หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ลูกเดือย

ลูกเดือย (Job's tears) เป็นพืชตระกูลหญ้าและข้าว อยู่ในวงศ์ (family) Gramineae สกุล (genus) Coix มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Coix lacryma-jobi* Linn. ชื่อสามัญ คือ Job's Tears จัดเป็นธัญพืชที่เป็นพรรณไม้ล้มลุก (วิทย์ เที่ยงบูรณธรรม, 2539) มีชื่อเรียกอื่น คือ Chinese Pearl Barley และ Adlay ถิ่นกำเนิดของลูกเดือยอยู่ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เชื่อว่าปลูกกันมาเป็นเวลานาน โดยชาวอารยันแถบยอดภูเขาหิมาลัย จากนั้นนักเดินทางชาวอาหรับได้นำไปเผยแพร่ทางตะวันออก ในประเทศไทยมีการเพาะปลูกลูกเดือยครั้งแรกในปี พ.ศ. 2503 บริเวณเขตนิคมสร้างตนเองพระพุทธบาท จ.สระบุรี เขตนิคมสร้างตนเองลพบุรี จ.ลพบุรี เขตนิคมสร้างตนเองปากช่องและมวกเหล็ก จ.นครราชสีมา ต่อมาได้มีการขยายการปลูกไปยัง จ.ชัยภูมิและเลย ในปี พ.ศ. 2513 และขยายไปยังภาคเหนือในปี พ.ศ. 2523 (Vacharotayan *et al.*, 1982)

รูปที่ 2.1 ต้นเดือย
ที่มา: http://www.doa.go.th

2.1.1 การจำแนกชนิดของลูกเดือย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2531)

โดยทั่วไปลูกเดือยจำแนกเป็น 4 พันธุ์ คือ

1. Typica เป็นพันธุ์ป่า เมล็ดมีรูปร่างกลมรีคล้ายรูปไข่ เปลือกเรียบและแข็ง มีสีฟ้าอมขาว ผิวเมล็ดเรียบและแข็ง รับประทานไม่ได้ นิยมใช้ทำเป็นเครื่องประดับ (รูปที่ 2.2 (a))

2. Stenocarpa เมล็ดมีรูปร่างกลมยาว ปลายทั้งสองข้างแป้นเข้า เปลือกมีสีฟ้าอมขาว รับประทานไม่ได้ นิยมนำมาทำเป็นเครื่องประดับ (รูปที่ 2.2 (b))

3. Monilifer เมล็ดมีรูปร่างกลมแบน มีส่วนกว้างมากกว่าส่วนยาว เปลือกแข็ง สีของเปลือกมีตั้งแต่ขาวคล้ายชอล์ค ขุ่นเหมือนน้ำนม สีชมพู สีน้ำตาลและสีดำ ขนาดเมล็ดมีตั้งแต่ใหญ่สุดจนถึงเล็กสุด เมล็ดชนิดนี้ไม่นิยมรับประทาน มักใช้ทำเครื่องประดับห้อยคอ (รูปที่ 2.2 (c))

4. Ma-yuen เมล็ดมีลักษณะเป็นร่องตามแนวยาว เปลือกบางมาก มีสีขาวขุ่นเหมือนชอล์คจนถึงสีเหลืองอ่อนหรือสีน้ำตาล เมล็ดชนิดนี้นิยมเพาะปลูกเพื่อนำมาบริโภค (รูปที่ 2.2 (d))

ซึ่งในประเทศไทยมีการเพาะปลูกลูกเดือยพันธุ์ Ma-yuen เป็นลูกเดือยทางค้า

(a)

(b)

(c)

(d)

รูปที่ 2.2 ลูกเดือย (a) **พันธุ์** Typica (b) **พันธุ์** Stenocarpa
(c) **พันธุ์** Monilifer (d) **พันธุ์** Ma-yuen

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.2 **องค์ประกอบทางเคมีของลูกเดือย**

Yang และคณะ (1978) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของลูกเดือยพันธุ์ Ma-yuen ที่สีเปลือกออกขัดมัน พบว่า มีปริมาณไขมัน 7.90% เถ้า 1.71% สตาร์ช 53.60% โปรตีน 14.60%และเยื่อใย 0.50%

ยุพดี สิทธิบุศย์ (2526) วิเคราะห์องค์ประกอบของเคมีของลูกเดือยที่ปลูกในจังหวัดพะเยา พบว่า การสีเปลือกออกและการขัดมันมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของลูกเดือย โดยการสีเปลือกออกทำให้ปริมาณโปรตีน ไขมันและคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณเถ้า และเยื่อใยลดลง ส่วนการขัดมันมีผลทำให้ปริมาณคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า และเยื่อใยลดลง ลูกเดือยทั้งเปลือกมีปริมาณโปรตีน 10.23%, ไขมัน 5.30%, คาร์โบไฮเดรต 56.46%, เถ้า 7.95% และเยื่อใย 14.10% ในขณะที่ลูกเดือยที่สีเปลือกออกแต่ไม่ขัดมันมีปริมาณโปรตีน 14.46%, ไขมัน 7.90%, คาร์โบไฮเดรต 67.88%, เถ้า 2.30% และเยื่อใย 0.95% ส่วนลูกเดือยที่สีเปลือกออกขัดมันมีปริมาณโปรตีน 13.80%, ไขมัน 4.60%, คาร์โบไฮเดรต 71.39%, เถ้า 2.00% และเยื่อใย 0.40% ส่วน ศิริพร จันทนา (2529) พบว่า ลูกเดือยพันธุ์ Ma-yuen มีปริมาณความชื้น 10.83% โปรตีน 13.05% ไขมัน 5.45% คาร์โบไฮเดรต 68.60% เยื่อใย 0.36% และเถ้า 1.30%

ทัศนีย์ พรกิจประสาน (2530) ศึกษาสมบัติบางประการของลูกเดือยที่ผ่านการสีเปลือกออกขัดมัน พบว่า แป้งลูกเดือยมีโปรตีน 15.18% ไขมัน 5.51% คาร์โบไฮเดรต 69.22% เยื่อใย 0.25% เถ้า 1.53% สตาร์ช 56.58% อะมิโลส 10.85% และอะมิโลเพคติน 89.15% มีปริมาณกรดอะมิโน ซึ่งประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าปริมาณความต้องการมาตรฐานของกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายที่องค์การอาหารและอนามัยโลกกำหนดไว้ ยกเว้นไลซีนและเมไทโอนีน นอกจากนี้ในลูกเดือยมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว คือ กรดโอเลอิก 57.08% และกรดลิโนเลอิก 26.70% และมีกรดไขมันชนิดอิ่มตัว คือ พัลมิติก 14.24% และสเตียริก 1.98% ซึ่งอาจทำให้เกิดการเสื่อมเสียเนื่องจากเกิดการออกซิเดชันระหว่างการเก็บรักษาขึ้นได้ มีวิตามินบีหนึ่งและวิตามินบีสอง 754.7 และ 28.8 ไมโครกรัม/100 กรัม ตามลำดับ

