

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กล้วย

กล้วย (Banana) เป็นไม้ล้มลุกขนาดใหญ่ ชอบอากาศร้อนชื้น ถิ่นแรกของกล้วยอยู่ในแถบเอเชียตอนใต้ มีอายุหลายปี อยู่ในตระกูล Musaceae เมื่อโตเต็มที่อาจมีความสูง 2 - 9 เมตร ลำต้นที่แท้จริงของกล้วยเกิดเป็นเหง้าอยู่ใต้ดิน ส่วนลำต้นที่มองเห็นเป็นลำต้นเทียม ประกอบไปด้วยกาบใบที่อัดแน่น ทรงพุ่มส่วนบนของลำต้นประกอบด้วยใบและช่อดอกที่เกิดมาจากจุดเจริญของเหง้า ภายในลำต้นเทียมจะมีมัดท่อน้ำเลี้ยงเต็มไปด้วยน้ำยางอยู่ตลอดทุกส่วนของลำต้น มีลักษณะเป็นกรดอ่อน ๆ และมีรสฝาด สามารถเจริญเติบโตได้ดีในทุกภาคของประเทศไทย ไม่ชอบพื้นที่ที่มีน้ำขัง และสามารถขยายพันธุ์ด้วยการแตกหน่อหรือการใช้เมล็ด ซึ่งอุดมไปด้วยคุณค่าทางสารอาหารและโภชนาการ โดยกล้วย 1 ผล จะให้พลังงานประมาณ 105 กิโลแคลอรี มีวิตามินบี 6, 12 วิตามินซี โพแทสเซียม ธาตุเหล็ก แมกนีเซียม แคลเซียม และใยอาหารสูง กล้วยดิบ ๆ หรือที่ไม่สุกคั้นนั้นจะมีแป้งอยู่เป็นจำนวนมาก ช่วยให้อิ่มและลดความอยากอาหาร แต่เมื่อเริ่มสุกงอม แป้งเหล่านี้ก็จะเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลแทน (กองบรรณาธิการ HONESTDOCS. ออนไลน์. 2562)

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการปลูกกล้วย

กล้วยเป็นไม้ผลล้มลุกที่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น โดยเฉพาะในสภาพที่อากาศคงที่ จะทำให้กล้วยเจริญเติบโตและให้ผลผลิตอย่างต่อเนื่อง ช่วงอากาศแห้งแล้งที่ยาวนาน หรือช่วงอากาศหนาวเย็น 2 - 3 เดือน มีผลต่อการชะงักการเจริญเติบโตของกล้วยได้ และทำให้ผลผลิตกล้วยลดต่ำลง

ดิน กล้วยต้องการดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ ร่วนซุยหรือเป็นดินเหนียวที่สามารถอุ้มน้ำได้ดี ความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่เหมาะสม อยู่ระหว่าง pH 6-7 เช่นเดียวกับผลไม้ชนิดอื่น

อุณหภูมิ ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกกล้วยประมาณ 30 - 40 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไป หรือมีอากาศหนาวเย็นติดต่อกันนาน จะทำให้การเจริญเติบโตช้าลง การออกปลีจะเนิ่นนานออกไป

ความชื้น กล้วยจะเป็นพืชจำพวกน้ำ มีใบมาก ต้องการน้ำและความชุ่มชื้นสูง อย่างไรก็ตาม กล้วยไม่ชอบดินที่มีน้ำขัง พื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกกล้วย ควรมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่าง 50 - 100 นิ้ว/ปี จำนวนวันที่ฝนตกควรยาวนาน หากมีฝนตกในช่วงสั้น การปลูกกล้วยจะต้องให้น้ำชลประทานช่วยเพิ่มรักษาความชุ่มชื้นของดินเพิ่มขึ้น แต่ในพื้นที่ที่มีฝนตกชุกควรทำการระบายน้ำให้แกกล้วย

ลม การปลุกกล้วยในที่ที่มีลมแรง จะทำให้ใบกล้วยฉีกขาดออกเป็นริ้วแต่ถ้ายังไม่มีลมแรงมากนักก็ยังไม่ถือว่าเป็นปัญหา เพราะใบที่ฉีกขาดจากกันยังทำหน้าที่เช่นใบฝอยได้ ยกเว้นในพื้นที่ที่ลมแรงจัดหรือมีลมพายุพัดผ่านควรหลีกเลี่ยงการทำสวนกล้วยขนาดใหญ่เพราะพายุแรงอาจทำให้ลำกล้วยที่ออกเครือแล้วหักกลางต้น หรือโคนลงทั้งต้น เป็นการเสียหายต่อผลผลิตได้

การปลูก และการดูแลรักษา

การขยายพันธุ์ สามารถขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และการแบ่งหน่อ หน่อกล้วยที่เลือกควรมีใบแคบที่เกิดชิด โคนต้นแม่มีลักษณะอวบสมบูรณ์ซึ่งจะเป็นต้นกล้วยที่แข็งแรง ให้ผลผลิตที่ดีต่อไป

การปลูก ปลูกระยะ 2 x 2 เมตร โดยการขุดหลุมขนาด 50 x 50 เซนติเมตรลึก 50 เซนติเมตร รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอกหลุมละ 1 กิโลกรัม จากนั้นก็ใช้หน่อปลูกลงไป แล้วใช้ดินคลุมรอบโคน ให้แน่น แล้วรดน้ำให้ชุ่ม จากนั้นประมาณ 1 เดือน หน่อกล้วยจะแทงยอดขึ้นมา

การให้น้ำ กล้วยเป็นพืชที่มีใบใหญ่ลำต้นอวบน้ำ ต้องการน้ำมากตลอดทั้งปีในฤดูแล้งไม่ควรปล่อยให้ดินแห้ง เพราะรากกล้วยส่วนใหญ่จะแผ่กระจายอยู่ใกล้กับผิวดิน ดังนั้นควรให้น้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง

การใส่ปุ๋ย ควรใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 และ 2 เมื่อกล้วยหอมอายุ 1 และ 3 เดือน ด้วยสูตร 20-10-10 หรือ 15-15-15 หรือสูตรใกล้เคียง อัตรา 125 - 250 กรัม/ต้น/ครั้ง และใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3 และ 4 เมื่ออายุ 5 และ 7 เดือน ด้วยสูตร 13-13-21 หรือสูตรใกล้เคียง อัตรา 125 - 250 กรัม/ต้น/ครั้ง นอกจากนี้ควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก) ปีละ 1 - 2 ครั้ง

การแต่งหน่อ ควรไว้หน่อเพียง 2 หน่อ เพื่อไว้แทนที่ต้นแม่เดิม โดยเลือกไว้หน่อที่อยู่ตรงกันข้ามกับของต้นเดิม ซึ่งหน่อพวกนี้จะมีความแข็งแรง ส่วนหน่อที่เกิดมาที่หลังเรียกว่าหน่อตายไม่ควรไว้

การออกดอก กล้วยอายุ 6 - 8 เดือนจะออกใบธง หลังจากนั้นจะแทงปลีออกมาเป็นสีแดง หลังจากกล้วยออกปลีมาระยะหนึ่งก็จะเห็นผลกล้วยเล็ก ๆ จำนวนมาก เป็นหวี ๆ ให้ทำการตัดปลีออก หลังจากหัวสุดท้ายบานจนสุด โดยตัดให้ห่างจากหัวสุดท้าย ประมาณ 15 เซนติเมตร เพื่อไว้จับปาลายเครือเมื่อตัดกล้วย

การหุ้มเครือ หลังจากตัดปลีกล้วยไม่เกิน 15 วัน ควรทำการหุ้มเครือ เพื่อให้ผิวกล้วยสวยงามปราศจากโรคแมลงทำลาย ควรห่อด้วยถุงพลาสติกสีฟ้า แบบเปิดด้านล่าง โดยหุ้มทั้งเครือ และหุ้มทุกเครือ

การค้ำกล้วย ควรทำการค้ำกล้วยหลังจากตกเครือแล้ว 1 เดือน โดยใช้ไม้ค้ำยันหรือตามทุกต้น เพื่อป้องกันต้นกล้วยหักล้ม และตรวจดูการค้ำยันให้อยู่ในสภาพที่มั่นคงแข็งแรง

การตัดแต่งใบ เมื่อกล้วยอายุ 3 - 4 เดือน เริ่มแต่งใบล่างออก 2 - 3 ใบ โดยให้ก้านกล้วยห่างจากต้นประมาณ 1 นิ้ว เมื่อกล้วยอายุ 6 - 7 เดือน แต่งใบให้เหลือ 8 - 10 ใบ หากตัดมากกว่านี้ต้นกล้วยจะสูง และเครือกล้วยจะไม่สมบูรณ์

ระยะเวลาในการให้ผลผลิต ประมาณ 10 เดือนหลังจากปลูก กล้วยจะเริ่มแทงปลีออกมา การที่กล้วยจะแทงปลีช้าหรือเร็วขึ้นขึ้นอยู่กับลักษณะของหน่อกล้วยว่ามีความแข็งแรงสมบูรณ์ดีหรือไม่ รวมทั้งการดูแลรักษาเมื่อกล้วยแทงปลีจนสุด (กล้วยหวีดินเต่าโผล่ - กล้วยหวีดินเต่า หมายถึงกล้วยหวีสุดท้ายที่มีลักษณะไม่สมบูรณ์) ให้ตัดปลีทิ้งหรือจะตัดปลีหลังจากปลีโผล่มาประมาณ 10 - 12 วัน ถ้าไม่มีการตัดปลีทิ้งผลกล้วยจะเจริญเติบโตไม่เต็มที่

การเก็บเกี่ยว หลังจากตัดปลี 90 - 110 วัน กล้วยจะแก่พอดี สามารถสังเกตได้จากกล้วยหวีสุดท้ายจะเริ่มกลม สีที่ผลจางลงกว่าเดิม (สีเขียวอ่อน) ถ้าส่งเป็นสินค้าส่งออกต้องตัดผลกล้วยเมื่อผลแก่ประมาณร้อยละ 70 - 75

ซึ่งการปลูกกล้วยให้ได้ผลดี ควรปลูกในช่วงต้นฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ซึ่งดินมีความชุ่มชื้น ในช่วงฤดูฝนเหมาะสำหรับการเจริญเติบโตทางลำต้น และออกปลี จนสามารถเก็บเกี่ยวกล้วยได้ในช่วงปลายฤดูฝนพอดี (รักษ วิทยชาติ. 2553 : 42)

