บทที่2

ตรวจเอกสาร

สีธรรมชาติ

สีธรรมชาติคือสีที่สกัดได้จากวัตถุดิบจากแหล่งธรรมชาติเช่น พืช สัตว์ และแร่ธาตุต่างๆ ซึ่งเกิดขึ้นมาจากกระบวนการตามธรรมชาติ สีธรรมชาติมีบทบาทเกี่ยวข้องกับวิถีการดำรงชีวิตของมนุษย์มายาวนานนับตั้งแต่สมัยโบราณ มนุษย์ได้เรียนรู้ที่จะนำสีจากวัสดุธรรมชาติมาใช้ในกิจกรรมต่างๆ เช่น ทาสีตามร่างกาย สีของภาชนะเครื่องปั้นดินเผา ย้อมสิ่งทอ เครื่องใช้ เครื่องนุ่งห่ม ภาพวาดฝาผนัง และเป็นส่วนประกอบในพิธีกรรมต่างๆตามความเชื่อของแต่ละท้องถิ่น

สีธรรมชาติที่มีการใช้ในอดีตนั้นมักจะได้มาจาก พืช สัตว์ และแร่ธาตุต่างๆ โดยมีพัฒนาการสืบทอดกันมาจนถึงปัจจุบัน ตัวอย่างเช่น การใช้สีในการ ประกอบอาหาร และขนม การย้อมสิ่งทอ เครื่องนุ่งห่ม การย้อมเครื่องมือ เครื่องใช้ในครัวเรือน เช่น เครื่องมือดักจับสัตว์น้ำ การใช้เขม่าหรือควันไฟรมเครื่องจักสานให้เกิดสีและเสริมความทนทาน ตลอดจนการใช้ทำภาพเขียน

สำหรับปัจจุบันมีการหันกลับมาให้ความสนใจใช้สีจากวัสดุธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่

1. ความต้องการอนุรักษ์และสืบทอดภูมิปัญญาท้องถิ่น ที่สืบทอดกันมาจากอดีตให้คงอยู่ในสังคมสืบไป การย้อมสีธรรมชาติซึ่งเป็นหนึ่งในภูมิปัญหาท้องถิ่นจึงได้รับการสนับสนุนมากขึ้นจากทั้งภาค รัฐ ภาคเอกชน และประชาชนทั่วไป

2. ปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเกิดจากใช้สีสังเคราะห์และสารเคมีอันตรายในอุตสาหกรรมการผลิตสิ่งทอ สารเคมีที่ตกค้างและปนเปื้อนในน้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการฟอกย้อม ทำให้เกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำธรรมชาติต่างๆ

3. ปัญหาความไม่ปลอดภัย และผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานฟอกย้อม ซึ่งเกิดจากการสัมผัสกับสารเคมี และสีสังเคราะห์ โดยเฉพาะสีสังเคราะห์บางประเภทที่เป็นสารก่อมะเร็ง

4. การให้ความสนใจต่อความปลอดภัยและอันตรายของสารเคมีตกค้างบนผลิตภัณฑ์สิ่งทอของประชาชน ทำให้มีการกำหนดชนิดสีสังเคราะห์ที่จะใช้กับสิ่งทอแต่ละประเภท ทำให้เกิดความระมัดระวังในการใช้สิ่งทอย้อมสีสังเคราะห์และหันมาใช้สิ่งทอที่ได้มาจากการย้อมสีธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น

5. การตื่นตัวด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ ทำให้เกิดค่านิยมต่อต้านสินค้าที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และอุปโภค/บริโภค มีการใช้สินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมหรือ “ผลิตภัณฑ์ฉลากเขียว” เพิ่มมากขึ้น โดยสินค้าที่ดีจะต้องเกิดจากกระบวนการผลิตที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ไม่มีผลกระทบต่อผู้บริโภค และสินค้าใช้แล้วเมื่อเป็นขยะต้องไม่ก่อมลพิษต่อไป ค่านิยมดังกล่าวมีส่วนสำคัญในการผลักดัน ให้มีการหันกลับมาใช้สิ่งทอย้อมสีย้อมธรรมชาติเพิ่มมากขึ้น

