

ภาคผนวก ฉ. การผลิตไซรัปจากกล้วยตากตากเกรดสัญญาเลขที่ RDG5150075

ในงานวิจัยโครงการเรื่อง การผลิตไซรัปจากกล้วยตากตากเกรด สัญญาเลขที่ RDG5150075 โดยทางฝ่ายอุตสาหกรรม สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย โดยมีระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย 15 เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2551 ถึงวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2552 โดยมีแนวคิดในการนำกระบวนการ และวิธีการต่าง ๆ มาใช้ร่วมกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิผลในการสกัดน้ำเชื่อมกล้วยตากตากเกรดให้สูงขึ้น โดยจะได้ทำการศึกษาและคัดเลือกกระบวนการการสกัดน้ำเชื่อมจากกล้วยตากตากเกรด กระบวนการในการแยกน้ำเชื่อมกล้วย และการทำน้ำเชื่อมกล้วยให้เข้มข้นที่เหมาะสม พร้อมทั้งทำการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ เคมี จุลชีววิทยา และประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสของน้ำเชื่อมกล้วยเข้มข้น ตลอดจนการตรวจสอบอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์น้ำเชื่อมกล้วยตากเข้มข้น และความชอบของผู้บริโภคกลุ่มต่าง ๆ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่นิยมและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยโครงการนี้ได้ดำเนินการมาเป็นระยะเวลาพอสมควรซึ่งได้องค์ความรู้ของงานวิจัยจนสามารถนำจดอนุสิทธิบัตรได้ และผลงานวิจัยดังข้อมูลต่อไปนี้

ผลการตรวจสอบคุณลักษณะเบื้องต้นของกล้วยตากตากเกรดในส่วนของคุณลักษณะทางกายภาพ

ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการตรวจสอบคุณลักษณะเบื้องต้นของกล้วยตากตากเกรด

| ค่า Parameters ที่ทำการตรวจวัด | ตัวอย่างกล้วยตากตากเกรด | | หน่วย |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------|------------|
| | ค่าต่ำสุด-ค่าสูงสุด | ค่าเฉลี่ย | |
| L* | 25.34-26.13 | 25.66 ±0.41 | - |
| a* | 4.25-4.92 | 4.59 ±0.34 | - |
| b* | 6.48-7.65 | 7.23 ±0.65 | - |
| ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ | 20.00-20.00 | 20.00 ±0.00 | ° Brix |
| ค่าความเป็นกรด-ด่าง | 4.90-4.90 | 4.90 ±0.00 | - |
| ปริมาณกรดทั้งหมด | 1.01-1.13 | 1.07 ±0.06 | ร้อยละ (%) |
| ปริมาณความชื้น | 18.88-19.50 | 19.28 ±0.35 | ร้อยละ (%) |
| ปริมาณเถ้า | 2.20-2.36 | 2.31 ±0.09 | ร้อยละ (%) |
| ปริมาณเยื่อใย | 1.19-1.26 | 1.22 ±0.04 | ร้อยละ (%) |

| | | | |
|--------------------------------|-----------|------------|-----------|
| ค่าวอเตอร์แอกติวิตี | 0.74-0.75 | 0.74 ±0.01 | - |
| จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด | 2.70-2.95 | 2.83 ±0.13 | log cfu/g |
| จำนวนเชื้อยีสต์และรา | 3.73-3.96 | 3.84 ±0.11 | log cfu/g |
| จำนวนเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย | 2.29-2.50 | 2.39 ±0.10 | log cfu/g |