กล้วยหอมทอง



ภาพประกอบ 1 กล้วยหอมทอง

ที่มา : สหกรณ์การเกษตรท่าช้าง. ออนไลน์. 2560

ชื่อสามัญ

Gros Michel

ชื่อพ้อง

กล้วยหอมทอง

ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Musa acuminata</i> (AAA group) “Kluai Hom Thong” กลุ่มย่อย Gros Michel
แหล่งที่พบ	ทั่วไป
ลักษณะทั่วไป	กล้วยหอมทองเป็นกล้วยกลุ่มจีโนม AAA ลำต้นเทียมสูงประมาณ 3.4 เมตร สีเขียวปานกลาง มีป็นสีน้ำตาล เส้นรอบวงยาวประมาณ 53 เซนติเมตร ก้านใบยาวประมาณ 37 เซนติเมตร สีเขียว เป็นร่องเปิดขอบกว้าง มีครีบ ใบอ่อนที่ยังม้วนอยู่สีเขียว เมื่อคลี่กางออกเต็มทีสีเขียวเป็นมัน แผ่นใบเป็นคลื่น กว้างประมาณ 61 เซนติเมตร ยาวประมาณ 217 เซนติเมตร ปลายใบมนเล็กน้อย โคนใบด้านหนึ่งมนอีกด้านหนึ่งสอบเรียว ก้านช่อดอกไม่มีขน สีเขียว กว้างประมาณ 2.1 เซนติเมตร ปลีรูปปานกลาง กาบปลีสีแดงแกมม่วง ซ้อนทับกันบางส่วน ปลายม้วนขึ้น ด้านในสีส้มแกมแดง มีร่องเล็กน้อยหรือไม่มี ใหล่กาบปลีแคบ เครือรูปทรงกระบอก มี 5 หวี ผลโค้ง พบชาก้านเกสรเพศเมีย ติดที่ปลายผล ก้านผลเรียบ เชื่อมกันบางส่วน ไม่มีขน ผลดิบสีเขียว เนื้อผลสีครีม ผลสุกผิวผลเป็นสีเหลือง เนื้อผลสีครีม นุ่ม รสหวาน ไม่มีเมล็ด เป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงอุดมไปด้วยพลังงานและวิตามินต่าง ดังตาราง 1

ตาราง 1 คุณค่าทางโภชนาการของกล้วยหอมทอง 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
พลังงาน (Kcal)	132
น้ำ (กรัม)	66.3
โปรตีน (กรัม)	0.9
ไขมัน (กรัม)	0.2
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	31.7
ใยอาหาร (กรัม)	1.9
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	26
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	46

ตาราง 1 (ต่อ)

คุณค่าทางโภชนาการ	ปริมาณ
เหล็ก (มิลลิกรัม)	0.8
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.04
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.07
วิตามินบี 3 (มิลลิกรัม)	0.1
วิตามินซี (มิลลิกรัม)	27

ที่มา : บริษัท แอมวิซ ยูนิเทค จำกัด. ออนไลน์. 2563

การสุกของกล้วย

การสุกของผลไม้ หมายถึงระยะที่ผลไม้มีการเจริญเติบโตเต็มที่ มีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและปฏิกิริยาทางชีวเคมีหลายอย่าง ดัชนีที่บ่งชี้ความบิรูรณ์ของผลไม้ (Maturity Index) กล้วยเมื่อแก่จัด และเริ่มสุกจะมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

1. สีของเปลือก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุ (Pigment) ซึ่งก็คือคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ที่มีสีเขียว เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงเปลือกกล้วย เปลี่ยนเป็นสีเหลือง ดังภาพประกอบ 2 ซึ่งมีระยะการสุกของกล้วยหอมดังนี้

ระยะที่ 1 เปลือกเขียว (ดิบร้อยละ 100) ผลแข็ง ไม่มีการสุก

ระยะที่ 2 เปลือกเขียว (ดิบร้อยละ 95) เริ่มสุก และเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (ร้อยละ 5)

ระยะที่ 3 เปลือกเขียว (ดิบร้อยละ 70) เริ่มสุก และเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากขึ้น (ร้อยละ 30)

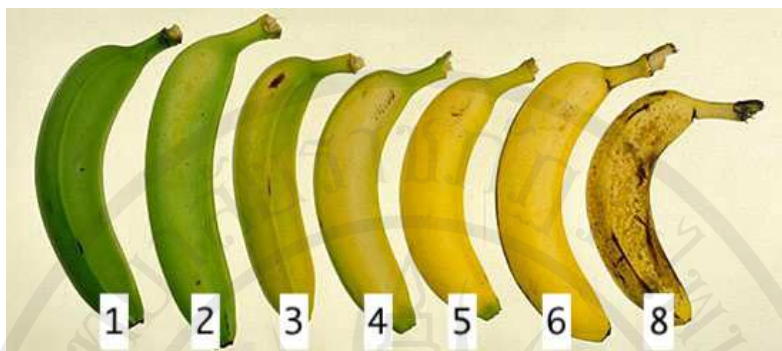
ระยะที่ 4 เปลือกเขียว (ดิบร้อยละ 30) เริ่มสุก และเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมากขึ้น (ร้อยละ 70)

ระยะที่ 5 เปลือกเหลือง มีการสุกมาก (ร้อยละ 95) ปลายยังเป็นสีเขียว (ดิบร้อยละ 5)

ระยะที่ 6 ทั้งผลมีสีเหลือง มีการสุกเต็มที่ (ร้อยละ 100)

ระยะที่ 7 ผิวสีเหลือง และเริ่มมีจุดสีน้ำตาล (สุกเต็มที่ มีกลิ่นหอม และเริ่มเปลี่ยนแปลง)

ระยะที่ 8 ผิวสีเหลือง และมีจุดสีน้ำตาลมากขึ้น (สุกมากเกินไป เนื้อเริ่มอ่อนและ และมีกลิ่นแรง)



ภาพประกอบ 2 ระยะการสุกแก่ของกล้วยหอมทอง

ที่มา : เบญจมาศ ศิลาชัย. 2545 : 328

2. มีการเปลี่ยนแปลงของคาร์โบไฮเดรต เช่นการเปลี่ยนสตาร์ชเป็นน้ำตาล ทำให้ผลไม้มีความหวานเพิ่มมากขึ้น

3. การลดลงของกรดอินทรีย์ (Organic Acid) ทำให้มีความเปรี้ยวลดลง รวมทั้งการเกิดขึ้นของสารหอมระเหยบางชนิด ทำให้มีกลิ่นหอม

4. การเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัส การลดความแน่นเนื้อ จะทำให้กล้วยหอมนิ่มลง เนื่องจากเกิดการสลายตัวของสารประกอบเพกทิน (Pectin)

5. การเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการ สูญเสียวิตามิน โดยเฉพาะวิตามินซี

ในช่วงการสุกของกล้วยนี้ทำให้คุณค่าอาหารเปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะแป้งซึ่งมักจะมีมากในระยะที่เป็นกล้วยดิบ และจะเริ่มลดลง และเปลี่ยนเป็นน้ำตาลเมื่อสุกแก่มากขึ้น ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 ค่าร้อยละของปริมาณแป้งและน้ำตาลของผลกล้วยหอมที่มีการสุกในระยะต่าง ๆ

ระยะการสุก	น้ำตาล (ร้อยละ)	แป้ง (ร้อยละ)
1	0.8	21.1
2	2.7	18.4
3	4.8	16.1
4	18.5	2.4
5	8.2	12.5
6	13.2	6.8

ตาราง 2 (ต่อ)

ระยะการสุก	น้ำตาล (ร้อยละ)	แป้ง (ร้อยละ)
7	17.6	3.3
8	19.9	1.3

ที่มา : เบญจมาศ ศิลาชัย, 2545 : 328

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการทอด

การทอดเป็นกระบวนการแปรรูปอาหารด้วยความร้อนที่ใช้กันมานานแล้วกระบวนการหนึ่ง ซึ่งในปัจจุบันอาหารทอดยังคงได้รับความนิยมบริโภคกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากความมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวของอาหารทอดที่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภค ซึ่งมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่กรอบนอก นุ่มใน หรือกรอบทั้งชิ้น มีกลิ่นรส และลักษณะปรากฏที่ชวนให้รับประทาน ถึงแม้ว่าการบริโภคอาหารทอดในปริมาณมากจะมีผลเสียต่อสุขภาพ เนื่องจากบริโภคน้ำมันในปริมาณที่มากเกินไปเกินความต้องการของร่างกาย อาจก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ ได้ เช่น โรคอ้วน โรคหัวใจ และโรคความดันโลหิตสูง เป็นต้น แต่อาหารทอดยังคงได้รับความนิยมบริโภค เนื่องจากเป็นกรรมวิธีการแปรรูปที่สะดวกและรวดเร็ว และให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความน่ารับประทาน ตามที่กล่าวมาข้างต้น

ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารขบเคี้ยวทั้งต่างประเทศและในประเทศไทย กำลังให้ความสนใจผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้ทอดกรอบกันเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้คุณค่าทางอาหารสูงกว่าอาหารขบเคี้ยวประเภทแป้งทอดกรอบ แต่การทอดที่ความดันบรรยากาศนั้น อุณหภูมิน้ำมันจะสูงและทอดเป็นเวลานานจนทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีเข้ม สารอาหารและวิตามินบางชนิดเกิดการสลายตัวที่อุณหภูมิสูง ทำให้สูญเสียคุณค่าทางอาหารไป นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ยังมีการดูดซับน้ำมันไว้ในปริมาณสูงอีกด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดกลิ่นหืน ดังนั้นการทอดในสภาวะสุญญากาศจึงเป็นทางเลือกหนึ่ง ซึ่งเป็นการลดจุดเดือดของของเหลวภายในอาหาร ทำให้น้ำระเหยออกจากอาหารได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าการทอดที่ความดันบรรยากาศ ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีการดูดซึมน้ำมันลดลงมีสี กลิ่น และรสชาติที่การทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นระบบการทอดที่มีแก๊สออกซิเจนน้อยมากทำให้เกิดออกซิเดชันต่ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น ช่วยยืดอายุการใช้งานของน้ำมัน อีกทั้งยังลดอันตรายต่อสุขภาพที่เป็นผลมาจากคุณภาพน้ำมัน ที่เปลี่ยนไป นอกจากนี้ยังใช้อุณหภูมิในการทอดต่ำกว่าที่สภาวะบรรยากาศทำให้ใช้พลังงานต่ำกว่า การทอดเป็นการปฏิบัติการแปรรูปอาหารด้วยความร้อน โดยการส่งผ่านความร้อนจากตัวกลางคือน้ำมัน ไปยัง

อาหารอย่างรวดเร็ว เป็นการถนอมอาหารโดยใช้ความร้อนทำลายเชื้อจุลินทรีย์และเอนไซม์ในอาหาร และทำให้ค่าออกเตอร์แอกติวิตีที่ผิวหน้าหรือทั้งชิ้นของอาหารลดลง อายุการเก็บรักษาของอาหารทอดโดยส่วนใหญ่ขึ้นกับปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำมันในขณะที่จะเก็บรักษา ในระหว่างการทอดจะมีการระเหยของน้ำออกจากชิ้นอาหารและมีการฟอรัมตัวของเม็ดแป้งเกิดเจลาติไนเซชัน (Gelatinization) ภายในอาหาร ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสและรสชาติเฉพาะ ทั้งนี้เวลาในการทอดจนได้ผลิตภัณฑ์จะใช้เวลานานมาก ซึ่งพบว่าอาหารจะสุกในช่วงของการเพิ่มอุณหภูมิ โดยที่อุณหภูมิของอาหารยังมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของน้ำมันอยู่มาก การทอดเป็นกรรมวิธีการแปรรูปอาหารที่แตกต่างจากวิธีอื่นโดยทั่วไป ดังนี้