สีจากธรรมชาติที่ใช้โดยทั่วไปได้แก่

1.สีเขียวจากใบเตยหอม พริกเขียว ใบย่านาง คะน้า
2. สีเหลือง จากขมิ้นอ้อย ขมิ้นชัน ลูกตาลยี ไข่แดง ฟักทอง เมล็ดคำแสด ดอกคำฝอย ดอกโสน
3. สีแดง จากครั่ง กระเจี๊ยบ มะเขือเทศ มะละกอ พริกแดง ถั่วแดง ข้างแดง-เมืองจีน
4. สีน้ำเงิน จากดอกอัญชัน
5. สีดำ จากกาบมะพร้าวเผา ถั่วดำ ดอกดิน
6. สีน้ำตาล จากน้ำตาลเคี่ยวไหม้
7. สีที่สกัดได้จากจุลินทรีย์ เช่น สีแดงจาก Monascus purpureus และสาหร่ายสีแดง สีน้ำเงินจากสาหร่ายสไปรูลินา เป็นต้น

สีจากจุลินทรีย์

จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถสร้างสารสีหรือรงควัตถุ ได้มาก และปลอดภัยพอที่จะนำใช้เป็นสีผสมอาหารได้ และจุลินทรีย์บางชนิดสามารถสร้างสารสีที่มีคุณสมบัติเป็นสารเร่งการเจริญ หรือเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่นมีคุณสมบัติเป็นวิตามิน ลักษณะของจุลินทรีย์ที่เป็นแหล่งสารสีได้แก่

1. สามารถเจริญได้เร็ว ขยายพันธุ์ได้ดี
2. มีความสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้สูง ได้ผลสม่ำเสมอ และไม่ควรให้ผลพลอยได้ที่ไม่จำเป็น

หรือไม่ต้องการ

3. ควรเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถใช้วัตถุดิบหาง่าย และราคาถูกที่มีอยู่แล้วในท้องถิ่นได้ดี

4. มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมได้ดีมีช่วง pH และอุณหภูมิที่เหมาะต่อการเจริญเติบโตกว้าง

5. เป็นจุลินทรีย์ที่มีลักษณะทางด้านพันธุกรรมที่คงที่ไม่เปลี่ยนแปลงง่าย

6. ควรเป็นเชื้อที่เลี้ยงง่าย ตายยาก และเก็บได้นาน

7. ควร เป็นเชื้อบริสุทธิ์ปราศจากฟาจ (phage) หรือทนต่อการทำลายของฟาจ (phage) หรือจุลินทรีย์ชนิดอื่น เช่น แบคทีเรียควรเป็นพันธุ์ต้านทานฟาจ (phage) สาหร่ายก็ควรทนต่อการเข้าทำลายของแบคทีเรียหรือรา

8. ต้องเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรคในคน และไม่สร้างสารพิษให้กับผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

ตัวอย่างของจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตสารสี

1. **แบคทีเรีย** แบคทีเรียที่สามารถผลิตสีได้อาจจำแนกตามลักษณะของสีที่ผลิตดังนี้

กลุ่มแคโรตินอยด์ จะมีสีเหลือง ส้ม หรือแดงส้ม ตัวอย่างของแบคทีเรียที่ผลิตสีในกลุ่มนี้ได้ เช่น

- *Streptomyces chrestomyceticus* ผลิต Lycopene
- *Flavobacterium* sp. ผลิต Lutein
- *Mycobacterium pheli* ผลิต Unidentified xanthophylls
- *Mycobacterium lacticola* ผลิต Astaxantin
- *Rhodococcus maris* ผลิต Canthaxanthin

วิตามินB12 จะมีสีแดงคล้ำ(เป็นผลึกของปริซึม) ตัวอย่างของแบคทีเรียที่ผลิตสีในกลุ่มนี้ได้ เช่น

- *Pseudomonas sp.*
- *Streptomyces* sp.
- *Proteus* sp.