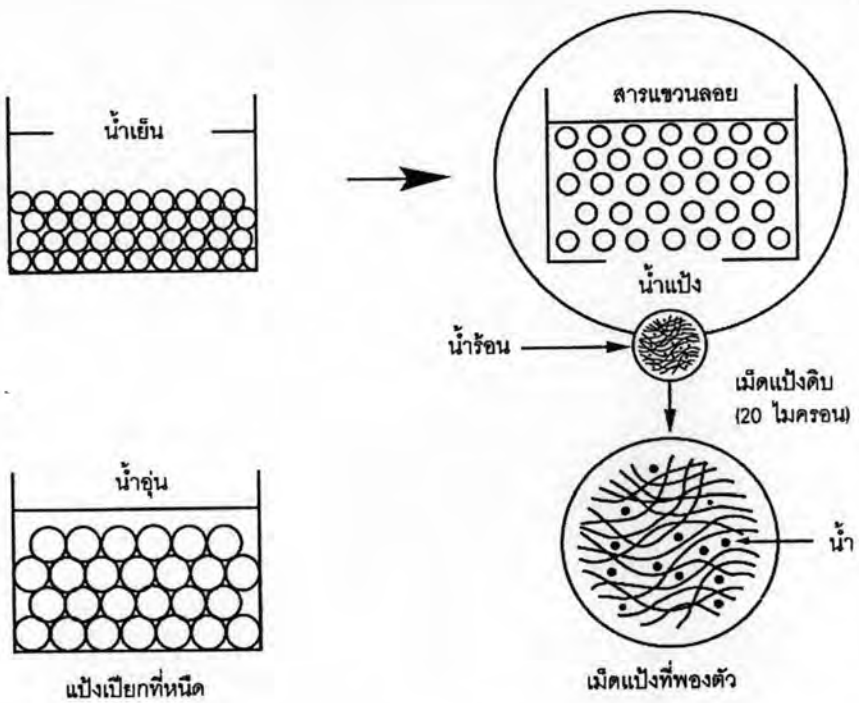
โอภาส บุญเส็ง (2547) รายงานไว้ในฐานความรู้ด้านพืชว่า ลูกเดือย 100 กรัม ให้พลังงาน 372 Kcal ประกอบด้วยน้ำ 10.8% โปรตีน 13.6% ไขมัน 6.1% คาร์โบไฮเดรต 58.5% เยื่อใย 8.4% เถ้า 2.6% แคลเซียม 19 mg ฟอสฟอรัส 364 mg เหล็ก 8 mg ไทอะมีน 0.83 mg ไรโบฟลาวิน 0.1 mg ไนอะซิน 3.1 มิลลิกรัม ซึ่งนับว่าลูกเดือยมีโปรตีนและไขมันสูงกว่าธัญชาติทั่วไป มีฟอสฟอรัสในปริมาณสูง และมีวิตามินบีหนึ่งสูงกว่าข้าวกล้อง

นอกจากนี้ลูกเดือยยังมีสารที่มีฤทธิ์เป็นยาหลายชนิด ได้แก่ โคอิกโซล (Coixol) ช่วยคลายอาการเกร็งตัวของกล้ามเนื้อ ลดความดันโลหิต และลดน้ำตาลในเลือด โคอิกซิโนไลด์ (Coixenolide) ช่วยยับยั้งการเกิดมะเร็ง น้ำมันจากลูกเดือยช่วยกระตุ้นศูนย์การหายใจ ลดความดันโลหิตและขับปัสสาวะ และสารสกัดจากลูกเดือยมีฤทธิ์ทำให้การหมุนเวียนของเลือดที่ผิวหนังดีขึ้น (Lugli *et al.*, 2002; AllergyResearchGroup, 2004) ในประเทศจีนและญี่ปุ่นเชื่อว่าลูกเดือยมีคุณสมบัติเป็นยา ใช้เป็นยาลดไข้ แก้ร้อนใน ขับปัสสาวะ ขับเสมหะ แก้อักเสบ บำรุงกำลัง ปวดข้อเรื้อรัง เหน็บชา ทำให้ร่างกายกระปรี้กระเปร่าและช่วยลดคอเลสเตอรอล (โอภาส บุญเส็ง, 2547) โดยนิยมนำลูกเดือยไปรับประทานโดยบดผสมข้าว ต้มเป็นข้าวต้ม ทำเป็นซุปลูกเดือย ใส่ในน้ำเต้าหู้ และทำเป็นขนมหวาน

