา และคณะ (2533)
เจือสีกระดาษเซลโลเฟนห่อเนื้อ	Hamada (1977)

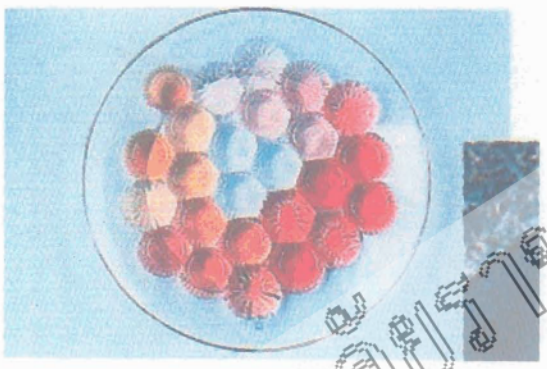
ที่มา (บุษบา และคณะ, 2531, หน้าที่ 230)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University



ก. ข้าวแดง ข้าวเหลือง ทำข้าวหมาก

ข. ผสมสีทำขนม



ค. ผสมสีขนม

ง. ผสมสีทำปูเทียม

จ. ย้อมรังไหมสีขาว

ฉ. เนื้อเทียม (ทำจากโปรตีนเกษตรหรือถั่วเหลือง)

ภาพที่ 2.12 ประโยชน์จากสีที่ได้จากราโมแนสคัส

ที่มา (บุษบา และคณะ, 2531, หน้าที่ 252)

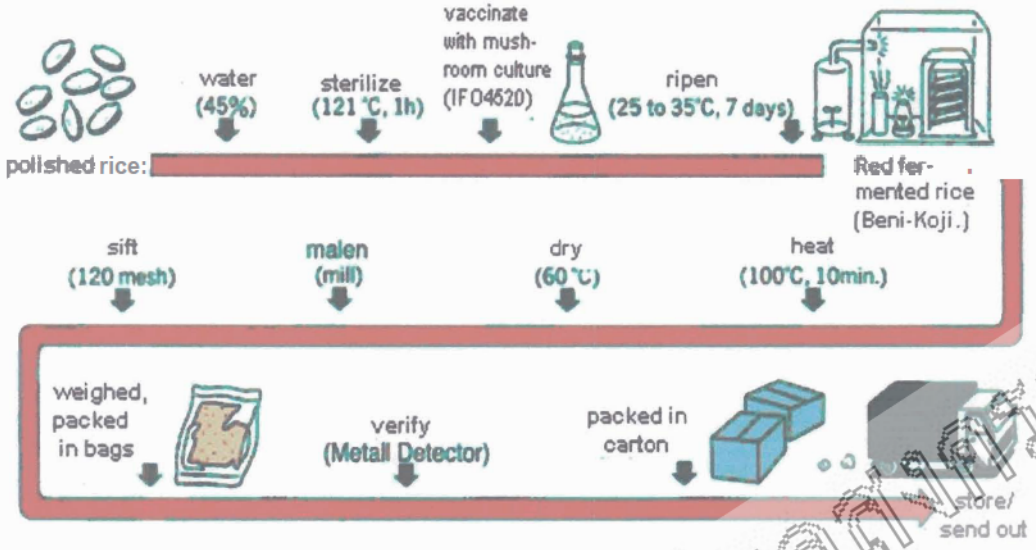
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ช. ผสมสีเม็ดยา

ภาพที่ 2.12 (ต่อ) ประโยชน์จากสีที่ได้จากกราโมแนสคัส
ที่มา (บุษบา และคณะ, 2535: หน้าที่ 252)

Monascus รู้จักกันภายใต้ชื่อ อังคัก, ข้าวแดง หรือโคจิ ที่ส่วนมากผลิตจากข้าวที่หมักกับเชื้อรา *Monascus* หรือสปีชีส์อื่นๆ ของเชื้อรา *Monascus* โดยเมื่อนำ *Monascus* ใส่ลงในข้าวที่ชื้นหมาด ๆ *Monascus* จะสร้างสารสีหลังจากหมักไปได้นาน 2 – 4 สัปดาห์ จึงจะนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปทำแห้งแล้วนำไปขายในตลาดในรูปของเมล็ดข้าวแดงหรือผงแป้งดังภาพที่ 2.13 และ 2.14 สำหรับในระบบการผลิตสมัยใหม่จะถูกประยุกต์มาจากการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการเชื้อราต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น *M. purpureus* จะผลิตสารสีที่ประกอบด้วย Monascrubin และ Monascin ผลิตภัณฑ์ที่เชื้อราโมแนสคัสผลิตได้มีความเกี่ยวข้องน้อยมากกับจำนวนของข้าวที่ใช้ในกระบวนการหมัก ซึ่งข้าวก็มิได้สูญเสียคุณค่าทางอาหารแต่อย่างใด โดยในประเทศเยอรมันมีการใช้เป็นอาหารหรือใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร ดังนั้นในอนาคตอาจนำสีแดงที่ได้จาก *Monascus purpureus* มาใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อและไส้กรอก ดังภาพที่ 2.15

ที่มา (http://www.mandt.de/backupallokcom/erot.htm,1998)



ภาพที่ 2.13 การหมักข้าวแดงในระดับอุตสาหกรรม

ที่มา (http://www.mandt.de/backupallokcom/erot.htm,1998)

ภาพที่ 2.14 เมล็ดข้าวแดงที่ผลิตในข้าวหมักกับ *Monascus purpureus*

ที่มา (http://www.mandt.de/backupallokcom/erot.htm,1998)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ภาพที่ 2.15 การนำสีแดงที่ได้จาก *Monascus purpureus* มาใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อและไส้กรอก
ที่มา (http://WWW.mandt.de/backupallok/cap/erot.htm,1998)

Inhouse Drugstore (UK) ได้ประชาสัมพันธ์สิ่งสกัดที่ใช้ในการช่วยควบคุมปริมาณโคเรสเตอรอลใน เส้นเลือดและช่วยบำรุงสุขภาพของหัวใจ ได้แก่

1. โคเลสติน (cholestin) ซึ่งจะพบได้ใน *Monascus purpureus* Went.
2. โคเอนไซม์ คิวเทน (Co-enzyme Q10)
3. โซคอร์ (Zocor)
4. ลิปิเตอร์ (Lipitor)
5. คาร์โพเทน (Capoten)
6. คอซาร์ (Cozaar)
7. นอร์วาส (Norvasc)
8. ลาโนซิน (Lanoxin)

ที่มา (http://www.inhousedrugstore.co.uk/heart-health/ heart-health.html)

โคเลสติน (cholestin or TM) เป็นสารจากธรรมชาติซึ่งจะพบได้ใน *Monascus purpureus* Went. ซึ่งได้จากการหมักราชนิดนี้บนเมล็ดข้าว เป็นอาหารสำหรับสุขภาพของคนจีน ซึ่งรู้จักกันดีในประเทศจีนมากกว่า 2,000 ปีมาแล้ว โคเลสติน เป็นสารช่วยในการลดน้ำหนักเพราะมีความสามารถในการลดปริมาณไขมันในเส้นเลือด โคเลสติน เป็นสารที่พบใน HMG-CoA reductase inhibitor ซึ่งพบในตับ เป็นเอนไซม์ที่ใช้ควบคุมปริมาณโคเรสเตอรอลซึ่งสร้างโดยตับ

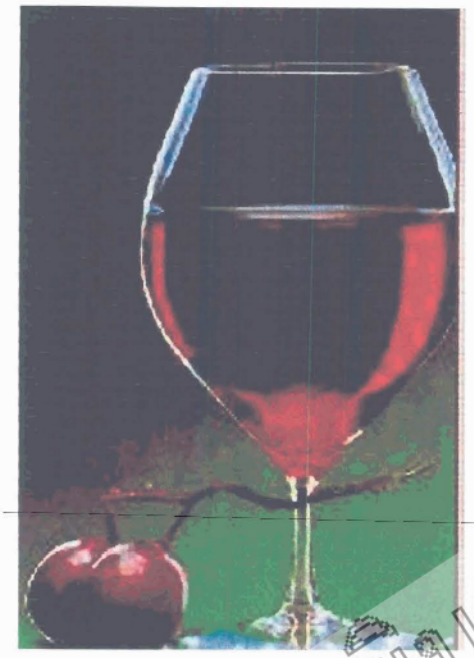
ที่มา (http://www.collegepharmacy.com/articles/research.asp?ArticleID=53)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี Phetchaburi Rajabhat University

Monascus purpureus เป็นราสีแดงที่สามารถเพาะเลี้ยงได้บนวัตถุดิบที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบ โดยมีการหมักกันมานานแล้วในประเทศแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งเมล็ดข้าวที่ผ่านการหมักแล้วจะมีสีแดงสดจนถึงสีม่วงและในทางการค้าจะนำออกจำหน่ายในรูปของผงข้าวแดงในประเทศจีนเรียกว่า อังคัก (Ang Kak) ส่วนในประเทศญี่ปุ่นจะเรียกว่า โคจิ (Koji) การนำสารสีจาก ***Monascus*** ไปใช้ส่วนใหญ่จะใช้เป็นส่วนผสมของอาหาร โดยเฉพาะในเนื้อสัตว์จะใช้เป็นสารกันบูดกันเสียและยังใช้เป็นเครื่องปรุงรสอาหาร หรือในบางครั้งจะใช้ ***Monmcus*** ในกระบวนการผลิตไวน์จากข้าวเนื่องจาก *Monascus* มีเอนไซม์ ***α*** **- amylase** ที่สามารถย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาลได้ดังภาพที่ **2.16** Endo **(1980)** สามารถแยกสารเมทาบอไลต์ **(metabolite)** ชนิดหนึ่งได้จาก ***Monascus ruber*** คือ โมนาโคลิน เค **(Monocolin K)** ซึ่งเป็นตัวทำให้เกิดโรค **Hyperlipoproteinemia** ในหนู รูปรีดิวซ์ฟอร์มของ **Monacolin K** คือ เมไวโนลิน (Mevinolin) ใช้เป็นยาลดปริมาณคลอเลสเตอรอล **(cholesterol)** สารสกัดที่ได้จาก ***Monascus purpureus*** ใช้ในการลดปริมาณคลอเลสเตอรอล เฮชดีแอล คลอเลสเตอรอล **(HDL cholesterol)** และไตรกลีเซอรอล **(triglyeerol)** ซึ่งประเทศญี่ปุ่นได้รับสิทธิบัตรในเรื่องของการใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จาก ***Monmcus*** ลดความดันเลือด ซึ่งในบางครั้งตามซุปเปอร์มาเก็ตเราอาจพบในรูปของผลิตภัณฑ์ลดความอ้วนในชื่อของโมนาโคลิน **(Monacolin)** สารสกัดได้จาก *M. purpureus* อีกชนิดหนึ่งคือ โมแนสซิดิน เอ **(Monascidin A)** สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียในจีนัส ***Bacillus, Streptococcus*** และ *Pseudomonas* (Wong, 1977) สำหรับสารสีเหลือง 2 ชนิด จาก ***M. purpureus*** ที่มีความเข้มข้นต่ำก็สามารถยับยั้ง ***B. subtilis*** ได้ (Wong, 1981) ส่วน Chen (1989) พบว่ามีการยับยั้งการเจริญของ ***Staphylococcus aureus*** และต่อมา Fink gremmels (1989) และ Leistner(1991) ได้ศึกษาว่าสามารถยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกมากกว่าแกรมลบแต่จะไม่มีผลต่อ *Lactobacillus*

ที่มา (http://WWW.behrbonn.com/literat/monascub.htm)

มหาวิทยาลัยพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



ภาพที่ 2.16 ไวน์แดงที่ได้จากโมแนสคัส

ที่มา (http://WWW.behronn.com/literat/monascub.htm)

Monascus เป็นที่รู้จักกันทั่วไปในยุโรป เพราะนักวิทยาศาสตร์ชาวดัตช์ (ประเทศเนเธอร์-แลนด์) ได้ค้นพบราข้าวแดงและได้แยกเชื้อ และจัดจำแนกเชื้อได้เป็น *Monascus sp.* สำหรับ *Monascus* ที่สามารถผลิตสีได้คล้าย ๆ กับ *Monascus purpureus* คือ *Monascus pilsus* และ *Monascus ruber*

การหมักเชื้อรา *Monascus* บนข้าวเพื่อให้เกิดการสร้างสารสี และนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปขายในรูปของเมล็ดข้าวแดง หรือผงแป้งโดยในประเทศเยอรมันสามารถใช้ผลิตภัณฑ์จากโมแนสคัสเป็นอาหารหรือใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหาร โดยในอนาคตอาจจะมีการนำสีแดงที่ได้จาก *Monascus* มาใช้ในผลิตภัณฑ์เนื้อและไส้กรอกอีกด้วย

ที่มา (http : // WWW.mandt.de/backupallokcom/erot.htm ,1998)

Monascus purpureus สามารถเพาะเลี้ยงได้บนวัตถุดิบที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ ซึ่งมีการนำสารสีจาก *Monascus* ไปใช้เป็นส่วนผสมของอาหาร โดยเฉพาะในเนื้อสัตว์จะใช้เป็นสารกันบูด และยังสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องปรุงรสอาหาร ใช้ในกระบวนการผลิตไวน์จากข้าว และที่สำคัญยังสามารถนำไปใช้เป็นยาลดปริมาณคลอเลสเตอรอล (Cholesterol) ได้อีกด้วย

ที่มา (http : // WWW.behronn.com/literat/monascub.htm ,1998)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รายงานผลการวิจัยว่าได้พบสารประกอบชนิดหนึ่งใน *Monascus purpureus* ที่เรียกว่า manocolin K ที่สามารถยับยั้งการผลิตคลอเรสเตอรอล (cholesterol) ได้และ M *purpureus* ยังสร้างสารประกอบอื่น ๆ เช่น สเตอรอล (sterol) ได้อีกด้วย

ที่มา (http : // www.hollandandbarrett.com/Herb/red_Yeast_Rice.htm ,2000)

2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จิราภรณ์ อนันต์ชัยพัทธา และ ชุติมา กิตติภิญโญวัฒน์ (2543) ทำการวิจัยเรื่อง การเลี้ยงเชื้อราโมแนสคัสบนกากมันสำปะหลังเพื่อผลิตเม็ดสี พบว่าเมื่อนำเชื้อราโมแนสคัส 8 ไอโซเลตคือ 005, 010, 025,052,063,065 และ 066 ซึ่งแยกได้จากข้าวแดงและเต้าหู้ยี้และเชื้อรา *Monascus purpureus TISTR* 3002 ซึ่งสามารถเจริญและผลิตเม็ดสีได้ดีบนกากมันสำปะหลัง ทำการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดสีบนกากมันสำปะหลังในสภาวะการหมักแห้ง โดยศึกษาความชื้น พีเอช อุณหภูมิและค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน พบว่า เชื้อราหมายเลข 010, 063 และ 065 มีความสามารถผลิตเม็ดสีได้ดีเป็นสามอันดับแรก คือหมายเลข 065 ให้ปริมาณเม็ดสีสีแดงสูงสุดเท่ากับ 34.25 unit/g dry wt. รองลงมาคือ หมายเลข 010 และ 063 ให้ปริมาณเม็ดสีสีแดงเท่ากับ 34.15 และ 33.50 unit/g dry wt. ตามลำดับ ส่วนเม็ดสีส้มเท่ากับ 24.92, 24.05 และ 22.83 unit/g dry wt. ตามลำดับ และเม็ดสีเหลืองเท่ากับ 80.41, 75.22 และ 66.30 unit/g dry wt. ตามลำดับ โดยสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเม็ดสีของเชื้อราบนกากมันสำปะหลังในสภาวะการหมักแห้งคือ ความชื้นเริ่มต้น 60 เปอร์เซนต์ พีเอชเท่ากับ 6 อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และค่าอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน ช่วง 150-200 : 1

ที่มา (http://science.kmutt.ac.th/Microbiology/thesis/thesis-th/indusmic3.htm.)