1. การทอดใช้เวลาสั้นมาก ส่วนใหญ่เสร็จภายใน 5 - 10 นาที มีสาเหตุ ดังนี้
 - 1.1 การทอดมีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของแหล่งให้ความร้อน (น้ำมัน) และอุณหภูมิของอาหารมาก การทอดที่บรรยากาศจะมีความแตกต่างของอุณหภูมิ มากกว่าการทอดที่สภาวะสุญญากาศ (จริญญา จิโรจน์กุล, 2541 : 33)
 - 1.2 ขนาดของชิ้นอาหารที่ใช้ในการทอดส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก และมีน้ำหนักน้อย
2. ผลิตภัณฑ์อาหารทอดโดยทั่วไปจะมีน้ำมันอยู่ในผลิตภัณฑ์ประมาณร้อยละ 10 - 40 โดยน้ำหนัก เช่นมันฝรั่งแผ่น (Potato Chips)
3. ผลิตภัณฑ์อาหารทอดจะมีคุณลักษณะความกรอบมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปโดยส่วนใหญ่
4. ตัวกลางส่งผ่านความร้อนที่ใช้คือน้ำมันซึ่งมีผลทำให้องค์ประกอบ และคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์มีลักษณะเฉพาะแตกต่างจากวิธีการแปรรูปอาหารอื่น ๆ

วิธีการทอด

โดยทั่วไปวิธีการทอดในอุตสาหกรรมอาหารมีด้วยกัน 2 วิธี ซึ่งจำแนกโดยวิธีการถ่ายเทความร้อน ได้แก่การทอดแบบน้ำมันตื้น (Shallow Frying) และการทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep Fat Frying) (วิไล รังสาทอง, 2543 : 125)

1. การทอดแบบน้ำมันตื้นการทอดแบบน้ำมันตื้นเป็นการทอดชิ้นอาหารในกระทะที่มีปริมาณน้ำมันเพียงเล็กน้อย โดยมีระดับน้ำมันในกระทะประมาณ 1/2 - 1 นิ้ว น้ำมันจะไม่ท่วมชิ้นอาหารทั้งชิ้น วิธีนี้เหมาะสำหรับอาหารที่มีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูง เช่น เบคอน ไข่เบอร์เกอร์ และพายชนิดต่าง ๆ ความร้อนจากผิวของกระทะร้อนจะเคลื่อนที่ผ่านชั้นน้ำมันบาง ๆ ไปยังอาหาร

ความหนาของชั้นน้ำมันแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของผิวหน้าของชิ้นอาหาร ถ้าชั้นน้ำมันบางฟองไอน้ำเดือดจะทำให้อาหารเคลื่อนที่ขึ้นลงบนผิวร้อนของกระทะ

การกระจายความร้อนของกระทะ การกระจายความร้อนจึงไม่สม่ำเสมอ ทำให้ผิวหน้าของอาหารที่ทอดแบบน้ำมันตื้นมีสีน้ำตาลไม่สม่ำเสมอ อย่างไรก็ตามวิธีทอดแบบนี้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวสูง ($200 - 450 \text{ W/m}^2\text{K}$)

2. การทอดแบบน้ำมันท่วม การทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นการทอดอาหารในน้ำมันที่มีปริมาณมากเพียงพอที่จะท่วมอาหารทั้งชิ้น การถ่ายเทความร้อนโดยวิธีนี้เป็นทั้งการพาความร้อนในน้ำมันร้อน และการนำความร้อนจากภายในอาหาร ผิวของอาหารทั้งหมดจะได้รับความร้อนใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดสีและลักษณะภายนอกที่สม่ำเสมอ การทอดแบบน้ำมันท่วม เหมาะสำหรับอาหารทุกรูปทรง แต่อาหารที่มีรูปร่างไม่แน่นอนจะอมน้ำมันมากกว่าอาหารที่มีรูปร่างแน่นอน สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนก่อนเกิดการระเหยเท่ากับ $250 - 300 \text{ W/m}^2\text{K}$ และเพิ่มขึ้นเป็น $800 - 1000 \text{ W/m}^2\text{K}$ เนื่องจากเกิดความปั่นป่วนของไอน้ำที่หนีออกจากอาหาร อย่างไรก็ตามถ้าอัตราการระเหยสูงเกินไปจะเกิดฟิล์มบาง ๆ ของไอน้ำอยู่บนผิวอาหารทำให้สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนลดลง (นิธิยา รันตนาปนนท์ และไพโรจน์ วิริยจารี, 2547 : 96) การทอดแบบน้ำมันท่วมเป็นกระบวนการที่ทำให้อาหารสุกและมีความชื้นลดลง โดยการให้ชิ้นอาหารสัมผัสกับน้ำมันที่มีอุณหภูมิประมาณ $160 - 200$ องศาเซลเซียส จนกระทั่งจุดกึ่งกลางของชิ้นอาหาร หรือจุดร้อนช้าที่สุดมีอุณหภูมิสูงเพียงพอที่จะทำลายจุลินทรีย์ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อการบริโภค หรือนานเพียงพอที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะตามที่ต้องการ การทอดเป็นกระบวนการที่มีการถ่ายเทความร้อนการถ่ายเทมวลสารรวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และเคมีของอาหารเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน นอกจากนี้การทอดยังมีวัตถุประสงค์เพื่อ ทำให้ผิวนอกของอาหารเกิดเป็นเปลือกแข็ง (Crust) หุ้มอาหาร เพื่อรักษากลิ่นรสและความฉ่ำของอาหารไว้ อาหารบางชนิดสามารถทอดได้ทันที เช่น มันฝรั่ง เนื้อไก่ ปลา อาหารบางชนิดนิยมเคลือบด้วยแป้งชุบทอด หรือเกล็ดขนมปังก่อนทอด เช่น หัวหอมใหญ่หั่นเป็นวง เนื้อปลาหั่นเป็นแผ่นบาง และเนื้อไก่ เป็นต้น เพื่อลดการซึมผ่านของน้ำมันไปยังชิ้นอาหาร และลดการเสื่อมของน้ำมัน จากน้ำที่ออกจากอาหาร ทำให้สามารถใช้น้ำมันทอดอาหารได้นานขึ้น

ขั้นตอนของกระบวนการทอดอาหาร

ขั้นตอนของกระบวนการทอดอาหารแบ่งได้เป็น 4 ช่วง ดังนี้

1. ช่วงแรกของการให้ความร้อน (Initial Heating) เป็นช่วงที่ทำให้อุณหภูมิที่ผิวของอาหารเพิ่มขึ้นจนมีอุณหภูมิเท่ากับจุดเดือดของน้ำ การถ่ายเทความร้อนเป็นการพาแบบธรรมชาติที่ยังไม่มีการระเหยของน้ำ
2. ช่วงการเดือดของน้ำที่ผิวอาหาร (Surface Boiling) น้ำที่ผิวอาหารจะระเหยกลายเป็นไอน้ำเริ่มแห้งเกิดเป็นเปลือกแข็ง การถ่ายเทความร้อนเป็นการพาแบบบังคับ

3. ช่วงอัตราการระเหยลดลง (Falling Rate) เป็นช่วงที่อุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของอาหาร มีอุณหภูมิสูงขึ้นเนื่องจากการสูญเสียไอน้ำจากภายในชิ้นอาหาร และอัตราการระเหยน้ำเริ่มช้าลง อาหารเริ่มสุกและเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพ เช่น เกิดการเจลาติไนซ์ของแป้ง

4. ช่วงอัตราการระเหยลดลง จะเกิดขึ้นเมื่ออาหารถูกทอดเป็นเวลานาน น้ำระเหยได้ช้า ทำให้ปริมาณฟองของไอน้ำที่ออกจากผิวอาหารลดลง (นิธิยา รัตนานนท์ และไพโรจน์ วิจารณ์. 2547 : 196)

องค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตในผักและผลไม้

ผักและผลไม้มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลักร้อยละ 70 - 95 นอกจากนี้ยังประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรตในปริมาณที่รองลงมา คาร์โบไฮเดรตอาจอยู่ในรูปของน้ำตาลหรือแป้ง ซึ่งร่างกายสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ แต่ผลไม้และผักส่วนใหญ่ไม่ใช่แหล่งพลังงานที่สำคัญ

คาร์โบไฮเดรตเป็นสารประกอบอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่โมเลกุลประกอบด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน คาร์โบไฮเดรตเป็นสารอาหารที่มีปริมาณมากที่สุดในโลก มีหน้าที่สำคัญคือ เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างผนังเซลล์ของพืชและเป็นสารที่ให้พลังงานแก่เซลล์ของสิ่งมีชีวิต ในธรรมชาติพบคาร์โบไฮเดรตได้ทั้งในพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ พืชสีเขียวสังเคราะห์ คาร์โบไฮเดรต ในรูปของน้ำตาลกลูโคส โดยอาศัยกระบวนการสังเคราะห์แสง

น้ำตาลกลูโคสที่พืชผลิตได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง จะถูกนำไปใช้สังเคราะห์ เป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนชนิดต่าง ๆ เช่น ไดแซ็กคาไรด์ (Disaccharide) โอลิโกแซ็กคาไรด์ (Oligosaccharide) และพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) โดยเฉพาะพอลิแซ็กคาไรด์ที่ทำหน้าที่ เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างเนื้อเยื่อพืช หรือผนังเซลล์พืช เช่น เซลลูโลส พอลิแซ็กคาไรด์ บางส่วนจะถูกนำไปสะสมไว้ตามส่วนต่าง ๆ ของพืชในรูปของสตาร์ช (Starch) โดยสะสมไว้ที่หัว ราก ลำต้น ผล และเมล็ด และสังเคราะห์เป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่น ได้แก่ เฮมิเซลลูโลส (Hemicelluloses) อินูลิน (Inulin) กัม (Gums) มิวซิเลจ (Mucilage) และไกลโคไซด์ต่าง ๆ ดังนั้น ในพืชจะมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบทั้งหมดประมาณร้อยละ 90 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งกล้วย มีปริมาณน้ำตาลร้อยละ 12.23 กลูโคสร้อยละ 4.98 ฟรุคโตสร้อยละ 4.85 มอลโทสร้อยละ 0.01 ซูโครสร้อยละ 2.39 และสตาร์ช 5.38 (นิธิยา รัตนานนท์. 2545 : 201)

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของอาหารทอด

ในระหว่างการทอด มีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในอาหารดังนี้

