

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของส้มจี๊ด

ส้มจี๊ด หรือ ส้มมะปี้ด มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrus mitis* Blanco, *Citrus madurensis* Lour., *Citrofortunella mitis* J. Ingram & H.E. Moore จัดอยู่ในวงศ์ Rutaceae มีชื่อสามัญว่า Calamondin, Calamondin orange, China Orange, Panama Orange, Golden Lime, Scarlet Lime, Chinese Orange เป็นต้น (สำเริง ช่างประเสริฐ และกมลภัทร ศิริพงษ์. 2558 : 3) ส้มจี๊ดเป็นลูกผสมระหว่าง *Citrus reticulata* Blanco และ *Fortunella* spp.

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ส้มจี๊ด เป็นพรรณไม้ในกลุ่มเดียวกับมะนาว ส้มโอ ส้มเขียวหวาน แต่ส้มจี๊ดมีทรงพุ่มที่สวยงาม จึงมักนิยมปลูกเป็นไม้ประดับ (มัลลิกา จินดาสิงห์. 2562 : 1)

1. ต้น เป็นไม้พุ่มขนาดกลาง เมื่อมีอายุ 4 - 5 ปีขึ้นไป จะมีความสูงจากพื้นดินถึงยอดอยู่ระหว่าง 1.25 - 2.70 เมตร มีเส้นรอบวงระหว่างลำต้น 12.00 - 16.00 เซนติเมตร มีความกว้างของรัศมีทรงพุ่ม 1.30 - 1.65 เมตร เมื่ออายุยังน้อยเปลือกของลำต้นจะมีสีน้ำตาลอ่อน และเมื่อมีอายุมากขึ้น เปลือกจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม กิ่งอ่อนของส้มจี๊ดจะมีหนามแหลมคม (สำเริง ช่างประเสริฐ และกมลภัทร ศิริพงษ์. 2558 : 4)



ภาพประกอบ 1 ต้นส้มจี๊ด

2. ใบ ใบของส้มจี๊ดจะเป็นรูปไข่ โคนใบมน ขอบใบเรียบ ปลายใบแหลม มีการเรียงตัวของใบเป็นแบบสลับ ใบมีขนาดความยาว 4.00 - 7.00 เซนติเมตร ยาว 2.00 - 4.00 เซนติเมตร ใบจะมีสีเขียวอ่อน เมื่ออายุมากขึ้นใบจะมีสีเขียวเข้ม ผิวใบเป็นมัน (สำเริง ช่างประเสริฐ และกมลภัทร ศิริพงษ์. 2558 : 4)



ภาพประกอบ 2 ใบส้มจี๊ด

3. ดอก มีลักษณะเป็นดอกเดี่ยว มีสีขาว มีกลิ่นหอมแรง ดอกจะออกตามซอกใบบริเวณปลายกิ่ง จะออกดอกพร้อมกับการแตกใบอ่อน ดอกประกอบไปด้วยกลีบดอก 4 - 5 กลีบ มีกลีบเลี้ยง 4 - 5 กลีบ มีก้านดอก เกสรตัวผู้ เกสรตัวเมีย และรังไข่ โดยเมื่อมีการผลิดอกออกมานั้นจะใช้เวลาประมาณ 1 สัปดาห์ในการพัฒนาให้ดอกมีขนาดใหญ่ขึ้น จากนั้นดอกจะเริ่มบานในตอนเช้า และดอกจะหุบในเวลาเย็น ไปจนครบ 4 - 5 วัน จากนั้นถ้าได้รับการผสมเกสรก็จะพัฒนาไปเป็นผล แต่ถ้าไม่ได้รับการผสมเกสร ดอกก็จะร่วงไปในที่สุด (สำเริง ช่างประเสริฐ และกมลภัทร ศิริพงษ์. 2558 : 5)

4. ผล ผลอ่อนข้างกลม ผลอ่อนจะมีสีเขียวเข้มและขนาดเล็ก ส่วนผลแก่จะมีสีเขียวปนเหลือง หรือมีสีเหลืองอมส้ม และจะมีสีส้มเมื่อสุกมาก ผลส้มจี๊ดสามารถเก็บเกี่ยวได้เมื่อมีอายุ 60 - 90 วัน นับตั้งแต่เริ่มติดผล หรือประมาณ 5 เดือนนับตั้งแต่เริ่มออกดอก โดยขนาดเก็บเกี่ยวขนาดของผลมีขนาดตั้งแต่ 1.5 เซนติเมตรขึ้นไป โดยเมื่อใช้มือบีบผลเบา ๆ ผลจะมีลักษณะนิ่มไม่แข็ง มีเมล็ด 1 - 3 เมล็ด เนื้อในมีสีเหลือง รสชาติเปรี้ยวจัด ผลส้มจี๊ดสามารถเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ได้นานประมาณ 10 - 14 วัน โดยจะต้องเป็นผลที่สมบูรณ์ปราศจากความชื้น และอยู่ในถุงพลาสติกบางที่มิดปากถุง (สำเริง ช่างประเสริฐ และกมลภัทร ศิริพงษ์. 2558 : 5)

โดยสำหรับราคาขายช่วงฤดูฝน จะมีราคาอยู่ที่กิโลกรัมละ 5 - 10 บาท ช่วงที่ขาดแคลน จะมีราคาอยู่ที่กิโลกรัมละ 30 - 35 บาท



ภาพประกอบ 3 ดอกส้มจี๊ด



ภาพประกอบ 4 ผลส้มจี๊ด มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

คุณค่าทางโภชนาการของส้มจี๊ด

ในส้มจี๊ดประกอบไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการต่าง ๆ ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 แสดงคุณค่าทางโภชนาการของส้มจี๊ด ต่อ 100 กรัม

องค์ประกอบ	ค่าวิเคราะห์	หน่วย
พลังงาน	71	กิโลแคลอรี
คาร์โบไฮเดรต	15.9	กรัม
น้ำตาล	9.36	กรัม
ใยอาหาร	6.5	กรัม
ไขมัน	0.86	กรัม
โปรตีน	1.88	กรัม
วิตามินเอ	15	ไมโครกรัม
ลูทีนและซีแซนทีน	129	ไมโครกรัม
วิตามินบี 1	0.037	มิลลิกรัม
วิตามินบี 2	0.09	มิลลิกรัม
วิตามินบี 3	0.429	ไมโครกรัม
วิตามินบี 5	0.208	มิลลิกรัม
วิตามินบี 6	0.036	มิลลิกรัม
วิตามินบี 9	17	ไมโครกรัม
วิตามินซี	43.9	มิลลิกรัม
วิตามินอี	0.15	มิลลิกรัม
โคลีน	8.4	มิลลิกรัม
แคลเซียม	62	มิลลิกรัม
ธาตุเหล็ก	0.86	มิลลิกรัม
แมกนีเซียม	20	มิลลิกรัม
แมงกานีส	0.135	มิลลิกรัม
ฟอสฟอรัส	19	มิลลิกรัม
โพแทสเซียม	186	มิลลิกรัม
โซเดียม	10	มิลลิกรัม
สังกะสี	0.17	มิลลิกรัม