เหลืองเขียวเรืองแสง ตัวอย่างของแบคทีเรียที่ผลิตสีในกลุ่มนี้ได้ เช่น

- *Clostridium butylicum* (เป็นจุลินทรีย์ที่ใช้ผลิตวิตามิน B12ในอุตสาหกรรม)
- *Clostridium acetobutylicum*
- *Lactobacillus* spp.
- *Acetobacter* sp.

Prodigiosin สีแดงเลือดนก ผลิตโดย *Serratia marcescens*

Indigoids สีคราม ผลิตโดย *Pseudomonas putida*

2. **รา** ราที่สามารถผลิตสีได้อาจจำแนกตามลักษณะของสีที่ผลิตดังนี้

monascorubin (สีแดง) และ monascoflavin (สีเหลือง)

ผลิตจาก Monascus purpureus

แคโรตินอยด์

- *Mucor macedo* ผลิต carotene
- *Rhodosporidium* ผลิต torelene
- *Dacrymyces deliquescens* ผลิต lutein

วิตามิน B2

- *Ashbya gossypii*
- *Eremothecium ashbyii*

3. **ยีสต์** ยีสต์ที่สามารถผลิตสีได้อาจจำแนกตามลักษณะของสีที่ผลิตดังนี้

วิตามิน B2

- *Candida urborea*
- *Candida flareri*

- *Rhodoturula* sp. ผลิต torelene

- *Phaffia rhodozyma* ผลิต astaxanthin

4. สาหร่าย

- *Rhodophyta* sp. (สาหร่ายสีแดง) ผลิต ไฟโคอิริทริน (สีแดง)

- *Spirulina* sp. ผลิตรงควัตถุที่ 3 ชนิด คือ

1. คลอโรฟิลล์ เอ เป็นรงควัตถุสีเขียว รวมอยู่กับโปรตีนและไขมันของเนื้อเยื่อคลอโรพลาสต์ มีคุณสมบัติไวต่อแสง ความร้อน และออกซิเจน

2. แคโรตินอยด์ เป็นรงควัตถุสีเหลือง ส้ม และแดง ซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ไม่มีออกซิเจน แคโรตินอยด์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ตามลักษณะโครงสร้างทางเคมี คือ

2.1 แคโรทีน (รงควัตถุสีแดงส้ม) แคโรทีน แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ แอลฟาแคโรทีน เบต้าแคโรทีน และเอปซิลอนแคโรทีน โดยเบต้าแคโรทีน จะเป็นตัวที่พบได้ในสาหร่ายทุกชนิด

2.2 แซนโธฟิลล์ (รงควัตุสีเหลือง) มีชื่ออีกอย่างว่า ออกซิแคโรทีน (Oxycarotene) หรือ แคโรทีนอล (Carotenol) เป็น Antioxidant ช่วยป้องกันโรคมะเร็ง ชะลอความแก่ เป็นสารช่วยเพิ่มภูมิคุ้มกัน

2.3 ไฟโคไซยานิน คือ ไฟโคบิลิน + โปรตีน = ไฟโคบิลิโปรตีน (ไฟโคบิลิโซม) ละลายในน้ำได้เป็นสารสีแดง และน้ำเงิน

การผลิตสารสีจากจุลินทรีย์ประเภทราในระดับอุตสาหกรรม

สีที่ผลิตจากเชื้อรานั้น มีการนำมาใช้ประโยชน์มานานกว่า 1000 ปี ในรูปสารปรุงแต่งอาหารสีแดง ยาอายุวัฒนะ แต่เดิมมีการหมักในรูปของการหมักแห้งบนเมล็ดข้าวเรียกว่า อังคัก (angkak, อัง = แดง; คัก = เมล็ด) หรือข้าวแดง ข้าวแดง เป็นผลิตภัณฑ์สารสีที่เกิดจากการเลี้ยงเชื้อรา *Monascus* spp. ที่เป็นที่รู้จักกันมานานในแถบตะวันออก เช่น จีน ประเทศแถบเอเชียใต้ เช่น ไทย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ กัมพูชา อินโดนีเซีย เชื้อราเจริญบนข้าวสามารถสร้างสารสีออกมาจากเซลล์ได้มาก สายพันธุ์ที่นิยมใช้หมักข้าวแดง คือ *M. purpureus* และ *M.Anka* ต่อมามีการพัฒนา