บุษบา ยงสมิทธ์ (2542) ได้รายงานถึงสีโมแนสคัสที่ผลิตด้วยเชื้อจุลินทรีย์จากวัตถุดิบภายในประเทศ ซึ่งเชื้อราโมแนสคัส เมื่อเจริญบนเมล็ดข้าวโดยการงอกของเส้นใยทั้งผิวหน้าและแทรกทะลุเข้าไปในเมล็ดข้าวก็จะมีการสร้างสารสีได้ภายหลังจากการบ่มไปได้นาน 3 วัน สารสีเหล่านี้เมื่อนำมาสกัดด้วยสารละลายเอทานอล พบว่า สารสีแดงทั่วไปจะมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด 2 จุดที่ 420 และ 500 นาโนเมตร ซึ่งที่พบในสายพันธุ์ *Monascus purpureus* หรือ *M. anka* ที่นิยมใช้หมักข้าวแดง และยังได้รายงานถึงประโยชน์ของ *Monascus* ที่สำคัญก็คือ การสร้างรงควัตถุธรรมชาติเพื่อใช้เป็นสีผสมอาหาร โดยสปีชีส์ที่สำคัญในการผลิสีผสมอาหาร ได้แก่ *Monascus purpureus* และ *M. anka* ซึ่งมีความปลอดภัยเพราะเป็นราที่ชาวตะวันออกใช้เป็นหัวเชื้อข้าวแดงมาแต่โบราณ และนอกจากนี้บุษบา ยงสมิทธ์ยังได้รายงานถึงความเป็นพิษของสารสีโมแนสคัสพบว่าไข่ไก่ฟักที่ผ่านการฉีดด้วยน้ำสีแดงและสีเหลืองจาก *Monascus* มีอัตราการรอดเท่ากับไข่ไก่ฟักควบคุมที่ฉีดด้วยน้ำกลั่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ Chiang Mai Rajabhat University

บุษบา ยงสมิทธ์ และ วรรณภา ทาบโลกา (2528) ได้ทำการศึกษาการคัดเลือกเชื้อราแดงโมแนสคัสที่สามารถเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีมันสำปะหลังเป็นแหล่งอาหารคาร์โบไฮเดรตและสามารถสร้างสีได้ดีทั้งในส่วนเซลล์และนอกเซลล์ได้ 3 สายพันธุ์จากตัวอย่างที่แยกมาได้ 70 ตัวอย่าง สายพันธุ์เมื่อนำมาทดสอบการสร้างสี ทั้งในสภาพหมักเปียกหรือการหมักแห้งพบว่าสามารถสร้างสีได้เข้มทั้งสองสภาพแต่วิธีการหมักเปียกพบว่าสะดวกกว่าในสภาพของการหมักแห้ง และเมื่อนำไปทดสอบในไข่ฟักพบว่าไม่มีพิษต่อไข่ไก่ฟักเมื่อเทียบกับไข่ Control และวิเคราะห์ไม่พบโลหะหนักในสีที่เตรียมได้

จากการวิจัย พบว่ามีสารประกอบชนิดหนึ่งใน *Monascus purpureus* ที่เรียกว่า monocolin K สามารถยับยั้งการผลิตคลอเลสตอรอล(cholesterol) ได้โดยจะไปยับยั้งปฏิกิริยาของเอ็นไซม์ที่ผลิต คลอเลสตอรอลภายในตับ มีตัวยาชนิดหนึ่งที่ชื่อ โลวาสเททิน(lovastatin) ที่มีกลไกการทำงานคล้ายกับ monacolin K แต่อย่างไรก็ตามจำนวนของ monacolin K ใน *Monascus* ก็มีจำนวนน้อย (0.2 เปอร์เซ็นต่อ 5 มิลลิกรัม) ซึ่งก็เทียบได้กับโลวาเททิน(lovastatin) 20-40 มิลลิกรัม และจากการทดลองนี้พบว่า *Monascus* ยังสร้างสารประกอบอื่น ๆ ได้อีก เช่น สเตอรอล (sterol) ซึ่งอาจมีส่วนช่วยลดปริมาณคลอเลสตอรอล ซึ่งจากการทดลองกับอาสาสมัคร 2 คนแล้วพบว่า เมื่อทั้ง 2 คนได้รับ monocolin ประมาณ 5 มิลลิกรัมต่อวันติดต่อกัน 2 เดือนแล้วพบว่าสามารถลดปริมาณคลอเลสเตอรอลในซีรัม(serum) ลงไปได้ คลอเลสตอรอลชนิด HDL ลดลงได้มากกว่า คลอเลสตอรอลชนิด LDL และยังพบอีกว่าสามารถลดปริมาณของ ไตรกลีเซอไรด์(triglyceride) ได้ด้วยเหมือนกัน

ที่มา1 (http : //www. hollandandbarrett.com/Herb/Red_Yeast_Rice.htm, 2000)

จากงานวิจัยของ Koehler ,P.E.(2001) เรื่อง สีจาก *Monascus purpureus* ใช้เป็นสารให้สีในโยเกิร์ต โดยการทดลองมีการเปรียบเทียบสีที่ใช้แทนสีของสตรอเบอร์รี่ในโยเกิร์ต โดยใช้สี FD&C Red#40 แป้งที่ได้จากหัวบีท สีคาร์มีน (carmine) และสีจาก *Monascus purpureus* ใส่ในโยเกิร์ต ทำการทดลองโดยตรวจสอบผลการทดลองโดยวิธีเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์อาหาร (food science tecnology) ซึ่งผลการทดลองพบว่า สีจาก *M. purpureus* เป็นที่ยอมรับใช้เป็นสารให้สีในโยเกิร์ตสตรอเบอร์รี่ โดยสีมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับสี FD&C Red#40 และเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าสี จากแป้งที่ได้จากหัวบีทและสีคาร์มีน (carmine)

ที่มา (http : //ift.confex.com/ift/2001/techprogram/paper_6799.htm)

จากงานวิจัยของ Sheu,F., C.L. Wang and Y.T. Shyu (2000) เรื่อง การหมัก *Monascus purpureus* บนเบดทีเรียนาต้าที่ผลิตเซลลูโลสและความคงตัวของสารสีจากสารประกอบโมแนสคัส-

นาต้า (Monascus-nata complex) พบว่า แบคทีเรียนาต้าที่ผลิตเซลลูโลสหรือ Acetobacter *aceti* ssp. *xylinum* จะให้สารสีเมื่อหมักกับ Monascus *purpureus* เมื่อดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope : SEM) แสดงให้เห็นว่าเส้นใยของเชื้อราเจริญแทรกเข้าไปในเซลลูโลสของแบคทีเรียนาต้า ซึ่งมีผงแป้งข้าวเป็นเป็นแหล่งคาร์บอนหลักและมีโมโนโซเดียมกลูตาเมตปั่นแหล่งไนโตรเจน จะปรากฏสีภายหลังจากการหมัก 12 วันที่อุณหภูมิ 30 อาศสเซลเซียส เมื่อนำมาทำให้แห้งพบว่าสี ของสารประกอบนี้สามารถทนต่อการล้าง ความร้อน การทำให้เย็น กรดและด่าง ซึ่งแสดงให้เห็นศักยภาพของสารประกอบโมแนสคัส-นาต้า (*Monascus*-nata complex) ว่าสามารถนำไปใช้เป็นไส้อาหารที่เป็นมังสาวิรัติ (vegetarian foodstuff) ชนิดใหม่

ที่มา (http : //www.confex.com/store/ift/jfs65-0342.htm)

จากงานวิจัยของ Andrea and et.al. (2001) เรื่อง การใช้สีจาก *Monascus* purpureus ในผลิตภัณฑ์อาหารจากเนื้อสัตว์ เป็นการใช้สีจาก Monascus purpureus แทนสารไนไตรต์ (nitrite) ในผลิตภัณฑ์อาหารจากเนื้อสัตว์ (แฮมที่ทำจากเป็ด ไก่) ทำการทดลองโดยมีการเติมสารสกัดจาก M. purpureus 2 ความเข้มข้นคือ 0.5 กรัมต่อกิโลกรัม และ 0.75 กรัมต่อกิโลกรัม เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่เป็นสารไนไตรต์กับเกลือผสมกัน โดยไม่เติมสารสกัดจาก M. purpureus ผลการทดลองพบว่าแฮมที่เติมสารไนไตรต์กับเกลือผสมกันและสารสกัดจาก *M.* purpureus ความเข้มข้น 0.5 กรัมต่อกิโลกรัม ให้สี กลิ่นและลักษณะที่ต้องการ

จากงานวิจัยของ Lee, C.Z., C.B. Chen,Teng, G.F. Yuan and C.C. Liao เรื่อง การสร้างสารสีแดงและสารโมนาโคลิน เค (monacolin K) ของ Monascus strain ในอาหารเหลว ทำการทดลองโดยเพาะเชื้อราหลายสายพันธุ์ลงบนอาหารเหลวที่มีส่วนประกอบของข้าว เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และทำการคัดเลือกสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง โดยแยกเป็นการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งและในอาหารเหลว การเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งโดยบ่มเชื้อราบนถาดที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความชื้น 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน การเพาะเลี้ยงในอาหารเหลวโดยถ่ายเชื้อลงในถังหมักปริมาตร 5 ลิตร เพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบเท่ากับ 500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 วัน ตรวจสอบผลการทดลองโดยวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร วิเคราะห์ความเข้มข้นของสารโมนาโคลิน เค โดยใช้เครื่อง HPLC ผลการทดลองพบว่า 72 สายพันธุ์ของราโมแนสคัสที่เก็บใน CCRC/FIRDI ถูกคัดเลือกขั้นต้น และ พบว่า M. purpureus M15 สามารถผลิตสารสีแดง (color value 12) และสารโมนาโคลิน เค (4 mg/g) ได้สูงที่สุดในการเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง และพบว่ามีการผลิตสารโมนาโคลิน เคได้ 5 ug/g และไม่คงที่ในการเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว (ถังหมัก) และผลจาก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี Phuket Rajabhat University

การเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งพบว่า ความชื้น และอากาศมีผลต่อการสร้างสารสีแดงและสารโมนาโคลิน เค ที มา (http : //www.confex.com/ift/98annual/accepted/423.htm)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

1. แผนการดำเนินการวิจัย

การเก็บตัวอย่างวัตถุดิบ

↓

การเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบ เพื่อใช้เป็นสับสเตรต

การเตรียมสารละลายสปอร์ของ *Monascus purpureus* TISTR 3090

↓

การศึกษาการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *M. purpureus* TISTR 3090 บนสับสเตรต 18 ชนิด

↓

การศึกษาความเป็นกรดด่างของสับสเตรตที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *M. purpureus* TISTR 3090

↓

การศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *M. purpureus* TISTR 3090

↓

การศึกษาระยะเวลาที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *M. purpureus* TISTR 3090

↓

การศึกษาการกระตุ้นการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *M. purpureus* TISTR 3090 ด้วยการกระตุ้นด้วยแสงสว่างกับความมืด

↓

การศึกษาการกระตุ้นการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *M. purpureus* TISTR 3090 ด้วยการกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส

↓

การสกัดสารสี

↓

การวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ด้วยเครื่องเปกโตโฟโตมิเตอร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การหาข้อมูลและตรวจสอบเอกสาร

2. วิธีการเก็บตัวอย่าง

วัตถุดิบ 18 ชนิด ได้แก่

(1) ข้าวหอมมะลิ

(2) ข้าวเจ้า

(3) ปลายข้าวเจ้า

(4) ข้าวฟ่างทำขนม

(5) ข้าวฟ่างอาหารนก

(6) ลูกเดือย

(7) รำข้าว

(8) มันแกว

(9) มันเทศ

(10) มันสำปะหลัง

(11) มันฝรั่ง

(12) เผือก

(13) กล้วยห่าม

(14) ฝรั่ง

(15) หัวไชเท้า

(16) กากมะพร้าว(คั้นกะทิแล้ว)

(17) เต้าหู้ขาว

(18) ขนมปัง

การเก็บตัวอย่าง เก็บตัวอย่างทั้งหมดที่ตลาดหัวรถไฟ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก

3. วิธีการเตรียมวัตถุดิบ 18 ชนิด เพื่อใช้เป็นสับสเตรต

(1) นำข้าวหอมมะลิ, ข้าวเจ้า, ปลายข้าวเจ้า, ลูกเดือย ชั่งใส่ฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตร ชนิดละ 20 กรัม ส่วนข้าวฟ่างทำขนม, ข้าวฟ่างอาหารนก ชั่งใส่ฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตร ชนิดละ 10

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

กรัม แล้วนำไปแช่น้ำทิ้งไว้นาน 15 ชั่วโมง หลังจากนั้นเทน้ำออกให้สะเด็ดน้ำใช้แท่งแก้วเขี่ยวัตถุดิบให้กระจายทั่วฟลาสก์ และนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

(2) นำรำข้าวชั่งใส่ฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 10 กรัม และเติมน้ำลงไป 5 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วเขี่ยวัตถุดิบให้กระจายทั่วฟลาสก์ และนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศา-เซลเซียส นาน 15 นาที

(3) นำมันแกว, มันเทศ, มันสำปะหลัง, มันฝรั่ง, เผือก, กล้วยห่าม, dk, หัวไชเท้า ปลอกเปลือกและหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ชั่งใส่ฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตร ชนิดละ 20 กรัม ใช้แท่งแก้วเขี่ยวัตถุดิบให้กระจายทั่วฟลาสก์ และนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

(4) นำกากมะพร้าว(คั้นกะทิแล้ว) ชั่งใส่ฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 5 กรัม ใช้แท่งแก้วเขี่ยวัตถุดิบให้กระจายทั่วฟลาสก์ และนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

(5) นำเต้าหู้ขาว, ขนมปัง หั่นเป็นชิ้นเล็กๆชั่งใส่ฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตร จำนวน 20 และ 10 กรัม ตามลำดับ แล้วใช้แท่งแก้วเขี่ยวัตถุดิบให้กระจายทั่วฟลาสก์ และนำไปฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

4. วิธีการเตรียมสารละลายสปอร์(spore suspension) ของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 (เชื้อบริสุทธิ์ ซื้อจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย)

(1) เตรียม potato dextrose agar slant (PDA slant) ใส่หลอดทดลองขนาด 25 X 200 มิลลิลิตร

(2) ใช้เข็มเขี่ยเชื้อเขี่ย *M. purpureus* TISTR 3090 ลงในหลอดทดลองที่มี potato dextrose agar slant (PDA slant) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส (Palo และคณะ, 1960)นาน 7 วัน

(3) เตรียมน้ำคลั่นที่ปราศจากเชื้อและใช้ไมโครปิเปตดูดน้ำกลั่น ใส่ลงไปในหลอดทดลองที่มี *Monascus purpureus* TISTR 3090 และใช้ห่วงเขี่ยเชื้อขูดสปอร์ให้หลุดออกจากเส้นใยแล้วใช้ ไมโครปิเปตดูดสารละลายสปอร์(spore suspension)เพื่อนำไปนับจำนวนสปอร์ด้วย counting chamber ให้ได้ 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร (พลายแก้ว และบุษบา, 2534)

(4)ใช้ไมโครปิเปตที่ฆ่าเชื้อแล้วดูดสารละลายสปอร์ 0.5 มิลลิลิตรใส่ลงไปในวัตถุดิบที่เตรียมไว้

5. วิธีการสกัดสารสีแดงออกจากเส้นใยของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 (Lin, 1973)

(1) ชั่งตัวอย่างของสับสเตรตที่ *Monascus purpureus* TISTR 3090 สร้างสารสีแดง จำนวน 2 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 25 × 200 มิลลิลิตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ Phetchabun Rajabhat University

(2) เติมเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ลงไป 10 มิลลิลิตร แล้วใช้ vortex mixer ปั่นนาน 2-3 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้แยกชั้นแล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1

(3) ใช้ไมโครปิเปต ดูดเอาสารสีไปวัดค่าดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 500 นาโมเมตร

6. การศึกษาการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus* ***purpureus*** TISTR 3090 บนสับสเตรต 18 ชนิด

(1) เตรียมสับสเตรตตามวิธีการเตรียมวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ ทั้งหมดจำนวน 18 ชนิด

(2) เติมสารละลายสปอร์ (ที่เตรียมได้จากข้อ 3.5.4) ใส่ลงไปในสับสเตรตชนิดต่าง ๆ ฟลาสก์ละ 0.5 มิลลิลิตร แล้วใช้แท่งแก้วจุ่มแอลกอฮอล์ลนไฟแล้วคลุกเคล้าวัตถุดิบให้เข้ากัน (ทำ 18 treatment treatment ละ 3 ซ้ำ)

(3) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส (Palo และคณะ, 1960) นาน 7 วัน หลังจากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 – 80 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

(4) ทำการสกัดสารสีแดงและวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร

(5) บันทึกผลชนิดของสับสเตรตที่ให้ค่าการดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตรสูงที่สุด

7. การศึกษาความเป็นกรดด่าง(พีเอช)ของสับสเตรตที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090

(1) เตรียมสับสเตรตที่ให้ผลในการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ ***Monascus purpureus*** TISTR 3090 ที่ดีที่สุด (จากข้อ 3.5.6) จำนวน 7 ฟลาสก์และปรับพีเอชของสับสเตรตแต่ละฟลาสก์ให้เท่ากับ 4, 5, 6, 6.5, 7, 7.5 และ 8 (ได้ 7 treatment treatment ละ 3 ซ้ำ)

(2) เติมสารละลายสปอร์ (ที่เตรียมได้จากข้อ 3.5.4) ใส่ลงในสับสเตรตฟลาสก์ละ 0.5 มิลลิลิตร แล้วใช้แท่งแก้วจุ่มแอลกอฮอล์ลนไฟแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน

(3) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส (Palo และคณะ, 1960) นาน 7 วัน หลังจากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 – 80 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

(4) ทำการสกัดสารสีแดงและวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร

(5) บันทึกผลค่าพีเอช ที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตรสูงที่สุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

8. การศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090

(1) เตรียมสับสเตรตที่ให้ผลในการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ ***Monascus purpureus*** TISTR 3090 ที่ดีที่สุด (จากข้อ 3.5.6) และปรับให้เป็นพีเอชที่ดีที่สุด (ที่ได้จากข้อ 3.5.7) ทั้งหมด 7 ฟลาสก์

(2) เติมสารละลายสปอร์ (ที่เตรียมได้จากข้อ 3.5.4) ใส่ลงในวัตถุดิบฟลาสก์ละ 0.5 มิลลิลิตร แล้วใช้แท่งแก้วจุ่มแอลกอฮอล์ลนไฟแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน

(3) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25, 27, 30, 35, 37, 40 และ 45 องศาเซลเซียส (ทำ 7 treatment treatment ละ 3 ซ้ำ) นาน 7 วัน หลังจากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60–80 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

(4) ทำการสกัดสารสีแดงและวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร

(5) บันทึกผลค่าอุณหภูมิที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตรสูงที่สุด

9. การศึกษาระยะเวลาที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090

(1) เตรียมสับสเตรตที่ให้ผลในการสกัดสารสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ที่ดีที่สุด (จากข้อ 3.5.6) และปรับให้เป็นพีเอชที่ดีที่สุด (จากข้อ 3.5.7) ทั้ง 7 ฟลาสก์

(2) เติมสารละลายสปอร์ (ที่เตรียมได้จากข้อ 3.5.4) ใส่ลงในวัตถุดิบฟลาสก์ละ 0.5 มิลลิลิตร แล้วใช้แท่งแก้วจุ่มแอลกอฮอล์ลนไฟแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน

(3) นำไปบ่มที่อุณหภูมิที่ดีที่สุด (จากข้อ 3.5.8) เป็นระยะเวลา 5, 7, 10, 12, 15, 18 และ 20 วัน (ทำ 7 treatment treatment ละ 3 ซ้ำ) หลังจากครบกำหนดนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 – 80 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง

(4) ทำการสกัดสารสีแดงและวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร

(5) บันทึกผลระยะเวลาที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตรสูงที่สุด

10. การศึกษาการกระตุ้นการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ด้วยการกระตุ้นด้วยแสงสว่างกับความมืด

(1) เพาะเชื้อราลงบนปลายข้าวเจ้า นำมาบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน โดยจะมีการกระตุ้นด้วยแสงสว่างกับความมืด ดังนี้

(1.1) ชุดควบคุม บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

(1.2) แสงสว่าง 8 วัน

(1.3) ความมืด 8 วัน

(1.4) แสงสว่าง 4 วัน ความมืด 4 วัน

(1.5) ความมืด 4 วัน แสงสว่าง 4 วัน

(1.6) แสงสว่าง 2 วัน ความมืด 2 วัน ความมืด 2 วัน แสงสว่าง 2 วัน

(1.7) ความมืด 2 วัน แสงสว่าง 2 วัน แสงสว่าง 2 วัน ความมืด 2 วัน

(ทำ 7 treatment treatment ละ 3 ซ้ำ)

(2) ทำการสกัดสารสีแดงและวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร

(3) บันทึกผลระยะเวลาที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร สูงที่สุด

11. การศึกษาการกระตุ้นการการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ด้วยอุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส

(1) นำเชื้อราเพาะลงบนปลายข้าวเจ้า บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส โดยแต่ละวันให้นำเชื้อรามากระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน ดังนี้

(1.1) ชุดควบคุม บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 7 วัน

(1.2) อุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส วันละ 1 ชั่วโมง

(1.3) อุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส วันละ 1.5 ชั่วโมง

(1.4) อุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส วันละ 2 ชั่วโมง

(1.5) อุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส วันละ 2.5 ชั่วโมง

(1.6) อุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส วันละ 3 ชั่วโมง

(ทำ 11 treatment treatment ละ 3 ซ้ำ)

(2) ทำการสกัดสารสีแดงและวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร

(3) บันทึกผลระยะเวลาที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร สูงที่สุด

12. วิเคราะห์ผลการวิจัยโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตและ F-test

13. วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการศึกษาชนิดของสับสเตรตและสภาวะที่เหมาะสมที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ ***Monascus purpureus*** TISTR 3090 โดยสภาวะที่ทำการวิจัยได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างของสับสเตรต อุณหภูมิ ระยะเวลา การกระตุ้นการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงด้วยแสงสว่าง ความมืด อุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส ซึ่งพบว่าสับสเตรตและสภาวะที่เหมาะสมต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ ***Monascuspurpureus*** TISTR 3090 มีดังนี้

4.1 การศึกษาชนิดของสับสเตรต 18 ชนิดที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus TISTR 3090*

จากการศึกษาชนิดของสับสเตรต 18 ชนิดที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ ***Monascuspurpureus*** TISTR 3090 โดยบ่มที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน (ภาพที่ 4.1) นำสับสเตรตที่ได้ไปที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.2) จากนั้นนำสับสเตรต 18 ชนิด มาสกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ จะได้สารละลายสารสีของสับสเตรต (ภาพที่ 4.3) และนำไปตรวจสอบการสร้างสารสีแดงโดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ให้ผลดังนี้ ข้าวฟ่างทำขนมให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดคือ 85.90 รองลงมาคือ ปลายข้าวเจ้า ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 34.36 และฝรั่งให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยต่ำสุดคือ 0.58 ส่วนมันแกว, มันฝรั่ง, หัวไชเท้า, เต้าหู้ขาวและขนมปัง ไม่มีการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดง ให้ค่าการดูดกลืนแสงเป็นศูนย์ ดังตารางที่ 4.1

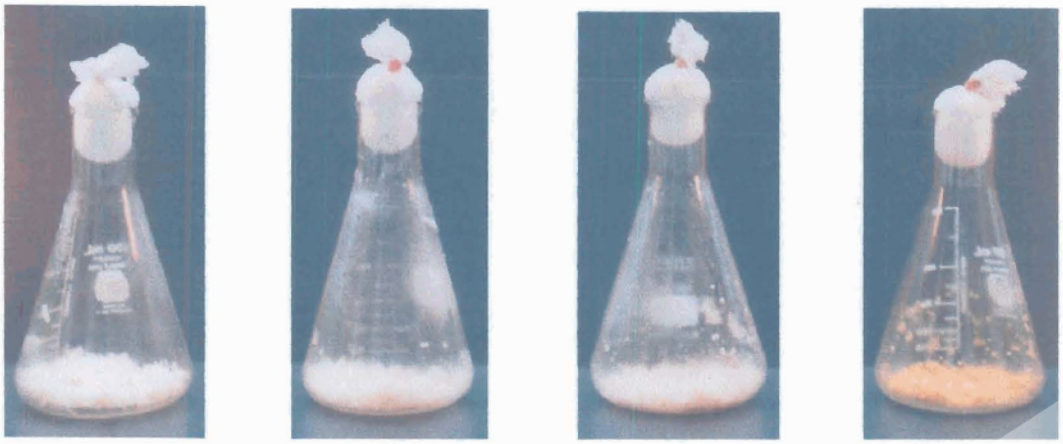
ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ **4.1** ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตรของสับสเตรต 18 ชนิด ที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* ***TISTR*** 3090 เมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน

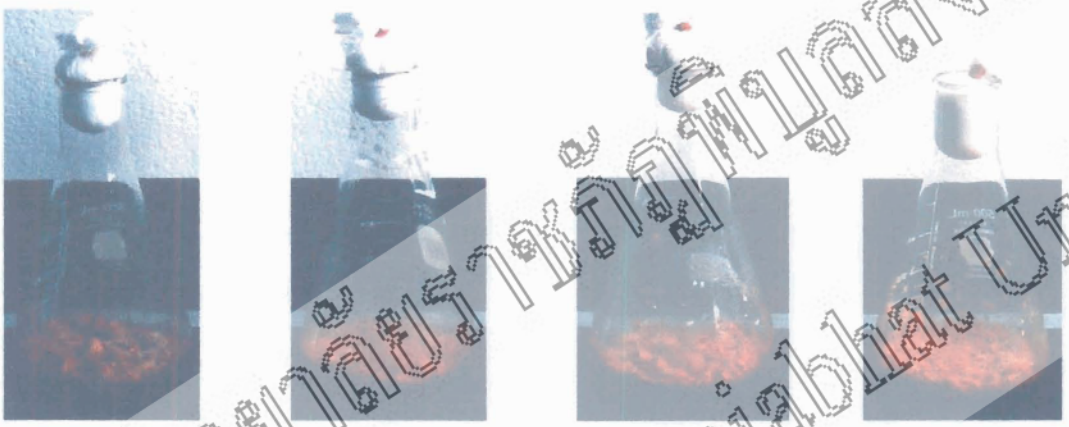
สับสเตรต	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร				สถิติทดสอบ F-test
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย	
1. ข้าวฟ่างทำขนม	82.90	85.90	79.73	82.57*	
2. ปลายข้าวเจ้า	36.85	34.36	38.89	36.70	
3. ข้าวหอมมะลิ	24.06	25.91	23.5	24.49	
4. ข้าวเจ้า	24.11	22.23	20.42	22.25	
5. ข้าวฟ่างอาหารนก	12.41	12.10	11.95	12.15	
6. มันเทศ	10.89	11.14	12.73	11.58	
7. ลูกเดือย	10.95	10.83	10.80	10.86	
8. มันสำปะหลัง	6.51	6.51	6.64	6.55	
9. เผือก	5.30	5.29	5.20	5.26	
10. รำข้าว	4.10	3.96	4.22	4.10	862.864
11. กากมะพร้าว (คั้นกะทิแล้ว)	3.20	3.55	3.59	3.32	
12. กล้วยห่าม	1.89	1.94	2.03	1.95	
13. ฟรั่ง	0.61	0.58	0.58	0.59	
14. มันแกว	0	0	0	0	
15. มันฝรั่ง	0	0	0	0	
16. หัวไชเท้า	0	0	0	0	
17. เต้าหู้ขาว	0	0	0	0	
18. ขนมปัง	0	0	0	0	

หมายเหตุ : * ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตรสูงที่สุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



A B C D



a b c d

ภาพที่ 4.1 ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บน สับสเตรต 18 ชนิด ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

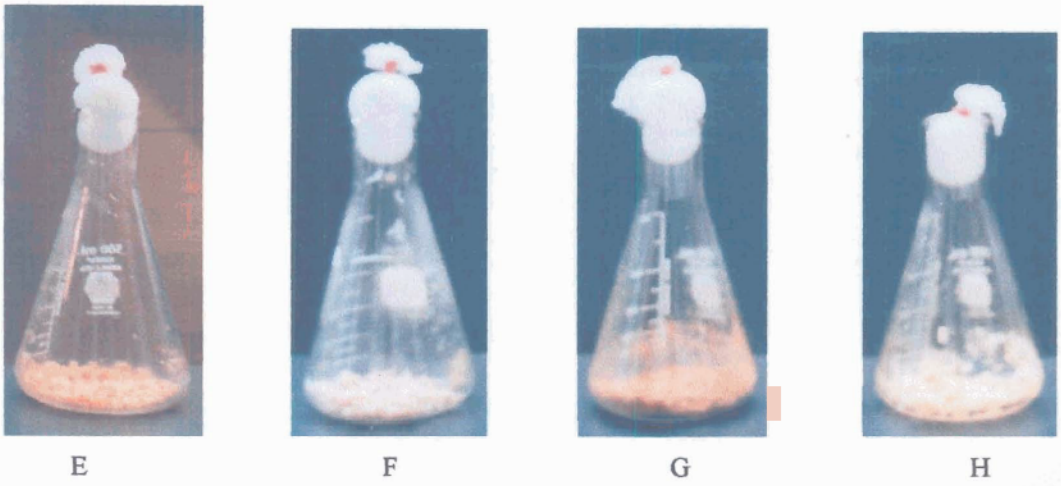
A = ข้าวหอมมะลิก่อนหมัก a = ข้าวหอมมะลิหลังหมัก

B = ข้าวเจ้าก่อนหมัก b = ข้าวเจ้าหลังหมัก

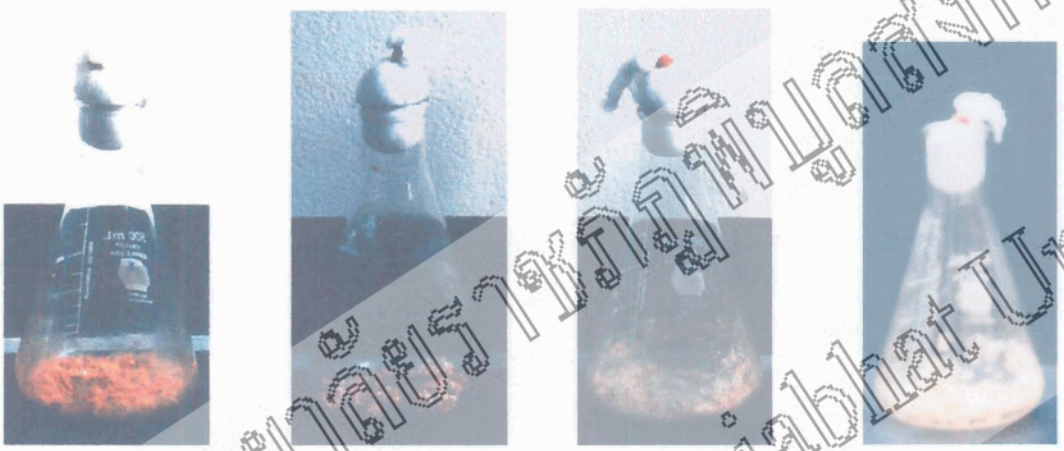
C = ปลายข้าวเจ้าก่อนหมัก c = ปลายข้าวเจ้าหลังหมัก

D = ข้าวฟ่างทำขนมก่อนหมัก d = ข้าวฟ่างทำขนมหลังหมัก

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา Phranakhon Rajabhat University



E F G H



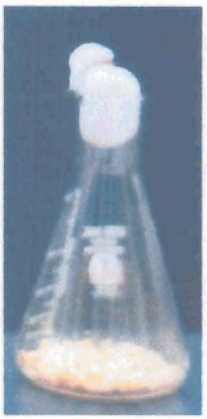
e f g h

ภาพที่ 4.1 (do) ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนสับสเตรต 18 ชนิด ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

E = ข้าวฟ่างอาหารนกก่อนหมัก
F = ลูกเดือยก่อนหมัก
G = รำข้าวก่อนหมัก
H = มันแกวก่อนหมัก
e = ข้าวฟ่างอาหารนกหลังหมัก
f = ลูกเดือยหลังหมัก
g = รำข้าวหลังหมัก
h = มันแกวหลังหมัก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย Loei Rajabhat University

I



J

K

L

i

j

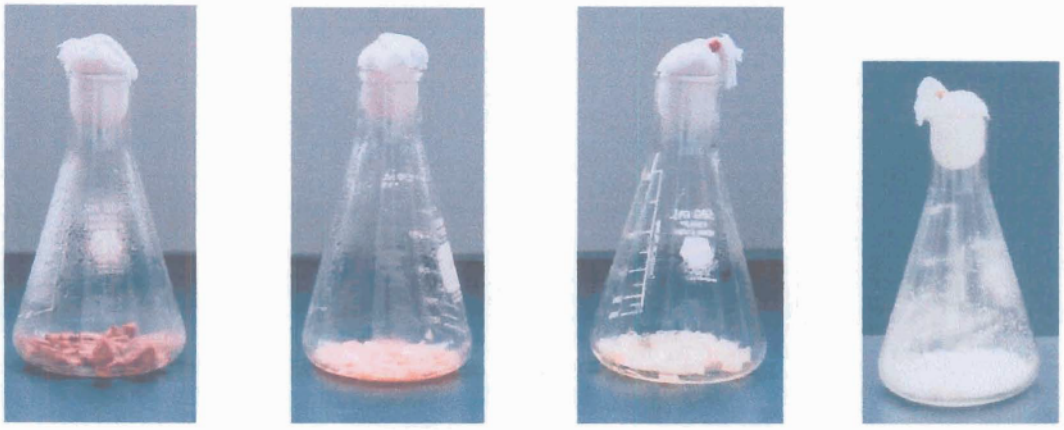
k

l

ภาพที่ 4.1 (ต่อ) ลักษณะการเจริญและการสร้างสีของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนสับสเตรต 18 ชนิด ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

I = มันเทศก่อนหมัก
i = มันเทศหลังหมัก
J = มันสำปะหลังก่อนหมัก
j = มันสำปะหลังหลังหมัก
K = มันฝรั่งก่อนหมัก
k = มันฝรั่งหลังหมัก
L = เผือกก่อนหมัก
l = เผือกหลังหมัก

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี Phibulsongkram Rajabhat University



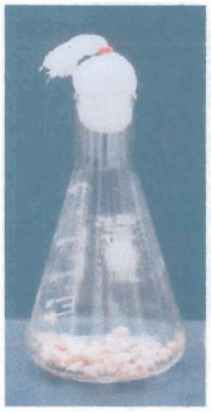
M N O P

m n o p

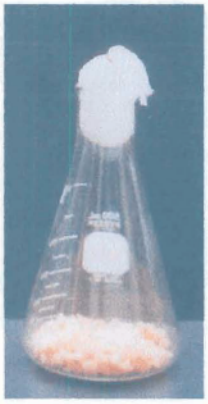
ภาพที่ 4.1 (ต่อ) ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนสับสเตรต 18 ชนิด ที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

M = กล้วยห่ามก่อนหมัก
N = ฝรั่งก่อนหมัก
O = หัวไชเท้าก่อนหมัก
P = กากมะพร้าวก่อนหมัก
m = กล้วยห่ามหลังหมัก
n = ฝรั่งหลังหมัก
o = หัวไชเท้าหลังหมัก
p = กากมะพร้าวหลังหมัก

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี Rajabhat University



Q



R

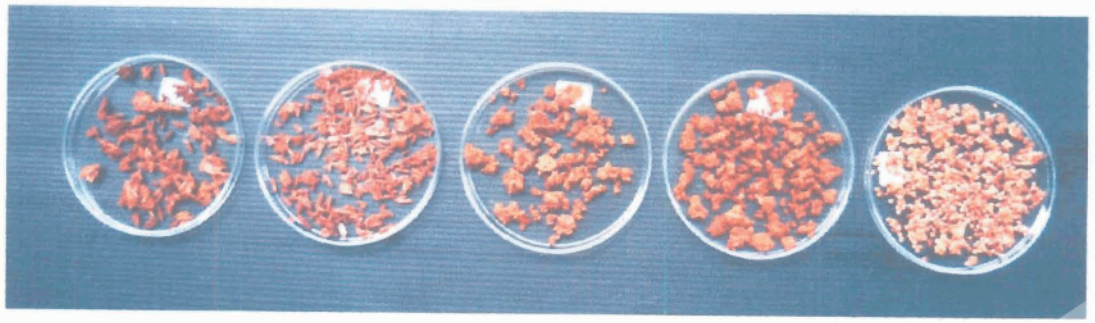
r

ภาพที่ 43 (ต่อ) ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บน สับสเตรต 18 ชนิด ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