ที่มา : มัลลิกา จินดาสิงห์. ออนไลน์. 2562

สารในส้มจี๊ด

ในส้มจี๊ดพบเมื่อทำการสกัดสารประกอบไปด้วยสารประกอบฟลาโวนอยด์ (Flavonoid Compositions) สารพวกฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) ที่พบในสารสกัดของส้มจี๊ด ประกอบไปด้วย 3',5'-di-C- β -glucopyranosylphloretin (DGPP), Naringin, Diosmin, Hesperidin, Neohesperidin, Nobiletin และ Tangeretin (Shyi-Neng, Ya-Siou and Chi-Tang. 2014 : 293 - 294)

สรรพคุณทางยาของส้มจี๊ด

1. สรรพคุณยาจีน ส้มจี๊ดมีฤทธิ์เย็น สามารถใช้แก้ไอ ขับเสมหะ แก้เสียงแหบ
2. ผลของส้มจี๊ดดองเกลือ เมื่อนำมาทำให้แห้ง สามารถนำมาอมบรรเทาอาการเจ็บคอ ระคายเคืองคอ
3. ผิวของส้มจี๊ดมีน้ำมันหอมระเหย สามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญในการทำ น้ำมันหอมระเหย

การใช้ประโยชน์ และการแปรรูปส้มจี๊ด

ในปัจจุบันส้มจี๊ดได้รับความนิยมมากขึ้น โดยจะเห็นได้จากตามตลาด ตามร้านค้า ในจังหวัดจันทบุรีมีการวางขายน้ำส้มจี๊ดบรรจุขวด ยังพบว่าสำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตรได้ร่วมกับอาจารย์จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจันทบุรี ได้นำส้มจี๊ดมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น แยมส้มจี๊ด ไอศกรีมส้มจี๊ด ส้มจี๊ดผง เปลือกส้มจี๊ดเชื่อม เยลลี่ส้มจี๊ด เปลือกส้มจี๊ดแช่อิ่มอบแห้ง น้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม น้ำส้มจี๊ดเข้มข้น แยมส้มจี๊ด เป็นต้น

อนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (Free Radical) คือ อะตอม โมเลกุล หรือสารประกอบที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยวอยู่ในออร์บิทัล (Orbital) วงนอกสุดที่มีระดับพลังงานสูง (โอภา วัชรคุปต์ และคณะ. 2549 : 15) อนุมูลอิสระนั้นไม่เสถียรและมีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลที่อยู่ข้างเคียง เพื่อทำให้ตัวของอนุมูลอิสระนั้นมีความเสถียรขึ้น ทำให้โมเลกุลข้างเคียงที่ได้รับหรือสูญเสียอิเล็กตรอนไป กลายเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (Chain Reaction) โดยระดับความเป็นพิษของอนุมูลอิสระต่อร่างกายนั้นจะพิจารณาจากความสามารถในการออกซิไดซ์ (Oxidized) สารชีวโมเลกุลในร่างกาย สารที่มีความสามารถในการออกซิไดซ์สารชีวโมเลกุลในร่างกาย จะเรียกว่า Reactive Species (RS) โดยมักจะอยู่ในรูปของ Reactive Oxygen Species (ROS)

Reactive Oxygen Species (ROS) เกิดขึ้นได้หลายสาเหตุ โดยอาจแบ่งออกเป็น

1. ปฏิกิริยาภายในร่างกาย (Endogenous Sources) เกิดขึ้นจากกระบวนการต่าง ๆ ของร่างกาย ผ่านกระบวนการสร้าง Adenosine Triphosphate (ATP) อีกทั้งกลไกการป้องกันตัวเองของร่างกาย เมื่อถูก Pathogen เข้ารุกรานก็สามารถทำให้เกิด ROS ขึ้นมาได้
2. ปฏิกิริยาภายนอกร่างกาย (Exogenous Sources) สิ่งแวดล้อมภายนอกมีผลอย่างมาก ในการกระตุ้นให้เกิด ROS โดยเฉพาะพวกรังสีต่าง ๆ รวมถึงพวกมลภาวะทางเคมีและโลหะหนัก ต่าง ๆ

สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) คือ สารที่สามารถป้องกันหรือชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ของอนุมูลอิสระได้

กลไกในการต้านอนุมูลอิสระ

กลไกในการต้านอนุมูลอิสระจะแบ่งออกเป็น

1. Free Radical Scavenging โดยสารต้านอนุมูลอิสระจะมีการให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลอิสระมีความเสถียรมากขึ้น
2. Singlet Oxygen Quenching จะไปยับยั้งการทำงานของ Singlet Oxygen ให้ไปอยู่ในรูปของ Triplet Oxygen
3. Metal Chelating เกิดจากการที่มีสารไปจับพวกโลหะหนักที่เร่งให้เกิดอนุมูลอิสระ ทำให้ช่วยชะลอการเกิดอนุมูลอิสระในร่างกายได้
4. Enzyme Inhibition เป็นการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งการเกิดปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ (อธิป สฤตเผือก, 2553 : 11 - 12)

แหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระ

แหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระ จะแบ่งตามแหล่งที่มาได้ 2 ชนิด คือ

1. สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (Synthetic Antioxidants) ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกพวก BHT (Butylate Hydroxytoluene), Propyl Gallate, 2-Butylate Hydroxyanisole, 3-Butylate Hydroxyanisole และ Tertiarybutylhydroquinone ซึ่งนิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม
2. สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ (Natural Antioxidants) สามารถพบได้ในพืช สัตว์ รวมถึงจุลินทรีย์ มีทั้งที่เป็นวิตามินและสารที่ไม่ให้คุณค่าทางโภชนาการ (เจนจิรา จิรัมย์ และประสงค์ สีหานาม, 2554 : 60)

การถนอมอาหาร

การถนอมอาหาร (Food Preservation) หมายถึง การเก็บรักษาอาหารโดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การทำแห้ง การหมักดอง การใช้ความร้อน และการใช้ความเย็น เป็นต้น ให้อาหารอยู่ในสภาพใกล้เคียงกับของสดมากที่สุด สามารถเก็บรักษาอาหารเพื่อรับประทานได้นานขึ้น หรืออาจดัดแปลงให้มีสี กลิ่น รสชาติแตกต่างไปจากเดิม เพื่อให้อาหารดูน่ารับประทาน โดยสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการน้อยที่สุด แต่ยังคงคุณลักษณะทางคุณภาพเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค (วิภาดา มุรินทร์นพมาศ. 2561 : 52)