2.2 การให้ความร้อนแก่แป้งเพื่อทำให้สุกบางส่วน

โมเลกุลของแป้งประกอบด้วยหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl groups) จำนวนมาก ยึดเกาะกันด้วยพันธะไฮโดรเจน มีคุณสมบัติชอบน้ำ แต่เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในรูปของร่างแห (micelles) ซึ่งการจัดเรียงตัวในลักษณะนี้จะทำให้เม็ดแป้งละลายในน้ำเย็นได้ยาก ดังนั้นในขณะที่แป้งอยู่ในน้ำเย็นเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและพองตัวได้เล็กน้อย แป้งดิบจึงไม่ละลายในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาติไนซ์ เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจนและทำให้เกิดการตกตะกอนของน้ำแป้ง แต่เมื่อให้ความร้อนกับน้ำแป้ง พันธะไฮโดรเจนจะเกิดการคลายตัว เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำและเกิดการพองตัวดังรูปที่ 2.3 น้ำแป้งจะมีความหนืดมากขึ้นและใสขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของน้ำอิสระที่เหลืออยู่รอบๆ เม็ดแป้งเหลือน้อยลง เม็ดแป้งเกิดการเคลื่อนไหวได้ยากขึ้น ทำให้เกิดความหนืด ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า การเกิดเจลาติไนเซชัน โดยการเกิดเจลาติไนเซชันของเม็ดแป้งแบ่งได้ 3 ระยะ คือ ระยะแรกเม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำเย็นได้อย่างจำกัดและเกิดการพองตัวแบบผันกลับได้ เนื่องจากร่างแหระหว่างไมเซลล์ยืดหยุ่นได้จำกัด ความหนืดของน้ำแป้งจะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัด เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้น้ำแป้งจนถึงอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชัน เม็ดแป้งจะเกิดการพองตัวอย่างรวดเร็ว พันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย ทำให้ร่างแหระหว่างไมเซลล์ภายในเม็ดแป้งอ่อนแอลง เม็ดแป้งจะดูดซึมน้ำได้มากและเกิดการพองตัวแบบผันกลับไม่ได้ เรียกว่า การเกิดเจลาติไนเซชัน ความหนืดของน้ำแป้งจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แป้งจะกระจายตัว ละลายได้ดีขึ้นและไม่เกิดการตกตะกอน แป้งที่ละลายได้จะเริ่มละลายออกมา และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิต่อไปอีกจนเข้าสู่ระยะที่ 3 เม็ดแป้งจะมีรูปร่างไม่แน่นอน การละลายของแป้งจะเพิ่มขึ้น เมื่อนำไปทำให้เย็นจะเกิดเจล ซึ่งอุณหภูมิในการเกิดเจลาติไนเซชันของแป้งแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป Masters (1991) พบว่า การให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 66-72^{o}C ต่อสารละลายสตาร์ชข้าวโพดก่อนป้อนเข้าสู่เครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย สตาร์ชข้าวโพดจะมีความหนืดเพิ่มขึ้น เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย และสตาร์ชข้าวโพดที่

ได้จากการทำแห้งจะมีสามารถละลายได้ในน้ำเย็น และมีความคงตัวมากขึ้นกว่าสตาร์ชข้าวโพดที่ไม่มีการให้ความร้อนก่อนป้อนเข้าเครื่องทำแห้ง ส่วน Jha, Patel และ Singh (2002) ศึกษาคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผง Kheer mix ที่มีการผสมข้าว โดยให้ความร้อน 75°C ต่อเมล็ดข้าวเพื่อทำให้เกิดการสุกบางส่วน ก่อนนำมาผสมกับผง Kheer mix ในขั้นตอนสุดท้ายก่อนบรรจุ พบว่า การให้ความร้อนต่อเมล็ดข้าวเพื่อทำให้เกิดการสุกบางส่วน ทำให้เม็ดแป้งเกิดการละลายได้มากขึ้น และสามารถกระจายตัว ละลายและแขวนลอยใน Kheer mix ได้ดี



รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดแป้งในระหว่างการหุงต้ม
ที่มา: กล้าณรงค์ ศรีรอต และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ (2546)

2.3 การทำแห้งแบบพ่นกระจาย (Spray drying)

การทำแห้งแบบพ่นกระจาย เป็นวิธีการทำแห้งที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับผลิตภัณฑ์หลายชนิด ตั้งแต่ผลิตภัณฑ์ยา ผลิตภัณฑ์อาหาร จนถึงผลิตภัณฑ์ผงซักฟอก การทำแห้งแบบพ่นกระจาย เป็นกระบวนการที่ใช้ความร้อนสูง แต่ใช้ระยะเวลาสั้นในการแปลงของเหลว ให้เป็นผงในขั้นตอนเดียว โดยอาศัยหลักการพื้นฐาน คือ ของเหลว ซึ่งอาจเป็นสารละลาย suspension หรือ paste ซึ่งสามารถพ่นกระจายเป็นละอองของของเหลวได้

(Sharma, Steven, and Syed, 2000) จะถูกฉีดพ่นให้เป็นละอองหรือกระจายเป็นหยดเล็กๆ และให้สัมผัสกับตัวกลางซึ่งเป็นกระแสลมร้อน ทำให้เกิดการระเหยน้ำอย่างรวดเร็ว เนื่องจากละอองเหล่านี้มีพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนความร้อนมาก หลังจากนั้นจะได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นผงแห้งตกลงมา และจะถูกแยกออกจากลมร้อนเพื่อนำไปบรรจุต่อไป (Karel, Fennema, and Lund, 1975)

2.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการทำแห้งแบบพ่นกระจาย

ในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นกระจายมีปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินงานหลายอย่าง ได้แก่

1. <u>การเลือกชนิด การออกแบบ และการดำเนินงานเกี่ยวกับเครื่องทำแห้งแบบพ่นกระจาย</u> เครื่องทำให้ของเหลวเป็นละอองทั้งแบบ rotary disc atomizer และแบบหัวฉีด (nozzle) จะให้ลักษณะละอองฝอยแตกต่างกัน ซึ่งการเลือกชนิดของเครื่องทำของเหลวให้เป็นละอองจะขึ้นกับขนาดอนุภาคและลักษณะการกระจายของขนาดอาหารผง (particle size distribution) ที่ต้องการ โดยทั่วไปการเพิ่มพลังงานในการพ่นละอองฝอยในขณะที่ภาวะในการป้อนของเหลวคงที่ มีผลให้ขนาดของหยดหรือละอองของเหลวที่พ่นออกจากเครื่องทำละอองฝอยมีขนาดเล็กลง (Nath and Satpathy, 1998) ดังนั้นการเพิ่มความดันใน pressure nozzle การเพิ่มรอบในการหมุน rotary disc atomizer หรือการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศและของเหลวในหัวฉีดแบบ two-fluid nozzle มีผลทำให้ขนาดของผงที่ได้มีขนาดเล็กลง และ bulk density สูงขึ้น Abadio และคณะ (2004) พบว่า การเพิ่มความเร็วรอบการหมุนของ atomizer จะทำให้น้ำสับปะรดผงมีความหนาแน่นสูงขึ้น ส่วน Goula, Konstantinos และ Adamopoulos (2005) พบว่า เมื่อเพิ่มความดันของ pressure nozzle ในขณะที่อุณหภูมิลมเข้าคงที่ ทำให้น้ำมะเขือเทศผงที่ได้มีปริมาณผลผลิตและ bulk density สูงขึ้น ส่วนปริมาณความชื้นและ solubility ลดลง และสุพจน์ พินิตเกียรติสกุล (2537) พบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบของ atomizer จาก 10,000 รอบต่อนาที เป็น 15,000 รอบต่อนาที นมถั่วเหลืองผงที่ได้มีความหนาแน่นปรากฏสูงขึ้นจาก 0.50 เป็น 0.53 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วน ศิริยศ ทิมอรุณ (2537) พบว่าเมื่อความดันของ atomizer เท่ากับ 1.0 bar สตาร์ชข้าวที่ได้จะมีขนาดอนุภาคใหญ่ ทำให้สตาร์ชข้าวตกลงมาที่ส่วนล่างของเครื่องทำแห้งเร็วเกินไป ส่งผลให้สตาร์ชข้าวที่ได้มีความชื้นสูง แต่การใช้ความดันของ atomizer สูงถึง 2.0 bar จะได้สตาร์ชข้าวที่มีขนาดอนุภาคเล็ก แต่มีปริมาณผลผลิตต่ำ เพราะสตาร์ชข้าวติดผนังของเครื่องทำแห้ง เนื่องจากขนาดอนุภาคที่เล็ก และมีน้ำหนักเบา จึงลอยอยู่ในเครื่องทำแห้งและติดที่ผนังเครื่องทำแห้ง และพบว่าการใช้ความดันของ atomizer เท่ากับ 1.5 bar เหมาะสมกับการผลิตสตาร์ชข้าวมากที่สุด

