ว. เกษตรศาสตร์ (วิทย.) 19 : 45—50 (2528)

สีผสมอาหารจากมันสำปะหลังโดยเชื้อราโมแนสคัส

Food Colors Fermentation from Cassava by *Monascus sp.*

บุษบา ยงสมิทธ์ และ วรรณภา ทาบโลกา[1]

Busaba Yongsmith and Wannapa Tabloka

ABSTRACT

Seventy isolates of the genus Monascus from various sources were cultivated in malt-yeast extract shaking flasks to check their ability to produce extracellular pigments. Three isolates capable on good production of extracellular pigments were thus selected for further ability to utilize cassava starch as a carbon source in both submerged and solid-state conditions. Red color quality of the pigment was found stable when treated in the ranges 4 to 11 of the pH and 0 to 100°C of the temperature. The toxicity test of color elements on fertile chicken eggs were found negative. Heavy metals such as chromium, mercuric or lead were found-negative in the coloring filtrate.

บทคัดย่อ

ทำการคัดเลือกเชื้อราแดงโมแนสคัสที่สามารถเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีมันสำปะหลังเป็นแหล่งอาหารคาร์โบไฮเดรต และสามารถสร้างสีได้ดีทั้งในส่วนเซลล์และนอกเซลล์ได้ 3 สายพันธุ์ จากตัวอย่างที่แยกมาได้ 70 ตัวอย่างสายพันธุ์ เมื่อนำมาทดสอบการสร้างสีทั้งในสภาพหมักเปียกหรือการหมักแห้ง พบว่า สามารถสร้างสีได้เข้มทั้ง 2 สภาพ แต่วิธีหมักเปียกพบว่าสะดวก เกิดสีได้เร็วกว่า และควบคุมให้เกิดสีชนิดต่าง ๆ เช่น สีเหลือง ส้ม แดง ได้ง่ายกว่า แต่สภาพของการหมักแห้งพบว่าใช้เวลาหมักนานกว่า 10 วัน และมักจะได้สีแดงแก่เท่านั้น มีความคงตัวระดับพีเอช 4–11 และอุณหภูมิ 0–100°ซ และเมื่อนำไปฉีดทดสอบในไข่ฟักพบว่า ไม่มีพิษต่อไข่ไก่ฟัก เมื่อเทียบกับไข่ control และวิเคราะห์ไม่พบโลหะหนัก เช่น โครเมี่ยม ปรอท และตะกั่วในสีที่เตรียมได้

คำนำ

ประเทศไทยมีการนำเข้าสีผสมอาหาร (food colors) จากต่างประเทศในปี พ.ศ. 2524, 2525 และ 2526 มีปริมาณ 35, 46 และ 71.7 ล้านบาท ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่ามีแนวโน้มการใช้สีผสมอาหารสูงมากขึ้นทุก ๆ ปี ชั่วระยะเวลาเพียง 2 ปี (ปี พ.ศ. 2524–2526) การนำเข้ามีอัตราสูงขึ้นถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารที่กำลังขยายในประเทศ เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า สีผสมอาหารที่ปลอดภัยควรได้มาจากธรรมชาติ เช่น จากพืช สัตว์ หรือเชื้อราแดง (พเยาว์, 2523; รัตนา, 2524; สุชาดา, 2526) เชื้อราแดงนี้มีผู้ศึกษากันมากทั้งในสภาพหมักแห้งในรูปของข้าวแดง (Gray, 1970) หรือหมักเปียกโดยใช้กลูโคสละลายน้ำ (Lin, 1973) ผู้วิจัยเคยศึกษาพบว่า เชื้อรานี้สามารถขับสีแดงออกมานอกเซลล์ได้อย่างดีเมื่อนำมาหมักเปียกในน้ำแป้งมันสำปะหลัง ในระบบเซลล์ที่ถูกตรึง (Yongsmith *et al.*, 1983) และระบบเซลล์อิสระ (บุษบาและวรรณภา, 2527) ซึ่งนับเป็นข้อดีในการขยายการผลิตสู่ระบบอุตสาหกรรม และด้วยเหตุที่ประเทศไทยมีมันสำปะหลังอยู่ปริมาณมาก และมีราคาถูก จึงเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารคาร์โบไฮเดรตเพื่อผลิตสีผสมอาหาร ซึ่งจะช่วยให้ได้สีผสมอาหารจากแหล่งธรรมชาติอีกแบบหนึ่งที่ปลอดภัย ซึ่งจะเป็นแนวทางหนึ่งในการสงวนเงินตราในประเทศและเป็นการช่วยการทดแทนการนำเข้าอีกด้วย