ความสำคัญของการถนอมอาหาร

การถนอมอาหารมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหารให้มีอาหารบริโภคโดยไม่ขาดแคลน และเพื่อเก็บอาหารที่เหลือจากการบริโภค ให้สามารถบริโภคได้ถึงแม้จะไม่ใช่อุดหนุนเกี่ยวกับของอาหารชนิดนั้น ดังนั้น การถนอมอาหารมีความสำคัญในด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. ทำให้อาหารมีความปลอดภัยในการบริโภค เป็นการกำจัด ยับยั้ง หรือทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคซึ่งอาจปนเปื้อนอยู่ในอาหาร และช่วยทำลายสารที่เป็นพิษ
2. ช่วยยืดอายุการเก็บรักษา ทำให้เก็บรักษาอาหารไว้ได้นานขึ้น
3. ทำให้เกิดความสะดวกในการใช้และการขนส่ง การถนอมอาหารบางวิธีอาหารจะได้รับความร้อน เกิดการสุกบางส่วนหรือทั้งหมด ทำให้มีปริมาณลดลง ส่งผลให้อาหารเกิดการหดตัวหรืออาหารที่อยู่ในลักษณะเป็นผง ซึ่งเป็นการผ่านกระบวนการระเหยน้ำออก ทำให้น้ำหนักเบาประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บ สะดวกในการใช้และการขนส่ง
4. ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อาหารที่หลากหลาย ได้มีการคิดค้นดัดแปลงเพื่อทำให้เกิดผลิตภัณฑ์อาหารใหม่ ๆ ที่หลากหลาย และดึงดูดผู้บริโภคมากขึ้น โดยมีการคำนึงถึงความปลอดภัยและคุณภาพทางโภชนาการ
5. ช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ อาหารบางชนิดที่ผ่านการถนอมอาหารอาจมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นได้ เช่น ถั่วเหลืองที่ทำให้สุกจะย่อยง่าย และโปรตีนมีคุณภาพดีขึ้นกว่าถั่วดิบ
6. ช่วยเพิ่มคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส เช่น การทำอาหารหมักดองทำให้อาหารมีกลิ่นหอม มีรสชาติดีขึ้น ย่อยง่ายขึ้น จึงส่งผลให้อาหารมีความน่าบริโภคมากขึ้น
7. ช่วยเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร เนื่องจากผลผลิตทางการเกษตรให้ผลตามฤดูกาลเมื่อถึงฤดูกาลก็จะออกผลผลิตเป็นจำนวนมาก เกินความต้องการ ส่งผลให้ราคาตกลง หากนำมาทำการแปรรูป ก็จะสามารถนำไปจำหน่ายได้นอกฤดูกาล
8. ช่วยให้มีอาหารบริโภคนอกฤดูกาล
9. ช่วยบรรเทาภาวะขาดแคลนอาหาร อาหารที่ผ่านการถนอมด้วยวิธีการต่าง ๆ จะช่วยบรรเทาความขาดแคลนอาหารที่เกิดจากสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ เช่น อาหารกระป๋อง อาหารแห้ง

10. ช่วยกระจายอาหารไปยังท้องถิ่นต่าง ๆ ในพื้นที่ที่ไม่สามารถเพาะปลูกหรือเลี้ยงสัตว์ชนิดนั้น ๆ ได้ โดยอาหารไม่เกิดการเน่าเสีย หรือเสื่อมคุณภาพ

11. ช่วยส่งเสริมให้เกิดอาชีพ โดยการนำผลผลิตทางการเกษตรมาผ่านกระบวนการถนอมเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ โดยอาจจะทำเป็นอุตสาหกรรมเล็ก ๆ ในครัวเรือน หรืออุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดใหญ่

12. ใช้อาหารเหลือให้เกิดประโยชน์ ทำให้ไม่ต้องทิ้งอาหารไปโดยไร้ประโยชน์และช่วยเพิ่มรายได้

13. ช่วยส่งเสริมการศึกษาและแลกเปลี่ยนวัฒนธรรมของชาติต่าง ๆ ทางด้านอาหารและโภชนาการได้โดยอาศัยการถนอมอาหาร เนื่องจากการนำอาหารที่ถนอมแล้วส่งไปจำหน่ายยังที่ต่าง ๆ ทำให้แต่ละชาติได้รู้จักลักษณะอาหารของชนชาติต่าง ๆ ได้ดียิ่งขึ้น (ปิยธิดา สุดแสนะ. 2548 : 65)

หลักการถนอมอาหาร

การถนอมอาหารมีวัตถุประสงค์สำคัญ คือ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาอาหารให้ได้นานยิ่งขึ้น โดยอาศัยหลักการสำคัญ คือ

1. การแยกจำนวนจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและทำให้อาหารเน่าเสีย หลักการนี้เป็นการแยกจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและทำให้อาหารเน่าเสียออกจากอาหารด้วยเครื่องกรองจุลินทรีย์หรืออาศัยแรงเหวี่ยง วิธีนี้จะสามารถรักษากลิ่น รสชาติ และลักษณะที่ต้องการได้ดีกว่าการใช้ความร้อน

2. การลดกิจกรรมของเอนไซม์และจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและทำให้อาหารเน่าเสีย ซึ่งอาจทำได้โดยการลดอุณหภูมิให้ต่ำลง การเปลี่ยนแปลงค่า pH การลดค่าออกซิเจนของอาหาร การกำจัดออกซิเจนและการใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์ต่อต้านจุลินทรีย์

3. การทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค จุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ หลักการนี้จะมุ่งการทำลายจุลินทรีย์ ซึ่งอาจเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคเพียงอย่างเดียว หรือจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสียด้วย และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย ซึ่งทำได้โดยการใช้ความร้อนหรือการฉายรังสี

4. การส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์และเอนไซม์บางชนิด หลักการนี้เป็นการส่งเสริมให้จุลินทรีย์บางชนิดที่ไม่ทำให้เกิดโรคและไม่ทำให้อาหารเน่าเสีย เจริญขึ้นในอาหารและสร้างสารต่าง ๆ เช่น กรด แอลกอฮอล์ เพื่อให้สภาพแวดล้อมที่มีไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสีย (ปิยธิดา สุดแสนะ. 2548 : 30)

การทำแห้ง

การทำแห้ง

การทำแห้ง (Drying) หมายถึง การลดความชื้นในอาหารโดยการดึงน้ำออกไปจากอาหาร หรือวิธีการใดก็ตามที่สามารถลดปริมาณน้ำอิสระให้ต่ำพอที่จะสามารถลดการเจริญเติบโตของ จุลินทรีย์ได้ หลักการทำอาหารแห้ง คือ การใช้หลักการดึงน้ำออกจากโมเลกุลของอาหาร เป็นการลดปริมาณน้ำหรือความชื้นในสภาพแวดล้อมที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ ซึ่งมีหลักการใหญ่ ๆ 3 ประการ คือ การเอาน้ำออกโดยการระเหย การตกผลึกของน้ำเป็นน้ำแข็ง และการเติมตัวถูกละลาย

1. ข้อดีของการทำแห้ง

- 1.1 ป้องกันการเน่าเสียของอาหารจากจุลินทรีย์ ปฏิกิริยาเคมีและเอนไซม์
- 1.2 ทำให้มีอาหารไว้บริโภคในยามขาดแคลน
- 1.3 เก็บไว้ได้นานโดยไม่ต้องใช้ตู้เย็นทำให้ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา
- 1.4 ลดน้ำหนักหรือลดปริมาตรของอาหาร อาหารจึงมีน้ำหนักเบา สะดวกในการบรรจุ

ลงในภาชนะ ขนส่งง่ายโดยไม่กินเนื้อที่

- 1.5 ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่
- 1.6 ให้ความสะดวกในการบริโภคและสามารถบริโภคได้ทันที

2. ข้อเสียของการทำแห้ง

- 2.1 อาหารเกิดการสูญเสียกลิ่น รส สารระเหยที่ระเหยได้
- 2.2 อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง
- 2.3 เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลที่ไม่ใช่เกิดจากเอนไซม์เนื่องจากความเข้มข้นของสารที่เพิ่มขึ้น

