

บทที่ 4

สรุปผลการวิจัย

ทุเรียนเป็นผลไม้ชนิดหนึ่งที่ปลูกกันมากในประเทศไทย โดยมีเม็ดทุเรียนและเปลือกทุเรียนที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งปริมาณมาจากอุตสาหกรรมแปรรูปทุเรียน สำหรับงานวิจัยนี้ได้เพิ่มมูลค่าเม็ดทุเรียน โดยใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดแยกแ่งซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในเม็ดทุเรียน โดยมีปริมาณถึงร้อยละ 56.03 โดยน้ำหนักแห้ง วิธีการแยกแ่งที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นกระบวนการง่าย ๆ ต้องการแยกกากที่ไม่ละลายน้ำออก ซึ่งเป็นส่วนที่จะเป็นปัญหาย่างมาในการเตรียมสารละลายฟิล์มซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีความเรียบและไม่มีริ้วเพื่อให้เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งานกับการทำหน้าที่เป็นชั้นป้องกัน

แ่งเม็ดทุเรียนที่สกัดจากเม็ดทุเรียนในการทดลองนี้สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในระดับห้องปฏิบัติการได้ดี โดยให้ผลผลิตในการสกัดในช่วงร้อยละ 20-30 โดยน้ำหนักเม็ดทุเรียนสด จึงมีความเป็นไปได้ที่จะขยายขนาดสำหรับโครงการนำร่อง (pilot plant) และสำหรับทางการค้าได้ เมื่อพิจารณาลักษณะที่ปรากฏ องค์ประกอบทางเคมีสมบัติทางกายภาพและหน้าที่ของแ่งเม็ดทุเรียนมีความใกล้เคียงกับแ่งข้าวโพดและแ่งมันสำปะหลังดัดแปลงที่มีจำหน่ายทางการค้าที่นิยมใช้แต่ดั้งเดิมในหลายประการ แ่งเม็ดทุเรียนมีสีค่อนข้างขาวให้ค่า hue และ chroma เท่ากับ 87.55 และ 9.14 ตามลำดับ และประกอบด้วยโปรตีน ไขมันหยาบ เยื่อใยหยาบ และเถ้าเท่ากับร้อยละ 7.24, 0.32, 2.36 และ 3.58 โดยน้ำหนักแห้ง

การเกิดเจลลิตไนซ์ของแ่งเม็ดทุเรียนให้ค่าอุณหภูมิทรานสิชัน (T_0 , T_p และ T_c) เท่ากับ 75.49, 82.00 และ 86.77 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และให้ค่าเอนทัลปีของการเกิดเจลลิตไนซ์ (ΔH_{gel}) เท่ากับ 9.53 จูล/กรัม เมื่อนำแ่งเม็ดทุเรียนมาให้ความร้อนแ่งสุกที่มีสมบัติข้น (thick) เหนียว (cohesive) โปร่งแสง (translucent) ไม่มีสี (colorless) สามารถอุ้มน้ำและพองตัวได้ดี สมบัติไฮเดรชันของแ่งเม็ดทุเรียนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดย จึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้เป็นองค์ประกอบในอาหารได้ดี ดังนั้นจึงน่าจะเป็นแ่งชนิดใหม่ที่สามารถประยุกต์ใช้ได้ ในอุตสาหกรรมอาหารได้ดีเช่นเดียวกับแ่งข้าวโพดและแ่งมันสำปะหลังที่เป็นที่นิยมใช้งานกันอยู่

การทอดน้ำมันเป็นกระบวนการแปรรูปที่รวดเร็วและมีต้นทุนต่ำที่นิยมใช้ในการเตรียมอาหารที่ใหรสชาติที่ดี โดยน้ำมันที่ใช้ในกระบวนการทอดนอกจากทำหน้าที่เป็นตัวกลางความร้อนแล้วยังเป็นส่วนผสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ให้แคลอรีสูงด้วย ปัจจุบันเมื่อกระแสของผู้บริโภคหันมาให้ความสนใจในเรื่องสุขภาพเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในประเทศที่