ค่า L^* ที่พบจะแสดงถึงค่าสีดำนและสีขาว (Lightness) โดยมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 100 ส่วนค่า a^* นั้นคือค่าความเป็นสีเขียวและสีแดง ซึ่งถ้าค่าที่วัดได้อยู่ในเกณฑ์ -60 ถึง 0 จะมีความเป็นสีเขียว แต่ถ้าค่าที่วัดได้อยู่ในเกณฑ์ 0 ถึง 60 จะมีความเป็นสีแดง ในขณะที่ค่า b^* จะเป็นค่าแสดงถึงความเป็นสีน้ำเงินและสีเหลือง ในกรณีที่ค่า b^* มีค่าเป็นลบจะแสดงถึงความเป็นสีน้ำเงิน หากค่า b^* มีค่าบวกจะแสดงถึงความเป็นสีเหลือง (คณาจารย์ภาควิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, 2543) ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าค่า L^* ค่า a^* และค่า b^* ของกล้วยตากตากเกรดเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยตากดีจะมีค่า L^* ที่ต่ำกว่า ในขณะที่ค่า a^* และค่า b^* จะมีค่าที่สูงกว่า (ทั้งค่า a^* และค่า b^* จะมีค่าเป็นบวก) โดยจากการวัดด้วยเครื่อง Hunter Lab พบว่ากล้วยตากดีนั้นจะมีค่า L^* ค่า a^* และค่า b^* อยู่ในช่วง 29.16-34.71 3.20-4.65 และ 8.52-10.28 ตามลำดับ ทั้งนี้ความแตกต่างของค่าสีดังกล่าวในกล้วยตากทั้ง 2 ชนิดนั้น (กล้วยตากตากเกรด และกล้วยตากดี) เกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ที่ยังดำเนินอยู่ในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งกล้วยตากตากเกรดนั้นหลังจากผ่านกระบวนการตากเป็นระยะเวลา 2-3 วันแล้ว จะถูกนำมาแยกเก็บไว้เพื่อรอจำหน่ายต่อไปในห้องเก็บซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 30-40 องศาเซลเซียส (ขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในแต่ละวัน) ต่างจากกล้วยตากดีซึ่งจะถูกนำไปเก็บไว้ในห้องเย็น (อุณหภูมิ 4-7 องศาเซลเซียส) ทั้งนี้จากการศึกษาในครั้งนี้ตัวอย่างกล้วยตากตากเกรดที่นำมาใช้เป็นตัวอย่างที่เก็บรักษาไว้ที่ระยะเวลาแตกต่างกันตั้งแต่ 7 วัน จนถึง 35 วัน ดังนั้นจากสภาวะและระยะเวลาในการเก็บรักษาดังกล่าวจึงส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าสีที่เกิดขึ้น

โดยทั่วไปแล้วพบว่าปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลจะเกิดในระหว่างกระบวนการตากกล้วยหรืออบด้วยความร้อน โดยเฉพาะในส่วนของปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่ได้มีสาเหตุจากเอนไซม์ (non enzymatic browning reaction) ที่เรียกว่าปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) โดยเป็นปฏิกิริยาที่น้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งมีหมู่ที่เป็นอัลดีไฮด์ และคีโตนทำปฏิกิริยากับสารประกอบไนโตรเจนในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง ทำให้เกิดสารสีน้ำตาลที่เรียกว่าเมลานอยดิน (melanoidins) (นิธิยา, 2545) ซึ่งพบว่าในผลกล้วยนั้นมีน้ำตาลรีดิวซ์ได้แก่ กลูโคส ฟรุคโตส และฟรุคโต-โอลิโกแซคคาไรด์ (fructo-oligosaccharide) ปริมาณสูง ประกอบกับมีกรดอะมิโนอยู่อย่างครบถ้วน

โดยเฉพาะไทโรซีน (tyrosine) ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine) และทริปโตเฟน (tryptophan) (วศวัตต์ และคณะ, 2550) ดังนั้นเมื่อได้รับความร้อนต่อเนื่องเป็นระยะเวลาสั้น ๆ จึงทำให้เกิดสารเมลานอยดินขึ้น และส่งผลให้กล้วยที่ผ่านการตาก หรืออบให้ความร้อนจึงมีสีน้ำตาลที่เข้มขึ้นจากเดิม โดยจากผลการทดลองครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของเบญจวรรณ และ ประสิทธิ์ (2541) และของ Tassanaudom and Kengkhetkit, (2009) ที่ได้ทำการศึกษาการพัฒนาการอบแห้งเนื้อลำไย และการพัฒนากระบวนการผลิตเพื่อปรับปรุงคุณลักษณะด้านสีในผลิตภัณฑ์ลำไยอบแห้งตามลำดับ โดยพบว่าในการอบแห้งลำไยนั้นน้ำตาลที่มีอยู่ในลำไยทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ กลูโคส ฟรุคโตส และซูโครส เมื่อได้รับความร้อนและทำปฏิกิริยากับสารประกอบไนโตรเจนจะทำให้โมเลกุลของน้ำแยกออกและเกิดปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันของสารประกอบคาร์บอนได้เป็นสารสีแดงภายหลังการอบแห้งจึงพบว่าลำไยอบแห้งในทุกสิ่งทดลองเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ทั้งนี้ยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Huang และคณะ (1990) ที่ศึกษาถึงเอนไซม์และการเปลี่ยนแปลงสีในระหว่างการรักษาหลังการเก็บเกี่ยวของผลลิ้นจี่ โดยพบว่าการอบแห้งจะช่วยเร่ง หรือกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่ผลการศึกษาของเฉลิมพร (2540) พบว่ากล้วยตากภายในจังหวัดพิษณุโลกจะมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลอินเวิร์ตอยู่ในช่วง 177.6-245.5 และ 140.2-197.4 มิลลิกรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม ตามลำดับ มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เก็บรักษานาน 7 และ 18 วันอยู่ในช่วง 4.82-5.20 และ 4.63-4.84 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างสอดคล้องกับผลการศึกษาในครั้งนี้ และผลดังกล่าวยังสอดคล้องกับรายงานของวัฒนพงษ์ (2534) ที่ศึกษาการพัฒนาเครื่องอบแห้งผลไม้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดอุตสาหกรรมที่พบว่าปริมาณกรดทั้งหมดของกล้วยอบอยู่ระหว่างร้อยละ 0.56-0.63 ค่าความเป็นกรด-ด่างที่พบอยู่ในช่วง 4.80 - 5.23 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ และน้ำตาลซูโครสพบอยู่ในช่วง ร้อยละ 47.30-63.12 และร้อยละ 10.00-17.75 ตามลำดับ