นอกจากนี้ยังเกิดการหืนของไขมัน

- 2.4 ความไวต่อความร้อน อาจเกิดการไหม้ได้ หากควบคุมสภาวะไม่เหมาะสม

2.5 เกิดการเสื่อมเสียจากจุลินทรีย์ได้ ถ้าหากอัตราการอบแห้งเริ่มต้นช้า หรือปริมาณ ความชื้นสุดท้ายมีค่าสูง (วิภาดา มุรินทร์นพมาศ. 2516 : 100 - 101)

ความชื้นสมดุล

ค่าความชื้นสมดุลเป็นค่าที่มีความสำคัญต่อกระบวนการทำแห้ง และการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากเมื่อทำแห้งอาหารโดยใช้อากาศที่สภาวะคงที่ หรือเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหาร ภายใต้สภาวะอากาศคงที่ค่าหนึ่ง ความชื้นของอาหารจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปจนถึงสภาวะสมดุล ทางความชื้นระหว่างน้ำในอาหารกับน้ำในอากาศ ซึ่งค่าความชื้นของอาหารในสภาวะนี้ เรียกว่า

ค่าความชื้นสมดุล โดยปัจจัยที่มีผลต่อค่าความชื้นสมดุลของอาหาร ได้แก่ องค์ประกอบภายในของอาหาร อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม ซึ่งการเข้าสู่ภาวะสมดุลทางความชื้นของอาหารเกิดขึ้นได้ใน 2 ลักษณะ คือ เกิดจากการที่อาหารคายความชื้นออกไปสู่อากาศแวดล้อม และเกิดจากการที่อาหารดูดซับความชื้นจากอากาศแวดล้อม

ความชื้นที่อยู่ภายในอาหารแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. น้ำที่ถูกยึดเหนี่ยว (Bound Water) คือ ความชื้นที่อยู่ในวัสดุ ซึ่งถูกยึดเหนี่ยวไว้ด้วยพันธะของสสารภายในวัสดุ
2. น้ำที่ไม่ถูกยึดเหนี่ยว (Unbound Moisture) คือ ความชื้นที่อยู่ในวัสดุ ซึ่งไม่ถูกยึดเหนี่ยวไว้ด้วยพันธะของสสารใด ๆ ภายในวัสดุ จึงส่งผลให้น้ำส่วนนี้ถูกดึงออกไปจากวัสดุได้ง่าย

ในกระบวนการทำแห้ง น้ำที่สามารถระเหยออกไปจากอาหารได้คือ น้ำส่วนที่เกินกว่าค่าความชื้นสมดุล อาจจะเป็นส่วนของน้ำที่ถูกยึดเหนี่ยวและไม่ถูกยึดเหนี่ยวก็ได้ โดยน้ำที่ไม่ถูกยึดเหนี่ยวจะเป็นน้ำที่ระเหยได้ง่ายกว่า ในการแสดงค่าความชื้นของอาหารจะแสดงในรูปของความชื้นฐานเปียก (Moisture Content on Wet Basis) และความชื้นฐานแห้ง (Moisture Content on Dry Basis) (คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2559 : 224 - 227)

ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้

ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (Water Activity : a_w) ของอาหารแห้งมีความสำคัญมาก เพราะจะบ่งบอกถึงลักษณะที่น้ำจับกับโมเลกุลของสารอื่น ๆ ในอาหารมากกว่าที่จะพิจารณาถึงน้ำที่มีอยู่ในอาหาร โดยการที่น้ำในอาหารจับกับโมเลกุลของสารอื่นทำให้ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ลดลง ยิ่งอาหารที่มีสารละลายน้ำได้มากเท่าใด โมเลกุลของน้ำจะดูดจับมากขึ้น ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้จะยิ่งต่ำลง จุลินทรีย์จะเจริญได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำมากและมีค่าวอเตอร์แอกติวิตี้สูง เมื่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ลดลง จุลินทรีย์จะเจริญได้ช้าลง การเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้น และเมื่อค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ลดลงจนต่ำกว่า 0.60 จุลินทรีย์จะหยุดการเจริญเติบโต ทำให้สามารถนำหลักการของค่าวอเตอร์แอกติวิตี้มาใช้ในการถนอมอาหารได้ ซึ่งวิธีการลดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ที่นิยมใช้กัน คือ การลดปริมาณน้ำอิสระในอาหารโดยการทำแห้ง

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการทำแห้ง

การทำแห้งโดยทั่วไปจะอาศัยความร้อนส่งผ่านเข้าไปทำให้น้ำในอาหารเกิดการเคลื่อนที่และระเหยออกจากผิวของอาหาร ซึ่งน้ำจะระเหยได้ช้าหรือเร็วจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของการส่งผ่านความร้อนไปยังโมเลกุลของน้ำในอาหาร และประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่โมเลกุลของน้ำมาที่ผิวอาหารเพื่อระเหยออกไปจากอาหาร ดังนั้นสิ่งที่ควรพิจารณาในการควบคุมการทำแห้ง ได้แก่

1. ลักษณะตามธรรมชาติของอาหาร อาหารมีลักษณะตามธรรมชาติที่แตกต่างกันออกไปตามแต่ละชนิดของอาหาร ปริมาณน้ำในอาหาร โครงสร้างของอาหาร และสารอาหาร ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีความสำคัญต่ออัตราการทำแห้ง

2. ขนาดและรูปร่างของอาหาร ขนาดและรูปร่างของอาหารมีผลอย่างยิ่งต่ออัตราการทำแห้ง โดยอาหารที่มีขนาดและรูปร่างที่ทำให้อัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของอาหารมีมาก จะช่วยทำให้มีการระเหยของน้ำเร็วขึ้น

3. การเตรียมและตำแหน่งของอาหารในตู้อบ โดยอาหารบางชนิดจะมีการลวกในน้ำร้อนก่อน เพื่อยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ และเปลี่ยนแปลงสภาพหรือคุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์และอาจทำลายเนื้อเยื่อบางส่วนทำให้น้ำเคลื่อนที่ออกได้เร็วขึ้น ทำให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น การลดขนาดโดยการตัดแต่งก็เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวมีผลทำให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้น และหากจัดอาหารใส่ถาดเพื่ออบแห้ง ควรมีการจัดเรียงอาหารและจัดปริมาณอาหารต่อถาดในการอบแห้งให้เหมาะสม โดยควรจัดเรียงอาหารในถาดเป็นชั้นบาง ๆ ทำให้อัตราการอบแห้งเร็วขึ้นและสม่ำเสมอ

4. อุณหภูมิในการทำแห้ง อุณหภูมิขณะทำแห้งมีผลต่ออัตราการทำแห้งของอาหาร คือถ้าใช้อุณหภูมิสูงก็จะทำให้น้ำในอาหารเคลื่อนที่และระเหยออกจากอาหารได้ง่าย การเลือกอุณหภูมิระดับใดต้องคำนึงให้เหมาะสมกับชนิดและลักษณะของอาหาร

5. ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ถ้ามีความชื้นสัมพัทธ์สูงอัตราการทำแห้งจะช้าลง