1. เกิดการระเหยของน้ำในอาหาร
2. ผลิตกัณฑ์มีอุณหภูมิสูงขึ้น จนถึงระดับที่ต้องการ และมีการฟอर्मตัวของเม็ดแป้ง เกิดเจลาติไนเซชันภายในชิ้นอาหาร จนกระทั่งอาหารสุกและมีความกรอบ
3. การที่อุณหภูมิของผลิตกัณฑ์เพิ่มขึ้นทำให้ผลิตกัณฑ์ที่ได้มีสีน้ำตาล
4. มีการดูดซึมน้ำมันเข้าไปในผลิตกัณฑ์
5. เกิดการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของอาหารขณะกำลังทอด ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการลอยหรือจมของชิ้นอาหารในการทอด

ลักษณะโครงสร้างของอาหารทอด

โดยทั่วไปจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ (นิธิยา รันตนาปนนท์, 2545 : 221)

1. ผิวของอาหาร (Surface) เป็นส่วนที่มีความกรอบ มีสีเหลืองทอง เนื่องจากการสูญเสียไอน้ำระหว่างการทอด เมื่ออุณหภูมิของอาหารเท่ากับจุดเดือดของของเหลวที่เป็นองค์ประกอบในอาหาร และเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เรียกว่าปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard Reaction) ความเข้มข้นของสีจะมากหรือน้อยขึ้นกับอุณหภูมิและเวลาในการทอดและองค์ประกอบที่ผิว ในส่วนนี้มีปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 3

2. เปลือกแข็ง ระหว่างการทอดมีการระเหยของน้ำกลายเป็นไอ ทำให้เกิดการฟอर्मตัวของเปลือกแข็ง เมื่ออุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอดสูงกว่า 155 องศาเซลเซียส เปลือกแข็งประกอบด้วยช่องว่างและรูพรุนต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก และมีน้ำมัน เข้าไปอยู่ในช่องว่างเหล่านี้ แทนน้ำที่ระเหยออกไป อาหารทอดแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะตัว และมีปริมาณน้ำมันระดับหนึ่ง ขึ้นกับสัดส่วนของเปลือกแข็ง แกนอาหาร (Core) เช่น มันฝรั่งแผ่น ร้อยละ 40, มันฝรั่งแท่ง (Potato Sticks) ร้อยละ 35, มันฝรั่งทอด (French Fried) ร้อยละ 8 - 10, กุ้งทอด (Fried Shrimps) ร้อยละ 12 - 15 และโดนัท (Doughnuts) ร้อยละ 20 - 25

3. แกนอาหาร เป็นส่วนที่อยู่ตรงกลาง มีความชื้นสูงและอาหารสุกเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนจากน้ำมันเข้าไปภายใน ในการทอดแบบน้ำมันท่วม มีส่วนแกนอาหาร ปรากฏอยู่ตลอดเวลา การทอดยกเว้นอาหารที่เป็นแผ่นบาง ๆ เช่น มันฝรั่งแผ่น จะมีเฉพาะส่วนเปลือกแข็ง

ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอาหารในกระบวนการทอด

การทอดเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนมาก มีหลายตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและกายภาพของอาหารทอด โดยแบ่งพิจารณาเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. กระบวนการทอด ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำมันร้อน เวลาที่ใช้ทอด วิธีการทอดเป็นแบบ น้ำมันท่วมหรือการทอดแบบน้ำมันตื้น และรูปแบบการทอด เช่น การทอดแบบเป็นกะ หรือแบบต่อเนื่อง ทำการทอดภายใต้ความดันบรรยากาศปกติ (Atmospheric) หรือความดันเหนือบรรยากาศ (Pressure Fryer) หรือภายใต้สภาวะสุญญากาศ (Vacuum Fryer) โดยปกติ อุณหภูมิที่ใช้ในการทอดมีค่าประมาณ 163 - 193 องศาเซลเซียส ขึ้นกับชนิดของอาหารที่ทอด การเลือกอุณหภูมิที่ใช้ สำหรับทอดอาจพิจารณาจากข้อกำหนดลักษณะและคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของผู้บริโภค การทอดที่ใช้อุณหภูมิสูงจะลดเวลาการทอดให้สั้นลง และทำให้อัตราการทอดเร็วขึ้น

2. น้ำมันที่ใช้ทอด ได้แก่ คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของน้ำมัน สารปนเปื้อน และองค์ประกอบ ในน้ำมัน การทอดที่อุณหภูมิสูงจะเป็นตัวเร่งให้น้ำมันเสื่อมคุณภาพเร็ว เนื่องจากเกิดกรดไขมันอิสระมากขึ้น และยังทำให้สีกลิ่น และความหนืดของน้ำมันเปลี่ยนไป

3. อาหาร ได้แก่ องค์ประกอบของอาหาร สมบัติทางกายภาพและเคมีของอาหาร การเตรียมชิ้นอาหารก่อนการทอด เช่น รูปทรงของอาหาร ความหนาของชิ้นอาหาร การลวกชิ้นอาหาร การลดความชื้นของชิ้นอาหารก่อนทอด การชุบในแป้งชุบทอด สัดส่วนของน้ำหนักรับต่อปริมาตรของน้ำมัน และสัดส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของอาหาร ซึ่งมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซับเข้าไปในอาหาร (จริญญา จิโรจน์กุล, 2541 : 43)

ผลกระทบของความร้อนในการทอด

1. ผลกระทบของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำมัน การให้ความร้อนแก่น้ำมันที่อุณหภูมิสูงเป็นเวลานาน ในขณะที่มีความชื้นและออกซิเจน ออกมาจากอาหารระหว่างนั้นทำให้น้ำมันเกิดการออกซิเดชัน และเกิดการระเหย ประเภทคาร์บอนิล กรดไฮดรอกซี กรดคีโต และกรดอีพอกซี ทำให้น้ำมันมีสีคล้ำและมีกลิ่นเหม็น โมเลกุลของน้ำมันจะเกิดปฏิกิริยาโพลิเมอไรเซชันในสภาพไม่มีออกซิเจน และให้โพลิเมอร์ที่มีโมเลกุลสูง หรือให้สารประกอบไซคลิกทำให้น้ำมันมีความหนืดสูง ซึ่งมีผลในการลดค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวระหว่างการทอด และทำให้อาหารดูดซับน้ำมันมากขึ้น

การออกซิไดซ์วิตามินที่ละลายได้ในไขมัน ในน้ำมันทำให้เกิดการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการ เรตินอล คาโรทีนอยด์ และโทโคเฟอรอลจะถูกทำลายไป ทำให้กลิ่นของน้ำมันเปลี่ยนไป อย่างไรก็ตามปฏิกิริยาออกซิเดชันของโทโคเฟอรอล กลับมีผลดีต่อน้ำมัน เนื่องจากสามารถป้องกันการเกิดออกซิเดชันได้ เรื่องนี้มีความสำคัญมาก เพราะน้ำมันที่ใช้ในการทอดส่วนใหญ่มักจะเป็นน้ำมันพืช ซึ่งประกอบด้วยไขมันไม่อิ่มตัวซึ่งเกิดออกซิเดชันได้ง่าย กรดลิโนเลอิกซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นจะสูญเสียไป มีผลทำให้สมดุลของกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวเปลี่ยนไป

2. ผลกระทบของความร้อนต่อการเปลี่ยนแปลงของอาหาร วัตถุประสงค์หลักของการทอด คือ เพื่อปรับปรุงสี กลิ่น และรสชาติในผลิตภัณฑ์ของอาหาร โดยอาศัยปฏิกิริยาเมลลาร์ด และการดูดซับ สารระเหยจากน้ำมัน ปัจจัยหลักที่ควบคุมการเปลี่ยนแปลงสีและกลิ่นของอาหาร ได้แก่

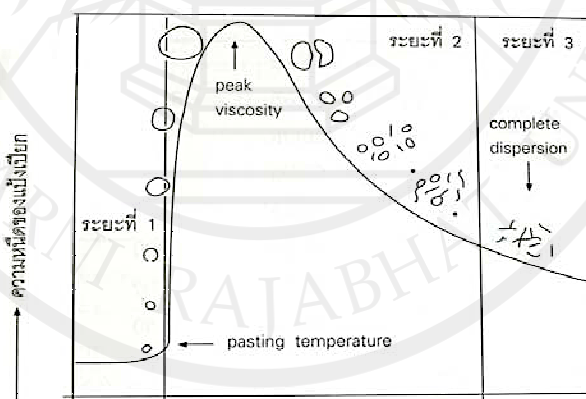
- 2.1 ชนิดของน้ำมันที่ใช้ในการทอด
- 2.2 อายุและประวัติด้านความร้อนของน้ำมัน
- 2.3 อุณหภูมิและเวลาในการทอด
- 2.4 ขนาดและลักษณะผิวหน้าของอาหาร
- 2.5 การจัดการหลังการทอด

ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้มีผลต่อการดูดซับน้ำมันของอาหาร ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นสารประกอบโพลิเมอร์ ซึ่งคล้ายคลึงกับกรณีการอบ

3. ผลกระทบของความร้อนต่อคาร์โบไฮเดรต (กล้านรงค์ ศรีวรรค. 2542 : 10) กล่าวว่า แป้ง (Flour) ประกอบด้วย สตาร์ช และสารอาหารอื่น ๆ ในส่วนของสตาร์ช ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน 2 ชนิดคือ อะไมโลส (Amylose) ร้อยละ 20 - 39 และอะไมโลเพกติน (Amylopectin) ร้อยละ 70 - 80 อะไมโลสเป็นสารที่ละลายน้ำได้ ประกอบด้วย กลูโคส 70 - 300 หน่วย สำหรับอะไมโลเพกติน มักอยู่ในส่วนที่หุ้มเม็ดแป้ง ไม่ละลายน้ำปกติ แป้งจะไม่ละลายในน้ำเย็น ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส เนื่องจากเม็ดแป้งอยู่ในผนังเซลล์ ซึ่งเป็นเซลล์ลูโลส เมื่อนำ น้ำแป้งไปต้ม น้ำจะซึมเข้าไปในผนังเซลล์ ความสามารถในการดูดน้ำของเม็ดสตาร์ชจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการพองตัว และการพองตัวนี้สามารถเปลี่ยนกลับไปมาได้ เพราะ เม็ดสตาร์ชสามารถหดตัวลงได้ เมื่อนำไปอบไถ่น้ำออกหรือทำให้แห้ง และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำ ให้สูงขึ้นเรื่อย ๆ เม็ดสตาร์ชจะพองตัวออกมากขึ้นจนมีขนาดใหญ่แต่ความหนืดของสารแขวนลอย จะไม่เพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัด (ระยะที่ 1) หลังจากนั้นร่างแหระหว่างโมเลกุล ภายในเม็ดสตาร์ช จะอ่อนแอลงเนื่องจากพันธะไฮโดรเจนถูกทำลาย เม็ดสตาร์ชจะดูดน้ำเข้ามา และเกิดการพองตัว แบบผันกลับไม่ได้ ได้เป็นสารละลายข้นหนืด เรียกกระบวนการนี้ว่า เจลาติไนเซชัน สารละลายข้นหนืด ที่ได้จะเป็นสารผสมของอะไมโลส และอะไมโลเพกติน กระบวนการนี้ทำให้คืนกลับไม่ได้ ซึ่งจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส และที่อุณหภูมิประมาณ 85 องศาเซลเซียส ปริมาตรของแป้งจะเพิ่มขึ้นเป็น 5 เท่า น้ำแป้งจะมีลักษณะข้นเหนียว เรียกว่า เกิดเป็นเจล (ระยะที่ 2) เมื่อเม็ดสตาร์ชแตกตัวพบว่า ส่วนที่เป็นอะไมโลสจะ ละลายน้ำและดูดน้ำได้มากขึ้น ทำให้เกิด การพองตัวได้มากขึ้น โมเลกุลจะเข้ามาใกล้ชิดกันและยึดเข้าด้วยกัน มีบางส่วนของอะไมโลส จะแตกออกมาอยู่ในน้ำ จะสังเกตเห็นเม็ดแป้งกระจายอยู่ในน้ำแป้ง ทำให้ได้สารละลายที่มีความข้นหนืด เป็นเจล (ระยะที่ 3) ดังภาพประกอบ 3 การสุกในอาหารคือ การเกิดเจลอย่างสมบูรณ์ (Complete