นำเชื้อรานี้มาหมักในอาหารเหลวโดยนักวิทยาศาสตร์ญี่ปุ่นและเป็นที่แพร่หลายทั่วไป ในปี พ.ศ. 2526 ประเทศไทยมีปัญหาเรื่องแป้งมันสำปะหลังราคาตกต่ำ กลุ่มนักวิชาการในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้ศึกษาการเพิ่มมูลค่าแก่มันสำปะหลัง โดยนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักเชื้อราโมแนสคัส ให้เป็นสีธรรมชาติโดยการเป็นครั้งแรกโดยการหมักแบบเปียก (submerged fermentation) ต่อมาได้มีการพัฒนาสายพันธุ์ราข้าวแดงให้เพิ่มการผลิตสีได้มากขึ้นเป็นสายพันธุ์กลายแดง 1 สายพันธุ์ สายพันธุ์กลายเหลือง 7 สายพันธุ์ และสายพันธุ์กลายเผือก (ไม่สร้างสี) 1 สายพันธุ์ แต่สร้างเอนไซม์ย่อยแป้งได้สูงและให้กลิ่นดี สายพันธุ์ทั้งหมดนี้สามารถนำมาหมักในอาหารเปียกสูตรแป้งมันสำปะหลังและแป้งถั่วเหลืองที่มีราคาถูก หรือหมักแห้งโดยตรงบนเมล็ดธัญพืชต่างๆ รวมทั้งข้าวด้วย

การผลิตสีเหลืองโมแนสคัสโดยสายพันธุ์โมแนสคัส (ไวล์ไทป์) ได้รายงานในปี ค.ศ. 1993 ส่วนสายพันธุ์ที่ปรับปรุงได้โดยมิวแตชันได้มีรายงานในปี ค.ศ. 1994 โดยทั้ง 2 เชื้อหมักแบบเปียกได้สีเหลืองที่ดูดกลืนคลื่นแสงยูวีสูงสุดที่ 330, 370 นาโนเมตร ตามลำดับ ต่อมาพบว่าสายพันธุ์กลายเหลือง สามารถนำมาหมักแบบแห้งบนข้าวได้ดีมาก จึงเรียกว่า อึ้งคัก (ungkak, อึ้ง = เหลือง) เมื่อนำมาสกัดหยาบด้วยเอทานอล และทำให้เป็นผงสีมีคุณสมบัติเป็น strong antimutagenic (ล้างพิษ nitrosated products, aminopyrene และ urethaneได้) เมื่อทดสอบด้วย AMES test และ fruit fly test ตามลำดับ และเมื่อสกัดสารสีเหลืองให้บริสุทธิ์และมีการวิเคราะห์โครงสร้างเคมี พบว่าได้สารบริสุทธิ์ใหม่ 2 สาร ซึ่งงานทั้งหมดนี้ เป็นการเน้น การใช้ประโยชน์มันสำปะหลังโดยเชื้อราข้าวแดงนั้น นับเป็นแนวงานที่พัฒนาจากปัญหาวิกฤติมันสำปะหลังของประเทศจากปี พ.ศ. 2526 จนถึงปัจจุบันร่วม 20 ปี อย่างต่อเนื่อง

วิธีการผลิตข้าวแดง

การผลิตข้าวแดงในระดับอุตสาหกรรมได้ทำกันมานานในประเทศจีนและไต้หวันโดยมีรายละเอียดดังนี้

<u>การเตรียมกล้าเชื้อ</u>

1.แช่ข้าวในน้ำเป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง นึ่งให้สุก ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำไปใส่ในบ่อหมัก

2. เพาะเชื้อโดยใช้กล้าเชื้อเจริญบนเมล็ดข้าวใช้ปริมาณประมาณครึ่งหนึ่งของข้าวที่นึ่งไว้เติมลงในบ่อหมัก