1 ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. **การเก็บตัวอย่าง** ได้ทำการเก็บตัวอย่างที่เป็นแหล่งของเชื้อสีแดง เช่น เต้าหู้ยี้ ข้าวแดง แป้งขึ้นรามีสีแดง ถั่วขึ้นราแดง ปลาหมึกที่เป็นสีแดง ฯลฯ ใส่ถุงพลาสติก นำมาแยกเชื้อในห้องปฏิบัติการโดยการทำ cross streak บนอาหาร MY agar แยกได้เชื้อราแดง 70 ไอโซเลต

2. **อาหารเลี้ยงเชื้อ** ได้ทำการแยกเชื้อโดยใช้อาหาร MY (malt yeast extract agar) ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้ เปปโตน 5.0 กรัม, ยีสต์เอ็กซ์แทรคซ์ 3.0 กรัม, มอลท์เอ็คซ์แทรคซ์ 3.0 กรัม, เด็คซ์โตรส 10.0 กรัม, วุ้น 15.0 กรัม น้ำกลั่น 1,000.0 มล, พีเอช 7.0 จุลินทรีย์ทั้งหมดที่แยกได้เก็บรักษาไว้ในอาหาร MY slant

ส่วนอาหารที่ใช้ศึกษาการเจริญ และการสร้างสีในสภาพหมักเปียก ได้ใช้แป้งมันสำปะหลัง 20.0 กรัม ละลายน้ำแทนเด็คซ์โตรส และเติมสารไนโตรเจนเช่นเดียวกันกับสูตรอาหารข้างบนนี้ แบ่งใส่ฟลาสก์ขนาดจุ 250 มล. ฟลาสก์ละ 100 มล.

ส่วนอาหารที่ใช้ศึกษาการเจริญและการสร้างสีในสภาพหมักแห้งนั้น ได้นำมันสดหรือมันเส้นมาหั่นให้เป็นชิ้นบาง ๆ แล้วนำไปแช่ในสารละลายไนโตรเจน (มีเปปโตน 0.5%, ยีสต์เอ็คแทรคซ์ 0.3%, มอลท์-เอ็คซ์แทรคซ์ 0.3%) ประมาณ 3 ชั่วโมง ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ แล้วบรรจุในถุงพลาสติกขนาด 6 × 8 นิ้ว^2 ปิดจุกด้วยสำลี (ดีพร้อม, 2513)

อาหารทั้งหมดที่เตรียมโดยวิธีการต่าง ๆ นี้ นำไปนึ่งด้วยอุณหภูมิ 121°ซ. 15 นาที ก่อนนำไปใช้

3. **การศึกษาการเจริญและการสร้างสีของเชื้อราแดงที่คัดไว้** ถ่ายเชื้อราแดงสายพันธุ์ที่คัดไว้แล้วว่าให้สีภายนอกเซลล์ได้สูงสุดลงบนจุดกึ่งกลางของอาหาร MY agar ที่เทเพลทไว้แล้ว เก็บไว้ ณ อุณหภูมิห้อง ประมาณ 7 วัน เชื้อราแดงก็จะสร้างเส้นใยแผ่กระจายไปทั่วเพลท แล้วจึงใช้ cork borrer เจาะและเขี่ยเอาก้อนเชื้อที่มีอาหารติดอยู่มา 1 ชิ้น ถ่ายลงในอาหารเลี้ยงเชื้อฟลาสก์ละ 1 ชิ้น นำไปตั้งบนเครื่องเขย่าด้วยความเร็ว 220 รอบต่อนาที เพื่อให้ราได้รับอากาศเพื่อการเจริญและการสร้างสี ณ อุณหภูมิห้อง (32–34°ซ) เป็นเวลา 6 วัน แล้วจึงกรองเอาน้ำสีมาหาความเข้มข้นด้วยการนำไปวัดค่าสีที่ 550 ด้วยเครื่องสเปคโตรนิค 20 ส่วนกากเซลล์นำไปล้างน้ำให้สะอาด แล้วนำไปตีปั่นด้วยเครื่อง homogenizer ยี่ห้อ Nissei แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80°ซ. นาน 16 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักจะคงที่ และในบางกรณีได้นำเซลล์แห้งมาสะกัดสีด้วยเอธานอลเข้มข้น 70% เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้วนำไปวัดเทียบสีที่ความยาวคลื่น 550 nm โดยเครื่องสเปคโตรนิค 20 ก็จะได้ความเข้มของสีภายในเซลล์