6. ความดันบรรยากาศ ในการทำแห้งโดยทั่วไปจะทำที่ความดัน 1 บรรยากาศ ถ้ามีการลดความดันของบรรยากาศจะทำให้จุดเดือดของน้ำในอาหารลดลง ทำให้การเคลื่อนตัวของน้ำในอาหารเป็นไป得更เร็วขึ้น ซึ่งการทำแห้งที่ความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศปกติ จะสามารถทำได้ที่อุณหภูมิต่ำลง และมีอัตราการทำแห้งเร็วกว่าการทำแห้งในบรรยากาศปกติ ซึ่งเหมาะกับอาหารที่เสื่อมคุณภาพทางประสาทสัมผัสได้ง่าย

7. ความเร็วลมร้อน จะมีผลโดยตรงต่ออัตราการทำแห้ง ลมที่พัดผ่านไอร้อนสู่ผิวหน้าของอาหารจะทำให้น้ำสามารถระเหยได้เร็วขึ้น อาหารจะแห้งเร็วขึ้น ช่วยลดเวลาในช่วงอัตราการทำแห้งคงที่ แต่หลังจากความชื้นระเหยไป 2 ใน 3 ความเร็วลมร้อนก็มีผลต่อการทำแห้งน้อยลงด้วย

เครื่องมือที่ใช้ในการทำแห้ง

เครื่องอบแห้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีการบุฉนวนไว้เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนและทำให้สามารถนำอากาศมาหมุนเวียนใช้ใหม่เพื่อประหยัดพลังงาน เครื่องทำแห้งมีด้วยกันหลายชนิด คือ

1. เครื่องทำแห้งด้วยลมร้อน (Hot - air Dryers)

1.1 เครื่องอบแห้งแบบถัง (Bin Dryers)

1.2 เครื่องอบแห้งแบบถาด (Tray Dryers)

- 1.3 เครื่องอบแห้งแบบสายพาน (Conveyer Dryers)
- 1.4 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์ (Fluidized Bed Dryers)
- 1.5 เครื่องอบแห้งแบบเตาเผา (Kiln Dryers)
- 1.6 เครื่องอบแห้งแบบนิวเมติกส์ (Pneumatic Dryers)
- 1.7 เครื่องอบแห้งแบบโรตารี (Rotary Dryers)
- 1.8 เครื่องอบแห้งแบบฉีดพ่นฝอย (Spray Dryers)
- 1.9 เครื่องอบแห้งบนสายพานแขวน (Trough Dryers)
- 1.10 เครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ (Tunnel Dryers)
- 1.11 การอบแห้งโดยใช้แสงอาทิตย์หรือพลังงานแสงอาทิตย์ (Sun and Solar Drying)
2. เครื่องอบแห้งแบบใช้ผิวร้อน (Heated - surface Dryer)
 - 2.1 เครื่องอบแห้งแบบลูกกลิ้ง (Drum Dryers)
 - 2.2 เครื่องอบแห้งสุญญากาศ (Vacuum Band)

การทำแห้งแบบพ่นฝอย

การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryers) เป็นการเปลี่ยนแปลงอาหารที่อยู่ในสถานะของเหลวหรือของเหลวข้นให้อยู่ในรูปอาหารผงแห้ง โดยการพ่นฝอยของเหลวให้มีอนุภาคขนาดเล็กเข้าสู่พื้นที่หรือห้องทำแห้งที่มีการเป่าลมร้อนหรือให้ความร้อนเพื่อระเหยของเหลว ทำให้เกิดโครงสร้างอาหารแห้ง ผลิตภัณฑ์พ่นฝอยได้ขึ้นอยู่กับปริมาณของอาหารผงที่เก็บได้จากกระบวนการแปรรูป การสูญเสียของผลิตภัณฑ์ผงส่วนใหญ่เกิดจากการเกาะของอาหารผงกับพื้นผิวห้องทำแห้ง ประสิทธิภาพของไซโคลนในการเก็บสะสมอาหารผง การเกาะตัวของอาหารผงบริเวณไซโคลนและห้องทำแห้ง รวมถึงองค์ประกอบตามธรรมชาติของอาหารและสถานะที่ใช้ในการทำแห้ง การทำแห้งด้วยการพ่นฝอยจะทำให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในสถานะออสันฐานจึงมีแนวโน้มที่จะเกิดการเกาะตัวกับพื้นผิว หรือเกาะตัวกันเอง การเกาะตัวเกิดขึ้นจากการสัมผัสระหว่างพื้นผิวของอาหารผง (ณัฐนัย หาญการสุจริต. 2562 : 153 - 154)

เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยมีหลายขนาดตั้งแต่ขนาดโรงงานต้นแบบสำหรับผลิตเอ็นไซม์และกลี้น จนถึงขนาดใหญ่ที่ไว้ผลิตนมผง

ข้อดีที่สำคัญของเครื่องนี้ คือ ใช้เวลาสั้น สามารถผลิตอาหารแบบต่อเนื่องในเวลาสั้นได้ ใช้แรงงานต่ำ การใช้และดูแลรักษาง่าย แต่ข้อจำกัด คือ ใช้เงินลงทุนสูง และอาหารที่จะส่งเข้ามาต้องมีความชื้นสูง เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถป้อนเข้ามาในเครื่องอะตอมไมเซอร์ได้ ทำให้ต้องใช้พลังงานเพื่อกำจัดความชื้นและเกิดการสูญเสียสารหอมระเหยสูง (วิไล รังสาทอง. 2547 : 85)

เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยนิยมใช้กับอาหารเหลวที่มีความข้นหนืดต่ำ ที่สามารถทำให้แตกเป็นละอองฝอยได้ เช่น นํ้านม กาแฟ และไข่ โดยการพ่นอาหารให้เป็นฝอยละเอียดไปยังถังที่มีอากาศสูงประมาณ 200 องศาเซลเซียส ไหลเวียนภายในถัง ทำให้นํ้าในอาหารเกิดการระเหยอย่างรวดเร็ว และเป็นอาหารผงแห้งทันที อาหารนั้นจะแขวนลอยอยู่ในช่วง 1 - 10 วินาทีเท่านั้น จึงไม่ทำให้อาหารเกิดความเสียหายเนื่องจากความร้อน ความชื้นของอาหารจะลดลงเหลือเพียงร้อยละ 5 (วิภาดา มุรินทร์พนาศ. 2516 : 117)

สารมอลโตเด็กซ์ตริน

การผลิตมอลโตเด็กซ์ตริน

มอลโตเด็กซ์ตรินถูกตั้งชื่อเรียกก่อนที่จะมีการผลิตและใช้เป็นการค้าตั้งแต่ช่วงปี 1980 ซึ่งหมายถึง กลุ่มโมเลกุลใหญ่ ๆ ที่สามารถถูกน้ำย่อยกลุ่มอะมิเลสย่อยแล้วให้นํ้าตาลมอลโทสได้ เช่น มอลโทไตรโอส (Matotiose) มอลโทเตตราโอส (Maltotetraose) มอลโทเพนทาโอส (Maltopentaose) เป็นต้น ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันโดยทั่ว ๆ ไปว่า มอลโตเด็กซ์ตริน จัดเป็นผลิตภัณฑ์น้ำเชื่อมกลูโคสที่มีค่า D.E. ต่ำกว่า 20 การผลิตมอลโตเด็กซ์ตรินนั้นมีอยู่ 2 แบบ คือ แบบขั้นตอนเดียว และแบบสองขั้นตอน