3. เติมน้ำลงในบ่อหมักประมาณหนึ่งเท่าโดยน้ำหนักของวัสดุหมักและกวนเป็นครั้งคราว เพื่อลด

อุณหภูมิเมื่อครบ 4 วันข้าวจะเปลี่ยนเป็นสีแดง ข้าวที่หมักได้ส่วนนี้จะใช้เป็นกล้าเชื้อสำหรับการผลิตขั้นต่อไป โดยมีประสิทธิภาพในการหมักข้าวแดงถึง 30 เท่าของกล้าเชื้อที่ผลิตตามขั้นตอน

การผลิตข้าวแดง

1. นึ่งข้าวโดยใช้ความดันไอ 0.2 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมงเมื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำถึงระดับ 40 องศาเซลเซียส พ่นน้ำประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์บนเมล็ดข้าวนึ่งแล้วนำไปนึ่งต่ออีก 30 นาที
2. เมื่ออุณหภูมิลดลงถึง 36 องศาเซลเซียส ทำการเพาะกล้าเชื้อ
3. ในระยะแรกของการหมัก อุณหภูมิจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นถึง 42 องศาเซลเซียส จึงทำการแบ่งข้าวออกมาใส่ฟลาสก์ แล้วจึงบ่มต่ออีก 8 วัน
4. ในระหว่างการบ่ม มีการเพิ่มความชื้นโดยนำน้ำมาใส่ฟลาสก์เชื้อทำเช่นนี้ประมาณ 3 ครั้งตลอดระยะเวลาการบ่ม เพื่อให้เมล็ดข้าวชุ่มชื้นเหมาะสมต่อการเจริญและขอนไชของเส้นใย และป้องกันการเกาะติดระหว่างเมล็ดข้าว หลังจากการบ่มข้าวจะเปลี่ยนเป็นสีแดงทั่วทั้งเมล็ดภายในและภายนอก