4. **การศึกษาการสร้างสีของเชื้อราแดงในอาหารที่มีพีเอชเริ่มต้นต่าง ๆ กัน** เตรียมอาหารแป้งมันละลายน้ำและปรับพีเอชเริ่มต้นให้ได้ 4, 5, 6 และ 7 ด้วยด่าง NaOH และกรด HCl เข้มข้น 0.1 N แล้วจึงทำการนึ่งฆ่าเชื้อ ถ่ายเชื้อ เลี้ยงเชื้อ และวัดสีตามวิธีในข้อ 3.

5. **การประมาณค่าสีจาก *Monascus* sp. (Lin, 1973)** จาก 50 มล. ของอาหาร MY broth นำมากรองเอาส่วนใสมาหาค่าสีด้วยสเปคโตรนิค 20 ที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร (หมายเหตุ ถ้าวัดค่าสีได้ค่าเกิน 0.1–0.5 จะต้องนำมาทำการเจือจางด้วย mixture ethanol = ethanol : distilled water = 1 : 1 จนได้ค่า OD ที่เหมาะสม)

6. **การศึกษาความคงทนของสีต่อพีเอชและอุณหภูมิ** ส่วนใสที่กรองเอาเซลล์ออกแล้วของราแดงสายพันธุ์ KB 11304 และ KB 20322 มาปรับ ให้เป็นกรด (พีเอช 4.6) และด่าง (พีเอช 11.6) ด้วย 0.1 N HCl หรือ 0.5 N NaOH

ส่วนใสที่กรองเอาเซลล์ออกแล้วของสายพันธุ์รา KB 11304, และ KB 20322 มาต้มในน้ำเดือดเป็นเวลา 15, 30 และ 80 นาที และอุณหภูมิ 120°ซ. 15 นาที

7. **การหาความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ (enzyme activity)** นำเอาส่วนใสที่กรองได้มาหาความสามารถในการทำงานของเอนไซม์ โดยใช้วิธีดัดแปลงวิธีวิเคราะห์หาน้ำตาลรีดิวซ์ของ Nelson-Somogyi (Nelson, 1944)

8. **การศึกษาผลผลิตจากการย่อยแป้งของเอนไซม์กลูโคอไมเลส** ดูจากการทำ paper chromatography (Krisnamatry *et al.* 1975) บ่มเอนไซม์ 0.5 มล. กับสับสเตรต 0.5 มล. ที่อุณหภูมิ 40°ซ. 10, 20, 30 นาที ตามลำดับ ใส่กรด HCl 1 N ลงไป 1 มล. หยุดปฏิกิริยาเอนไซม์ ใช้ไมโครปิเปตดูดมา 15 ไมโครลิตร จุดบนกระดาษกรอง Whatman No. 3 ขนาด 7.2 × 9.2 นิ้ว (ขนาดขึ้นอยู่กับตัวอย่างที่ต้องการทำ) ใช้น้ำตาลกลูโคส มอลโตส และไรโบส 2% จำนวน 10 ไมโครลิตรเป็นมาตราฐาน เป่าให้แห้ง นำกระดาษกรองใส่ในถังแก้วกลม (หรือเป็นภาชนะอื่น ๆ ก็ได้) ซึ่งมี acetonitril : 0.1 N ammonium acetate = 4 : 1 เป็น solvent ในถังที่อิ่มตัวด้วยไอของสารละลายผสมดังกล่าวนี้ โดยวิธี ascending development นำออกมาทำให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นำมาใส่ถัง solvent อีกครั้งจนครบ 3 ครั้ง เพื่อให้แยกน้ำตาลได้ชัดเจนขึ้น หลังจากนั้นทำให้แห้ง แล้วนำไป develop สี โดยจุ่มลงในสารละลาย dipheny-lomine-aniline-phosphorica เป่าให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง นำเข้าอบในตู้อบอุณหภูมิ 80°ซ. นาน 15–30 นาที เก็บไว้ในdessicator ก่อนนำไปถ่ายรูป