Q = เต้าหู้ขาวก่อนหมัก q = เต้าหู้ขาวหลังหมัก

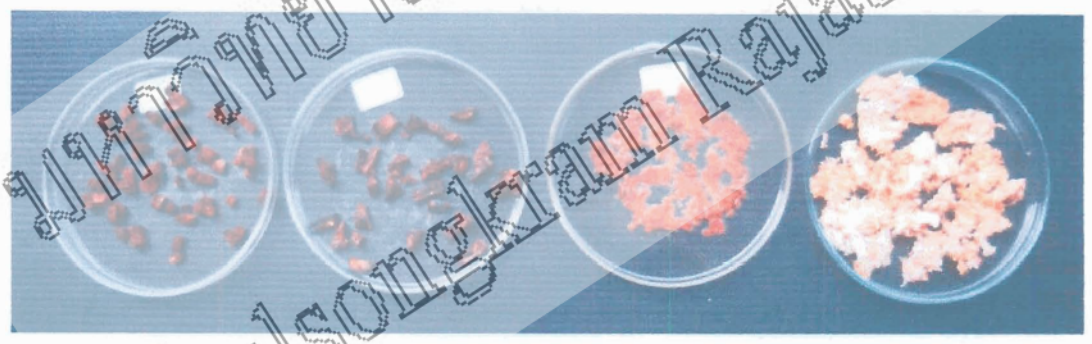
R = ขนมปังก่อนหมัก r = ขนมปังหลังหมัก

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



a b c d e

f g i j

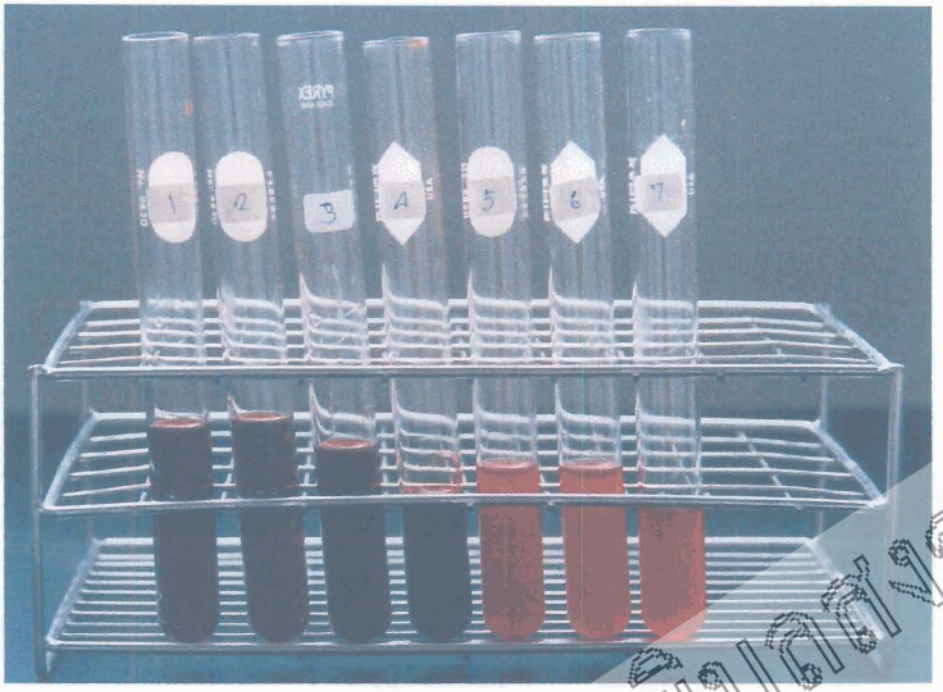


l m n p

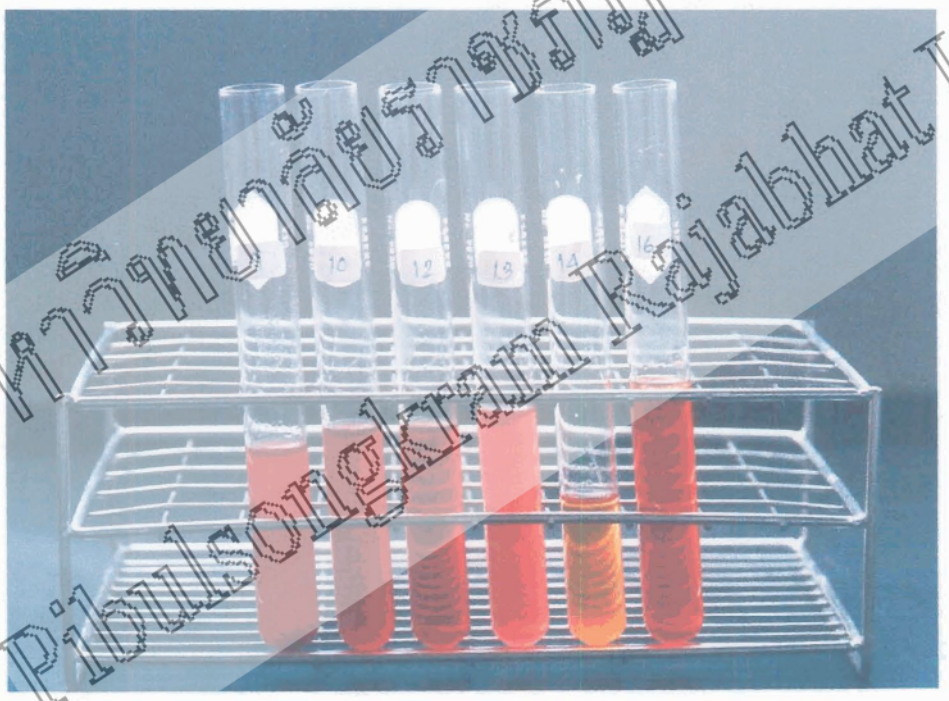
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ภาพที่ 4.2 สับสเตรตที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

a = ข้าวหอมมะลิ b = ข้าวเจ้า c = ปลายข้าวเจ้า d = ข้าวฟ่างทำขนม
e = ข้าวฟ่างอาหารนก f = ลูกเดือย g = รำข้าว h = มันแกว
i = มันเทศ j = มันสำปะหลัง l = เผือก m = กล้วยห่าม
n = ฝรั่ง p = กากมะพร้าว



a b c d e f g



i j l m n p

ภาพที่ 4.3 สารละลายสารสีของสับสเตรต 18 ชนิด ที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์

a = ข้าวหอมมะลิ b = ข้าวเจ้า c = ปลายข้าวเจ้า d = ข้าวฟ่างทำขนม
e = ข้าวฟ่างอาหารนก f = ลูกเดือย g = รำข้าว i = มันเทศ
j = มันสำปะหลัง l = เผือก m = กล้วยห่าม n = ฝรั่ง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

4.2 การศึกษาความเป็นกรด-ด่าง(พีเอช)ในสับสเตรตที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus TISTR* 3090

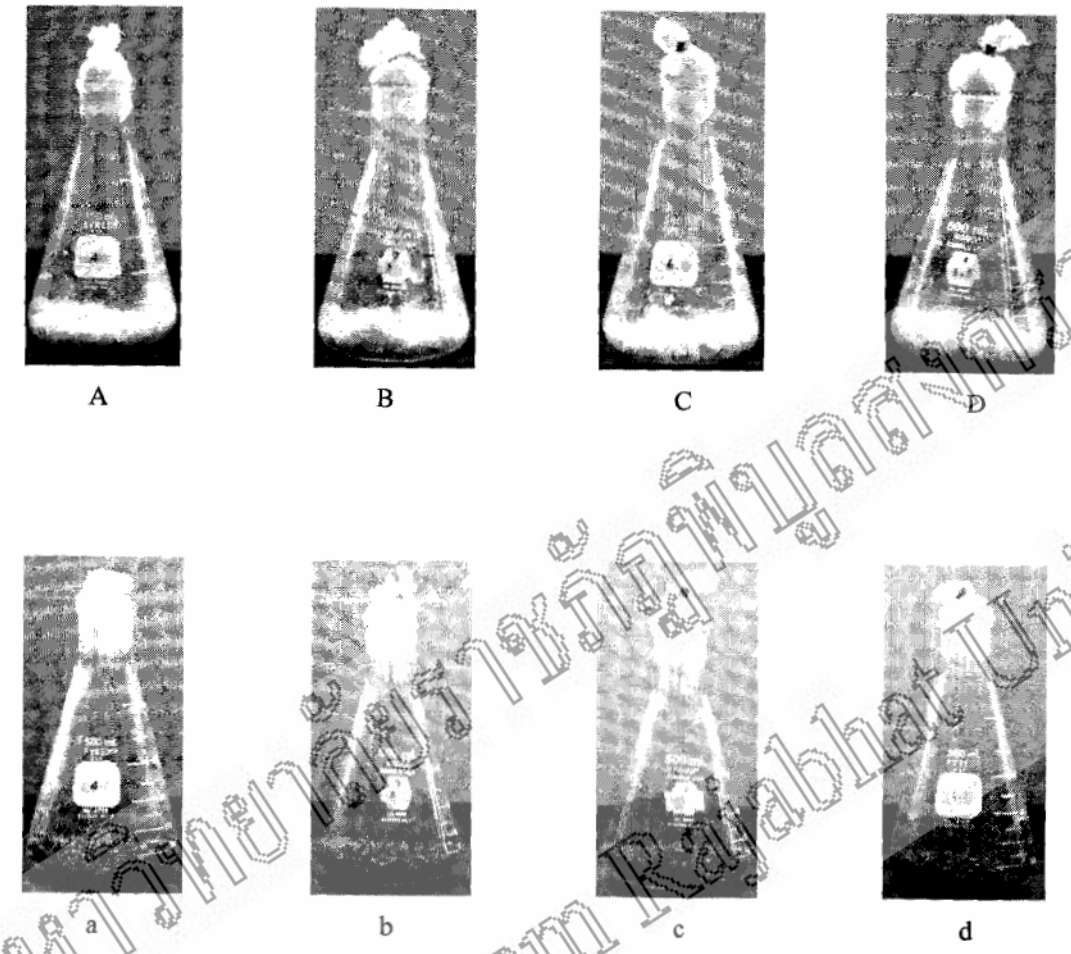
จากการศึกษาความเป็นกรด-ด่างในสับสเตรต 7 ระดับคือ 4, 5, 6, 6.5,7, 7.5 และ 8 ที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ที่เจริญในปลายข้าวเจ้า บ่มที่อุณหภูมิ 27 องศา-เซลเซียส นาน 7 วัน (ภาพที่ 4.4) นำปลายข้าวเจ้าที่พีเอช 7 ระดับ ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.5) มาสกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์จะได้สารละลายสารสีจากปลายข้าวเจ้า (ภาพที่ 4.6) และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ได้ผลดังนี้ พีเอช 6 ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 52.97 พีเอช 8 ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 9.87 ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตรที่ระดับความเป็นกรด-ด่างของสับสเตรต 7 ระดับ ที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ที่เจริญในปลายข้าวเจ้า บ่มที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน

ค่าความเป็นกรด-ด่างในสับสเตรต	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร				สถิติทดสอบ F-test
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
4	20.96	22.35	19.89	21.06	
5	22.75	22.33	24.82	23.30	
6*	60.2	48.16	50.56	52.97	
6.5	30.84	36.12	36.12	34.36	70.770
7	32.15	28.61	29.60	30.12	
7.5	2.186	1.982	1.386	18.51	
8	0.963	1.148	0.852	9.87	

หมายเหตุ : * ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตรสูงที่สุด

มหาวิทยาลัยนเรศวร Pibulsongkram Rajabhat University

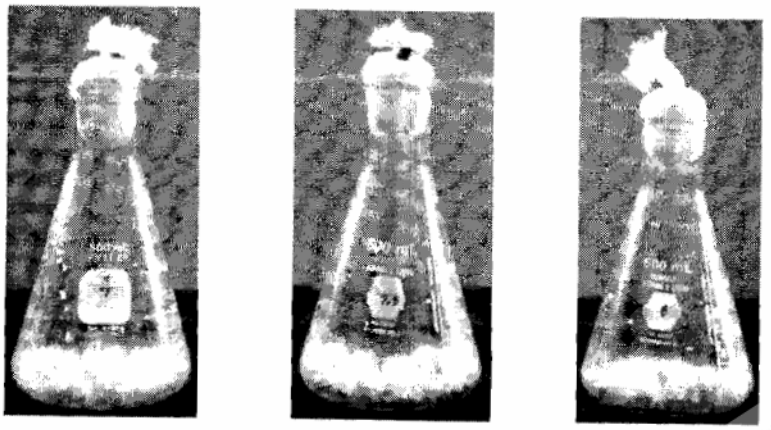


ภาพที่ *4.4* ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* ***TISTR 3090*** บนปลายข้าวเจ้า ที่ความเป็นกรด-ด่างในสับสเตรต 7 ระดับ อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

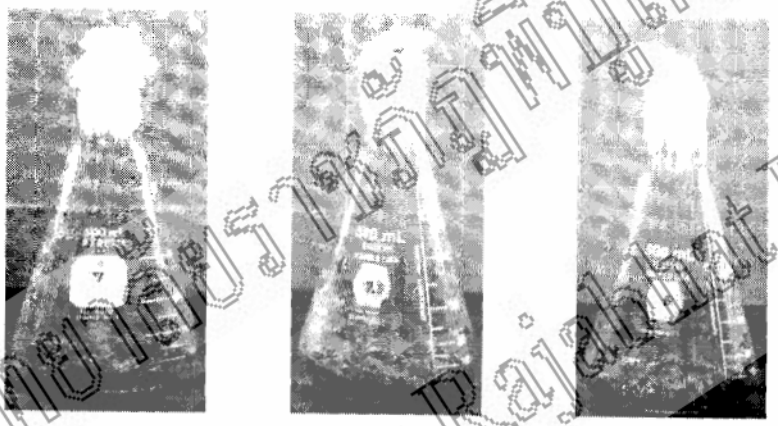
A = ความเป็นกรด-ด่างคือ 4 ก่อนหมัก
B = ความเป็นกรด-ด่างคือ 5 ก่อนหมัก
C = ความเป็นกรด-ด่างคือ 6 ก่อนหมัก
D = ความเป็นกรด-ด่างคือ 6.5 ก่อนหมัก

a = ความเป็นกรด-ด่างคือ 4 หลังหมัก
b = ความเป็นกรด-ด่างคือ 5 หลังหมัก
c = ความเป็นกรด-ด่างคือ 6 หลังหมัก
d = ความเป็นกรด-ด่างคือ 6.5 หลังหมัก

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



E F G

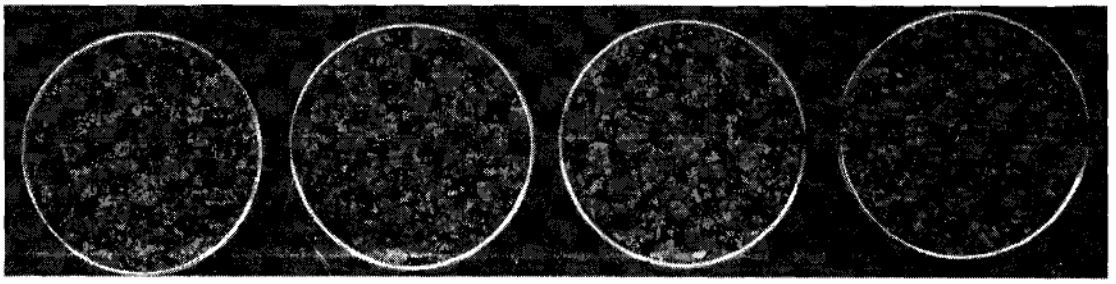


e f g

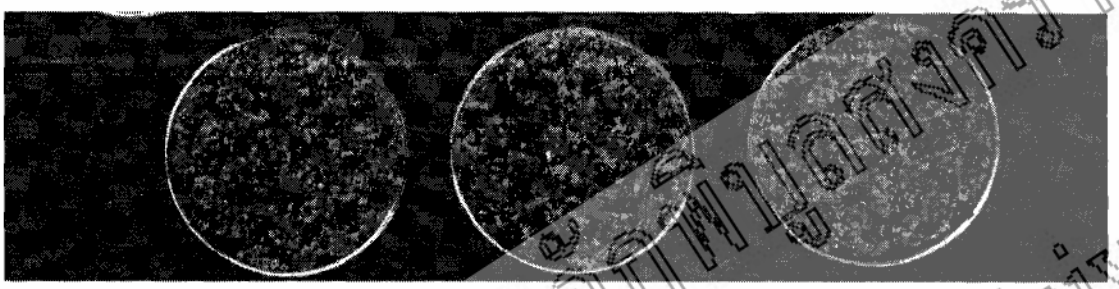
ภาพที่ 4.4 (ต่อ) ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนปลายข้าวเจ้า ที่ความเป็นกรด-ด่างในสับสเตรต 7 ระดับ อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน

E = ความเป็นกรด-ด่างคือ 7 ก่อนหมัก
F = ความเป็นกรด-ด่างคือ 7.5 ก่อนหมัก
G = ความเป็นกรด-ด่างคือ 8 ก่อนหมัก
e = ความเป็นกรด-ด่างคือ 7 หลังหมัก
f = ความเป็นกรด-ด่างคือ 7.5 หลังหมัก
g = ความเป็นกรด-ด่างคือ 8 หลังหมัก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา Rajabhat University



A B C D



E F G

ภาพที่ 4.5 ลักษณะปลายข้าวเจ้าที่ระดับความเป็นกรด-ด่างในสับสเตรต 7 ระดับ ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