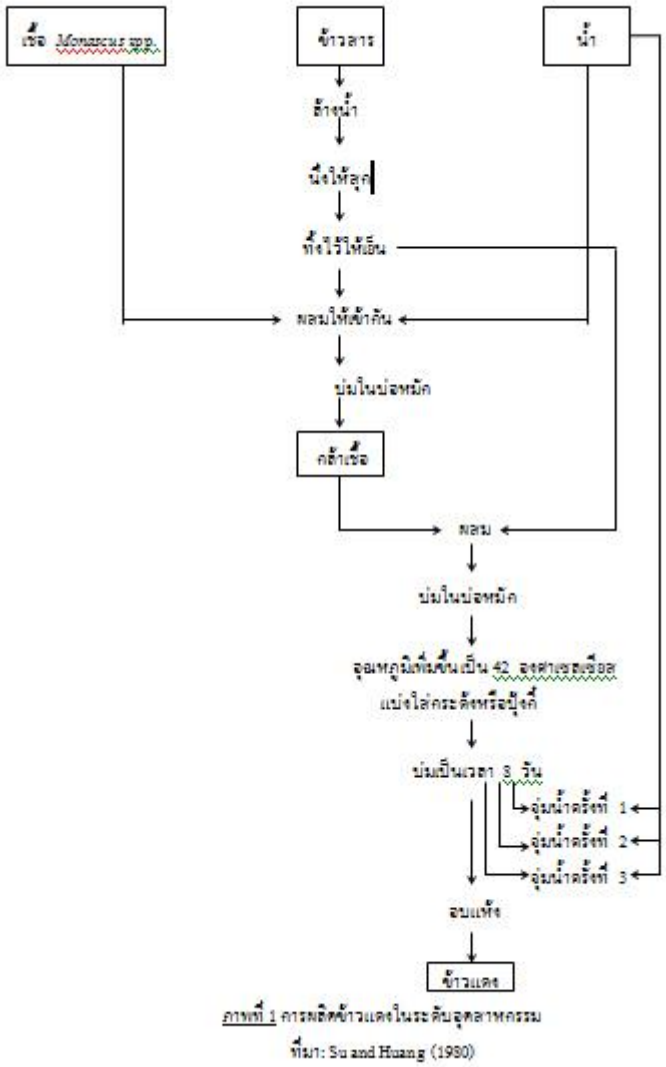
การผลิตแปรรูปผงสี

1. นำข้าวที่มีสีปกคุมทั่วเมล็ดมาทำให้อยู่ในรูปผงโดยมีขั้นตอนการทำดังนี้
นำเม็ดข้าวที่ปกคลุมด้วยสารสีจากขั้นตอนการหมักไปทำการฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
2. นำไปอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง แล้วนำมาบดละเอียดจะได่ผงสีจากจุลินทรีย์ตามต้องการ

การแยกสารสีโมแนสคัส

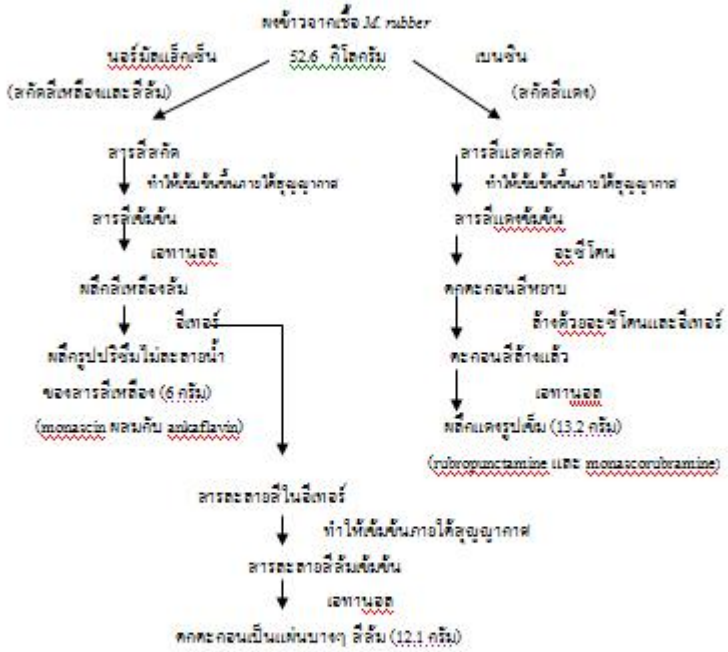
วิธีสกัดสีออกจากเส้นใยจะแตกต่างกันไปทั้งทางด้านการใช้ตัวทำละลายเป็นตัวสกัด และปริมาณความเข้มข้นของตัวละลายที่ใช้สกัด Broder and Koehler (1980) ทดลองใช้เมทานอลคลอโรฟอร์ม เอทานอล และอะซีโตน ในการสกัดสีออกจากเส้นใยพบว่าสารที่สกัดสีได้ดีที่สุดคือ เมทานอล ซึ่งสีที่สกัดได้จะมีค่าดูดกลืนแสงเด่นอยู่ที่ 2 สี ที่ความยาวคลื่น 390 นาโนเมตร (สีเหลือง) และ 500 นาโนเมตร (สีแดง) Lin (1973) ใช้เอทานอล 50 เปอร์เซ็นต์ ในการสกัดสีออกจากเส้นใย นำเอาส่วนใสที่กรองได้ไปวัดค่าสีด้วยสเปกโตโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร Lin and lizuka (1982) วัดค่าสีที่ละลายน้ำได้และสีที่ละลายได้ทั้งในน้ำและละลายใน

เอลานอล 95 เปอร์เซ็นต์ได้ด้วย นำมาวัดการดูดกลืนแสงที่ความคลื่น 400 นาโมเมตร และ 500 นาโนเมตร Sweeny *et al.* (1981) ได้ทำการแยกสีบริสุทธิ์ชนิดต่างๆ จากข้าวแดง และแบ่งชนิดของสารสีออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วยสีแดง คือ รูโบรพังทามีนและโมนาสโครูบรามีนสีส้ม คือ รูโบรพังทาทินและโมนาสโครูบริน และสีเหลืองคือ โมนาสซิน และอังคักฟลาวิน