9. **การวิเคราะห์หาปริมาณแร่ธาตุในตัวอย่างสีที่ได้** จากการหมักโดยวิธี Atomic absorption ด้วยเครื่องของ Perkin Elmer No. 360 ที่ศูนย์ปฏิบัติการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10. **การศึกษาความเป็นพิษของสีที่ผลิตได้ต่อตัวอ่อนในไข่ไก่พันธุ์** โดยใช้วิธีการของ AOAC (1980) ใช้ไข่ไก่พันธุ์ลูกผสมระหว่าง white leghorn × super hargo จากภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

ผลและวิจารณ์

1. การคัดเลือกเชื้อที่สร้างสารสีแดง พบว่าสามารถคัดเลือกเชื้อราจากแหล่งต่าง ๆ ที่มีความสามารถสร้างสารสีแดงไว้ได้ 70 ไอโซเลท แต่มีเพียง 15 ไอโซเลทเท่านั้นที่สามารถสร้างสีแดงได้ดีทั้งในส่วนเซลล์และนอกเซลล์ในอาหารแป้งมันสำปะหลัง และในจำนวนนี้พบว่ามีเพียง 1 ไอโซเลทที่สร้างสารสีแดงได้เข้มที่สุดทั้งภายในเซลล์และส่วนนอกเซลล์ และมีอีก 2 ไอโซเลทที่ให้เอนไซม์ย่อยแป้งมันสำปะหลังได้ค่อนข้างสูง ดังตารางที่ 1 ซึ่งจะได้นำไปศึกษารายละเอียดต่อไป Lin (1973) ได้รายงานไว้เช่นกันว่าเชื้อราโมแนสคัสสามารถใช้แป้งและน้ำตาลเป็นแหล่งอาหารในการผลิตสีได้ แต่ไม่ได้กล่าวถึงการใช้แป้งมันสำปะหลังเอาไว้

2. การตรวจสอบชนิดของน้ำตาลจากการย่อยแป้งมันสำปะหลัง ได้ทำการตรวจสอบชนิดของน้ำตาลจากการย่อยแป้งของเอนไซม์ย่อยแป้งของเชื้อราที่คัดไว้ โดยการตรวจสอบจาก paper chromatgraphy พบว่าได้น้ำตาลกูลโคสเพียงชนิดเดียว ภายหลังจากการให้เอนไซม์ที่ขับออกนอกเซลล์ทำการย่อยแป้งเข้มข้น 1% ในเวลาต่าง ๆ กัน คือ 10, 20 และ 30 นาที และเมื่อได้ทำการตรวจสอบชนิดน้ำตาลในส่วนน้ำใส (filtrate) ที่ได้ของเชื้อราทั้ง 3 ไอโซเลทเมื่อครบเวลาหมัก 5 วัน พบว่าเป็นน้ำตาลกลูโคสเพียงอย่างเดียว แสดงว่าเอนไซม์จากเชื้อราทั้ง 3 ไอโซเลท เป็นการทำงานของกลูโคสอะมิเลส

3. การแยกสารสีในส่วนน้ำใสของการหมักเชื้อราแดงโดยวิธี Thin layer chromatography (TLC) พบว่าโดยวิธีการนี้สามารถแยกสารสีแดงที่เห็นเป็นสีแดงและเหลือง จึงทำให้แน่ใจว่าวิธีการเลี้ยงเชื้อราแดงในอาหารมันสำปะหลังแล้วให้สีแดงเข้มนั้นแท้จริงมีสารสีเหลืองปนอยู่ด้วย แต่สารสีแดงมีปริมาณมากกว่าจึงทำให้มองเห็นเฉพาะสีแดงเท่านั้น แต่เมื่อนำมาแยกสีด้วย TLC จึงได้เห็นสารสีแดงและสารสีเหลืองแยกเป็น 2 จุด จึงได้แยกนำสารสีทั้ง 2 ชนิดบน TLC มาละลายในแอลกอฮอล์และนำแต่ละสีไปหา maximum absorption พบว่าสารสีแดงดูดสีได้ดีที่ 500 nm ส่วนสารสีเหลืองดูดสีได้ดีที่สุดที่ 375 nm ซึ่งค่าดูดสีของทั้ง 2 สีนี้ใกล้เคียงกับที่ Lin และ Hirashi (1982) ได้ทำการทดลองเอาไว้