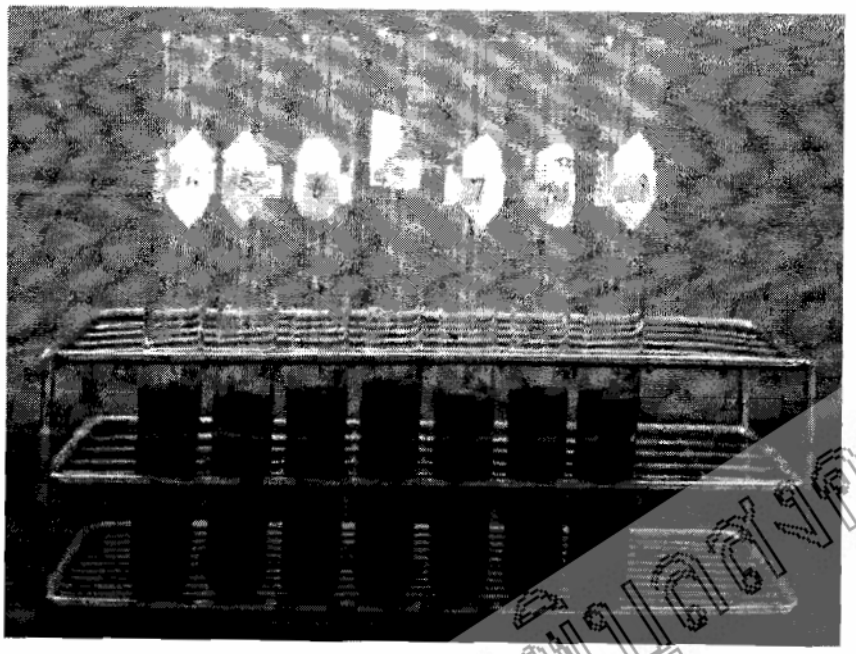
A = ความเป็นกรด-ด่าง คือ 4 B = ความเป็นกรด-ด่าง คือ 5

C = ความเป็นกรด-ด่าง คือ 6 D = ความเป็นกรด-ด่าง คือ 6.5

E = ความเป็นกรด-ด่าง คือ 7 F = ความเป็นกรด-ด่าง คือ 7.5

G = ความเป็นกรด-ด่าง คือ 8

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



A B C D E F G

ภาพที่ 4.6 สารละลายสารสีจากปลายข้าวเจ้าที่ความเป็นกรด-ด่างในสับสเตรต 7 ระดับ ที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์

A = ความเป็นกรด-ด่าง คือ 4 B = ความเป็นกรด-ด่าง คือ 5

C = ความเป็นกรด-ด่าง คือ 6 D = ความเป็นกรด-ด่าง คือ 6.5

E = ความเป็นกรด-ด่าง คือ 7 F = ความเป็นกรด-ด่าง คือ 7.5

G = ความเป็นกรด-ด่าง คือ 8

มหาวิทยาลัยนเรศวร Pibulsongkram Rajabhat University

4.3 การศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090

จากการศึกษาอุณหภูมิ 7 อุณหภูมิ คือ 25,27,30,35,37,40 และ45 องศาเซลเซียส ที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ ***Monascuspurpureus*** TISTR 3090 ที่เจริญในปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 บ่มนาน 7 วัน (ภาพที่ 4.7) นำปลายข้าวเจ้าที่อุณหภูมิต่าง ๆ ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.8) มาสกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์จะได้สารละลายสารสีจากปลายข้าวเจ้าที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ภาพที่ 4.9) และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ให้ผลดังนี้ ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 52.87 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 2.94 ส่วนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เชื้อราไม่มีการเจริญเติบโต ดังตารางที่ 4.3

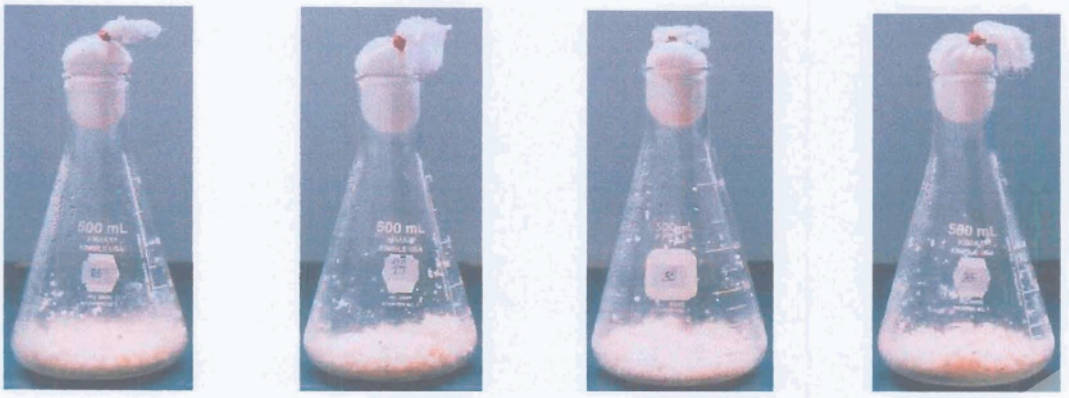
ตารางที่ 4.3 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตรที่อุณหภูมิต่างๆที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ที่เจริญในปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 เป็นระยะเวลา 7วัน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร				สถิติทดสอบ F-test
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
25	30.10	30.17	34.36	31.72	
27	50.82	47.86	50.04	49.57	
30*	53.02	48.26	57.35	52.87	
35	16.84	12.33	13.82	14.33	322.812
37	12.15	8.91	10.67	10.57	
40	2.61	2.64	3.27	2.94	
45	-	-	-	-	

หมายเหตุ : * ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตรสูงที่สุด

- ***Monascuspurpureus*** TISTR 3090 ไม่มีการเจริญเติบโต

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



A B C D

a b c d

ภาพที่ 4.7 ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนปลายข้าวเจ้าที่อุณหภูมิต่างๆ พีอช 6 เป็นเวลา 7 วัน

A = ก่อนบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส a = หลังบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
B = ก่อนบ่มที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส b = หลังบ่มที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส
C = ก่อนบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส c = หลังบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส
D = ก่อนบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส d = หลังบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี Rajabhat University
Rajabhat University

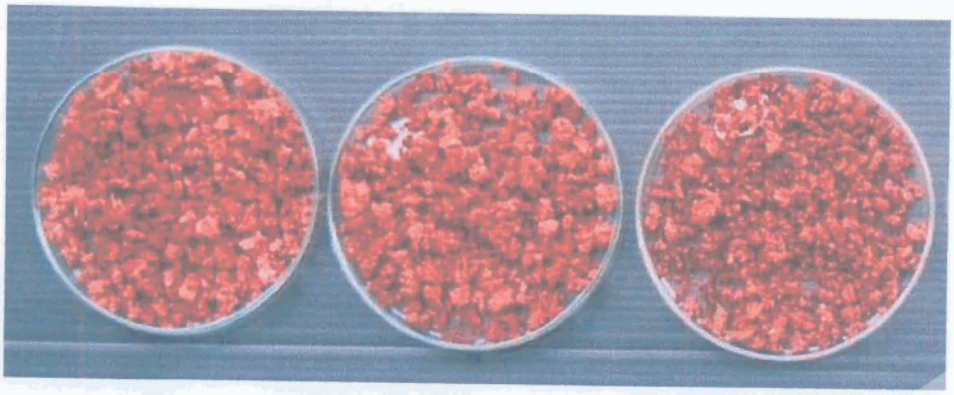
E F G

e f g

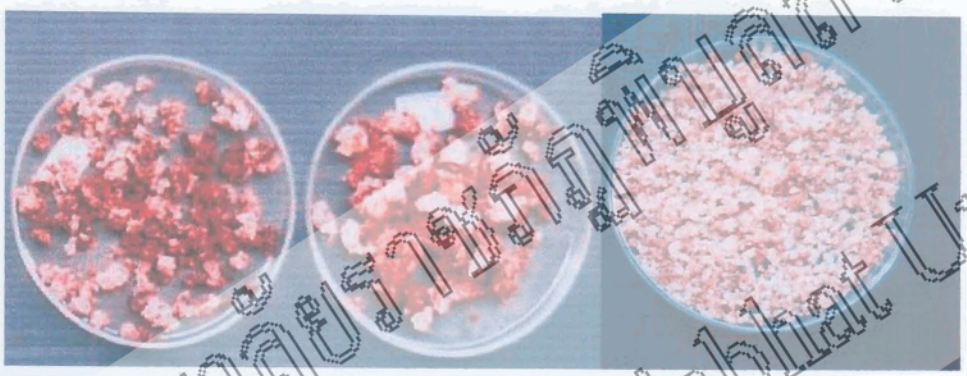
ภาพที่ 43 (ต่อ) ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนปลายข้าวเจ้าที่อุณหภูมิต่างๆ พีเอช 6 เป็นเวลา 7 วัน

E = ก่อนบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส
F = ก่อนบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส
G = ก่อนบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส
e = หลังบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส
f = หลังบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส
g = หลังบ่มที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา Pibulsongkram Rajabhat University



A B C

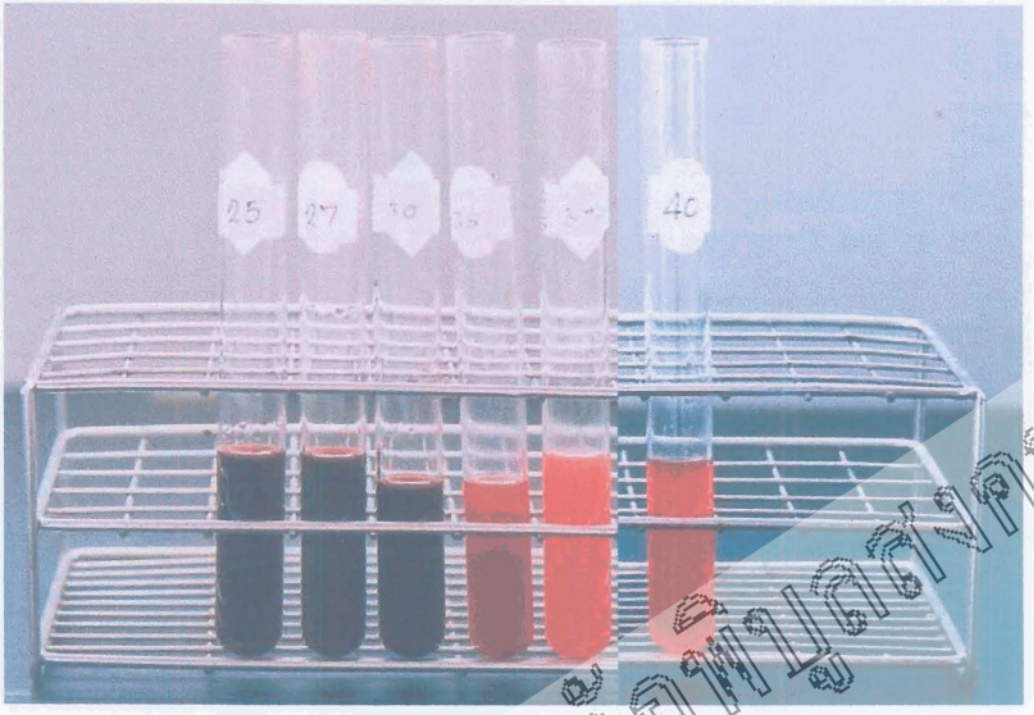


D E F

ภาพที่ 4.8 ลักษณะปลายข้าวเจ้าที่อุณหภูมิต่าง ๆ ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 3 ชั่วโมง

A = บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส B = บ่มที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส
C = บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส D = บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส
E = บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส F = บ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา Rajabhat University



A B C D E F

ภาพที่ 4.9 สารละลายสารสีจากน้ำลายนกแอ่นกินรังที่อุณหภูมิต่าง ๆ ที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์

A = อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส B = อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส
C = อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส D = อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส
E = อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส F = อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ Phetchabun Rajabhat University

4.4 การศึกษาระยะเวลาต่าง ๆ ต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090

จากการศึกษาระยะเวลาต่าง ๆ ต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *M. purpureus* TISTR 3090 ที่เจริญในปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่าง ๆ คือ 5,7,12,15,18 และ 20 วัน (ภาพที่ 4.10) นำปลายข้าวเจ้าที่ระยะเวลาต่าง ๆ ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.11) มาสกัดด้วยเอทานอล 50 ปอร์เซ็นต์ จะได้สารละลายสีจากปลายข้าวเจ้าที่ระยะเวลาต่าง ๆ (ภาพที่ 4.12) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ให้ผลดังนี้ ที่ระยะเวลา 20 วัน ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 153.26 ที่ระยะเวลา 5 วัน ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 61.02 ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 **ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น** 500 นาโนเมตรที่ระยะเวลาต่างๆ ที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงของสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ที่เจริญในปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส

ระยะเวลา (วัน)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร				สถิติทดสอบ F-test
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
5	60.50	59.43	63.13	61.02	
7	71.92	70.98	72.61	71.83	
10	80.18	80.57	85.04	81.93	
12	96.03	94.59	94.98	95.19	347.921
15	113.21	104.54	109.33	109.22	
18	135.95	129.28	130.10	131.77	
20*	158.77	144.73	156.28	153.26	

หมายเหตุ : * ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตรสูงที่สุด

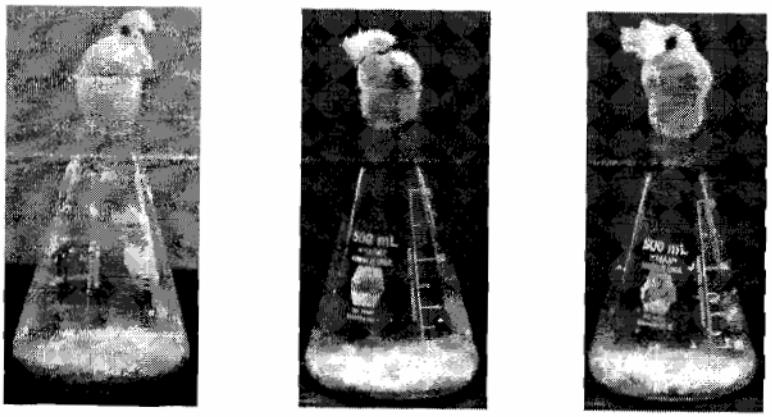
มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ภาพที่ 4.10 ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาต่างๆ

A = ก่อนบ่มเป็นระยะเวลา 5 วัน
B = ก่อนบ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน
C = ก่อนบ่มเป็นระยะเวลา 10 วัน
D = ก่อนบ่มเป็นระยะเวลา 12 วัน

a = หลังบ่มเป็นระยะเวลา 5 วัน
b = หลังบ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน
c = หลังบ่มเป็นระยะเวลา 10 วัน
d = หลังบ่มเป็นระยะเวลา 12 วัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี Pibulsongkram Rajabhat University

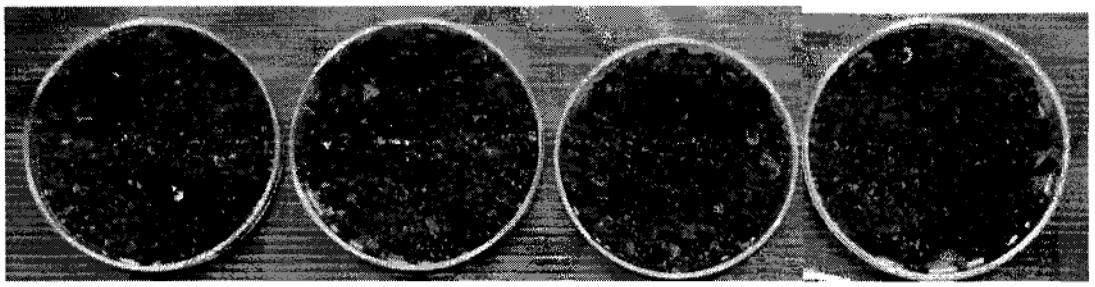


ภาพที่ 4.10 (do) ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* TISTR ***3090*** บนปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาต่างๆ

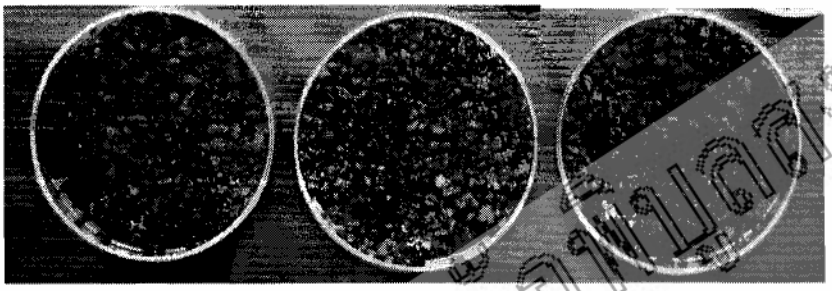
E = ก่อนบ่มเป็นระยะเวลา 15 วัน
F = ก่อนบ่มเป็นระยะเวลา 18 วัน
G = ก่อนบ่มเป็นระยะเวลา 20 วัน

e = หลังบ่มเป็นระยะเวลา 15 วัน
f = หลังบ่มเป็นระยะเวลา 18 วัน
g = หลังบ่มเป็นระยะเวลา 20 วัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



A B C D



E F G

ภาพที่ 4.11 ลักษณะปลายข้าวเจ้าที่ระยะเวลาต่าง ๆ ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