1. การผลิตแบบขั้นตอนเดียว คือ การย่อยแป้งโดยกรด (มากกว่า 105 องศาเซลเซียส) หรือเอนไซม์อะมิเลส (82 - 105 องศาเซลเซียส) แล้วหยุดปฏิกิริยาโดยปรับ pH หลังให้ความร้อน ทำการกรองกับสารช่วยกรอง ปรับกลั่นสีโดยคาร์บอน (ผงถ่าน) แล้วกรองอีกครั้ง จากนั้นต้มระเหยให้มีความเข้มข้นสูงขึ้นแล้วทำแห้งโดยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spay Dryer)

2. การผลิตแบบสองขั้นตอน เริ่มต้นด้วยการย่อยแป้งด้วยน้ำย่อย อะมิเลสที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส และหยุดปฏิกิริยาโดยความร้อน 110 ถึง 180 องศาเซลเซียสขนาดของ D.E. จะได้ปริมาณ 2 - 5 จากนั้นก็ใช้นํ้าย่อยอะมิเลสอีกครั้งหนึ่ง (หรืออีกชนิดหนึ่ง) ที่ 85 องศาเซลเซียส จนได้ D.E. 5 - 20 จึงหยุดปฏิกิริยาโดยการปรับ pH หรือความร้อน จากนั้นก็ทำการกรองกับสารช่วยกรอง ปรับกลั่นสีด้วยผงคาร์บอนแล้วกรอง ต้มระเหยให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น และทำแห้งโดยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Dryer)

การนำสารมอลโตเด็กซ์ตรินไปใช้

อุตสาหกรรมของสารมอลโตเด็กซ์ตรินได้ขยายตัวอย่างรวดเร็ว มีการนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายประเภท โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมอาหารและยา ดังนี้

1. ใช้ในทางการแพทย์

1.1 อาหารเหลว มอลโตเด็กซ์ตริน ใช้เป็นคาร์โบไฮเดรตในอาหารเด็กอ่อนที่ไม่มีน้ำตาลแลคโทสเป็นส่วนประกอบ มีทั้งในรูปของเหลวหรือผงแห้งที่ใช้ผสมกับน้ำ ในประเทศเยอรมัน จะใช้มอลโตเด็กซ์ตริน ที่มีค่า D.E. เท่ากับ 18 ในประเทศบราซิลอาหารเด็กอ่อนสูตรโปรตีนถั่วเหลือง ใช้ซูโครสและมอลโตเด็กซ์ตรินเป็นคาร์โบไฮเดรต การใช้ประโยชน์มอลโตเด็กซ์ตริน อีกประการคือ ใช้เป็นอาหารให้กับผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับลำไส้ ซึ่งอยู่ในรูปที่สามารถรับประทานได้โดยตรง หรือให้ผ่านทางหลอดให้อาหาร

1.2 ยาเม็ด ได้มีสิทธิบัตรและงานวิจัยมากมายที่กล่าวถึงการใช้สารมอลโตเด็กซ์ตริน ในยาเม็ด นอกจากนี้ยังมีการนำสารมอลโตเด็กซ์ตรินมาใช้เป็นสารช่วยยึดเกาะ (Binder) ในการผลิต ยาเม็ดที่ใช้เคี้ยวที่ด้านนอกแข็งแต่นุ่มด้านใน

1.3 การใช้ประโยชน์อื่น ๆ สารมอลโตเด็กซ์ตรินจะใช้เป็นส่วนประกอบในการกลีบบ ยาเม็ด ขนมหวานที่เป็นเม็ด และธาตุอาหารต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น ส่วนผสมสารมอลโตเด็กซ์ตริน และเกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ใช้เคลือบโปแทสเซียมคลอไรด์ ส่วนผสมสารมอลโตเด็กซ์ตริน และกรดฟูมาริก (Fumaric Acid) ใช้เคลือบ Ibuprofen เพื่อลดการระคายเคืองของหลอดอาหาร และลำไส้ เป็นต้น

2. สารทดแทนไขมัน

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาประชากรในประเทศที่พัฒนาแล้วได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับการลดน้ำหนักและสุขภาพมากขึ้น ได้มีการวิจัยมากมายเพื่อหาสารที่ใช้ทดแทนไขมัน จนกระทั่ง นักวิจัยเยอรมันตะวันออก ได้ค้นพบสารมอลโตเด็กซ์ตริน (ที่ได้จากการย่อยแป้งมันฝรั่ง) สามารถทำให้เกิดเจล ซึ่งเจลที่เกิดขึ้นสามารถนำมาใช้ทดแทนส่วนที่เป็นไขมัน

3. การผลิตผงปรุงรส

ผงปรุงรสเป็นอุตสาหกรรมที่มีการนำมอลโตเด็กซ์ตรินมาใช้ประโยชน์มากที่สุด มอลโตเด็กซ์ตรินจะทำหน้าที่เป็นตัวจับสารปรุงรสที่อยู่ในรูปน้ำมันและช่วยให้การทำแห้งมีประสิทธิภาพดีขึ้นกระบวนการทำแห้งมีหลายวิธี แต่วิธีที่เป็นที่นิยมมากที่สุดคือ การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Drying) และเอ็กซ์ทรูชัน (Extrusion)

3.1 การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Drying) เป็นกระบวนการที่เป็นที่นิยมมากที่สุด กระบวนการผลิตมีดังนี้ น้ำมันที่มีกลิ่นรส (Flavonoil) จะถูกอิมัลซิไฟด์ในสารผสมของ คาร์โบไฮเดรตและมอลโตเด็กซ์ตรินก่อนที่อุณหภูมิ 70 - 80 องศาเซลเซียส จากนั้นทำให้เย็นจนมี อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใส่น้ำมันลงไปให้อิมัลซิไฟด์เป็นเวลา 10 นาที ที่ 40 - 50 องศาเซลเซียส นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอย จะได้ผงปรุงรสที่แห้งและสามารถเก็บไว้ได้นาน คาร์โบไฮเดรตที่ใช้ร่วมกับ

มอลโตเด็กซ์ตริน ได้แก่ กัมอาร์บิก แป้งดัดแปรด้วยสารที่มีหมู่ Octenyl Succinate มอลโตเด็กซ์ตรินจะไปรวมตัวกับคาร์โบไฮเดรตเหล่านี้เกิดเป็นร่างแหจับโมเลกุลของสารปรุงรสไว้ ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความคงตัว ไม่ดูความชื้น และไม่เกิดกลิ่นหืน