จากรายงานของสุริยาพร (2547) ที่ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้หลักเกณฑ์วิธีการในการผลิตที่ดี (GMP) เพื่อพัฒนาคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์กล้วยตาก โดยพบว่าปริมาณความชื้นของกล้วยตากที่พบจะอยู่ในช่วงร้อยละ 14.84-18.52 ซึ่งจากผลการตรวจวัดความชื้นในกล้วยตากตกเกรดจากการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีค่าความชื้นที่ใกล้เคียงกันกับกล้วยตากดี

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2546) กำหนดให้กล้วยอบ ซึ่งหมายถึงกล้วยทั้งผลที่นำมาทำให้แห้งโดยใช้พลังงานจากแสงแดดหรือพลังงานอื่น (กล้วยตาก) ต้องค่าวอเตอร์แอกติวิตีไม่เกิน 0.75 จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อยีสต์และราต้องไม่เกิน 1×10^3 และ 1×10^2 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ตามลำดับ (หรือมีค่าเท่ากับ 3 และ 2 log cfu/g ตามลำดับ) ซึ่ง

จากผลการศึกษาคั้งนี้พบว่ากล้วยตากตกเกรดนั้นยังคงมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี และจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินระดับที่กำหนด แต่อย่างไรก็ตามพบว่าจำนวนเชื้อยีสต์และราที่พบในกล้วยตากตกเกรดนั้นสูงเกินกว่าที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนดไว้ ทั้งนี้เนื่องจากเกิดการปนเปื้อนและเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าวในสภาวะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (สุมนธา, 2545) โดยเชื้อยีสต์และราที่ปนเปื้อนในกล้วยตากส่วนใหญ่จะเป็นในกลุ่มมีโซไฟล์ (mesophiles) จะสามารถเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิห้อง (25-35 องศาเซลเซียส) (USFDA, 2001) และสอดคล้องกับรายงานของวัฒนพงษ์ (2534) โดยจากการวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ในกล้วยตากซึ่งพบว่าจำนวนแบคทีเรียที่มีชีวิตทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10^5 cfu/g (โคโณนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม) เชื้อยีสต์และราเท่ากับ 10^4 cfu/g ซึ่งค่าดังกล่าวเกินมาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม (สมอ.) ซึ่งให้เหตุผลว่าเชื้อดังกล่าวที่ปนเปื้อนในปริมาณสูงเกินกว่าที่กำหนดไว้นี้ ส่วนใหญ่เป็นจุลินทรีย์พวกที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง ทนต่ออุณหภูมิสูง และสามารถเจริญได้ในสภาพที่มีน้ำตาลความเข้มข้นสูง และยังสอดคล้องกับผลการทดลองของสุริยาพร (2547) พบว่าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด และเชื้อยีสต์และราในกล้วยตากที่ผลิตหลังการอบรม GMP แล้วด้วยตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ที่ 50 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง ยังคงมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 2 กลุ่มดังกล่าวในปริมาณสูงเกินกว่าที่กำหนดไว้เช่นเดียวกัน (3.7 และ 2.7 log cfu/g ตามลำดับ)

การตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของน้ำเชื่อมกล้วยเข้มข้น

ผลการตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของน้ำเชื่อมกล้วยเข้มข้นที่ได้จากการทำให้เข้มข้นด้วยเครื่อง Evaporator ในส่วนของปริมาณน้ำตาลกลูโคส ฟรุคโตส และซูโครส ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด ความชื้น เถ้า และค่าวอเตอร์แอกติวิตี ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำเชื่อมกล้วยเข้มข้นที่ได้จากการทำให้เข้มข้นด้วยเครื่อง Evaporator

| ค่า Parameters ที่ทำการตรวจวัด | น้ำเชื่อมกล้วยเข้มข้น (ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ) | หน่วย |
|--------------------------------|---|-------|
| น้ำตาลกลูโคส | 42.49 ±4.1 | mg/ml |
| น้ำตาลฟรุคโตส | 31.40 ±2.6 | mg/ml |
| น้ำตาลซูโครส | 0.00 ±0.0 | mg/ml |

| | | |
|-----------------------------|------------|------------|
| ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ | 75.00 ±0.0 | ° Brix |
| ค่าความเป็นกรด-ด่าง | 4.25 ±0.3 | - |
| ปริมาณกรดทั้งหมด | 0.17 ±0.0 | ร้อยละ (%) |
| ปริมาณความชื้น | 16.75 ±0.3 | ร้อยละ (%) |
| ปริมาณเถ้า | 2.18 ±0.1 | ร้อยละ (%) |
| ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ | 0.67 ±0.0 | - |