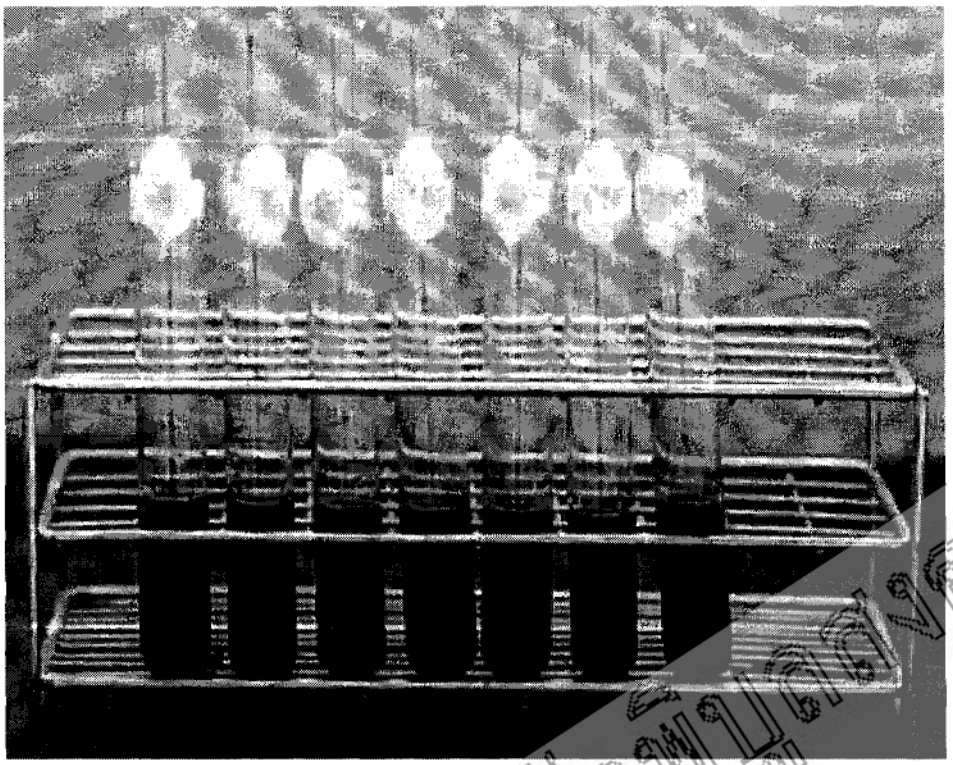
A = บ่มเป็นระยะเวลา 5 วัน B = บ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน

C = บ่มเป็นระยะเวลา 10 วัน D = บ่มเป็นระยะเวลา 12 วัน

E = บ่มเป็นระยะเวลา 15 วัน F = บ่มเป็นระยะเวลา 18 วัน

G = บ่มเป็นระยะเวลา 20 วัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



A B C D E F G

ภาพที่ 4.12 สารละลายสีจากปลายข้าวเจ้าที่ระยะเวลาต่าง ๆ ที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์

A = บ่มเป็นระยะเวลา 5 วัน B = บ่มเป็นระยะเวลา 7 วัน

C = บ่มเป็นระยะเวลา 10 วัน D = บ่มเป็นระยะเวลา 12 วัน

E = บ่มเป็นระยะเวลา 15 วัน F = บ่มเป็นระยะเวลา 18 วัน

G = บ่มเป็นระยะเวลา 20 วัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

4.5 การศึกษาการกระตุ้นการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus TISTR 3090* ด้วยแสงสว่างกับความมืด

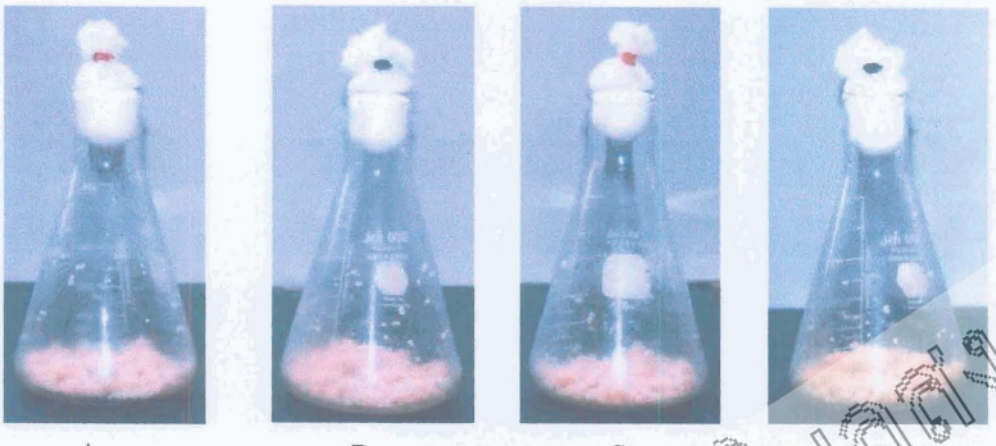
การศึกษาการกระตุ้นการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ ***Monascus purpureus*** TISTR 3090 ด้วยแสงสว่างกับความมืด โดยหมักบนปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 วัน(ภาพที่ 4.14) นำปลายข้าวเจ้าที่กระตุ้นด้วยแสงสว่างกับความมืด ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.15) มาสกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ จะได้สารละลายสีจากปลายข้าวเจ้าที่กระตุ้นด้วยแสงสว่างกับความมืด (ภาพที่ 4.16) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ให้ผลดังนี้ ชุดควบคุม (ไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงสว่างและความมืด) ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 72.73 กระตุ้นด้วยความมืด 4 วัน แสงสว่าง 4 วัน ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยต่ำที่สุด 40.03 ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 การศึกษาผลของการกระตุ้นด้วยแสงสว่างและความมืด ต่อการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ที่เจริญในปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 8 วัน

แสงสว่างและความมืด (วัน)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร				สถิติทดสอบ F-test
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
ชุดควบคุม*	75.77	70.26	72.16	72.73	
สว่าง 8	58.65	49.40	53.03	53.63	
มืด 8	52.02	64.25	62.66	59.74	
สว่าง 4 / มืด 4	67.72	64.27	68.01	66.67	20.192
มืด 4 / สว่าง 4	40.97	39.77	42.48	40.03	
สว่าง 2 / มืด 2 / สว่าง 2 / มืด 2	62.87	63.32	58.31	60.50	
มืด 2 / สว่าง 2 / มืด 2 / สว่าง 2	56.27	48.4	52.95	52.54	

หมายเหตุ : * ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตรสูงที่สุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



A B C D

a b c d

ภาพที่ 4.13 ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 8 วัน และถูกกระตุ้นด้วยแสงสว่างกับความมืด

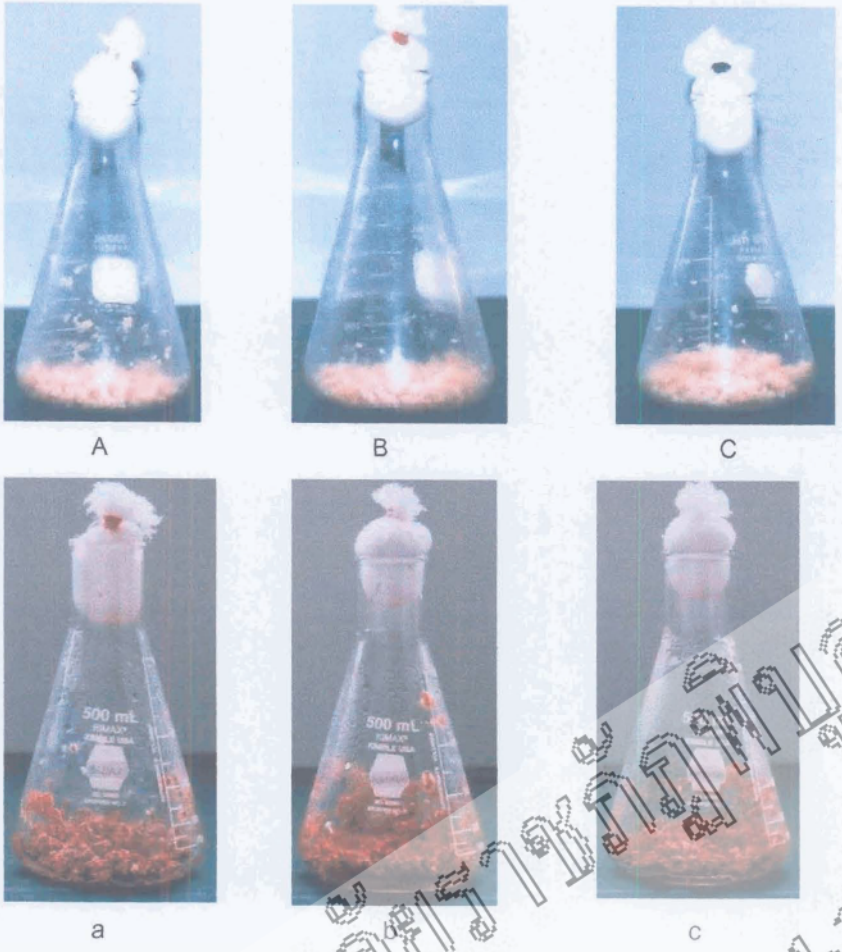
A = ก่อนนำไปบ่มที่ 30 องศาเซลเซียส 8 วัน a = หลังบ่มที่ 30 องศาเซลเซียส 8 วัน

B = ก่อนให้แสงสว่าง 8 วัน b = หลังให้แสงสว่าง 8 วัน

C = ก่อนให้ความมืด 8 วัน c = หลังให้ความมืด 8 วัน

D = ก่อนให้แสงสว่าง 4 วัน ความมืด 4 วัน d = หลังให้แสงสว่าง 4 วัน ความมืด 4 วัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



ภาพที่ 4.13(do) ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* **TISTR 3090** บน ปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 8 วัน และถูกกระตุ้นด้วยแสงสว่างกับความมืด

A = ก่อนให้ความมืด 4 วัน แสงสว่าง 4 วัน

a = หลังบ่มที่ 30 องศาเซลเซียส 8 วัน

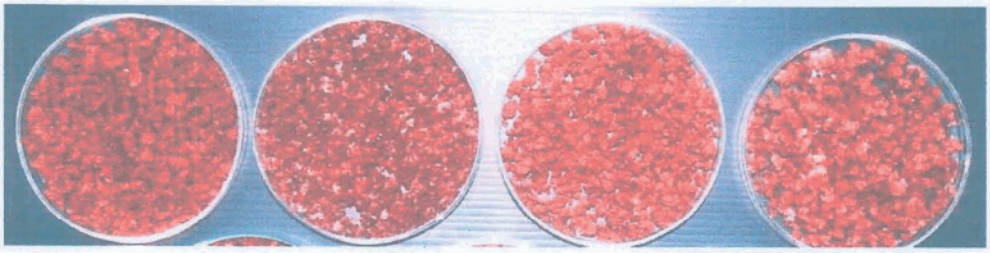
B = ก่อนให้แสงสว่าง 2 วันความมืด 2 วัน แสงสว่าง 2 วัน ความมืด 2 วัน

b = หลังให้แสงสว่าง 2 วันความมืด 2 วัน แสงสว่าง 2 วัน ความมืด 2 วัน

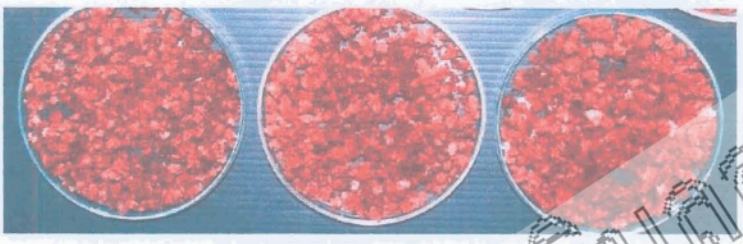
C = ก่อนให้ความมืด 2 วันแสงสว่าง 2 วันความมืด 2 วัน แสงสว่าง 2 วัน

c = หลังให้ความมืด 2 วันแสงสว่าง 2 วันความมืด 2 วัน แสงสว่าง 2 วัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี Phetchaburi Rajabhat University



A B C D



E F G

ภาพที่ 4.14 แสดงลักษณะปลายข้าวเม่าที่กระตุ้นด้วยแสงสว่างกับความมืด ที่ผ่านกระบวนการที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

A = นึ่งที่ 30 องศาเซลเซียส 8 วัน

B = ให้แสงสว่าง 8 วัน

C = ให้ความมืด 8 วัน

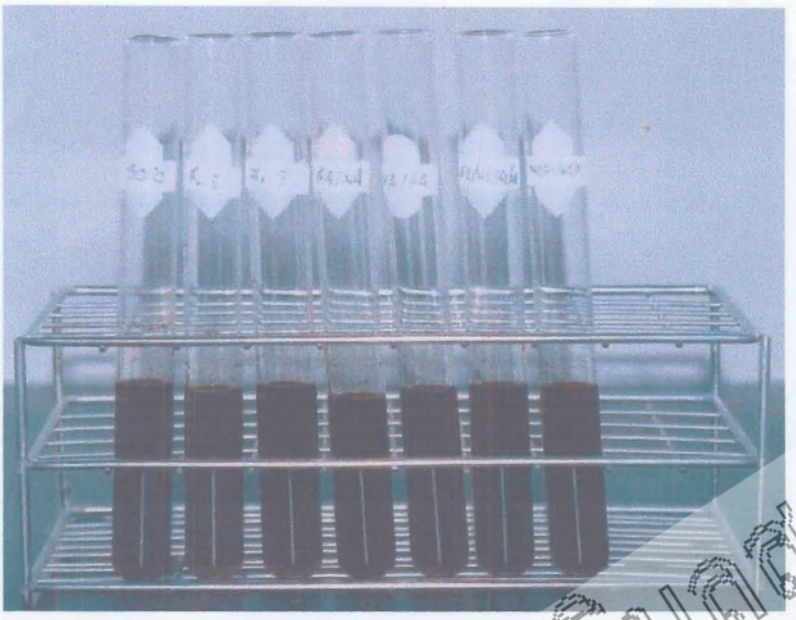
D = ให้แสงสว่าง 4 วัน ความมืด 4 วัน

E = ให้ความมืด 4 วัน แสงสว่าง 4 วัน

F = ให้แสงสว่าง 2 วันความมืด 2 วัน แสงสว่าง 2 วัน ความมืด 2 วัน

G = ให้ความมืด 2 วันแสงสว่าง 2 วันความมืด 2 วัน แสงสว่าง 2 วัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



A B C D E F G

ภาพที่ 4.15 แสดงสารละลายสีจากปลายข้าวเจ้าที่ดองด้วยเครื่องดองกับความมืด ที่สกัดด้วย เอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์

A = บ่มที่ 30 องศาเซลเซียส 8 วัน

B = ให้แสงสว่าง 8 วัน

C = ให้ความมืด 8 วัน

D = ให้แสงสว่าง 4 วัน ความมืด 4 วัน

E = ให้ความมืด 4 วัน แสงสว่าง 4 วัน

F = ให้แสงสว่าง 2 วัน ความมืด 2 วัน แสงสว่าง 2 วัน ความมืด 2 วัน

G = ให้ความมืด 2 วัน แสงสว่าง 2 วัน ความมืด 2 วัน แสงสว่าง 2 วัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

4.6 การศึกษาการกระตุ้นการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus TISTR* 3090 ด้วยอุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส

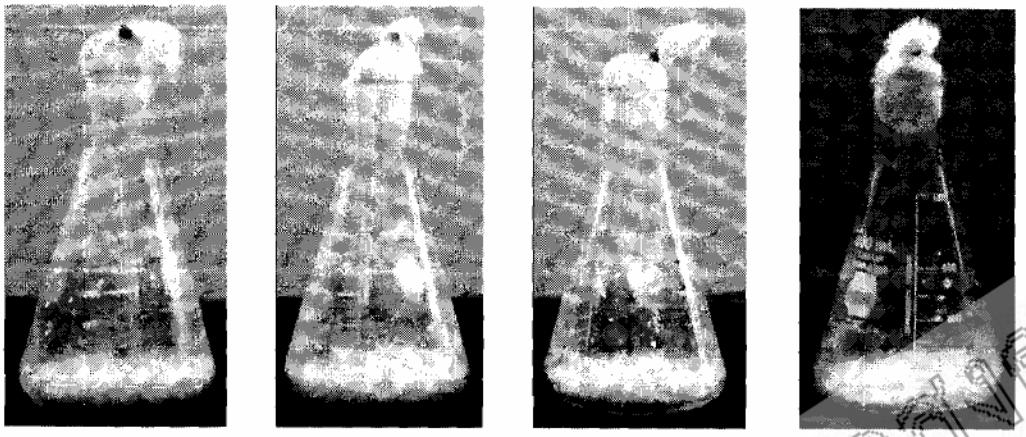
จากการศึกษาการกระตุ้นการดูดกลืนแสงสารสกัดสร้างสารสีแดงของ *Monascus purpureus TISTR* 3090 ด้วย อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยหมักบนปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 ก่อนที่จะนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศา เซลเซียส นาน 7 วัน (ภาพที่ 4.16) นำปลายข้าวเจ้าที่กระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศา เซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (ภาพที่ 4.17) มาสกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์จะได้สารละลายสีจากปลายข้าวเจ้าที่กระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 4.18) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ให้ผลดังนี้ ชุดควบคุม (ไม่มีกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส) ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 66.44 และการกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 33.04 ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 การศึกษาการกระตุ้นการสร้างสารสีแดงของ *Monascus purpureus TISTR* 3090ด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยหมักบนปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน

อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร				สถิติทดสอบ F-test
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
ชุดควบคุม*	69.15	65.05	65.12	66.44	
1 ชั่วโมง	62.05	64.77	57.67	61.49	
1.5 ชั่วโมง	63.02	54.12	60.37	55.84	
2 ชั่วโมง	45.25	41.90	48.69	45.28	41.947
2.5 ชั่วโมง	39.42	36.97	30.90	35.76	
3 ชั่วโมง	33.00	37.42	28.72	33.04	

หมายเหตุ : * ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตรสูงที่สุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



A B C D

a b c d

ภาพที่ 4.16 ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* **TISTR 3090** บน ปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 ถูกกระตุ้นด้วย อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปบ่มที่ อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 7 วัน