2. <u>สมบัติของของเหลวที่ป้อนเข้าเครื่องทำแห้ง</u> การเพิ่มความหนืดของของเหลวหรือลดอุณหภูมิของของเหลวก่อนเข้าเครื่องทำแห้งจะทำให้ละอองฝอยมีขนาดใหญ่ขึ้น ส่วนการเพิ่มความเข้มข้นของของเหลว ทำให้มีปริมาณน้ำที่จะระเหยออกไปในระหว่างการทำแห้งลดลง ซึ่งโดยทั่วไปจะมีผลทำให้ขนาดของอนุภาคผงที่ได้ใหญ่ขึ้น และความหนาแน่นปรากฏต่ำลง พิมพรรณ รัตนพฤกษานนท์ (2526) พบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของนมถั่วเหลืองจาก 10 เป็น 25°Brix ความหนืดของนมถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ bulk density ของนมถั่วเหลืองผงที่ได้ต่ำลงจาก 0.50 เป็น 0.45 กรัมต่อมิลลิลิตร และนมถั่วเหลืองผงที่ได้มีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น และปริมาณความชื้นต่ำลงเช่นเดียวกับ สุพจน์ พินิตเกียรติสกุล (2537) ที่พบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของของแข็งทั้งหมดในนมถั่วเหลืองจาก 19.56 เป็น 22.20% ความหนาแน่นปรากฏของนมถั่วเหลืองผงต่ำลงจาก 0.53 เป็น 0.51 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

3. <u>อัตราการป้อนของเหลว (feed rate)</u> เมื่ออัตราการป้อนของเหลวเพิ่มขึ้นในขณะที่ภาวะอื่นๆ คงที่ อนุภาคของอาหารผงที่ได้จะมีขนาดใหญ่ขึ้น มีความชื้นเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ bulk density เพิ่มขึ้น Perez และคณะ (2004) พบว่า การเพิ่มอัตราการป้อนน้ำซุป มีผลทำให้ซุปผงที่ได้มีปริมาณผลผลิตลดลง และมีความชื้นเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มอัตราการป้อนของเหลวจะทำให้เกิดการระเหยน้ำได้น้อยลง ส่งผลให้อนุภาคของซุปผงที่ได้มีน้ำเหลืออยู่ในอนุภาค และติดอยู่ที่ผนังของเครื่องทำแห้ง ปริมาณผลผลิตซุปผงจึงลดลง ส่วน ศิริยศ ทิมอรุณ (2537) พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราการป้อนของเหลวขึ้น สตาร์ชข้าวที่ได้จะมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้น แต่มี bulk density ใกล้เคียงกัน

4. <u>การออกแบบเครื่องอบแห้ง</u> (drying chamber design) สำหรับอาหารที่มีคุณลักษณะพิเศษ เช่น มีลักษณะเป็น thermoplastic หรือ hygroscopic เป็นต้น การออกแบบภาชนะทำแห้งต้องออกแบบอย่างละเอียดและรอบคอบ ผนังของภาชนะทำแห้งจะต้องมีอุณหภูมิต่ำอยู่เสมอ (Masters, 1991)

5. <u>อัตราการไหลของอากาศ</u> (air flow rate) อัตราการไหลของอากาศเป็นตัวควบคุมเวลาที่อาหารจะอยู่ในเครื่องทำแห้ง การเพิ่มเวลาให้อาหารอยู่ในเครื่องทำแห้งนานขึ้นมีผลให้เกิดการระเหยน้ำได้มากขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Goula และคณะ (2005) ที่พบว่าการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศเข้า จะทำให้น้ำมะเขือเทศผงที่ได้มีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้น, bulk density และ solubility ลดลง เช่นเดียวกับรายงานของ Perez และคณะ (2004) ที่พบว่าเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น ปริมาณผลผลิตของซุปผงที่ได้จะเพิ่มขึ้น และมีความชื้นลดลง

6. อุณหภูมิในการทำแห้ง (drying temperature) การเพิ่มอุณหภูมิลมเข้า โดยที่อัตราการป้อนของอาหารเหลวคงที่ ทำให้เกิดการระเหยของน้ำในอนุภาคได้มากขึ้น การเพิ่มอุณหภูมิลมเข้ามักมีผลทำให้ปริมาณความชื้น และ bulk density ของผลิตภัณฑ์อาหารผงลดลง เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารผงที่ได้มีความโปร่งมากขึ้น (Nath and Satpathy, 1998) ซึ่งอุณหภูมิลมเข้าจะมีผลต่อผลิตภัณฑ์อาหารผงแตกต่างกันไปตามชนิดของผลิตภัณฑ์ ควรเลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ จากรายงานของ พิมพรรณ รัตนพฤกษานานนท์ (2526) และ สุพจน์ พินิตเกียรติสกุล (2537) พบว่า เมื่ออุณหภูมิลมเข้าเพิ่มขึ้น นมถั่วเหลืองผงที่ได้จะมีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณความชื้นและ bulk density ลดลง แต่การเพิ่มอุณหภูมิลมเข้าสูงเกินไป อาจทำให้ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้มีความสามารถในการละลายไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากการใช้อุณหภูมิลมเข้าสูงเกินไป อาจส่งผลให้ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ผงแห้งเกินไป จึงต้องเลือกใช้อุณหภูมิลมเข้าให้เหมาะสม ดังรายงานของ นราวัลลภ์ เปล่งจินดาเรือง และคณะ (2543) ที่พบว่า การใช้อุณหภูมิลมเข้าสูงถึง 200°C จะให้นมข้าวโพดผงที่มีปริมาณความชื้นต่ำที่สุด แต่มีความสามารถในการละลายต่ำ และการใช้อุณหภูมิลมเข้า 160°C ให้นมข้าวโพดผงที่มีปริมาณความชื้นต่ำ และมีความสามารถในการละลายสูง ซึ่งใกล้เคียงกับ เปาว์ คงสุนทรกิจกุล, ฉัตรดาว จางวางกร และ ปริญ โชคสวัสดิ์ไพศาล (2546) ที่ควบคุมอุณหภูมิลมเข้า 150°C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกระบวนการผลิตน้ำมะเขือเทศผงสำเร็จรูป ให้น้ำมะเขือเทศผงที่มีปริมาณความชื้นลดลงจาก 6.02 เป็น 5.71%, bulk density ลดลงจาก 1.68 เป็น 1.46 g/ml และมีความสามารถในการละลายดีขึ้น ส่วน Goula และคณะ (2005) พบว่า เมื่ออุณหภูมิลมเข้าสูงขึ้น ผลิตภัณฑ์น้ำมะเขือเทศผงมีปริมาณผลผลิตเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้น, bulk density และ solubility ลดลง