พัฒนาแล้วมีอัตราของประชากรอ้วนเพิ่มสูงขึ้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ขึ้นทุเรียนทอดที่มีปริมาณไขมันต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการทอดโดยวิธีการปกติ ทั้งนี้เนื่องจากกลไกการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ขึ้นทุเรียนทอดอาจอธิบายได้ด้วยกลไกการควบแน่นและแคปิลลารี โดยในระหว่างกระบวนการทอด ความชื้นที่อยู่ในชั้นทุเรียนเมื่อถูกความร้อนก็จะเปลี่ยนเป็นไอน้ำ การระเหยของไอน้ำทำให้เกิดความดันสูงภายในรูพรุน ที่สภาวะดังกล่าวน้ำมันจะไม่สามารถแทรกซึมผ่านเข้าไปภายในรูพรุน แต่เมื่อนำขึ้นทุเรียนทอดออกจากหม้อทอดและปล่อยให้เย็น อุณหภูมิภายในชั้นทุเรียนจะลดลงและไอน้ำที่เปลือกด้านนอกจะเกิดการควบแน่น ทำให้น้ำมันที่ยึดติดอยู่ที่พื้นผิวของชั้นทุเรียนเคลื่อนที่เข้าสู่ภายในรูพรุนภายในชั้นทุเรียน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำฟิล์มที่บริโภคได้ที่ผลิตจากแป้งเม็ดทุเรียนเป็นวัตถุดิบหลักมาใช้เพื่อลดการดูดซับน้ำมันในระหว่างกระบวนการทอดของผลิตภัณฑ์ขึ้นทุเรียนทอด

การดูดซับน้ำมันของขึ้นทุเรียนในระหว่างกระบวนการทอดขึ้นกับอุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอด โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกศึกษาใน 3 ระดับคือ 150, 170 และ 190 องศาเซลเซียส และเปรียบเทียบระหว่างผลิตภัณฑ์ขึ้นทุเรียนทอดที่เคลือบด้วยฟิล์มแป้งเม็ดทุเรียนกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เคลือบฟิล์ม สารละลายฟิล์มที่ใช้เคลือบเตรียมจากการผสมกันของแป้งเม็ดทุเรียนที่ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร กลีเซอรอลที่ทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ และกรดซิตริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 30 และ 10 โดยน้ำหนักแป้ง ตามลำดับ ตัวอย่างจะถูกจุ่มลงในสารละลายฟิล์มผ่านกระบวนการเตรียมแล้ว ทั้งไว้ที่สภาวะอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาทีก่อนนำไปทอดในหม้อทอดไฟฟ้า และเก็บตัวอย่างทุก 2 นาทีของการทอด ตัวอย่างที่เคลือบฟิล์มจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณไขมันหยาบต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ที่มาจากตัวอย่างที่ไม่ได้เคลือบฟิล์มในทุกช่วงเวลาและอุณหภูมิที่ใช้ทอด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฟิล์มแป้งเม็ดทุเรียนทำหน้าที่เป็นตัวกักกันน้ำมันที่ดี และสามารถประยุกต์ใช้เพื่อลดการดูดซับน้ำมันในกระบวนการทอดขึ้นทุเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะช่วยลดการดูดซับน้ำมันได้ดีกว่าเมื่อทอดที่อุณหภูมิต่ำ โดยเฉพาะในช่วงแรกของการทอด โดยสามารถลดการดูดซับน้ำมันได้มากถึงร้อยละ 79.36 และ 27.43 สำหรับผลิตภัณฑ์ขึ้นทุเรียนทอดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 และ 4 นาที ตามลำดับ

ผลิตภัณฑ์ขึ้นทุเรียนทอดที่มาจากตัวอย่างที่เคลือบฟิล์มแป้งเม็ดทุเรียนมีความฉ่ำ มีสีน้ำตาลอ่อนกว่า และมีเนื้อสัมผัสที่มีค่าความแข็งมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มาจากตัวอย่างที่ไม่ได้เคลือบฟิล์มในทุกช่วงเวลาที่ใช้ทอด ปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับและสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ขึ้นทุเรียนทอดสอดคล้องกับโครงสร้างทางจุลภาค โดยตัวอย่างที่เคลือบฟิล์มจะให้ผลิตภัณฑ์ขึ้นทุเรียนทอดที่มีพื้นผิวเรียบกว่า มีความพรุนน้อยกว่า มีขนาดเซลล์เล็กกว่า และมีความสมบูรณ์ของเซลล์มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ขึ้นทุเรียนทอดที่มาจากตัวอย่างที่ไม่ได้เคลือบฟิล์ม นอกจากนี้วิธีการเคลือบฟิล์มก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อทั้งการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์ขึ้นทุเรียนทอด การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 และ 80 องศาเซลเซียสในการทำให้ฟิล์มที่เคลือบแห้งก่อนนำไปทอดไม่เพียงแต่ไม่ช่วยลดการดูดซับน้ำมันเพิ่มขึ้น แต่ยังทำให้มีการดูดซับน้ำมันเพิ่มขึ้นด้วยในบางทรีตเมนต์