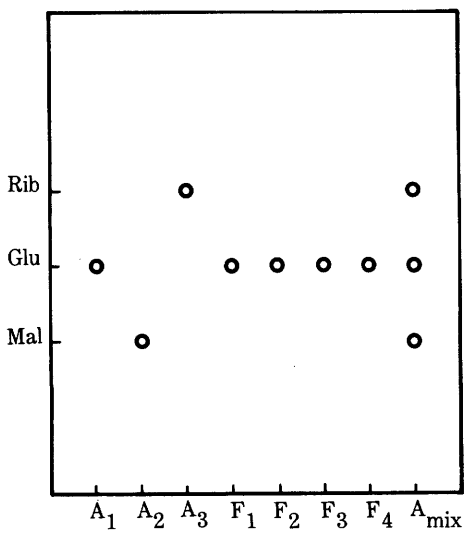
4. ผลของพีเอชเริ่มต้นของอาหารต่อการสร้างสีแดง พบว่าพีเอชเริ่มต้นมีผลต่อการสร้างสารสีแดง โดยพีเอชเริ่มต้นของอาหารประมาณ 7.0 เหมาะสมต่อการสร้างสารสีแดงที่สุด ส่วนพีเอชเริ่มต้นต่ำกว่า 7.0 จะมีผลทำให้การสร้างสารสีแดงลดน้อย

ตารางที่ 1 ความสามารถในการสร้างสารสีภายนอกเซลล์และเอนไซม์ย่อยแป้งของเชื้อราโมแนสคัสในอาหารแป้งมันสำปะหลัง

ไอโซเลท	แหล่งที่มาของเชื้อ	ความเข้มของสีนอกเซลล์ (O.D. 500 nm)	เอนไซม์ย่อยแป้ง (ยูนิต/มล.)
KB 11304	ข้าวแดง, ร้านขายยาบางซื่อ	36.68	742.66
KB 21035	เต้าหู้ยี้, ตลาดหัวลำโพง	18.60	1889.03
KB 20322	เต้าหู้ยี้, ตลาดสามแยกเกษตร	17.60	1911.91

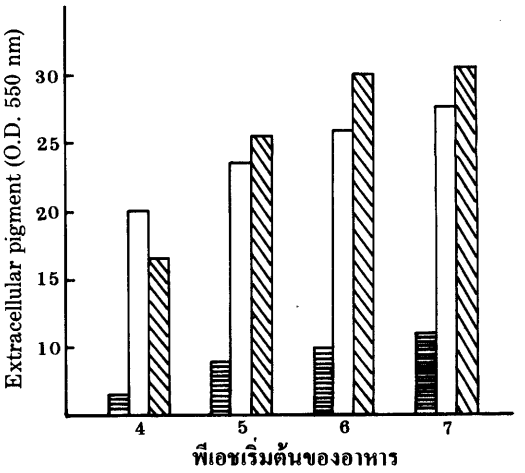
ลงไป โดยที่พีเอช 4.0 มีผลทำให้การสร้างสารสีแดงต่ำสุด (ภาพที่ 1) แต่ข้อควรสังเกตก็คือ พีเอชสุดท้ายภายหลังการหมักครบ 6 วัน จะมีค่าเท่า ๆ กัน คือ ประมาณ พีเอช 8.0