2.3.2 สารช่วยทำแห้ง (Drying aid)

สารช่วยในการทำแห้งเป็นสารที่ช่วยให้เกิดการทำแห้งอย่างสมบูรณ์ ช่วยรักษาสารให้กลิ่นรสในกระบวนการทำแห้ง ช่วยลดการดูดความชื้นของผลิตภัณฑ์แห้ง และช่วยลดการจับตัวเป็นก้อนของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บ นอกจากนี้ยังรักษาสารให้กลิ่นรสในกระบวนการทำแห้งและช่วยห่อหุ้มส่วนประกอบของอาหารอีกด้วย

พิมพรรณ รัตนพฤกษานนท์ (2526) ได้ศึกษาการใช้น้ำตาลทราย เดกซ์ทริน และแบะแซในการผลิตนมถั่วเหลืองผงโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นกระจาย พบว่า เดกซ์ทรินเป็นสารช่วยทำแห้งที่เหมาะสมในการผลิตนมถั่วเหลืองผง โดยการเติมเดกซ์ทรินร้อยละ 5-10 โดยน้ำหนักลงในนมถั่วเหลืองเข้มข้นก่อนทำให้แห้งแบบพ่นกระจาย ทำให้นมถั่วเหลืองคืนรูปมีความคงตัว ไม่มีการแยกชั้น ส่วนการใช้น้ำตาลทรายและแบะแซเป็นสารช่วยทำแห้งจะให้ปริมาณผลผลิตต่ำ เพราะมีนมถั่วเหลืองผงจับติดอยู่ที่ผนังด้านในของเครื่องทำแห้ง

Tanafranca, Loberiano, และ Reyes (2004) ได้ศึกษาการเติมอัลจิเนต กัมอารบิก สตาร์ชมันสำปะหลัง และมอลโตเดกซ์ทรินในการผลิตผง kalamansi พบว่า การเติมอัลจิเนตจะช่วยปรับปรุงการทำแห้งให้ดีขึ้น ส่วนการใช้กัมอารบิกและสตาร์ชมันสำปะหลังจะทำให้เกิดกลิ่นผิดปกติในผลิตภัณฑ์ ส่วนการเติมมอลโตเดกซ์ทรินจะช่วยให้เกิดทำแห้งดีที่สุด และช่วยป้องกันการสูญเสียกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์

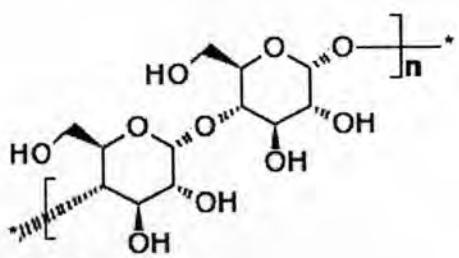
ส่วน Jaya และ Das (2004) ศึกษาผลของการใช้มอลโตเดกซ์ทริน glycerol monostearate และ tricalcium phosphate ต่อสมบัติของมะม่วงผง พบว่า การใช้มอลโตเดกซ์ทริน 0.25-0.65 kg/kg ของแข็งในมะม่วงจะทำให้มะม่วงผงที่ได้ไม่จับตัวกันเป็นก้อน มี flowability และ dispersibility สูงกว่าการใช้ glycerol monosterate และ tricalcium phosphate

Cano-Chouca และคณะ (2005) ศึกษาการทำมะม่วงผงโดยใช้มอลโตเดกซ์ทริน กัมอารบิกและเซลลูโลส พบว่า การใช้มอลโตเดกซ์ทริน 12% มีผลทำให้มะม่วงผงที่ได้มีความสามารถในการละลายดีที่สุด ส่วนการใช้เซลลูโลสจะชักนำให้เกิดผลึกของน้ำตาล ทำให้มะม่วงผงมีลักษณะเหนียวติดกันและการละลายไม่ดี ส่วนการใช้กัมอารบิกจะช่วยปรับปรุงการละลายของมะม่วงผง แต่การละลายยังไม่ดีเท่ากับการใช้มอลโตเดกซ์ทริน

บังอร ศรีพานิชกุลชัย และคณะ (2550) ศึกษาการเตรียมผงวุ้นว่านหางจระเข้โดยใช้แลคโตส แมนนิทอล และมอลโตเดกซ์ทรินเป็น carrier พบว่า การใช้แลคโตส 10% จะให้ผงวุ้นว่านหางจระเข้ที่มีลักษณะเป็นผงละเอียด ไม่จับตัวเป็นก้อน มีปริมาณความชื้นต่ำ และมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดี และเมื่อนำมาละลายน้ำกลับจะมีความหนืดสูงกว่าการใช้แมนนิทอลและมอลโตเดกซ์ทริน