Gelatinization) และอุณหภูมิที่แป้งพองตัวอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งน้ำแป้งขึ้น เรียกว่าอุณหภูมิของการเกิดเจล (Gelatinization Temperature)

จากการศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์สามารถอธิบายปรากฏการณ์ของการเกิดเจลได้ดังนี้ เมื่อมีการให้ความร้อนแก่เม็ดแป้งซึ่งอยู่ในรูปของสารแขวนลอยในน้ำ ความร้อนซึ่งเป็นพลังงานรูปหนึ่งจะไปสลายพันธะไฮโดรเจนในองค์ประกอบของกลูโคสโพลิเมอร์ในเม็ดแป้ง โดยจะเริ่มสลายพันธะไฮโดรเจนในจุดที่อ่อนที่สุดของอะไมโลเพคติน ทำให้เกิดการแทรกตัวของน้ำเข้าไปในเส้นใยของกลูโคสโพลิเมอร์ และเริ่มการจัดเรียงเส้นใยของกลูโคสโพลิเมอร์ในรูปขดลวด (Helices หรือ Coils) ซึ่งจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ว่างภายในเม็ดแป้ง ทำให้เกิดการดูดซึมของน้ำเข้าเม็ดแป้งได้มากขึ้น จึงทำให้เม็ดแป้งขยายตัวขึ้นจากเดิมหลายเท่า ขณะที่เกิดการพองตัวอะไมโลสจะแทรกตัวออกจากเม็ดแป้ง และอะไมโลเพคตินก็ดูดซึมน้ำได้มากขึ้น สารแขวนลอยแป้งจะเริ่มใส ความหนืดของแป้งจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงจุดที่เม็ดแป้งดูดซึมน้ำได้สูงสุดแล้ว ถ้ามีการให้ความร้อนต่อไปเรื่อย ๆ เม็ดแป้งจะเริ่มแตก และกลูโคสโพลิเมอร์ จะเริ่มกระจายตัวในน้ำ ความหนืดของสารแขวนลอยจะลดลง โดยทั่ว ๆ ไปแล้วแป้งที่ได้จากพืชที่สะสมแป้งในรากและลำต้น จะให้ค่าอยู่ในช่วงค่อนข้างแคบกว่าที่ได้จากธัญพืช และวิธีการวัด ค่าอุณหภูมิของการเกิดเจลของแป้งแต่ละชนิดนั้นมีหลายวิธี แต่วิธีที่ให้ความแม่นยำสูงวิธีหนึ่ง คือ การใช้คลื่นแสง (Polarized Light) กับกล้องจุลทรรศน์ ประกอบกับการพองตัวของเม็ดแป้งมีการจัดเรียงตัวของโมเลกุล ดังแสดงในภาพประกอบ 4



ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ภาพประกอบ 3 ระยะในการเกิดเจลาคิในเซชันของเม็ดสตาร์ช

ที่มา : กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2542 : 18



ภาพประกอบ 4 การจัดเรียงตัวของโมเลกุลในแป้งก่อนและหลังการทอด

ที่มา : วิจิตร ทรัพย์บุญมาตย์. 2537 : 8

4. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพของอาหารในน้ำมันทอด ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพของน้ำมันและคุณภาพของอาหารที่ผ่านการทอด (ดังแสดงในภาพประกอบ 5) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของอาหารในน้ำมันระหว่างการทอดแบ่งเป็น 5 ระยะ คือ

4.1 Break-in Oil เป็นระยะที่อาหารมีสีขาว ไม่มีกลิ่นอาหารสุก ผิวไม่กรอบ การดูดซับน้ำมันมีมาก (อาหารยังดิบ ไม่เกิดการย่อยเจลในแป้ง)

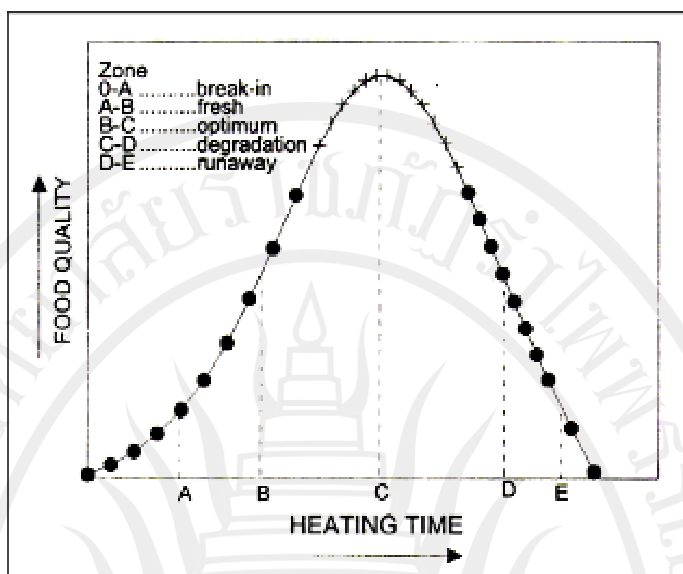
4.2 Fresh Oil เป็นระยะที่บริเวณขอบของอาหารมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสีน้ำตาลเล็กน้อย ส่วนกลางของอาหารเริ่มสุก ผิวเริ่มกรอบ การดูดซับน้ำมันมีมากขึ้น

4.3 Optimum oil เป็นระยะที่อาหารมีสีน้ำตาลทอง (Golden Brown) กรอบ ผิวนอกแข็งแรงรสชาติอร่อย และมีกลิ่นหอมของน้ำมัน ใจกลางอาหารสุกเต็มที่ มีการดูดซับของน้ำมันอย่างเหมาะสม

4.4 Degrading oil เป็นระยะที่อาหารมีสีดำมีการดูดซับน้ำมันมากเกินไปผิวแข็ง

4.5 Runaway oil เป็นระยะที่อาหารมีสีดำแข็ง อาหารมีน้ำหนักรวมเกินไป ผิวนุ่มเข้าข้างใน มีกลิ่นและรสชาติไหม้

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



ภาพประกอบ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำมันกับคุณภาพของอาหาร

ที่มา : ชิวาริ โออิชิกร. 2547 : 12

5. ผลของการทอดต่อคุณค่าทางโภชนาการ การทอดเป็นกระบวนการแปรรูปอาหารที่ใช้อุณหภูมิสูงและระยะเวลาสั้น อุณหภูมิภายในชิ้นอาหารที่ถัดจากชั้นของผิวนอก จะมีอุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส และไม่เกิดการละลายของวิตามินที่ละลายได้ในน้ำ ดังนั้นจึงมีการเสื่อมสลายของวิตามินที่ไม่ทนความร้อนเมื่อเปรียบเทียบกับการอบหรือการต้ม ส่วนวิตามินที่ละลายได้ในน้ำมันจะสูญเสียในระหว่างการทอดมากกว่าการต้มหรือการผัด นอกจากนี้ในน้ำมันพืชมักมีวิตามินอีอยู่ด้วย วิตามินนี้จะติดไปกับอาหารที่ผ่านการทอดแล้ว นอกจากนั้นอาหารทอดยังสูญเสียเกลือแร่ น้อยกว่าอาหารที่ผ่านการต้มหรือการอบ ดังนั้นหากน้ำมันที่ใช้ทอดอาหารมีคุณภาพดีแล้ว อาหารทอดจัดเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการและให้พลังงานสูง ซึ่งอาจเหมาะสมกับประเทศกำลังพัฒนาที่มีปัญหาการขาดสารอาหารที่ให้พลังงาน

ผลกระทบของการทอดต่อคุณค่าทางโภชนาการของอาหารขึ้นอยู่กับชนิดของกรรมวิธีที่ใช้การใช้น้ำมันอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดเปลือกนอกเร็วและปิดกั้นผิวหน้าของอาหารไว้ ทำให้อาหารเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยลง และยังคงรักษาค่าทางโภชนาการส่วนใหญ่ไว้ได้ นอกจากนั้นยังเกิดการสูญเสียระหว่างการเก็บรักษาน้อย เนื่องจากผู้บริโภคมักจะบริโภคอาหารนี้ หลังการทอดไม่นาน เช่น มีรายงานการสูญเสียไลซีนร้อยละ 17 ในปลาทอด และเพิ่มเป็นร้อยละ 25 เมื่อใช้น้ำมันที่ถูกทำลายด้วยความร้อน ตับทอดในน้ำมันจะสูญเสียไทอะมิน ร้อยละ 15 และไม่มีโฟลทเหลืออยู่

การสูญเสียวิตามินซีในอาหารทอดน้อยกว่าการต้ม วิตามินจะสะสมกันในรูปกรดดีไฮโดรแอสคอร์บิก เนื่องจากมีความชื้นต่ำ ในขณะที่ถ้าใช้วิธีต้มวิตามินซีจะถูกไฮโดรไลซ์ และกลายไปเป็นกรด 2, 3-ไดคีโตกลูโคนิก

การทอดให้อาหารแห้งเพื่อถนอมรักษาอาหาร จะทำให้เกิดการสูญเสียสารอาหารมากขึ้น โดยเฉพาะวิตามินที่ละลายได้ในไขมัน เช่นวิตามินอี ซึ่งถูกดูดซับโดยน้ำมันระหว่างการทอดจะถูกออกซิไดซ์ในระหว่างการเก็บรักษาวิตามินที่ละลายน้ำซึ่งไวต่อความร้อน หรือออกซิเจนถูกทำลายโดยการทอด คุณภาพของโปรตีนเกิดการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดของกรดอะมิโนในเปลือกนอก มีรายงานการสูญเสียคาร์โบไฮเดรต และเกลือแร่จำนวนน้อยมาก แต่ยากที่จะชี้ถึงคุณค่าทางโภชนาการ เนื่องจากความแตกต่างของชนิดและประวัติการใช้ไขมันและปริมาณการดูดซับน้ำมันในอาหาร