ภาพที่ 1 การผลิตข้าวแดงในระดับอุตสาหกรรม

ที่มา: Su and Huang (1980)



ภาพที่ 2 การแยกสารสีจากผงข้าวแดง
ที่มา : Sweeny et al. (1981)

การประยุกต์ใช้สารสีจากจุลินทรีย์ในระดับอุตสาหกรรม

1. อุตสาหกรรมอาหาร

1.1 ผลิตภัณฑ์อาหารเสริม เช่น Spirulina sp. ซึ่งสร้างรงควัตถุ 3 ชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ, แคโรตินอยด์ และไฟโคไซยานิน

1.2 สีผสมอาหารหรือขนม เช่น เจือสีปูเทียม เนื้อเทียม และลูกชุบ เป็นต้น

1.3 เพิ่มสีเนื้อและหนังสัตว์ เช่น สารสีกลุ่ม Carotenoid ผสมในอาหารสัตว์ที่ใช้เลี้ยงปู กุ้ง หอย ปลาแซลมอน และไก่ เป็นต้น

1.4 เพิ่มสีของไข่แดงในสัตว์ปีก

2. **อุตสาหกรรมยา**

2.1 เจือสียาเม็ดหรือยาน้ำ

2.2 วิตามิน เช่น วิตามิน B2 วิตามิน B12

3. **อุตสาหกรรมสิ่งทอ**

3.1 สีย้อมผ้า เช่น ใช้สีน้ำเงินจากเชื้อแบคทีเรีย Janthinobacterium lividium ซึ่งเลี้ยงในอาหาร TSA medium เมื่อนำไปย้อมสีฝ้ายพบว่าให้โทนสีที่ดีและมีความคงทน

4. **อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง**

4.1 เจือสีในลิปสติก อายแชโดว์ อายไลเนอร์ ฯลฯ

ข้อดีข้อเสียของการใช้จุลินทรีย์ในการผลิตสารสี

ข้อดีของการใช้จุลินทรีย์ในการผลิตสารสี ได้แก่

1. กระบวนการหมักเพื่อสร้างสีของจุลินทรีย์เกิดได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพดีกว่าการผลิตสารสีจากพืชและสัตว์

2. การปรับปรุงพันธุกรรมของจุลินทรีย์ทำได้ง่ายเพื่อทำให้จุลินทรีย์ผลิตสีได้มากขึ้นหรือมีคุณภาพดีขึ้น

3. การเพิ่มหรือลดขนาดการผลิตทำได้ง่าย

4. ใช้พื้นที่ในการเพาะเลี้ยงน้อย

5. สารสีที่ได้จากจุลินทรีย์มีความปลอดภัยต่อการบริโภค

6. ไม่เป็นพิษและสามารถย่อยสลายได้ในสิ่งแวดล้อม

ข้อด้อยของการใช้จุลินทรีย์ในการผลิตสารสี

1. ใช้เงินลงทุนสูงเนื่องจากต้องมีอุปกรณ์และการควบคุมสภาวะการเจริญของจุลินทรีย์ให้เหมาะสม

2. กระบวนการการสกัดและทำบริสุทธิ์สารสีอาจมีความซับซ้อนซึ่งต้องอาศัยความรู้ ความชำนาญในการทำ