การตรวจสอบทางจุลชีววิทยาของน้ำเชื่อมกล้วยเข้มข้น

ผลการตรวจสอบทางจุลชีววิทยาของน้ำเชื่อมกล้วยเข้มข้นที่ได้จากการทำให้เข้มข้นด้วยเครื่อง Evaporator ในส่วนของจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด เชื้อยีสต์และรา และเชื้อเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย

ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เชื้อจุลินทรีย์กลุ่มต่าง ๆ ในน้ำเชื่อมกล้วยเข้มข้นที่ได้จากการทำให้เข้มข้นด้วยเครื่อง Evaporator

| ค่า Parameters ที่ทำการตรวจวัด | น้ำเชื่อมกล้วยเข้มข้น (ค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 3 ซ้ำ) | หน่วย |
|--------------------------------|---|-----------|
| จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด | 3.04 ±0.1 | log cfu/g |
| จำนวนเชื้อยีสต์และรา | 3.67 ±0.0 | log cfu/g |
| จำนวนเชื้อแลคติกแอซิดแบคทีเรีย | 2.55 ±0.0 | log cfu/g |

การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบความชอบของตัวอย่างน้ำเชื่อมกล้วยเข้มข้น (Banana syrup) ด้วยวิธี 9 Point Hedonic Rating Scale โดยนำตัวอย่างทั้ง 5 ตัวอย่าง ได้แก่ ไชร์ปจากกล้วยตากดี ไชร์ปจากกล้วยตากตกเกรด เมเปิลไชร์ป คอร์นไชร์ป และน้ำผึ้ง มาทำการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสต่อคุณลักษณะด้านสี ความใส ความหนืด กลิ่นหอม รสชาติ และความชอบรวม โดยให้ผู้ทดสอบชิมจำนวนทั้งสิ้น 100 คน ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลคะแนนการทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของตัวอย่างทั้ง 5 ตัวอย่าง

| ตัวอย่าง | คะแนนเฉลี่ยในคุณลักษณะด้าน | | | | | |
|------------------------|----------------------------|------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | สี | ความใส | ความหนืด | กลิ่นหอม | รสชาติ | ความชอบรวม |
| ไซรัปจากกล้วยตากดี | 6.71 ^a ±1.5 | 6.86 ^a ±1.4 | 6.20 ^{abc} ±1.5 | 5.92 ^b ±2.0 | 5.83 ^c ±2.1 | 6.48 ^b ±1.7 |
| ไซรัปจากกล้วยตากตกเกรด | 6.57 | 6.40 | 6.00 ^c ±1.7 | 5.75 ^b ±2.0 | 5.69 ^c ±2.2 | 6.11 ^c ±1.7 |
| เมเปิลไซรัป | ^a ±1.4 | ^b ±1.5 | | | | |
| คอรันไซรัป | 6.63 | 6.35 | 6.46 ^{ab} ±1.3 | 5.73 ^b ±1.9 | 6.48 ^b ±1.7 | 6.68 ^b ±1.7 |
| น้ำผึ้ง | ^a ±1.5 | ^b ±1.5 | | | | |
| | 5.87 | 6.79 | 6.11 ^{bc} ±1.6 | 5.26 ^c ±1.8 | 5.58 ^c ±2.0 | 6.07 ^c ±1.7 |
| | ^b ±2.1 | ^a ±1.9 | | | | |
| | 6.66 | 6.38 | 6.59 ^a ±2.1 | 7.25 ^a ±1.6 | 7.36 ^a ±1.6 | 7.43 ^a ±1.7 |
| | ^a ±1.5 | ^b ±1.5 | | | | |

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

จากการผลิตไซรัปจากกล้วยตากจะได้ผลพลอยได้เป็นกากกล้วย โดยได้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีกายภาพของกากกล้วยตากดังตารางที่ 7 ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีกายภาพของกากกล้วยตาก

| ค่า Parameters ที่ทำการตรวจวัด | ผลการทดลอง |
|------------------------------------|------------|
| เถ้า (%) | 1.09 |
| ไขมัน (%) | 1.63 |
| ความชื้น (%) | 66.35 |
| เยื่อใย (%) | 1.46 |
| โปรตีน (%) | 6.27 |
| คาร์โบไฮเดรต (%) | 23.20 |
| ความเป็นกรด-ด่าง | 4.70 |
| ของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (O Brix) | 10.00 |
| กรดทั้งหมด (แลคติก) (%) | 0.39 |