5. การเกิดสีในสภาพหมักเปียกและหมักแห้ง

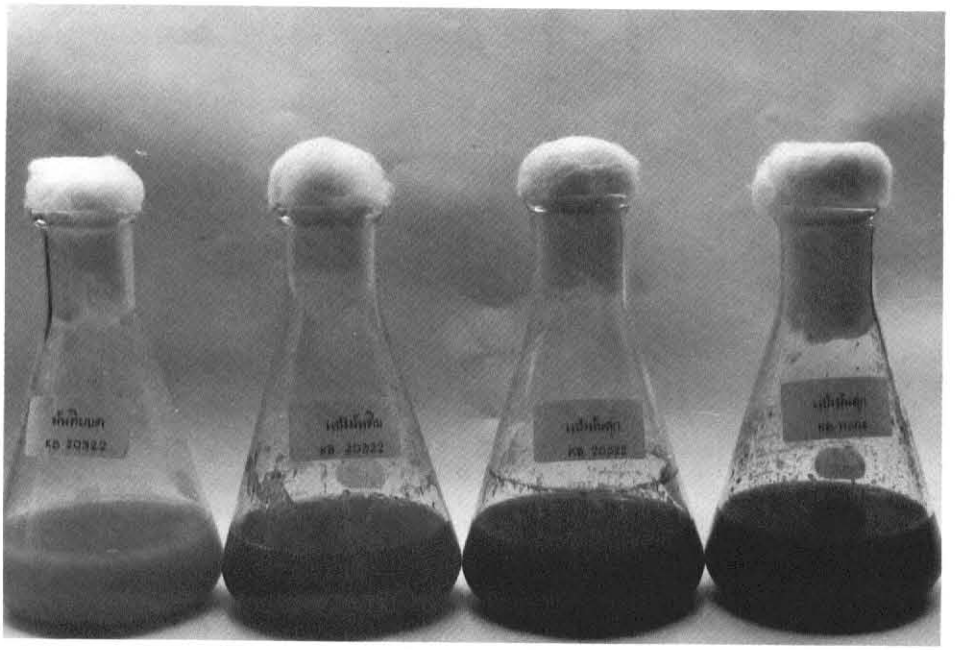


ภาพที่ 1 ภาพ paper chromatograph แสดงชนิดของน้ำตาลใน filtrate ของการหมักมันสำปะหลังของราโมแนสคัสสายพันธุ์ KB 21035 (F_1), KB 20322 (F_2), KB 11304 (F_3), และ *Asp. awamori* (เชื้อ control, F_4)
A = authentic standards
(Glu = glucose, Mal = maltose, Rib = ribose)
Detector : diphenylamine-aniline-phosphate reagent.

พบว่าเชื้อราแดงสายพันธุ์ KB 20322 สามารถสร้างสารสีได้ดีทั้งในสภาพหมักเปียกและหมักแห้ง โดยการหมักเปียกจะเกิดสารสีได้เร็วกว่าวิธีหมักแห้ง และเมื่อทำการปรับพีเอชเริ่มต้นของอาหารในสภาพหมักเปียกให้แตกต่าง ๆ กัน ที่พีเอชต่ำกว่า 4, 5, 6 และก็พบว่าจะได้สารสีเหลือง ส้ม และ แดง ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าพีเอชของอาหารมีผลอย่างมากต่อการสร้างสารสีต่าง ๆ ซึ่งในการศึกษาก็พบเพิ่มเติมว่าสูตรอาหารก็มีผลอย่างมากต่อการสร้างสีต่าง ๆ ซึ่งจะได้ทำการศึกษาให้ละเอียดในภายหลังต่อไป (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 2 ผลของพีเอชเริ่มต้นของอาหารที่มีผลต่อการเกิดสีแดงในส่วนน้ำใส (filtrate) ของเชื้อราแดงสายพันธุ์ต่าง ๆ เมื่อบ่มครบ 6 วัน
KB 20322
KB 21035
KB 11304



ภาพที่ 3 แสดงสีต่าง ๆ ที่ผลิตได้โดยวิธีหมักเปียกของเชื้อราแดง KB 20322 ในอาหารแป้งมันสำปะหลัง

6. ผลของความเป็นกรดด่างต่อความคงตัวของสารสีแดงที่สร้างได้ พบว่าเมื่อนำสารสีแดงที่ได้ไปปรับให้เป็นกรดหรือด่างด้วย HCl หรือ NaOH 0.1 N ตั้งแต่พีเอช 4 ถึง พีเอช 11 แล้วนำไปวัดความเข้มของสี พบว่าได้ค่าเทียบเท่ากับส่วนของสารสีแดงก่อนการปรับเป็นกรดหรือด่าง ดังตารางที่ 2 ซึ่งทำให้ได้แนวทางที่จะนำสารสีแดงนี้ไปผสมหรือแต่งสีในอาหารประเภทเป็นกรด เช่น น้ำผลไม้ หรืออาหารประเภทเป็นกลาง เช่น เนื้อ ได้จัดเป็นข้อดีข้อหนึ่งที่เหนือกว่าสีแดงจากพืชต่าง ๆ เช่น กระเจี๊ยบที่สีจะเปลี่ยนแปลงไปหากอาหารมีพีเอชต่างกัน