3.2 เอ็กซ์ทรูชัน (Extrusion) กระบวนการผลิต คือ สารละลายของซูโครสและมอลโตเด็กซ์ตรินจะถูกให้ความร้อนพร้อมกับอิมัลซิฟายเออร์จนถึงอุณหภูมิ 120 - 125 องศาเซลเซียส จากนั้นทำให้เย็นลงจนถึง 110 องศาเซลเซียส ใส่น้ำมันสารปรุงรสลงไป นำไปผ่านเครื่องเอ็กซ์ทรูเดอร์ (Extruder) สารที่ออกมาจากเครื่องจะใส่ลงในตัวทำละลายที่ร่างแหของซูโครสและมอลโตเด็กซ์ตรินไม่ละลาย เช่น ไอโซโพรพานอล (Isopropanol) ผงปรุงรสจะตกตะกอนออกมา นอกจากนี้ตัวทำละลายยังช่วยแยกน้ำมันส่วนที่คงเหลืออยู่ที่ผิวของอนุภาคผงปรุงรสอีกด้วย

4. Bulking Agents

มอลโตเด็กซ์ตรินใช้ในการนี้มากเป็นอันดับ 2 โดยจะใช้ในผลิตภัณฑ์ผสมที่แห้งเนื่องจากดูความชื้นน้อย ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ ได้แก่ เครื่องดื่มผสมผง (Beverage Mixes) ซอสสำเร็จรูป Gravy Mixes, Cake และ Cookie Mixes เป็นต้น หรือใช้มอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารช่วยพา (Carrier) ใน Yeast Extract และ Malt Extract เป็นต้น

5. สารเคลือบอาหาร

มีการนำมอลโตเด็กซ์ตรินไปใช้เคลือบอาหารหลายประเภท เช่น มีการนำมอลโตเด็กซ์ตรินไปเคลือบอาหารที่เป็นกรด เพื่อป้องกันปฏิกิริยาระหว่างกรดกับส่วนประกอบอื่น ๆ ในอาหาร ทำให้อายุการเก็บนานขึ้น (กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ, 2546 : 207 - 214)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยต่างประเทศ

วีรเชษฐ์ จิตตามิษฐ์, สิริวรรณ นิธิรัฐ และอรอุมา เทชานันท์รัชกุล (Weerachet Jittanit, Siriwon Niti-Att and Onuma Techanuntachaiikul, 2010 : 490 - 506) ได้ศึกษาการเติมสารมอลโตเด็กซ์ตรินที่ใส่ในน้ำสับปะรด การเติมมอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 15 20 25 ก่อนการไปทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 130 150 และ 170 องศาเซลเซียส ด้วยอัตรา 0.020, 0.022 และ 0.035 ลิตรต่อนาทีนั้น พบว่า การเติมมอลโตเด็กซ์ตรินที่ร้อยละ 15 ให้ปริมาณผงของสับปะรดคั่วที่สุด วัดค่าความชื้นได้ที่ร้อยละ 5.1 และมีค่าการละลายที่ 6.2 นาที

ชาย-หนึ่ง ลอ, ยา-ซื่อ ชู และไช-แซง โฮ (Shyi-Neng Lou, Ya-Siou Hsu and Chi-Thang Ho, 2014 : 290 - 295) ได้ทำการสกัดหาสารประกอบฟลาโวนอยด์และสารต้านอนุมูลอิสระ ด้วยตัวทำ

ละลายต่าง ๆ พบว่า ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่สกัดได้จากเปลือกของส้มจี๊ดมากกว่าสกัดจากเนื้อของส้มจี๊ด และตัวทำละลายต่างชนิดกัน ก็ให้ปริมาณของสารประกอบฟลาโวนอยด์และสารต้านอนุมูลอิสระ โดยพบว่าสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่ตรวจพบในเปลือก และเนื้อของส้มจี๊ด เมื่อทำการสกัดสาร 3',5'-di-C- β -glucopyranosylphloretin (DGPP), Naringin, Diosmin, Hesperidin, Neohesperidin, Nobiletin และ Tangeretin โดยพบว่าปริมาณของสารประกอบฟลาโวนอยด์จากเปลือกจะให้ปริมาณสารมากที่สุด เมื่อใช้ตัวทำละลายเป็นน้ำร้อน รองลงมาคือ เอทานอล เมทานอล เอทิล อะซิเตท ตามลำดับ และในส่วนของปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์จากเนื้อส้มจี๊ดจะพบสารประกอบฟลาโวนอยด์ 3 กลุ่มหลัก คือ DGPP, Naringin, และ Hesperidin 653-788 mg/100 g Dry Extract, 18-264 mg/100 g Dry Extract และ 6-226 mg/100 g Dry Extract ตามลำดับ

นอ มาดิฮัท และคณะ (Nor Madihah and et al. 2015 : 296 - 299) ได้ศึกษาผลของมอลโตเด็กซ์ทรินต่อการทำแห้งแบบพ่นฝอยในน้ำมะกรูด โดยใช้น้ำมะกรูด 200 มิลลิลิตร และเติมมอลโตเด็กซ์ทริน D.E. 12 เพิ่มเข้าไปที่ร้อยละ 10 - 100 พบว่า เมื่อใส่มอลโตเด็กซ์ทรินลงไป ร้อยละ 40 ในสภาวะการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมเข้า 140 องศาเซลเซียส อุณหภูมิขาออกที่ 70 องศาเซลเซียส ความดัน 40 psi ที่ความเร็ว 1 rpm จะให้ปริมาณของผงมะกรูดมากที่สุด คือ 23.43 กรัม ความชื้นร้อยละ 6 และค่าวอเตอร์แอกทิวิตี 0.38 และจากการทดลองพบว่า ยิ่งเติมสารมอลโตเด็กซ์ทรินมากขึ้น ปริมาณน้ำตาลและความเข้มข้นในน้ำผลไม้ยิ่งเพิ่ม

เตียด ที เอ เจิ่น และฮา วี เฮช เหงียน (Tuyet T. A. Tran and Ha V. H. Nguyen. 2018 : 1 - 12) ได้ศึกษาผลของอุณหภูมิและตัวพาที่เหมาะสมของการทำใบตะไคร้ผงด้วยวิธีการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยในการทดลองใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 5 ระดับคือ ที่ 110, 120, 130, 140 และ 150 องศาเซลเซียส และใช้ตัวพา 3 ชนิด คือ สารกัมอราบิก สารมอลโตเด็กซ์ทริน และสารกัมอราบิกผสมมอลโตเด็กซ์ทริน ซึ่งจากการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการทำใบตะไคร้ผงคือ การใช้มอลโตเด็กซ์ทริน และใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 130 องศาเซลเซียส โดยเป็นสภาวะที่ทำให้ผงใบตะไคร้มีความชื้นต่ำละลายได้ดี ให้ค่าต้านอนุมูลอิสระที่สูงที่สุด คือ 0.1288 $\mu\text{molTE/gDW}$, และให้ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ 329.10 mgCE/100 gDW

งานวิจัยในประเทศ

ประศาสตร์ พุตระกูล และคณะ (2546 : 1 - 12) ได้ทำการศึกษาพัฒนากรรมวิธีการผลิตมะนาวผงและการทดสอบคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา พบว่า เมื่อใช้น้ำมะนาวผสมกับมอลโตเด็กซ์ทริน D.E.17 หรือกลูโคสไซรัป D.E.25 - 29 ในอัตราส่วน 100 : 30 จะทำให้มะนาวผงที่ได้มีคุณภาพที่ดี และการเติมน้ำมันจากผิวมะนาวที่ได้จากการกลั่นผิวมะนาวลงไปร้อยละ 0.3 ในส่วนของ