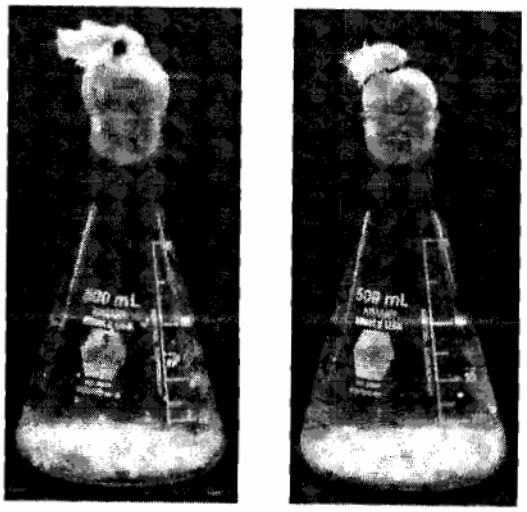
A = ก่อนนำไปบ่มที่ 30 องศาเซลเซียส 7 วัน a = หลังบ่มที่ 30 องศาเซลเซียส 8 วัน

B = ก่อนกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส I ชั่วโมง b= หลังกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศา เซลเซียส 1 ชั่วโมง

C = ก่อนกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส1.5 ชั่วโมง c = หลังกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส1,5 ชั่วโมง

D = ก่อนกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง d = หลังกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



A B

a b

ภาพที่ 4.16 (ต่อ) ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* TISTR *3090* บนปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 ถูกกระตุ้นด้วย อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 7 วัน

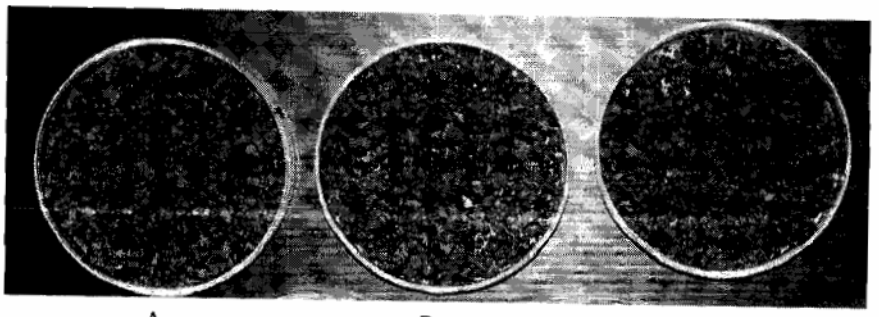
A = ก่อนกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 2.5 ชั่วโมง

a = หลังกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 2.5 ชั่วโมง

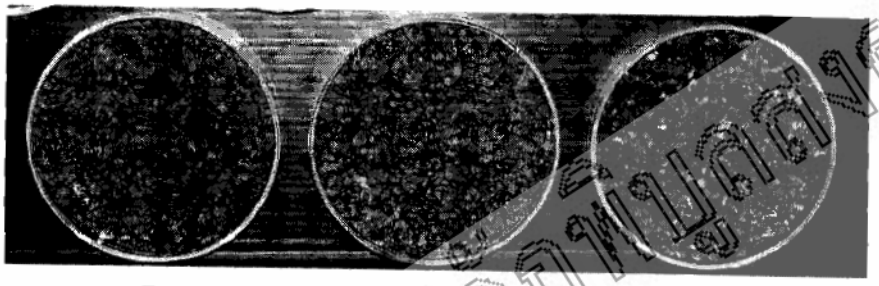
B = ก่อนกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง

b = หลังกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



A B C



D E F

ภาพที่ 4.17 ลักษณะปลายข้าวเจ้าที่กระตุ้นด้วย อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

A = บ่มที่ 30 องศาเซลเซียส 7 วัน

B = กระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง

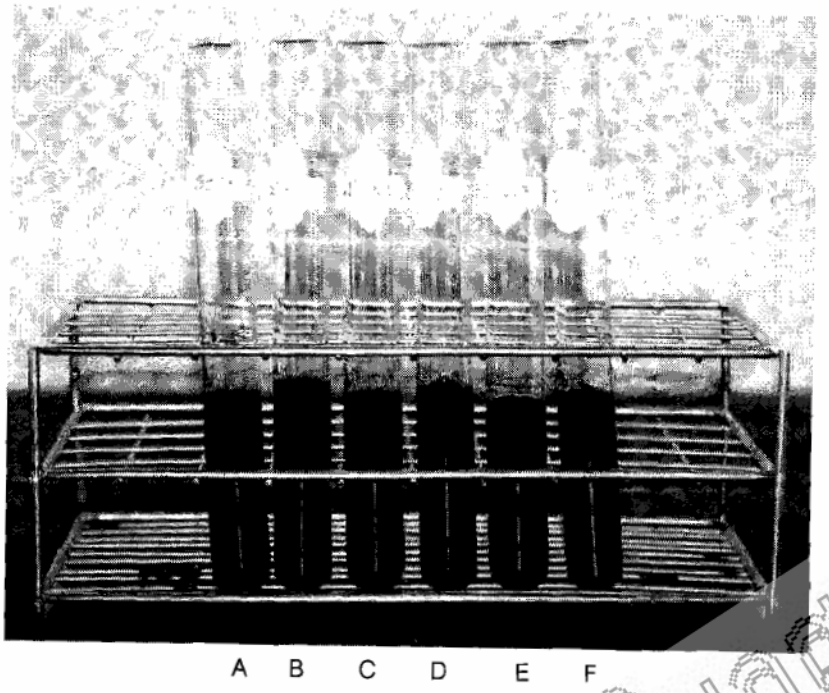
C = กระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 1.5 ชั่วโมง

D = กระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง

E = กระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 2.5 ชั่วโมง

F = กระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



A B C D E F

ภาพที่ 4.18 สารละลายสีจากปลายข้าวเจ้าที่กระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ที่สกัดด้วยเอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์

A = บ่มที่ 30 องศาเซลเซียส 7 วัน

B = กระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง

C = กระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 1.5 ชั่วโมง

D = กระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง

E = กระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 2.5 ชั่วโมง

F = กระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

จากการศึกษาการกระตุ้นการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยหมักบนปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 ก่อนที่จะนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน (ภาพที่ 4.19) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร พบว่าชุดควบคุมค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 68.28 ส่วนการกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่างๆ เชื้อราไม่มีการเจริญเติบโต ดังตารางที่ 4.7

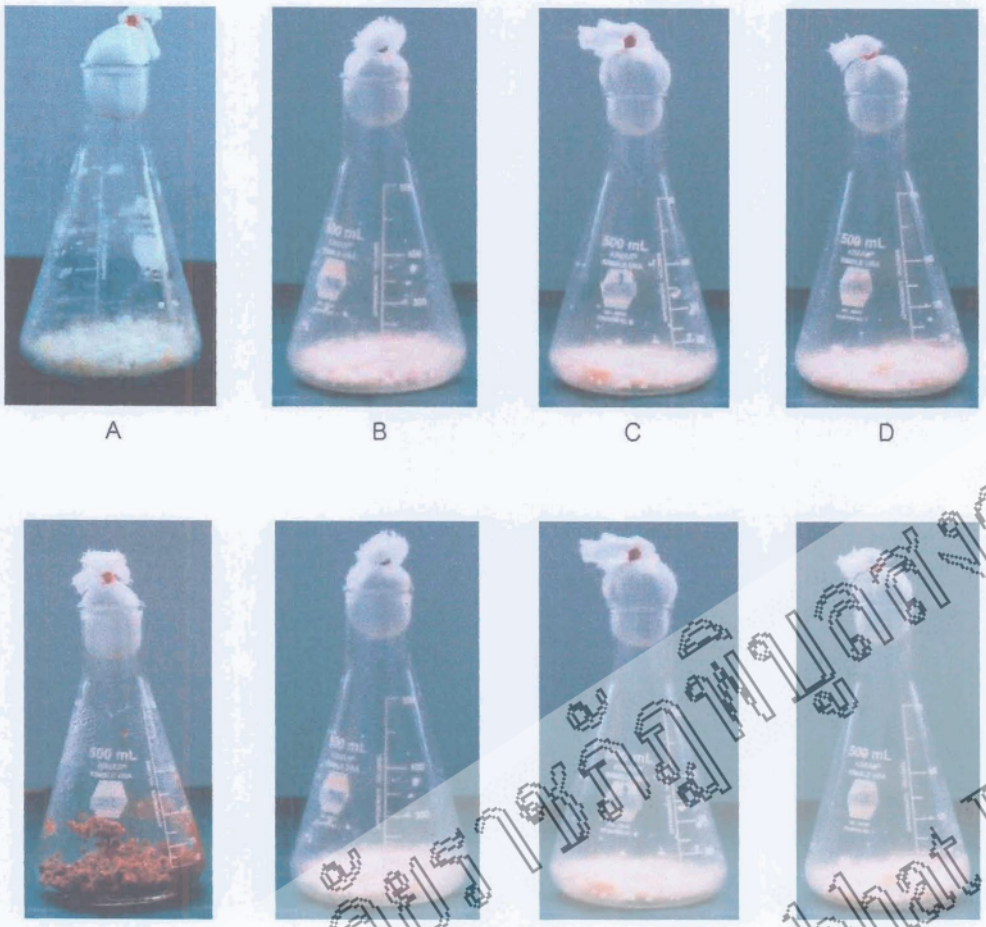
ตารางที่ 4.7 การศึกษาผลของการกระตุ้นการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090ด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยหมักบนปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน

อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตร			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ชุดควบคุม*	66.86	67.28	70.70	68.28
1 ชั่วโมง	-	-	-	-
1.5 ชั่วโมง	-	-	-	-
2 ชั่วโมง	-	-	-	-
2.5 ชั่วโมง	-	-	-	-
3 ชั่วโมง	-	-	-	-

หมายเหตุ : * ให้ค่าการดูดกลืนแสงที่ 500 นาโนเมตรสูงที่สุด

- *Monascus purpureus* TISTR 3090 ไม่การเจริญเติบโต

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University



ภาพที่ 4.19 ลักษณะการเจริญและการสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 ถูกกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 7 วัน

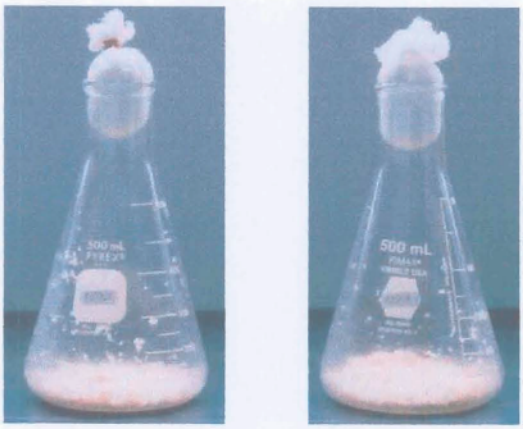
A= ก่อนนำไปบ่มที่ 30 องศาเซลเซียส 7 วัน a= หลังบ่มที่ 30 องศาเซลเซียส 7 วัน

B= ก่อนกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง b= หลังกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 1 ชั่วโมง

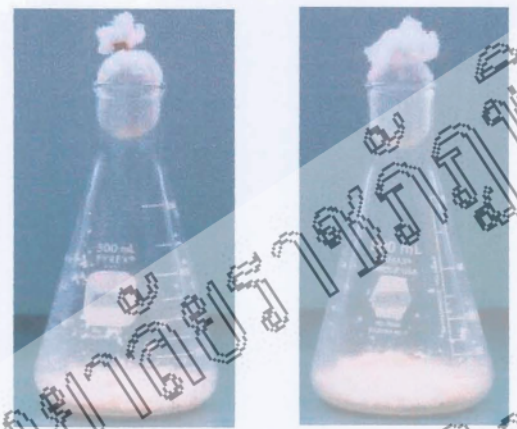
C= ก่อนกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ50องศาเซลเซียส1.5 ชั่วโมง c= หลังกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส1.5 ชั่วโมง

D= ก่อนกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ50 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง d = หลังกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร Rajabhat University



A B



a b

ภาพที่ 4.19 (ต่อ) ลักษณะการเจริญและสร้างสารสีของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 กระตุ้นด้วย อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 7 วัน

A = ก่อนกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 2.5 ชั่วโมง

a = หลังกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 2.5 ชั่วโมง

B = ก่อนกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง

b = หลังกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

บทที่ 5

วิจารณ์และสรุปผลการวิจัย

5.1 การศึกษาชนิดของสับสเตรต 18 ชนิดที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus TISTR 3090*

จากผลการวิจัยการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนสับสเตรตทั้งหมด 18 ชนิด คือ ข้าวหอมมะลิ ข้าวเจ้า ปลายข้าวเจ้า ข้าวฟ่างทำขนม ข้าวฟ่างอาหารนก ลูกเดือย รำข้าว มันแกว มันเทศ มันสำปะหลัง มันฝรั่ง เผือก กล้วยห่าม ฝรั่ง หัวไชเท้า กากมะพร้าว(คั้นกะทิแล้ว) เต้าหู้ขาวและขนมปัง โดยบ่มที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน ตรวจสอบการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงโดยวิธีการนำสับสเตรตมาสกัดสี และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร พบว่า ข้าวฟ่างทำขนมให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร สูงที่สุดคือ 82.57 รองลงมาคือ ปลายข้าวเจ้า 36.70 ข้าวหอมมะลิ 24.49 ข้าวเจ้า 22.25 มันสำปะหลัง 6.55 ข้าวฟ่างอาหารนก 12.15 มันเทศ 11.58 ลูกเดือย 10.86 เผือก 5.26 รำข้าว 4.10 กากมะพร้าว(คั้นกะทิแล้ว) 3.32 กล้วยห่าม 1.95 ฝรั่ง 0.59 โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนมันแกว มันฝรั่ง หัวไชเท้า เต้าหู้ขาว และขนมปัง ไม่มีการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090

จากการวิจัยข้าวฟ่างทำขนมให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตรมากที่สุดแสดงว่าผลิตสารสีแดงสูงสุด แต่ปลายข้าวเจ้าที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร รองลงมา แสดงว่าผลิตสารสีแดงรองลงมา เมื่อนำมาเปรียบเทียบราคาพบว่าข้าวฟ่างทำขนมมีราคาสูงกว่าปลายข้าวเจ้า กล่าวคือ ข้าวฟ่างทำขนมน้ำหนัก 300 กรัม ราคา 32 บาท ส่วนปลายข้าวจ้าวน้ำหนัก 900 กรัม ราคา 5 บาท ซึ่งจากราคาของวัตถุดิบทั้ง 2 ชนิดนี้ ทำให้ต้องเลือกปลายข้าวเจ้าเป็นวัตถุดิบแทนข้าวฟ่างทำขนมในการทำวิจัยต่อในเรื่องการหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสร้างสารสีแดง เพราะถ้าจะนำมาใช้ในการหมักปริมาณมาก ๆ แล้วราคาของวัตถุดิบจะเป็นปัจจัยที่สำคัญมากคือต้องใช้วัตถุดิบที่มีราคาต่ำที่สุดและในขณะเดียวกันก็ต้องให้ได้ผลผลิตสูงสุดด้วย

การเจริญของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนเมล็ดปลายข้าวเจ้าโดยการงอกส่วนของเส้นใยแล้วจะแทรกทะลุเข้าไปในเมล็ดข้าวนั้นและมีการสร้างสารสีแดงได้ ภายในระยะเวลา 3

วัน ทีอุณหภูมิ **27** องศาเซลเซียส และจะมีสีเข้มขึ้นจนถึงวันที่ **7** ของการวิจัย และ ***Monascus purpureus*** TISTR **3090** สามารถใช้วัตถุดิบที่มีราคาถูกได้หลายชนิด เช่น ปลายข้าวเจ้า ข้าวฟ่าง อาหารนก รำข้าว มันแกว มันเทศ เผือก กล้วยห่าม กากมะพร้าว(คั้นกะทิแล้ว) มันสำปะหลัง ข้าวหอมมะลิ และข้าวจ้าว แต่ผลิตสารสีแดงมากที่สุดคือ ปลายข้าวเจ้า

5.2 การศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างของสับสเตรตต่อการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus TISTR 3090*

จากผลการวิจัยการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ ***Monascus purpureus*** TISTR **3090** บน ปลายข้าวเจ้า บ่มที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส นาน **7** วัน ที่ความเป็นกรด-ด่าง(พีเอช)ของสับสเตรต คือ 4, 5, 6, 6.5, 7, 7.5 และ8 ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร จากค่ามากที่สุดไปน้อยที่สุดตามลำดับดังนี้

พีเอช 6 ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 52.97
พีเอช 6.5 ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 34.36
พีเอช 7 ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 30.12
พีเอช 5 ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 23.30
พีเอช 4 ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 21.06
พีเอช 7.5 ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 18.51
พีเอช 8 ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 9.87

จากผลการวิจัยพบว่าพีเอชเริ่มต้นมีผลต่อการสร้างสารสีแดงของ ***Monascus purpureus*** TISTR 3090 โดยปรับค่าพีเอชเริ่มต้นตั้งแต่ 4-8 และบ่มที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา **7** วัน พีเอชเริ่มต้น **6** ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยสูงที่สุดคือ **52.97** และพีเอชเริ่มต้น 8 ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยต่ำสุดคือ 9.84 โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และพบว่า *Monascus purpureus* TISTK **3090** สามารถผลิตสารสีแดงได้ที่พีเอชต่ำกว่า **6** และผลิตสารสีแดงได้น้อยที่พีเอชมากว่า **7**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี Rajamangala University of Technology Thanyaburi