ตัวอย่างสารช่วยในการทำแห้ง ได้แก่ มอลโตเดกซ์ทริน $[(C_2H_{16}O_6)_n\text{-}H_2O]$ เป็นสารช่วยในการทำแห้งชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นกระจาย Food and Drug Administration (1998) ได้ให้คำนิยามของมอลโตเดกซ์ทรินว่า เป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรต ประเภท nutritive saccharide polymer ซึ่งประกอบด้วย D-glucose ที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ α-1,4 (รูปที่ 2.4) และมีค่า Dextrose Equivalent (DE) น้อยกว่า 20 ลักษณะเป็นผงสีขาวหรืออยู่ในรูปของสารละลาย ได้จากการย่อยสตาร์ชข้าวโพดด้วยกรดหรือเอนไซม์ หรือทั้งสองชนิด มีคุณสมบัติเป็น non-hygroscopic เมื่ออยู่ในรูปผงจะมีการดูดความชื้นต่ำ และเมื่อนำมาละลายน้ำสารละลายที่ได้มีความหนืดต่ำ การใช้มอลโตเดกซ์ทรินในกระบวนการทำแห้งแบบพ่นกระจาย นอกจากจะสามารถป้องกันการระเหยของสารประกอบประเภท volatile แล้ว ยังช่วยเพิ่มเนื้อ (body) ของอาหาร ช่วยปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายให้มีความคงตัวมากขึ้น มี free flow property และมีความสามารถในการละลายดีขึ้น ช่วยลดปัญหาการติดกัน และ

การรวมตัวเป็นกลุ่มก้อนในระหว่างการเก็บรักษา (Gabas *et al.*, 2007) นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ที่มีสาเหตุมาจากความร้อน แสง ความชื้น ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวจะเป็นผลให้ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บสั้นลง ประกอบกับมอลโตเดกซ์ทริน มีราคาไม่แพงนัก จึงทำให้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย (Sara and Gary, 1988) โดยมักใช้กับผลิตภัณฑ์ที่ทำให้แห้งได้ยาก เช่น น้ำผลไม้ สารให้กลิ่นรส สารให้ความหวาน เป็นต้น สมบัติด้านการดูดความชื้นของมอลโตเดกซ์ทรินจะขึ้นกับค่า DE โดยมอลโตเดกซ์ทรินที่มีค่า DE ต่ำจะดูดความชื้นได้น้อย ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้มอลโตเดกซ์ทรินที่มีค่า DE ไม่เกิน 20 ในปริมาณ 5-15% (w/v) (Abadio *et al.*, 2004) ดังนั้นจึงควรเลือกใช้สารช่วยในการทำแห้งในปริมาณที่เหมาะสม เพราะการใช้สารช่วยทำแห้งมากเกินไปอาจทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความสามารถในการละลายไม่ดีเท่าที่ควร นราวัลลภ์ เปล่งจินดาเรืองและคณะ (2543) พบว่า การเติมมอลโตเดกซ์ทริน15% (w/v) ในนมข้าวโพดผง จะทำให้นมข้าวโพดผงมีปริมาณความชื้น 1-3% ซึ่งอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์อาหารแห้งประเภทเครื่องดื่มผงสำเร็จรูป Abadio และคณะ (2004) พบว่า การใช้มอลโตเดกซ์ทริน 10%(w/v) ร่วมกับความเร็วของ atomizer ต่ำ จะช่วยเพิ่มความสามารถในการละลายของน้ำสับปะรดผงได้ ส่วน Chopda และ Barrett (2005) พบว่า การใช้มอลโตเดกซ์ทริน 20% จะช่วยปรับปรุงความสามารถในการละลายของน้ำฝรั่งผงได้ดีขึ้น ส่วน Borges และคณะ (2002) และ Bhandari และคณะ (1993) พบว่าการเพิ่มปริมาณมอลโตเดกซ์ทริน มีผลทำให้ความหนาแน่นปรากฏของน้ำแพชชั่นฟรุตผง น้ำสับปะรดผงและน้ำผลไม้ผงเพิ่มขึ้น



C01935

รูปที่ 2.4 โครงสร้างของมอลโตเดกซ์ทริน

ที่มา: http://www.genome.jp

ไซโคลเดกซ์ทริน (cyclodextrin) เป็นเดกซ์ทรินที่ได้จากการใช้เอนไซม์ cyclodextrin glucanotransferase ในการเปลี่ยนแป้งสายตรงให้มีลักษณะเป็นวงกลม ซึ่งถือเป็น cyclic oligosaccharide ที่เกิดจากการต่อกันของกลูโคสเป็นวง ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ แอลฟา-ไซโคลเดกซ์ทริน, บีต้า-ไซโคลเดกซ์ทริน และแกมมา-ไซโคลเดกซ์ทริน ซึ่งเกิดจากกลูโคส

จำนวน 6, 7 และ 8 หน่วยมาจับกันเป็นวง ตามลำดับ (Samant and Pai, 1991) โดยด้านวงในของไซโคลเดกซ์ทรินจะมีลักษณะเป็น hydrophobic ส่วนวงนอกเป็น hydrophilic จากสมบัตินี้ทำให้ไซโคลเดกซ์ทรินเป็นสารที่นำมาใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ เช่น เป็นสารในการทำให้เกิดความคงตัวของอาหารและผลิตภัณฑ์ที่มีความไวต่อแสง ความร้อน และออกซิเจน ใช้ในการกักเก็บกลิ่นรสของอาหารและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ใช้เป็นอีมัลซีไฟเออร์ในผลิตภัณฑ์ที่มีการละลายในน้ำไม่ดี ใช้เป็นตัวเพิ่มเนื้อของอาหารหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ นอกจากนี้ Hicks, Sapers และ Seib (1990) พบว่า การใช้ไซโคลเดกซ์ทรินในน้ำผักและผลไม้จะช่วยยืดอายุการเก็บ เนื่องจากไซโคลเดกซ์ทรินจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล ส่วน ศุกฤตย์ ไทยอุดม (2538) พบว่า การเติมไซโคลเดกซ์ทริน 0.665 กรัมต่อน้ำบัวบกสด 100 มิลลิลิตร เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตน้ำบัวบกผงสำเร็จรูป ซึ่งจะให้น้ำบัวบกผงสำเร็จรูปที่มีปริมาณความชื้นต่ำและมีความสามารถในการละลายสูง

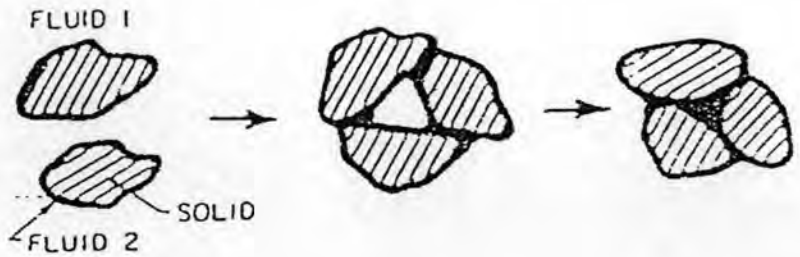
2.3.3 การเพิ่มความสามารถในการละลายโดยกระบวนการรวมกลุ่ม (Agglomeration)