การทำแห้งแบบพ่นฝอย การใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้า 150 - 160 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิลมร้อนขาออกที่ 90 - 95 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้มะนาวที่มีคุณภาพดี และเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และสามารถเก็บไว้ได้นาน 6 เดือน เมื่อบรรจุมะนาวลงในถุงอูมิเนียมภายใต้ระบบสุญญากาศ

หลุทัย แก่นลา (2558 : 1 - 213) ได้ทำการแปรรูปผลิตภัณฑ์ น้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม จากการทดลองการแปรรูปน้ำส้มจี๊ดที่ผ่านกระบวนการผลิต ในการผลิตน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่มแบบต่าง ๆ พบว่า เมื่อทำการประเมินคุณภาพด้านประสาทสัมผัสแบบ Hedonic Scale (1 - 9 คะแนน) ค่าคะแนนในการยอมรับในด้านสี กลิ่น ความเปรี้ยว และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างทางด้านสถิติ แต่เมื่อดูที่คะแนนในเรื่องความหวาน สูตรที่ผสมน้ำส้มจี๊ด 120 กรัม น้ำสะอาด 750 กรัม น้ำตาล 140 กรัม เกลือ 3 กรัม ให้คะแนนความหวานมากกว่าสูตรที่ผสมน้ำส้มจี๊ด 80 กรัม น้ำสะอาด 750 กรัม น้ำตาล 140 กรัม เกลือ 3 กรัม ในการตรวจสอบคุณภาพทางเคมี น้ำส้มจี๊ดที่ผ่านกระบวนการผลิตแบบต่าง ๆ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ค่าความเป็นกรด - ด่าง และปริมาณกรดทั้งหมดไม่แตกต่างทางสถิติ ในทุกกรรมวิธี ในการตรวจสอบทางด้านจุลินทรีย์ทั้งหมด พบว่า หลังจากทำการเก็บรักษาน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่ม สูตรที่ผสมน้ำส้มจี๊ด 120 กรัม น้ำสะอาด 750 กรัม น้ำตาล 140 กรัม เกลือ 3 กรัม และนำไปฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที เมื่อเก็บรักษาไว้ 7 วัน ตรวจพบ จุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา ดังนั้นสูตรที่ผสมน้ำส้มจี๊ด 120 กรัม น้ำสะอาด 750 กรัม น้ำตาล 140 กรัม เกลือ 3 กรัม และนำไปฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลส์ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที จึงเป็นสูตรและกระบวนการผลิตน้ำส้มจี๊ดพร้อมดื่มที่เหมาะสมที่สุด

นันทนิษฐ์ คงวัน (2559 : 486 - 493) ได้ทำการศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มชนิดผง จากน้ำส้มสายชูหมักผสมน้ำผลไม้ พบว่า การใช้มอลโตเด็กซ์ทริน D.E.10 ร้อยละ 20 w/v เป็นสารช่วยทำแห้ง ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุดจากผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน

ศิริพร สอนสุขสมบูรณ์ (2561 : 1 - 102) ได้ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์มะตูมผงสำเร็จรูป ด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย ที่มีการใช้สารมอลทิทอลที่เป็นสารให้ความหวานทดแทนการใช้ น้ำตาลทราย เนื่องจากมอลทิทอลให้พลังงานต่ำ แต่มีความหวานใกล้เคียงกับน้ำตาลทราย พบว่า ในการทำแห้งแบบพ่นฝอยที่มีการใช้อุณหภูมิลมร้อนขาเข้าที่ 120 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิลมร้อนขาออกที่ 70 องศาเซลเซียส อัตราการป้อนอยู่ที่ 17 - 18 มิลลิลิตรต่อนาที และใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 15 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมดก่อนการทำแห้งแบบพ่นฝอย เป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการทดลอง และสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด คือ สูตรที่ใช้

น้ำตาลทราย ร้อยละ 7.5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด และมอลทิทอลร้อยละ 7.5 ของน้ำหนักส่วนผสมทั้งหมด

หัตถดาว ภาษีผล, ประภาพร เพ็ญสังกะ และเทราตรี แจ้งสนาม (2562 : 1373 - 1378) ได้ศึกษาผลของปริมาณสารตัวพาต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของผงบีตาเลนจากผลผักปลังที่ผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้มอลโตเด็กซ์ทรินเป็นสารตัวพา พบว่า เมื่อใช้มอลโตเด็กซ์ทริน (D.E. 20) ในปริมาณร้อยละ 10 น้ำหนักต่อปริมาตร ในสถานะอุณหภูมิร้อนชาเข้า 170 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิร้อนชาออก 90 องศาเซลเซียส ใช้ความดัน 1.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร อัตราการไหล 40 มิลลิลิตรต่อนาที จะทำให้ได้ผงสีที่มีสีแดงม่วงมากที่สุด และมีปริมาณบีตาเลนมากที่สุด คือ 103.02 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของสารมอลโตเด็กซ์ทริน ในปริมาณร้อยละ 10 20 และ 30 น้ำหนักต่อปริมาตร เมื่อนำมาวิเคราะห์พบว่า การเพิ่มปริมาณสารมอลโตเด็กซ์ทรินส่งผลต่อปริมาณน้ำอิสระ ความหนาแน่นโดยรวม ปริมาณบีตาไซยานิน และค่าสีแดงอย่างมีนัยสำคัญ

ช่อลดา เทียงพุท, จันทรพีญ แสงประกาย และ อภิญา จุฑาทู (2563 : 325 - 336) ได้ศึกษาการพัฒนาเครื่องคั้นน้ำส้มจี๊ดผสมสารสกัดจากเปลือกส้มจี๊ดพร้อมดื่ม พบว่า ในน้ำพร้อมดื่มเมื่อใช้ปริมาณของน้ำส้มจี๊ดและเปลือกส้มจี๊ดมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพิ่มมากขึ้น แต่ส่งผลให้ผู้ทดสอบชิมชอบน้อยลง โดยสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ สูตรที่ใช้น้ำส้มจี๊ดร้อยละ 10 สารสกัดจากเปลือกส้มจี๊ดร้อยละ 5 น้ำตาลทรายร้อยละ 10 และน้ำเปล่าร้อยละ 75 โดยใช้อุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่ 70 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที ทำให้สามารถเก็บผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียสได้นาน 15 วัน

สุกัญญา สุขะเหล็ก และคณะ (2563 : 448 - 463) ได้ศึกษาการเอนแคปซูเลชันสารสกัดจากปลีกล้วยด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้สารห่อหุ้มที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ มอลโตเด็กซ์ทริน มอลโตเด็กซ์ทรินผสมกัมอารบิก และมอลโตเด็กซ์ทรินผสมเจลาติน พบว่า มอลโตเด็กซ์ทรินผสมกัมอารบิกในอัตราส่วนร้อยละ 4:1 มีประสิทธิภาพในการกักเก็บสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจากสารสกัดจากปลีกล้วยได้สูงที่สุด คือ ร้อยละ 99.05 ซึ่งเป็นปริมาณ 245.12 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด และยังพบว่ามอลโตเด็กซ์ทรินผสมกัมอารบิกในอัตราส่วนร้อยละ 4:1 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และ FRAP สูงที่สุด