5.3 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090

จากผลการวิจัยการศึกษาอุณหภูมิที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ ***Monmcus purpureus*** TISTR 3090 ที่เจริญในปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 บ่มที่อุณหภูมิ 25, 27, 30, 35, 37, 40 และ 45 องศาเซลเซียส ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร จากค่ามากที่สุดไปน้อยที่สุดตามลำดับดังนี้

อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 52.87
อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 49.57
อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 31.72
อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 12.33
อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 10.57
อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 2.94
อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ***Monascuspurpureus*** TISTR 3090 ไม่มีการเจริญเติบโต

จากผลการวิจัยอุณหภูมิที่มีผลต่อการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ ***Monmcus purpureus*** TISTR 3090 พบว่าอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 52.87 อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 2.94 โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และพบว่าถ้าอุณหภูมิมากกว่า 30 องศาเซลเซียส การดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ ***Monascus purpureus*** TISTR 3090 จะลดลง และอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ***Monascuspurpureus*** TISTR 3090 ไม่มีการเจริญเติบโต

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

5.4 การศึกษาผลของระยะเวลาต่อการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090

จากผลการวิจัยการศึกษาระยะเวลาต่าง ๆ ต่อการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนปลายข้าวเจ้า พิเอช 6 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5, 7, 10, 12, 15, 18 และ 20 วัน ซึ่งระยะเวลาที่ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร จากค่ามากที่สุดไปน้อยที่สุดตามลำดับดังนี้

ระยะเวลา 20 วัน ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 153.26
ระยะเวลา 18 วัน ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 131.77
ระยะเวลา 15 วัน ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 109.02
ระยะเวลา 12 วัน ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 95.19
ระยะเวลา 10 วัน ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 81.93
ระยะเวลา 7 วัน ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 71.83
ระยะเวลา 5 วัน ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 61.02

จากผลการทดลองพบว่า *Monascuspurpureus* TISTR 3090 สามารถผลิตสารสีแดงบนปลายข้าวจ้าว ได้ตั้งแต่ระยะเวลา 3 วันเป็นต้นไป โดยระยะเวลา 20 วัน ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 153.26 และที่ระยะเวลา 5 วัน ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 61.02 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และพบว่าถ้าระยะเวลาของการหมักยิ่งนานมากขึ้นก็จะทำให้ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ผลิตสารสีแดงในปลายข้าวจ้าวได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งอาจจะมีการวิจัยในเรื่องระยะเวลาการหมักสีโมแนสคัส นานกว่า 20 วัน ต่อไป

5.6 การศึกษาการกระตุ้นการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ด้วยแสงสว่างกับความมืด

จากการหมัก *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนปลายข้าวเจ้า พิเอช 6 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 วัน และกระตุ้นด้วยแสงสว่างกับความมืด ซึ่งผลของการกระตุ้นด้วยแสงสว่างกับความมืด ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร จากค่ามากที่สุดไปน้อยที่สุดตามลำดับดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยพายัพ Payap University Chiang Mai Thailand

ชุดควบคุม ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 72.73

แสงสว่าง 4 วัน ความมืด 4 วัน ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 66.67

แสงสว่าง 2 วัน ความมืด 2 วัน ความมืด 2 วัน แสงสว่าง 2 วัน

ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 60.50

ความมืด 8 วัน ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 59.7

แสงสว่าง 8 วัน ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 53.63

ความมืด 2 วัน แสงสว่าง 2 วัน แสงสว่าง 2 วัน ความมืด 2 วัน

ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 52.54

ความมืด 4 วัน แสงสว่าง 4 วัน ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 40.03

จากการวิจัยการศึกษาการกระตุ้นการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ด้วยแสงสว่างกับกับความมืด พบว่าการกระตุ้นด้วยแสงสว่างกับกับความมืดไม่มีผลต่อการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงเพิ่มขึ้น โดยชุดการควบคุม (ไม่มีการกระตุ้นด้วยแสงสว่างสลับกับความมืด) ให้ค่าดูดกลืนแสงเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 72.73 และการกระตุ้นด้วย ความมืด 4 วัน แสงสว่าง 4 วัน ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 40.03 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5.7 การศึกษาการกระตุ้นการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus TISTR* 3090 ด้วยอุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส

จากการหมัก *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนปลายข้าวเจ้า พีเอช 6 และกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส ก่อนที่จะนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 7 วัน ซึ่งผลของกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร จากค่ามากที่สุดไปน้อยที่สุดตามลำดับดังนี้

ชุดควบคุม ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 66.44

อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วันละ 1 ชั่วโมง ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 61.49

อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส iuaa 1.5 ชั่วโมง ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 55.84

อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วันละ 2 ชั่วโมง ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 45.28

อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วันละ 2.5 ชั่วโมง ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 35.76

อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส iuaa 3 ชั่วโมง ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 33.04

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี Pibulsongkram Rajabhat University

ผลของกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ดังนี้

ชุดควบคุม	ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยเท่ากับ 68.28
อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส วันละ 1 ชั่วโมง	เชื้อราไม่มีการเจริญเติบโต
อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส วันละ 1.5 ชั่วโมง	เชื้อราไม่มีการเจริญเติบโต
อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส วันละ 2 ชั่วโมง	เชื้อราไม่มีการเจริญเติบโต
อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส วันละ 2.5 ชั่วโมง	เชื้อราไม่มีการเจริญเติบโต
อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส วันละ 3 ชั่วโมง	เชื้อราไม่มีการเจริญเติบโต

จากการวิจัยการศึกษาการกระตุ้นการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 ด้วยอุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส พบว่าการกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส ไม่มีผลต่อการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงเพิ่มขึ้น โดยชุดการควบคุม (ไม่มีการกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส) ให้ค่าดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตรสูงที่สุดและพบว่าการกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส *Monascuspurpureus* TISTR 3090 มีการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงแต่น้อยกว่าชุดควบคุมซึ่งให้ค่าดูดกลืนแสงเฉลี่ยที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตรสูงที่สุดคือ 66.44 การกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วันละ 3 ชั่วโมง ให้ค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยต่ำที่สุดคือ 33.04 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงจะลดลงตามเวลาที่กระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ส่วนการกระตุ้นด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส *Monascus purpureus* TISTR 3090 ไม่มีการเจริญเติบโตและไม่ดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดง

ข้อเสนอแนะ

1. การเตรียมสับสเตรตควรจะวัดปริมาณความชื้นในสับสเตรตให้ได้เท่ากันทุกตัวอย่าง
2. การศึกษาระยะเวลาในการดูดกลืนแสงสารสกัดสีแดงควรจะใช้ระยะเวลานานกว่า 20 วัน เพราะผู้วิจัยกำหนดเวลาสูงสุด 20 วัน แต่ถ้าใช้ระยะเวลามากกว่า 20 วัน ค่าการดูดกลืนแสงอาจจะเพิ่มมากขึ้นได้
3. ควรศึกษาการกระตุ้นด้วยอุณหภูมิอื่นๆ นอกเหนือจากอุณหภูมิ 4 และ 50 องศาเซลเซียส

มหาวิทยาลัยพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

4. ควรจะมีการศึกษาการหมักในอาหารเหลวและศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างสารสีแดงในอาหารเหลว

5. ควรมีการปรับปรุงสายพันธุ์ของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 โดยการชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ เพื่อให้เกิดการสร้างสารสีแดงมากขึ้นหรือสร้างสารสีชนิดอื่น ๆ

6. ควรมีการศึกษาสารเมแทบอไลต์ที่ได้จาก *Monascus purpureus* TISTR 3090 เพื่อนำไปใช้ในงานวิจัยอื่น ๆ ต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

เอกสารอ้างอิง

ดุษณี ธนะบริพัฒน์ .2537. **จุลชีววิทยาอุสาหกรรม.** ภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.หน้า 6-55 - 6-56.

5% **ขนบคี ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ นิตยา เลาหจินดา และอารีย์ เสือก้อน. 2530. เปรียบเทียบการทดสอบผลของสีผสมอาหารในกลุ่มอะโซบางชนิดและสี่ที่ได้จากการหมักเชื้อราโมแนสคัสในโครโมโซมของคน,**น. 1-45. ในเรื่องเต็มการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 25, สาขาสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

นภา โล่ห์ทอง.2534. **กล้าเชื้ออาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต.** ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,หน้า 89 - 90.

บุษบา ยงสมิทธ์.2542. **จุลชีววิทยาการหมักวิตามินและสารสี**. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,หน้า 23 - 40 และ 203 - 230.

บุษบา ยงสมิทธ์ และวรรณกา ทาบโลกา.2527. **การใช้ประโยชน์แป้งมันสำปะหลังในการผลิตสีผสมอาหาร และเอนไซม์ย่อย**แป้งโดยเชื้อราโมแนสคัสในสภาพหมักเปียก. หน้าที่ 451-452 .ในการประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 22 กรุงเทพฯ.

บุษบา ยงสมิทธ์ และวรรณกา ทาบโลกา.2528. สีผสมอาหารจากมันสำปะหลังโดยเชื้อราโมแนสคัส **วิทยาสารเกษตรศาสตร์(วิทย์.).** 19(1):45-50.

บุษบา ยงสมิทธ์ วิเชียร ยงมานิตชัย สนทนา แสงจันทร์ และชุลี ชัยศรีสุข. 2531. **การผลิตสีผสมอาหารจากมันสำปะหลังเพื่ออุตสาหกรรมหมัก.** รายงานการวิจัย**ฉบับสมบูรณ์เสนอต่อ** สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กรุงเทพฯ.225 น.

วรรณภา ทาบโลกา, 2529. ปัจจัยที่เหมาะสมต่อการผลิตสีของโมแนสคัสที่เจริญบนอาหารแป้งมันสำปะหลังในสภาพหมักเปียก. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุภาพร จันทร์ศิริโพธา. 2531. การปรับปรุงสายพันธุ์เชื้อราแดงเพื่อเพิ่มความสามารถการผลิตสีโดยวิธีการกลายพันธุ์. **วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

Blanc, P.J., M.O. Loret, and G. Goma. 1995a. Production of citrinin by various species of ***Monascus.*** **Biotechnol.** Letters. 17(3) : 291-294.

Blanc, P.J.,J. P. Laussac, J.le Bars, M. Loret, A. Pareilleux, D. Prome, J. C. Prome, A. L. Snaterre and G. Goma. 1995b. Characteristic of monascidin A from *Monascus* as citrinin . Intern. J. Food Microbiol. 27 : 201-213.

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร Rajabhat University

Carels,M. and D. Shepherd. 1977. The Effect of different nitrogen source on pigment production and sporulation on *Monascus* sp. in submerged shaken culture . Can. J. **Microbiol.** 23:1360-1372

Carels,M. and D. Shepherd. 1978. The Effect of pH and amino acids on conidiation and pigment production of ***Monnscus major*** ATCC 16362 and ***Monascus rubiginosus*** ATCC 16367 in submerged shaken culture . Can. J. **Microbiol.** 24:1346-1357.

Hiroi,T.,T Shima,T Susuki, M. Tsukioka and N. Ogasawara. 1979. Hyperpigment productive mutant of ***Monascus anka*** for solid culture. **Agri.Biol. Chem.** 43 : 1975.

Kaio. K., N. Seihachiro, N. Yoshiyuki and M. Sadao. 1978. Toxicity of ***Monascus*** pigment. Niigata Igakkai Zasshi. 92(12) : 815-820

Lin, C.F., and H. Lizuka. 1982. Production of extracellular pigment by a mutant of ***Monascus knoliang*** sp. **Nov. Appl. Envion. Microbiol.** 43(3) : 671-676.

Lin, C.F. 1973. Isolation and culture condition of ***Monascus*** sp. for the production in submerged culture. **J. Ferment. Technol.** 51(6):407-414

Lin, C.F. and S. J. T. Sue. 1973. Isolation of hyperpigment productive mutants of *Monascus* sp. F2. **J. Ferment. Technol.** 51:757-759.

Lin, T.F. and A. L. Demain.1995. Negative effect of ammonium nitrate as nitrogen source on the production of water soluble red pigment by ***Monascus*** sp. App. **Microbial. Biotechnol.** 43(4):173-179.

Manandhar, K. L., and A.E.Apinis. 1971. Temperature relation in ***Monnscus.*** Trans Br. **Mycol. Soc.** 57(3) : 465-472.

Shepherd, D.1997. **The relationships between pigment production and sporulation in *Monascus* sp.,pp.** 103-118.*In* J. Meyrath and J. D. Bu Lock (eds.). Biotechnology and Fungal Differentiation.FEMS Symposium No.4,. Acadimic Press. Inc., New York.

Shepherd, D and M. Carels. 1983. **Product formation and differentiation in fungi,** pp. 515-535. ***In*** J.E. Smith (ed.). Fungal Differentiation, Marcel Dekker, inc., New York.

Wong, H. C., Y. C. Lin and P.E. Koehler. 1981. Regulation of growth and pigmentation of ***Monascus purpureus*** by carbon and nitrogen concentration. **Mycologia.** 73:649-654.

http://techno.msu.ac.th/fn/ecenter/fad/color.htm

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

http://WWW.mandt.de/backupallokcom/erot.htm,1998

http://www.inhousedrugstore.co.uk/heart-health/ heart-health.html

http://WWW.behrbonn.com/literat/monascub.htm

http : // WWW.mandt.de/backupallokcom/erot.htm , 1998

http : // WWW.behronn.com/literat/monascub.htm ,1998

http : // www.hollandandbarrett.com/Herb/red_Yeast_Rice.htm ,2000

http:Nscience.kmutt.ac.tWMicrobiolorry/thesis/thesis-th/indusmic3.htm.

http : //www. hollandandbarrett.com/Herb/Red_Yeast_Rice.htm, 2000

http : //ift.confex.com/ift/2001/techprogram/paper_6799.htm

http : //www.confex.com/store/ift/jfs65-0342.htm

http : //www.confex.com/ift/98annual/accepted/423.htm

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University

ภาคผนวก ก

Monascus purpureus TISTR 3090

ภาพที่ ภ-1 ลักษณะโคโลนีของ *Monascus purpureus* TISTR 3090 บนอาหาร PDA slant

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ภาคผนวก ข
อุปกรณ์ เครื่องมือ อาหารเลี้ยงเชื้อและสารเคมี

1. อุปกรณ์

(1.1) บีกเกอร์ขนาด 100 และ 250 มิลลิลิตร (beaker 100 ml. and 250 ml.)

(1.2) ขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร (erlenmyer flask 500 ml.)

(1.3) จานเพาะเชื้อ (petri dishes)

(1.4) กระบอกตวง (cylender)

(1.5) ตะแกรงใส่หลอดทดลอง (culture tube racks)

(1.6) เข็มถ่ายเชื้อและห่วงถ่ายเชื้อ (needle and loop)

(1.7) แท่งแก้วคนสาร (stirrer)

(1.8) ขวดอาหาร (medium bottle)

(1.9) หลอดทดลองขนาด (test tubes 16 X 150 mm.)

(1.10) หลอดทดลองขนาด (test tubes 25 X 200 mm.)

(1.11) สำลี (cotton wool)

(1.12) มีดและเขียง (knife and chopping block)

(1.13) กระดาษกรอง (filter paper)

(1.14) ตะเกียงแอลกอฮอล์ (alcohol burner)

(1.15) ปากคีบ (forcep)

2. เครื่องมือ

(2.1) หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave)

(2.2) เครื่องชั่ง (balances)

(2.3) เครื่องอบฆ่าเชื้อ (hot air oven)

(2.4) ตู้บ่มเชื้อ (incubator)

(2.5) กล้องจุลทรรศน์ (microscope)

(2.6) เครื่องมือนับจำนวนสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (counting chamber)

(2.7) เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer)

(2.8) เครื่องวัดพีเอช (pH meter)

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

(2.9) เครื่องผสมสาร (vortex mixer)

(2.10) ไมโครปิเปต (micropipette)

3. สารเคมี

(3.1) เอทานอลร้อยละ 95 (95% ethanol)

(3.2) เมทานอลร้อยละ 100 (100% methanol)

3 . 3 กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 1 โมล่าร์(1 **M.** HCL)

(3.4) โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 1 โมล่าร์ (1 **M.** NaOH)

4. อาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารพีดีเอ (potato dextrose **agar)**

มันฝรั่ง	200.0 กรัม
น้ำตาลเดกโตส	20.0 กรัม
วุ้น	15.0 กรัม
น้ำกลั่น	1.0 ลิตร

พีเอช 4.5

สารเคมี

เอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์

เอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์	50 มิลลิลิตร
น้ำกลั่น	45 มิลลิลิตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ สกุล นางนฤมล เถื่อนกูล

ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ 1 ระดับ 5

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา 2535 ปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาชีววิทยา มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2537 ปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา (จุลชีววิทยา) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2537-2538 นักวิจัย ทำวิจัยเรื่อง การคัดเลือกเชื้อราที่ผลิตเอนไซม์ไคเนส ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

พ.ศ. 2538-2541 นักวิจัย ทำวิจัยเรื่องการควบคุมแมลงและโรคพืชด้วยวิธีชีววิธี บริษัทเคการเกษตร จังหวัดลำปาง

ประวัติการทำวิจัย วิจัยเรื่อง การแยกแบคทีเรียในดินที่สามารถสร้างสารปฏิชีวนะในการยับยั้ง *Stsphylococcus aureus* และ *Fusarium* sp.

ได้รับทุนจากสถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม พ.ศ. 2545

ที่ทำงาน โปรแกรมวิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม โทรศัพท์ 055-230595 โทรสาร 055-230595

ที่อยู่ 28/32 ถนนเทพารักษ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000

โทรศัพท์ 055-282578 , 09-7078101

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม Pibulsongkram Rajabhat University