วิธีการเสริมแคลเซียมขึ้นทุเรียนที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้คือการใช้ร่วมกันของกระบวนการแช่ในสุญญากาศ (50 mbar) กับกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันที่สภาวะบรรยากาศปกติ (1000 mbar) เมื่อให้ตัวอย่างแช่ในสารละลายออสโมติกที่เป็นสารละลายซูโครสที่ความเข้มข้นร้อยละ 20 และ 55 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และแคลเซียมที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 โดยน้ำหนักของตัวอย่าง ในสภาวะสุญญากาศ 5 นาที แล้วตามด้วยสภาวะปกติ 15 นาที สามารถนำเข้าแคลเซียมได้ร้อยละ 53.28 และ 46.98 สำหรับตัวอย่างที่ใช้สารละลายซูโครสที่ความเข้มข้น 20 และ 55% ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์สุดท้ายของตัวอย่างที่ใช้สภาวะสุญญากาศร่วมกับออสโมติกดีไฮเดรชันที่สภาวะปกติและใช้สารละลายน้ำตาลซูโครสที่ความเข้มข้น 20% มีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 47.09 มิลลิกรัม Ca/100 กรัมขึ้นทุเรียน (น้ำหนักเปียก) นั่นคือมีปริมาณมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับขึ้นทุเรียนสด (25.30 มิลลิกรัม Ca/100 กรัมทุเรียนสด) ประมาณ 2 เท่า นั่นคือ 100 กรัมของผลิตภัณฑ์ได้จะให้ประมาณ 4.71% ของ RDI ของแคลเซียม (1000 มก./วัน) และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของแคลเซียมเป็นร้อยละ 6 โดยน้ำหนักของตัวอย่าง ซึ่งเป็นความเข้มข้นสูงสุดที่ใช้ในการทดลองนี้ จะให้ตัวอย่างสุดท้ายที่มีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 74.08 และ 73.76 มิลลิกรัม Ca/100 กรัมขึ้นทุเรียน ในตัวอย่างที่ใช้ความเข้มข้นของสารละลายซูโครสที่ร้อยละ 20 และ 55 ตามลำดับ โดยมีปริมาณแคลเซียมมากกว่าในทุเรียนสดประมาณ 3 เท่า

การที่ปริมาณแคลเซียมถูกนำเข้าสู่โครงสร้างของพืชที่มีรูพรุน ทำให้ลดการกักน้ำที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันที่ดำเนินการต่อเนื่อง ทั้งนี้อาจเนื่องจากการที่แคลเซียมเข้ากระทำกับแมทริกซ์ของเซลล์พืช โดยเกิดพันธะระหว่างเพคตินกับองค์ประกอบของผนังเซลล์อื่น ๆ จึงเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางกล ส่งผลให้เกิดการถ่ายโอนของมวลในระหว่างกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชัน และเกิดการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ และให้ผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสที่มีความแข็งมากกว่าตัวอย่างที่มีปริมาณแคลเซียมต่ำกว่า จะเห็นได้ว่าการใช้กระบวนการแช่สุญญากาศในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ก่อนผ่านกระบวนการออสโมติกดีไฮเดรชันในสภาวะบรรยากาศปกติ จะช่วยเพิ่มการนำเข้าของแคลเซียมเข้าสู่เซลล์ของขึ้นทุเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงอาจนับเป็นวิธีการที่เหมาะสมอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับใช้เสริมแคลเซียมและธาตุอาหารอื่นในขึ้นทุเรียนหรือผลไม้อื่นที่มีความพรุน โดยที่ไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียเอกลักษณ์จำเพาะของตัวอย่างไป