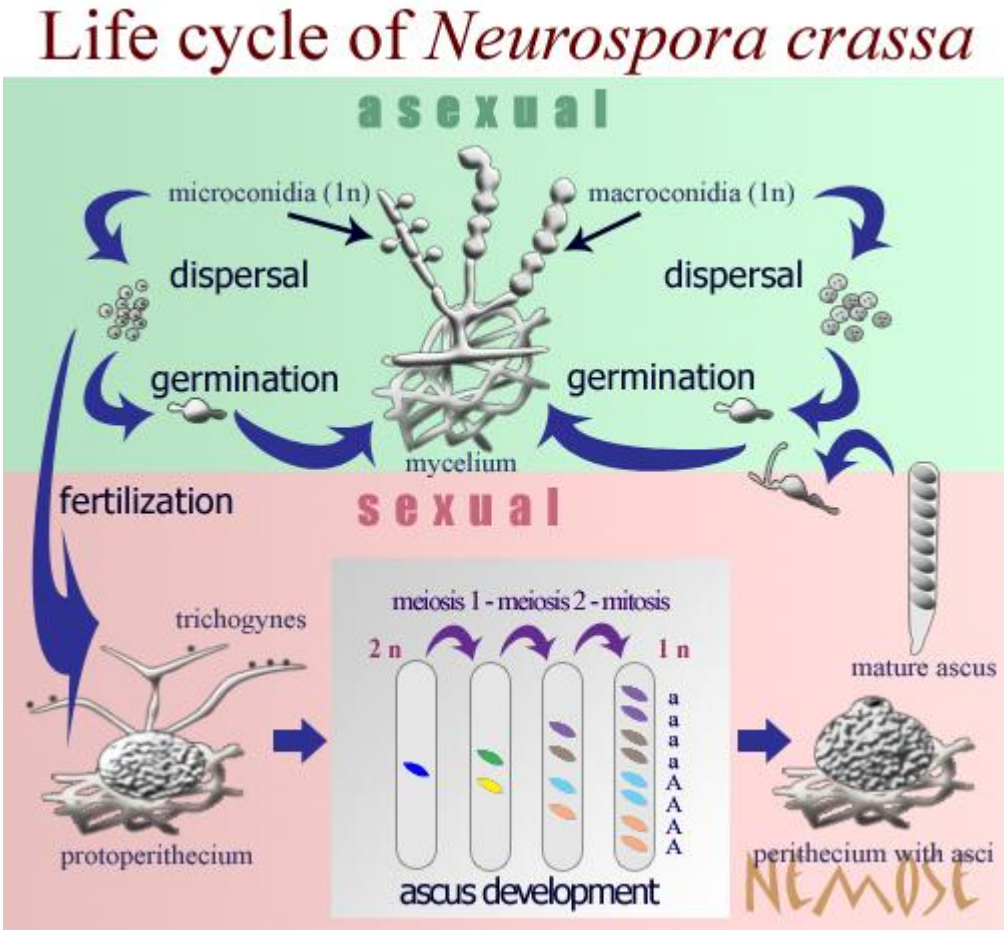
3. ต้องคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีความคงตัวทางพันธุกรรมซึ่งอาจต้องใช้เวลานาน

4. มีปัญหาการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ

5. เมื่อทำเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์เป็นเวลานาน เชื้ออาจเกิดการลายพันธุ์ทำให้ปริมาณสารสีที่ผลิตได้ลดลงหรืออาจทำให้คุณสมบัติของสีเปลี่ยนแปลงไป

Neurospora sp.

Neurospora เป็นราพวก Ascomycetes ที่พบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมเจริญได้ดีบนวัสดุจากพืช จึงมักพบปนเปื้อนและก่อปัญหาให้ทั้งแก่เกษตรผู้เพาะปลูกในภาคการเกษตรและโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้วัตถุดิบการเกษตร เช่น อ้อย ข้าว ข้าวโพด (David D. P., Alan R. and Matthew S. S., 2001) *Neurospora* สร้างสีส้มซึ่งเป็นกลุ่มแคโรทีนอยด์ในโคนิเดีย (Rowland H. D. and David. D. P., 2002) นอกจากนี้มีการผลิตเอนไซม์ที่มีประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรม เช่น เอนไซม์อินเวอร์เตส (invertase) เซลลูเลส (cellulases) โปรติเอส (proteases) (Changgong L. and Schmidhauser T. J., 1995)



ภาพที่ 3 วงจรชีวิตของ *Neurospora sp.*

ที่มา : http://www.metamicrobe.com/neurospora/

ภาพที่ 4 เชื้อรา *Neurospora sp.*

ที่มา : http://www.metamicrobe.com/neurospora