การดูดซึมน้ำมันของอาหารทอด

1. กลไกการดูดซึมน้ำมันของอาหาร ซึ่งสามารถอธิบายได้ 2 กลไก ดังนี้

1.1 การดูดซึมน้ำมันอย่างต่อเนื่องที่เกิดจากการแทนที่น้ำที่ระเหยออกจากอาหาร ขณะทอดเมื่อน้ำระเหยกลายเป็นไอและระเหยออกจากชิ้นอาหาร จะเหลือโครงสร้างที่เป็นรูพรุน ซึ่งน้ำมันสามารถเคลื่อนเข้าไปแทนที่ได้

1.2 การดูดซึมน้ำมันเกิดขึ้นเมื่อการทอดเสร็จสิ้น และอาหารทอดเย็นลงเกิดขึ้น เนื่องจากน้ำภายในอาหารกลายเป็นไอระหว่างทอด ทำให้เกิดความแตกต่างของความดันไอน้ำเคลื่อนที่ออกผ่านท่อคาปิลารีในโครงสร้างของเซลล์ ทรายไคที่ยังคงมีการระเหยเป็นไอน้ำของน้ำมันจะเคลื่อนที่เข้าไปอยู่ในช่องว่างได้ยาก แต่เมื่อนำอาหารทอดขึ้นจากน้ำมันและปล่อยให้เย็น ความดันไอน้ำภายในรูพรุนจะลดลง ไอน้ำจะควบแน่น และเกิดภาวะสุญญากาศซึ่งจะดูดเอาน้ำมันที่ผิวอาหารเข้ามาไว้ในผลิตภัณฑ์

2. ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซึมน้ำมันของอาหารทอด

2.1 คุณภาพและองค์ประกอบของน้ำมัน จะเปลี่ยนไปตามระยะเวลาของการทอด เนื่องจากการเสื่อมของน้ำมันจากปฏิกิริยาต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น และได้สารประกอบที่ทำให้แรงดึงดูดของน้ำมันลดลง น้ำมันจะสัมผัสกับอาหารมากขึ้น การดูดซึมน้ำมันและอัตราการถ่ายเทความร้อนไปยังผิวของอาหารจะเพิ่มขึ้น ทำให้ผิวของอาหารมีสีเข้มและแห้งก่อนที่อาหารจะสุก และเกิดฟองปริมาณมากขณะทอด โดยปริมาณฟองจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารดังกล่าว

นอกจากนี้ยังทำให้ผิวของอาหารทอดฉ่ำไปด้วยน้ำมัน เนื่องจากน้ำมันมีความหนืดสูงขึ้น จึงเกาะติดกับผิวของอาหารมากขึ้น

2.2 อุณหภูมิของการทอดและระยะเวลาที่ใช้ทอด โดยทั่วไปอุณหภูมิของการทอดมักอยู่ในช่วง 160 - 200 องศาเซลเซียส การทอดที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีสีอ่อนและกลิ่นรสที่เกิดจากการทอดน้อย และมีการดูดซึมน้ำมันมากกว่าการทอดที่อุณหภูมิสูง (นิธิยา รันตนาปนันท์ และไพโรจน์ วิริยจารี, 2547 : 120) มอร์เรรา และคณะ (Moreira and et al. 1997 : 490) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซึมน้ำมันในระหว่างการทอด Tortilla Chip พบว่า อุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอดในช่วง 130 - 190 องศาเซลเซียส ไม่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการดูดซึมน้ำมันของ Tortilla Chip ส่วนงานวิจัยของโครคิเด และคณะ (Krokida and et al. 2000b : 43) รายงานว่า อุณหภูมิของน้ำมันในช่วง 150 - 190 องศาเซลเซียส มีความสัมพันธ์เชิงบวก กับปริมาณน้ำมันในมันฝรั่งทอด (French Fries) ส่วนผลของระยะเวลาทอดต่อการดูดซึมน้ำมัน พบว่าอัตราการดูดซึมน้ำมันจะเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงแรกของการทอดแล้วลดลงจนกระทั่งถึงเวลาหนึ่งปริมาณน้ำมันในอาหารทอดจะค่อนข้างคงที่

2.3 รูปทรงเรขาคณิตและความพรุนของอาหาร รูปทรงทางเรขาคณิตในที่นี้หมายถึงอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของอาหาร อาหารที่มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงมีแนวโน้มที่จะดูดซึมน้ำมันได้มากกว่าอาหารที่มีพื้นที่ผิวต่อปริมาตรต่ำ นอกจากนี้ความหนาของชิ้นอาหารก็มีผลต่อปริมาณน้ำมันในอาหารทอด โครคิเด และคณะ (Krokida and et al. 2000b : 45) รายงานว่า เมื่อความหนาของชิ้นมันฝรั่งแท่งเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำมันในชิ้นมันฝรั่งแท่งทอดจะลดลง ผลของความพรุนต่อการดูดซึมน้ำมันของมันฝรั่งขึ้นรูป (Restructured Potato) ความพรุนของอาหารก่อนทอดมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับสัดส่วนของปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซึม โดยอาหารต่อปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากอาหาร (Oil Uptake/Water Removed Ratio) นอกจากนี้ความพรุนของอาหารที่ทอดแล้ว และปริมาณน้ำมันในอาหารทอดจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาทอด

2.4 ความชื้น ปริมาณความชื้นเริ่มต้นในอาหารมีผลต่อการดูดซึมน้ำมันของอาหารระหว่างการทอด ซึ่งอาหารที่มีปริมาณความชื้นเริ่มต้นสูงจะดูดซึมน้ำมันมากกว่าอาหารที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำ เนื่องจากมีปริมาณน้ำระเหยออกจากอาหาร และเหลือช่องว่างที่จะให้น้ำมันเข้าไปแทนที่ได้ มากกว่าอาหารที่มีความชื้นเริ่มต้นต่ำ นอกจากนี้การเติมไฮโดรคอลลอยด์หรือกัมบางชนิดในส่วนผสมของอาหาร เช่น อัลจิเนต (Alginate) เมทิลเซลลูโลส (Methylcellulose, MC) และไฮดรอกซีโพรพิล เมทิลเซลลูโลส (Hydroxypropyl Methylcellulose, HPMC) จะช่วยทำให้อาหารอุ้มน้ำไว้ได้มากขึ้น น้ำระเหยออกจากอาหารน้อยลง ซึ่งส่งผลให้การดูดซึมน้ำมันลดลงด้วย

2.5 ชนิดและองค์ประกอบของอาหารการเคลื่อนที่ของน้ำมันเข้าไปในอาหารแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสมบัติของอาหาร เช่น ปริมาณความชื้น ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหาร ความพรุน ขนาดของรูพรุน และการจัดเรียงตัวของท่อคาปิลารีในโครงสร้างของอาหาร ในกรณี

ของอาหารชุบแป้งทอด (Battercoated Products) พบว่า ชนิดของแป้ง โดยเฉพาะสัดส่วนของปริมาณอะไมโลสและอะไมโลเพคติน มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสและการดูดซึมน้ำมันของแป้งชุบทอด ปริมาณอะไมโลสในแป้งให้ความสัมพันธ์เชิงบวกกับความกรอบของแป้งทอด แต่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซึม แป้งชุบทอดที่มีแป้งข้าวเจ้าเป็นส่วนประกอบหลัก จะมีการดูดซึมน้ำมันได้น้อยกว่าแป้งชุบทอดที่มีแป้งสาลีเป็นส่วนประกอบหลัก แป้งที่มีสัดส่วนของอะไมโลเพคตินต่ออะไมโลสต่ำกว่าจะดูดซึมน้ำมันได้น้อยกว่าโปรตีนในแป้งชุบทอด มีแนวโน้มที่จะเพิ่มการดูดซึมน้ำมัน เนื่องจากโปรตีนมีสมบัติการเป็นอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ (Emulsifying Agent) นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ไฮโดรคอลลอยด์บางชนิด สามารถลดการดูดซึมน้ำมันของอาหารทอดได้ เช่น การเคลือบผิวอาหารด้วยเมทิลเซลลูโลส หรือไฮดรอกซีโพรพิล เมทิลเซลลูโลส สามารถเกิดเจลที่สามารถเปลี่ยนรูปร่างได้ภายใต้ความร้อน (Thermal Reversible Gel) โดยจะแข็งตัวเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียส และฟิล์มที่มีสมบัติไม่ละลายในน้ำมัน ซึ่งจะช่วยรักษาความฉ่ำและป้องกันการดูดซึมน้ำมันของอาหารทอดได้

2.6 ความแข็งแรงของเจล มีความสำคัญต่อการดูดซึมน้ำมันของผลิตภัณฑ์ขึ้นรูป เช่น อาหารขบเคี้ยว และผลิตภัณฑ์จากมันฝรั่งขึ้นรูป เมื่อเพิ่มความแข็งแรงของเจลมันฝรั่งขึ้นรูปจะส่งผลให้การดูดซึมน้ำมันของผลิตภัณฑ์ทอดลดลง

2.7 การเตรียมตัวอย่างอาหารก่อนทอด การลวกจะช่วยลดความชื้นของอาหารก่อนทอด และการแช่เยือกแข็งจะช่วยลดการดูดซึมน้ำมัน ส่วนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะทำให้การดูดซึมน้ำมันเพิ่มขึ้น เพราะลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารมีรูพรุนมากขึ้น

การทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ

เครื่องทอดสุญญากาศ หมายถึง เครื่องทอด (Fryer) ที่ใช้ทอด (Frying) อาหารทำงานภายใต้สภาวะที่เป็นสุญญากาศ (Vacuum) เครื่องทอดสุญญากาศนิยมใช้เพื่อทอดผัก ผลไม้ เช่น ทูเรียน ขนุน กระเจี๊ยบเขียว สับปะรด ถั่วฝักยาว มันฝรั่ง แอปเปิ้ล แครอท พริกหวาน เป็นต้น

ลักษณะของการทอดภายใต้สุญญากาศ

1. ทำงานภายใต้สภาวะที่เป็นสุญญากาศ สามารถทำให้เกิดการเดือดได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ทำให้น้ำระเหยออกจากชิ้นของอาหารที่อุณหภูมิต่ำ จึงช่วยรักษาคุณภาพของอาหาร เช่น สี กลิ่น รสชาติได้ดีกว่าการทอดในสภาวะบรรยากาศปกติ (Atmospheric Pressure)

2. การทอดที่อุณหภูมิต่ำ ลดการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน (Hydration) ของน้ำมัน ทำให้ไตรกลีเซอไรด์ในน้ำมันสลายตัวเป็นกรดไขมันอิสระน้อยลง นอกจากนั้นการทอดในสภาวะที่มี

ออกซิเจนน้อยมากในระบบทำให้เกิดการออกซิเดชันของลิพิด (Lipid Oxidation) น้อยกว่าการทอดในบรรยากาศ ทำให้น้ำมันใช้ทอดได้นานขึ้น และลดการอมน้ำมันลง (นันทวัน เทอดไทย และคณะ. 2550 : 1322) ศึกษาเปรียบเทียบการทอดหอมแดงด้วยการทอดสุญญากาศกับการทอดแบบน้ำมันท่วม (Deep Fat Frying) พบว่า การลดปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ภายหลังจากทอด 7 ครั้งอย่างต่อเนื่อง ค่าความเป็นกรด (Acid Value) ของน้ำมันที่ใช้ในการทอดเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