7. ผลของอุณหภูมิต่อความคงตัวของสารสีแดงที่สังเคราะห์ได้ เท่าที่ศึกษาในปัจจุบันนี้พบว่าสารสีแดงที่ได้มีความคงตัวที่อุณหภูมิน้ำเดือดถึง 15 นาที โดยสีไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย ส่วนสารสีแดงภายในเซลล์มีความคงตัวที่อุณหภูมิน้ำเดือดนานกว่า 15 นาที

8. น้ำสีแดงและน้ำสีเหลืองที่ได้จากขบวนการหมักเปียก ได้นำไปฉีดทำสอบความเป็นพิษในไข่ฟักเปรียบเทียบกับการฉีดด้วยน้ำกลั่นตามวิธีของ AOAC (1980) พบว่าไข่ฟักที่ผ่านการฉีดด้วยน้ำสีมีอัตราการรอดเทียบเท่ากับไข่ฟัก control ที่ฉีดด้วยน้ำกลั่น นับได้ว่าน้ำสีทั้งสองสีไม่มีพิษต่อไข่ฟัก แต่ก็ควรได้ทดสอบความเป็นพิษวิธีการอื่น ๆ ต่อไปเพื่อเปรียบเทียบสีจากเชื้อราแดงกับสีเคมีสังเคราะห์ที่มีขายในท้องตลาด

ตารางที่ 2 แสดงความคงทนของสารสีต่อความเป็นกรดและด่าง

ไอโซเลท	เริ่มต้น		ปรับเป็นกรด		ปรับเป็นด่าง	
	พีเอช	OD 500	พีเอช	OD 500	พีเอช	OD 500
KB 11304	7.93	31.40	4.50	31.60	11.60	31.20
KB 20322	7.75	27.20	4.50	27.20	11.78	27.20

9. ได้ทำการวิเคราะห์หาโลหะหนัก เช่น โครเมียม ตะกั่ว สารหนู ที่มักจะพบเสมอในสีเคมีสังเคราะห์ ผลการตรวจสอบพบว่า น้ำสีที่เตรียมได้โดยการหมักในอาหารมันสำปะหลังที่ไม่พบโลหะหนักเลย

จึงนับได้ว่าการศึกษาผลิตสีผสมอาหารจากมันสำปะหลังนี้ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ และควรได้เร่งศึกษาต่อเพื่อหาวิธีการเพิ่มผลผลิต รวมทั้งหาสูตรโครงสร้างของสารสีแดงและเหลืองต่อไป

เอกสารอ้างอิง

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. 2513. การเพาะเห็ดและเห็ดบางชนิดในประเทศไทย. ภาควิชาชีววิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (โรเนียว).

พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ. 2525. สีธรรมชาติและสีสังเคราะห์. บริษัท สวิตาการพิมพ์ จำกัด, กรุงเทพฯ. 29 น.

รัตนา สุขสรรค์. 2524 ข้าวแดง สีธรรมชาติสำหรับใช้ผสมอาหาร. วารสารวิทยาศาสตร์. 35 : 336–337

บุษบา ยงสมิทธ์ และ วรรณภา ทาบโลกา. 2527. การใช้แป้งมันสำปะหลังในการผลิตสีผสมอาหารและเอนไซม์ย่อยแป้งโดยราโมแนสคัสในสภาพซับเมอร์จคัลเจอร์ (submerged culture), น. 451–452. *ใน* รายงานการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 22 ภาคโปสเตอร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุชาดา จุอนุวัฒนกุล. 2526. สีผสมอาหาร. วารสารวิทยาศาสตร์ 37 : 703–717

Association of offical Analytical Chemists. 1980. Natural Prison. 13th ed., official methods of analysis. p. 426 – 427

Gray, W. 1970. The Use of Fungi as Food and in Food Processing. p. 56. CRC Press, Inc., Cleveland.

Lin, C. 1973. Isolation and cultural conditions of *Monascus spp.* for the production of pigment in a submurged culture. J. Ferment. Technol. 51 : 407 – 414.

Yongsmith, B., K. Sononoto. and A. Tanaka. 1983. Production of Monascus pigment by immobilized cell system, p. 247. *In* Annual Reports of International Center of Cooperative Research and Development in Microbial Engineering. Vol. 6.

Lin, C.W. and M. Hiroshi. 1982. Production of extracellular pigment by mutant of *Monascus kaoliang.* App. and Environ. Microbiology. 43 (3) : 671 – 676.