ในผลิตภัณฑ์อาหารผงควรมีสมบัติต่างๆ คือ ความสามารถในการจม (sinkability) ความสามารถในการกระจายตัว (dispersibility) ความสามารถในการเปียก (wettability) ความสามารถในการละลาย (solubility) ที่ดี แต่ในผลิตภัณฑ์ผงที่ได้จากกระบวนการทำแห้งแบบพ่นกระจายมักมีสมบัติเหล่านี้ไม่ดีเท่าที่ควร การทำให้เกิดกระบวนการรวมกลุ่มจะช่วยปรับปรุงสมบัติเหล่านี้ให้ดีขึ้น รวมถึงช่วยลดการฟุ้งกระจายของผลิตภัณฑ์ผงอีกด้วย (Canovas and Mercado, 1996)

การทำให้เกิดกระบวนการรวมกลุ่มทำได้หลายวิธี แต่จะอยู่บนขั้นตอนพื้นฐาน 4 ขั้นตอน (Masters, 1991) ได้แก่

1. การทำให้ผิวนอกของอนุภาคผลิตภัณฑ์ผงเปียก โดยใช้ไอน้ำ ละอองน้ำหรือทั้ง 2 อย่าง
2. การทำให้อนุภาคผลิตภัณฑ์ผงจับหรือรวมกลุ่มกันเป็นก้อน
3. การทำให้อนุภาคผลิตภัณฑ์ที่รวมกลุ่มกันเป็นก้อนแล้วทำให้แห้งอีกครั้งด้วยลมร้อน
4. การทำให้ผลิตภัณฑ์ผงที่ได้เย็นลงพร้อมที่จะบรรจุต่อไป

Capes (1987) อธิบายว่า เมื่อผิวของผลิตภัณฑ์อนุภาคผงถูกของเหลวหุ้ม โดยรอบจะเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคผลิตภัณฑ์ผง ทำให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคผลิตภัณฑ์ผงลดลง ดังรูปที่ 2.5 ดังนั้นเมื่ออนุภาคผลิตภัณฑ์ผงถูกของเหลวหุ้มบริเวณผิวมาก การรวมกลุ่มของผลิตภัณฑ์ผงจะเกิดมากขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากเกิดกระบวนการรวมกลุ่มจะมีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น ทำให้การกักเก็บของเหลวระหว่างอนุภาคของผลิตภัณฑ์ผงมากขึ้น ปริมาณความชื้นสูงขึ้น ซึ่งความชื้นที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์จะขึ้นกับอัตราส่วนของผลิตภัณฑ์ผงต่อน้ำของเหลวหรือไอน้ำที่ใช้ทำให้เกิดกระบวนการรวมกลุ่ม ในการทำน้ำบัวบกผงสำเร็จรูปจะใช้อัตราส่วนน้ำบัวบกผงต่อน้ำบัวบกสดเท่ากับ 25:1 กรัมต่อมิลลิลิตร (ศุกฤตย์ ไทยอุดม, 2538) และการทำนมข้าวโพดผงจะใช้อัตราส่วนนมข้าวโพดผงต่อนมข้าวโพดเท่ากับ 20:1 กรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นทำให้แห้งโดยการอบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 10 นาที ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผงที่ได้มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 1-3% ซึ่งถือว่าเป็นช่วงของปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์อาหารแห้งประเภทเครื่องดื่มผงสำเร็จรูป และมีความสามารถในการละลายดีที่สุด (นราวัลลภ์ เปล่งจินดาเรือง และคณะ, 2543) นมผง (Nijdam and Langrish, 2006) เครื่องดื่มโกโก้ผง (Shittu and Lawal, 2007) ที่ผ่านกระบวนการรวมกลุ่ม มีขนาดของอนุภาคเฉลี่ยใหญ่ขึ้น ส่วน Kowalska และ Lenart (2005) ศึกษาการทำ agglomeration เครื่องดื่มโกโก้ผงด้วยสารละลายน้ำตาล 10%, 20% และ 30% พบว่า เครื่องดื่มโกโก้ผงที่ใช้ปริมาณสารละลายน้ำตาลเพิ่มขึ้น จะมีขนาดอนุภาคใหญ่ขึ้น ส่วน bulk density ลดลง แต่ต้องใช้เวลาในการทำให้อนุภาคเปียกทั้งหมดเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีพื้นที่ผิวที่จะสัมผัสกับน้ำลดลง ส่วน Omobuwajo, Busari และ Osemwegie (2000) พบว่าการทำให้เกิดกระบวนการรวมกลุ่มของเครื่องดื่มช็อกโกแลตผงจะช่วยปรับปรุงความสามารถในการละลาย ทำให้สามารถละลายกลับได้ง่าย ปรับปรุงคุณภาพด้านประสาทสัมผัส และเพิ่มความสามารถในการเพิ่มอัตราการเปียก การจม และการแพร่กระจายได้เร็วขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามการทำให้เกิดกระบวนการรวมกลุ่มสำหรับผลิตภัณฑ์ผงสำเร็จรูป อาจทำให้เกิดการสูญเสียกลิ่นรสต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ไปได้ระหว่างกระบวนการผลิต ถ้าการควบคุมปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ภาวะความชื้นในการทำให้อนุภาคผลิตภัณฑ์ผงเปียก การทำให้อนุภาคผลิตภัณฑ์ผงเกิดการจับตัวเป็นก้อน และกระแสลมร้อนที่ใช้ในการทำแห้งอีกครั้งไม่เหมาะสม นอกจากนี้กลิ่นรสอาจสูญเสียไปเนื่องจากการบรรจุและเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสมได้เช่นกัน (Hall and Hedrick, 1971)



รูปที่ 2.5 การเกิดการกระบวนการรวมกลุ่มของผลิตภัณฑ์ผง
ที่มา: Capes (1987)

2.4 การหาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหาร

อายุการเก็บของอาหาร คือ เวลาที่ทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเสื่อมคุณภาพลงจนถึงระดับที่ยอมรับไม่ได้ ผลิตภัณฑ์อาหารสามารถเก็บได้เป็นระยะเวลาหนึ่งโดยไม่เสื่อมคุณภาพถือเป็นสิ่งจำเป็นและเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ปัจจัยที่ควบคุมอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหาร ได้แก่ ลักษณะของผลิตภัณฑ์ คุณสมบัติของภาชนะบรรจุ และสภาพแวดล้อมที่ผลิตภัณฑ์อาหารสัมผัสในระหว่างการขนส่งและการเก็บรักษา เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ออกซิเจนและแสง ซึ่งมีผลต่อการเร่งกลไกปฏิกิริยาหลายๆ อย่างที่อาจทำให้อาหารเสื่อมเสียได้ ดังนั้นต้องเข้าใจถึงปฏิกิริยาต่างๆ ที่เป็นสาเหตุที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย ก่อนที่จะกำหนดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารนั้น (Man and Jones, 2000)

การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารทำได้ 4 วิธี คือ การทดลองเก็บจริง การคำนวณโดยใช้รูปแบบทางคณิตศาสตร์ การสร้างสถานการณ์จริง และการเร่งอายุการเก็บ (Steele, 2004)

วิธีการเร่งอายุการเก็บคล้ายกับการเก็บจริงแต่เร่งการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ให้เร็วขึ้น เป็นวิธีที่นิยมใช้ เนื่องจากประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลา วิธีการเร่งอายุการเก็บจะทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการในสภาวะเร่ง โดยใช้การเพิ่มอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์หรือบรรยากาศที่มีออกซิเจนสูง ในการเร่งอัตราการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร อาจใช้ Q_{10} ทำนายอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์อาหารที่อุณหภูมิต่างๆ

พิมพรรณ รัตนพฤกษานนท์ (2526) ศึกษาอายุการเก็บของนมถั่วเหลืองผง พบว่า นมถั่วเหลืองผงมีอายุการเก็บนาน 4 เดือนเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยที่ผลิตภัณฑ์ไม่เกิดกลิ่นหืน และค่า solubility index ไม่เกิน 1.0 มิลลิลิตร ส่วนสรรชัย เทียมทวีสิน (2530) ศึกษาอายุการเก็บของนมผงที่บรรจุในกระป๋องและถุงโพลีเอทธีลีนที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง พบว่า นมผงมีอายุ

การเก็บรักษาเกิน 6 เดือน โดยที่คุณภาพของนมผงเปลี่ยนแปลงไม่มาก และไม่มีกลิ่นผิดปกติ ส่วน Tanafranca และคณะ (2004) ศึกษาอายุการเก็บของผง kalamansi ที่บรรจุในถุง HDPE และ PE/Al/PE เก็บที่อุณหภูมิ 28-30°C พบว่า ผง kalamansi มีอายุการเก็บรักษา 1 ปี โดยไม่เกิดการจับตัวเป็นก้อน ส่วน วันเพ็ญ ศิลาวานิชยกุล และ อุตรานุช เปรมสมาน (2533) ศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ผสมชนิดผงที่บรรจุในถุง HDPE และ PE/Al/PE ที่อุณหภูมิห้อง (30-33°C) และอุณหภูมิ 35°C พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ผสมชนิดผงที่บรรจุในถุง HDPE มีอายุการเก็บ 3 และ 1 สัปดาห์ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ผสมชนิดผงที่บรรจุในถุง PE/Al/PE มีอายุการเก็บ 5 และ 3 สัปดาห์ตามลำดับ ซึ่งน้ำผลไม้ผสมชนิดผงจะชื้น และจับตัวแข็งเป็นก้อน ฉันทรา พูนศิริ (2537) ศึกษาอายุการเก็บของยาอมสมุนไพรไทยที่มีกระเจี๊ยบผงเป็นส่วนผสม โดยใช้การเก็บที่อุณหภูมิ 35°C และ 45°C พบว่า ยาอมสมุนไพรมีอายุการเก็บอย่างน้อย 2 เดือน โดยที่คุณสมบัติทางกายภาพและทางจุลินทรีย์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 35°C แต่เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 45°C ส่วน ศุกฤตย์ ไทยอุดม (2538) ศึกษาอายุการเก็บของน้ำบ๊วบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันที โดยใช้การเก็บที่อุณหภูมิ 35°C และ 45°C พบว่าอายุการเก็บของน้ำบ๊วบกผงสำเร็จรูปชนิดละลายทันทีที่อุณหภูมิเฉลี่ยในห้างสรรพสินค้า (20°C) มีค่าประมาณ 39 สัปดาห์ แต่เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30°C มีอายุการเก็บประมาณ 15 สัปดาห์

2.5 การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาของอาหารแห้ง

ผลิตภัณฑ์อาหารแห้งจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณความชื้นต่ำพอที่จะยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิดได้ แต่ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เคมี และชีวเคมีของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการเก็บรักษาได้

พิมพรรณ รัตนพฤกษานนท์ (2526) พบว่า ชนิดของภาชนะบรรจุและอุณหภูมิในการเก็บรักษานมถั่วเหลืองผงมีผลต่อการเกิดกลิ่นหืน ภาชนะพลาสติก PE ไม่เหมาะสำหรับใช้บรรจุนมถั่วเหลืองผง เนื่องจากจะเกิดการจับตัวกันเป็นก้อน และเกิดกลิ่นหืนตั้งแต่เดือนแรกของการเก็บรักษาทั้งที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 5°C ส่วน วันเพ็ญ ศิลาวานิชยกุล และ อุตรานุช เปรมสมาน (2533) พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ผสมชนิดผงจะมีความชื้นเพิ่มขึ้น และจับตัวแข็งเป็นก้อนในระหว่างการเก็บรักษา ส่วน Hymavathi และ Khader (2005) พบว่า เมื่อเก็บมะม่วงผงเป็นเวลา 6 เดือน ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การเกิด non-enzymatic browning ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วน Davoodi และคณะ (2006) พบว่า เมื่อเก็บมะเขือเทศผงที่บรรจุในถุง LDPE ที่อุณหภูมิห้อง (22±2°C) เป็นเวลา 6 เดือน น้ำมะเขือเทศผงเกิดการเสื่อมเสีย โดยมี

ปริมาณความชื้นและเกิด non-enzymatic browning สูงขึ้น และการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์ที่สามารถป้องกันการซึมผ่านของน้ำ แสง ออกซิเจนและความชื้นสัมพัทธ์ อาจช่วยยืดอายุการเก็บของน้ำมะเขือเทศผงได้ ส่วน Tanafranca และคณะ (2004) พบว่า ผง kalamansi ที่บรรจุในถุง HDPE เก็บรักษาที่ 28-30°C เป็นเวลา 6 เดือนจะเกิดการสูญเสียกลิ่นรสไป แต่ผง kalamansi ที่บรรจุในถุง PE/Al/PE จะเกิดการสูญเสียกลิ่นรสเมื่อเวลาผ่านไป 10 เดือน