3. ลักษณะของอาหารที่ทอดด้วยสุญญากาศ จะกรอบแต่ไม่เกิดเปลือกแข็งสีน้ำตาลเหมือนอาหารที่ผ่านการทอดในบรรยากาศปกติ เพราะอุณหภูมิไม่สูงพอที่จะเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (Browning Reaction) (ชัยวัฒน์ เผ่าสันตพัฒน์ และคณะ. 2551 : 357)

การทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีการดูดซึมน้ำมันลดลง มีสีและกลิ่นรสดี การทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศเป็นระบบการทอดที่มีก๊าซออกซิเจนน้อย ทำให้เกิดออกซิเดชันต่ำ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีอายุการเก็บรักษานานขึ้น ช่วยยืดอายุการใช้งานของน้ำมัน อีกทั้งยังลดอันตรายต่อสุขภาพที่เป็นผลมาจากคุณภาพน้ำมันที่เปลี่ยนไป นอกจากนี้ยังใช้อุณหภูมิในการทอดต่ำกว่าที่สภาวะบรรยากาศจึงทำให้ใช้พลังงานต่ำกว่า

ข้อดีและข้อเสียของการทอดที่สภาวะสุญญากาศ

ข้อดี

1. อาหารที่ทอดที่สภาวะสุญญากาศจะมีน้ำมันในผลิตภัณฑ์ ในปริมาณที่ต่ำกว่าการทอดโดยวิธีปกติ
2. เปรียบเทียบกับการทอดโดยวิธีการทั่วไป พบว่าเมื่อทอดอาหารด้วยสภาวะสุญญากาศสามารถใช้อุณหภูมิของน้ำมันต่ำกว่าการทอดปกติ
3. การทอดใช้ระยะเวลาสั้นกว่าการทอดปกติ
4. วิตามินสูญเสียน้อยกว่าการทอดปกติ เพราะใช้น้ำมันอุณหภูมิต่ำและใช้ระยะเวลาสั้น
5. เกิดออกซิเดชันของน้ำมันได้ช้า ทำให้สามารถใช้น้ำมันได้นานขึ้นโดยคุณภาพไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

ข้อเสีย

1. มีการลงทุนของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่สูงกว่าการทอดปกติ และสิ้นเปลืองเนื้อที่ในการติดตั้ง
2. ขั้นตอนการทอดมีความยุ่งยากและซับซ้อนกว่าการทอดปกติ
3. การทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์มีความยุ่งยากกว่าการทอดปกติ

4. ผลของปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิ ความดัน และเวลาในการทอดที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่มีข้อมูลน้อยมากและไม่ชัดเจน

5. ความเข้าใจในกลไกและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการทอดที่สภาวะสุญญากาศมีน้อยมาก (นิธิยา รันตนาปนนท์ และไพโรจน์ วิริยจารี. 2547 : 119)

การปฏิบัติการสำหรับทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ

โดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การเตรียมการก่อนทอด วิธีที่นิยมทำโดยทั่วไป สามารถแบ่งได้เป็น 3 วิธี ดังนี้

1.1 การลวกก่อนนำไปทอด การลวกมีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายเอนไซม์บางชนิด เช่น พอลิฟีนอลออกซิเดส (PPO) และเพอร์ออกซิเดส (POD) ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กับเนื้อเยื่อของผัก เช่น ปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาลที่เร่งด้วยเอนไซม์ และออกซิเดชัน (ปิยะทิพย์ สัมพันธ์ประทีป. 2550 : 30)

ในขั้นตอนนี้ สามารถยับยั้งการเกิดสีน้ำตาลก่อนการทอด และเมื่อนำไปทอด อาจเกิดสีน้ำตาลขึ้นเล็กน้อย ซึ่งไม่มีผลต่อปริมาณน้ำมันในผลิตภัณฑ์ภายหลังการทอด

1.2 การแช่เยือกแข็งก่อนนำไปทอด เป็นวิธีที่นิยมปฏิบัติสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเพิ่มคุณภาพด้านเนื้อสัมผัส ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีราคาสูงกว่าวิธีการอื่น ๆ

โดยการลดอุณหภูมิของอาหารต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ซึ่งจะเริ่มเกิดผลึกน้ำแข็งที่อุณหภูมิเฉพาะของจุดเยือกแข็งของอาหารแต่ละชนิด (ซึ่งจุดเยือกแข็งนี้จะขึ้นกับความเข้มข้นของสารละลายที่มีอยู่ภายในอาหาร แต่ไม่ขึ้นกับปริมาณน้ำ) การเกิดผลึกน้ำแข็งของอาหารแต่ละชนิด จะเกิดขึ้นหลังจากการเกิดจุดเยือกแข็งด้วยจุดยิ่งยวดลง จากนั้นอุณหภูมิภายในอาหารจะสูงขึ้น เนื่องจากสารละลายที่จุดเยือกแข็งด้วยจุดยิ่งยวดจะคายความร้อนออกมา และน้ำจะเริ่มเปลี่ยนเป็นผลึกน้ำแข็งที่จุดนี้ ซึ่งคือจุดเยือกแข็งของอาหาร

อย่างไรก็ตาม จากผลการทดสอบเปรียบเทียบความยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสโดยรวมของผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทอดที่เตรียมโดยการลวกก่อนนำไปทอดกับผลิตภัณฑ์ที่เตรียมโดยการแช่เยือกแข็งก่อนนำไปทอด พบว่าผลิตภัณฑ์ทั้งสองไม่มีความแตกต่างกันทางด้านเนื้อสัมผัส ($p > 0.05$) (ปิยะทิพย์ สัมพันธ์ประทีป. 2550 : 39)

1.3 การทอดโดยไม่มีการเตรียมผลิตภัณฑ์เป็นพิเศษ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่นิยมปฏิบัติกันโดยทั่วไป เนื่องจากช่วยลดต้นทุนการแปรรูปผลิตภัณฑ์

2. การปฏิบัติขณะทอด

2.1 อุณหภูมิ และเวลาในการทอด การเลือกใช้อุณหภูมิ และเวลาสำหรับทอดพิจารณาจากข้อกำหนด ลักษณะ และคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ตามความต้องการของผู้บริโภค

2.2 น้ำมันที่ใช้ทอด คุณภาพและองค์ประกอบของน้ำมันจะเปลี่ยนไปตามอายุการใช้งาน เนื่องจากการเสื่อมของน้ำมันจากปฏิกิริยาต่าง ๆ

3. การปฏิบัติภายหลังการทอด

3.1 การหมุนเหวี่ยงสลัดน้ำมันในหม้อทอด วิธีนี้สามารถทำได้โดย เมื่อทอดเสร็จแล้ว จะมีการสลัดเหวี่ยงน้ำมันภายใต้สภาพสุญญากาศ ก่อนนำผลิตภัณฑ์ไปใช้งาน

3.2 การอบลดปริมาณน้ำมันจากการตรวจสอบเอกสารยังไม่พบการศึกษาเกี่ยวกับวิธีนี้ ในทางปฏิบัติภายหลังการทอด ผลิตภัณฑ์จะถูกอุ่นในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิค่าระหว่างรอการนำไปบริโภค และมักมีการสังเกตพบว่าปริมาณน้ำมันลดลง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยต่างประเทศ

โครคิเด และคณะ (Krokida and et al. 2000a : 147 - 154) ศึกษาผลกระทบจากสถานะในการทอดต่อการหดตัวและความพรุนของมันฝรั่ง โดยศึกษาปรากฏการณ์การถ่ายโอนมวลสาร (การสูญเสียน้ำและการดูดซับน้ำมัน) ที่เกิดขึ้นขณะทอดมันฝรั่งแผ่น ซึ่งสามารถอธิบายโดยใช้แบบจำลอง (Empirical First Order Kinetic) โดยตัวแปรสำคัญ คืออุณหภูมิของน้ำมัน และความหนาของชิ้นตัวอย่าง และค่าที่จุดสมดุลของการสูญเสียความชื้นและการดูดซับน้ำมันขณะทอด สำหรับการสูญเสียและปริมาณน้ำมันที่ดูดซับหลังการทอดจะมีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการทอดสูง และชิ้นตัวอย่างมีความหนาไม่มากพอ

โครคิเด และคณะ (Krokida and et al. (2000b : 39 - 46) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นที่สูญเสียไปของแท่งมันฝรั่ง และการดูดซับน้ำมันของแท่งมันฝรั่งกับเวลาที่ใช้ในการทอดแท่งมันฝรั่ง โดยพิจารณาจากสมการ เคนเนติก (Kinetic) จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิของน้ำมัน และความหนาของแท่งมันฝรั่งมีผลกระทบอย่างชัดเจนต่อปริมาณน้ำมันที่เพิ่มขึ้น และปริมาณความชื้นที่สูญเสียไป จากแท่งมันฝรั่งปรากฏการณ์การถ่ายโอนมวลที่เกิดแทนที่กันระหว่างน้ำที่อยู่ภายในอาหารกับน้ำมันที่ใช้ทอด สามารถอธิบายโดยสมการดังกล่าวได้ อุณหภูมิน้ำมันและความหนาของตัวอย่างที่ใช้เป็นตัวแปรที่มีผลกระทบอย่างมากต่อสมดุลของน้ำและน้ำมัน การสูญเสียและการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำมันจะเกิดอย่างชัดเจนมากที่อุณหภูมิสูง และความหนาของตัวอย่างน้อย

คาวาส และมอร์เรรา (Kawas and Moreira. 2001 : 97 - 107) ศึกษาคุณสมบัติของคุณภาพของผลิตภัณฑ์ Tortilla Chip ในระหว่างกระบวนการทอดซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองพื้นฐาน (Fundamental Model) เพื่อใช้อธิบายการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ระหว่างการทอด การทดสอบใช้ Tortilla Chip ทอดในน้ำมันพืชเป็นเวลา 60 วินาที

ผลที่ได้ชี้ให้เห็นว่าการหดตัวของตัวอย่างในแนวเส้นผ่านศูนย์กลางเกิดขึ้นในช่วง 5 วินาทีแรกของการทอด ส่วนความหนาจะเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดเปลือกแข็ง และฟองอากาศที่ผิวหน้า ตัวอย่างเนื่องจากการขยายตัวของแก๊ส ความพรุนของตัวอย่างเพิ่มมากขึ้นทั้งในด้านขนาดและจำนวนการกระจายตัวของรูพรุนจะสม่ำเสมอมากขึ้นตามเวลาทอดที่เพิ่มขึ้น ความกรอบของชิ้นตัวอย่างจะเพิ่มมากขึ้นตามการลดลงของความชื้นภายในผลิตภัณฑ์ระหว่างการทอด เมื่อนำคุณสมบัติเหล่านี้มารวมกันทำให้การผลิตได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ดี

การาโย และมอร์เรรา (Garayo and Moreira, 2002 : 181 - 191) ได้ศึกษาการทอดแผ่นมันฝรั่งภายใต้สภาวะสุญญากาศ เพื่อลดปริมาณน้ำมันในแผ่นมันฝรั่ง โดยทำการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิน้ำมันที่ใช้ทอดต่างกัน (118 132 และ 144 องศาเซลเซียส) และความดันต่างกัน (16.661 9.888 และ 3.115 กิโลปาสกาล) ที่มีต่ออัตราการดูดซึมน้ำมันของแผ่นมันฝรั่ง และศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ผิวสัมผัส สี โครงสร้าง และศึกษาการทอดแผ่นมันฝรั่งภายใต้สภาวะสุญญากาศ (144 องศาเซลเซียส และความดัน 3.115 กิโลปาสกาล) เปรียบเทียบกับการทอดที่สภาวะบรรยากาศ (165 องศาเซลเซียส) จากการศึกษาพบว่าอุณหภูมิน้ำมันและความดันที่สภาวะต่ำกว่าบรรยากาศ มีผลต่ออัตราการสูญเสียและอัตราการดูดซึมน้ำมันของแผ่นมันฝรั่ง แผ่นมันฝรั่งที่ได้จากการทอดที่ความดันต่ำ และอุณหภูมิในการทอดสูงจะมีปริมาตร หรือขนาดของชิ้นมันฝรั่งเล็กลงโดยสีของผลิตภัณฑ์ไม่ได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิของน้ำมัน และความดันอย่างชัดเจนนัก ค่าความแข็งมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิน้ำมัน และลดความดันลง นอกจากนี้การทอดแผ่นมันฝรั่งภายใต้สภาวะสุญญากาศ ทำให้ปริมาณน้ำมันในแผ่นมันฝรั่งต่ำกว่าการทอดที่สภาวะบรรยากาศ ค่าความแข็งของแผ่นมันฝรั่งที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศต่ำกว่า และสีที่ได้ดูสดใสกว่าแผ่นมันฝรั่งที่ทอดภายใต้สภาวะบรรยากาศ

โมริสคัล และบูซอน (Moriscal and Bouchon, 2008 : 1561 - 1569) ทดลองเปรียบเทียบการดูดซึมน้ำมัน และการเปลี่ยนแปลงสีของแอปเปิ้ลแผ่นบางที่ผ่านการทอดภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศปกติ และภายใต้สภาวะสุญญากาศ พบว่า ผลิตภัณฑ์ที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศจะมีการดูดซึมน้ำมันและการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยกว่าการทอดภายใต้สภาวะความดันปกติ นอกจากนี้ยังมีการเปรียบเทียบตัวอย่าง การทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศที่มีลดความชื้นของชิ้นแอปเปิ้ลก่อนการทอดด้วยการใช้ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้ความชื้นก่อนทอดที่ร้อยละ 64 พบว่า การลดความชื้นของชิ้นแอปเปิ้ลก่อนการทอดสามารถลดการดูดซึมน้ำมันลงได้ถึงร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับการทอดภายใต้สภาวะความดันบรรยากาศปกติ

ดา ซิลวา และมอร์เรรา (Da Silva and Moreira, 2008 : 1558 - 1567) ทดลองใช้วิธีการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศกับผักและผลไม้ คือมันเทศ ถั่วแขก มะม่วง และมันฝรั่ง ที่อุณหภูมิ

ที่ 120 - 130 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการทอดแบบปกติที่ 160 - 165 องศาเซลเซียส พบว่า ปริมาณเคโรทีนอยด์ทั้งหมดในถั่วแขก มะม่วง และมันเทศ ที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ มีค่าสูงกว่า ตัวอย่างที่ทอดด้วยวิธีปกติร้อยละ 18 19 และ 21 ตามลำดับ นอกจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยรวมดีกว่าตัวอย่างที่ทอดด้วยวิธีปกติอย่างเห็นได้ชัด และปริมาณไขมันในมันเทศและถั่วแขก ที่ทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศมีค่าน้อยกว่าตัวอย่างที่ทอดด้วยวิธีปกติร้อยละ 24 และ 26 ตามลำดับ ในขณะที่มันฝรั่งและมะม่วงมีปริมาณไขมันสูงกว่าร้อยละ 6 และ 5

ทรอน โคโซ และคณะ (Troncoso and et al. 2009 : 187 - 195) ได้กล่าวถึงกลไกการดูดซับน้ำมันหลังกระบวนการทอดเสร็จสิ้นแล้ว ได้ดังนี้ คือการดูดซับน้ำมันของอาหารทอด ส่วนมากเกิดขึ้นในช่วงการเย็นตัวของอาหารภายหลังการทอด เนื่องจากความแตกต่างของความดันบริเวณรูพรุนเล็ก ๆ ที่ผิวหน้าของอาหารมีอยู่สูง และความแตกต่างของความดันนี้เกิดขึ้นเนื่องจากการนำอาหารขึ้นจากหม้อทอดภายหลังการทอดทำให้อุณหภูมิของอาหารลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้อิอน้ำที่อยู่บริเวณรูพรุนที่ผิวหน้าของอาหารเกิดการควบแน่นลง บริเวณรูพรุนจึงเกิดเป็นภาวะสุญญากาศ (Vacuum Effect) เมื่อความดันบรรยากาศภายนอกมีค่าสูงกว่าจึงมีผลให้ผลักดันน้ำมันที่ค้างอยู่บริเวณผิวหน้าของอาหารเข้าสู่รูพรุนของอาหารอย่างรวดเร็ว

งานวิจัยในประเทศ

ณัฐพร ชูคำ และธีรภาพ โรจน์วัชรบาล (2545 : 45 - 52) ศึกษาการทอดผักและผลไม้ด้วยระบบสุญญากาศ เพื่อศึกษาปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำมัน และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่บริเวณกึ่งกลาง และผิวของอาหาร โดยใช้มันฝรั่งเป็นตัวอย่างในการทอด อุณหภูมิที่ใช้ในการทอด 120 140 และ 160 องศาเซลเซียส และใช้ความดันที่ 260 และ 360 มิลลิเมตรปรอท จากการศึกษาพบว่า ปริมาณความชื้นภายในเนื้ออาหารมีค่าลดลงตามเวลา ที่เวลาและอุณหภูมิทอดเดียวกัน 120 องศาเซลเซียส การทอดที่ความดันต่ำกว่า 260 มิลลิเมตรปรอท จะมีปริมาณความชื้นในอาหารต่ำกว่าการทอดที่ความดันสูง 360 มิลลิเมตรปรอท และที่ความดันเดียวกัน 360 มิลลิเมตรปรอท พบว่าที่อุณหภูมิทอดสูงกว่า 160 องศาเซลเซียส ปริมาณความชื้นในอาหารจะมีค่าต่ำกว่าการทอดที่อุณหภูมิต่ำ 120 และ 140 องศาเซลเซียส การศึกษาปริมาณน้ำมันที่สะสมในเนื้อมันฝรั่งสำหรับการทอดที่เวลาใด พบว่า ที่ความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ 260 และ 360 มิลลิเมตรปรอท น้ำมันจะเข้าไปในเนื้อมันฝรั่งได้มากในช่วงแรก จากนั้นจะปรับตัวลดลง จนกระทั่งคงที่ที่ค่าใดค่าหนึ่ง ขึ้นอยู่กับความดันที่ใช้ในการทอด และสำหรับการทอดที่ความดันบรรยากาศปริมาณน้ำมันที่สะสมในเนื้อมันฝรั่งจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามเวลาในการทอด

คารณิ คล้ายเครือ (2550 : 50 - 58) ศึกษาผลของการปรับสภาวะความดัน และอุณหภูมิ ภายหลังการทอดที่ส่งผลต่อปริมาณความชื้น และปริมาณการดูดซับน้ำมันของผลิตภัณฑ์อาหารทอด

โดยนำแผ่นกล้วยที่ผ่านการทอดทั้งในสภาวะปกติที่ความดันบรรยากาศ และสภาวะสุญญากาศ มาทำการศึกษาผลของการปรับสภาวะความดัน และปรับสภาวะอุณหภูมิ ในขณะที่สลัดเหียงน้ำมัน ภายหลังการทอด โดยตรวจสอบลักษณะคุณภาพจากปริมาณความชื้น ปริมาณน้ำมัน ความหดรัด และค่าสี ผลจากการทดสอบพบว่า การลดระดับความดันในขณะที่สลัดเหียงน้ำมัน ภายหลังการทอด ส่งผลให้สามารถลดปริมาณการดูดซับน้ำมันได้ทั้งในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดในสภาวะปกติและสุญญากาศ นอกจากนี้ยังส่งผลต่อการลดปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดในสภาวะปกติ แต่ไม่ส่งผลต่อปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดในสภาวะสุญญากาศ ส่วนค่าความหดรัดและค่าสีของการทอดทั้งสองสภาวะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อลดความดัน ส่วนผลจากการปรับสภาวะอุณหภูมิในขณะที่สลัดเหียงน้ำมันภายหลังการทอด พบว่า เป็นการทำให้อุณหภูมิของผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงส่งผลให้เกิดการสูญเสียความชื้น และลดปริมาณการดูดซับน้ำมันได้ แต่ไม่ส่งผลต่อค่าความหดรัดในการทอดทั้งสองสภาวะ ส่วนผลต่อค่าสีพบว่าผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการทอดในสภาวะปกติจะมีสีคล้ำขึ้นเมื่อผ่านการปรับสภาวะอุณหภูมิ

ถาวร อริยัญชัย (2550 : 70 - 72) ศึกษาแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของกล้วยหอมที่ผ่านการทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ โดยตัวอย่างที่ใช้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 - 30 มิลลิเมตร และความหนา 3.5 - 4.5 มิลลิเมตร ถูกลำมาทอดที่อุณหภูมิ 100 110 และ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที พบว่า ตัวอย่างที่ทอดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที ให้ความขยายตัวที่มากที่สุด ความหนาของชิ้นตัวอย่างจะหดตัวลงในช่วง 5 นาทีแรกของการทอด เนื่องจากชิ้นตัวอย่างสูญเสียไอน้ำอย่างรวดเร็ว ทำให้หดตัวลง ซึ่งหดตัวไปประมาณร้อยละ 20 หลังจากนั้นก็ขยายตัวขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงนาทีที่ 20 ซึ่งขยายตัวคิดเป็นร้อยละ 20.5 หลังจากนั้นชิ้นตัวอย่างก็จะหดตัวลง ที่เป็นแบบนี้เนื่องจากเมื่อเวลาในการทอดผ่านไปผนังของชิ้นอาหารเริ่มเกิดชั้นเปลือกแข็ง (Crust) ทำให้น้ำภายในชิ้นอาหารระเหยออกมาได้ยากจึงดันเปลือกแข็งออกมา ทำให้อาหารมีการขยายตัวขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งน้ำในอาหารเหลือน้อยการขยายตัวจึงหยุด ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นตัวอย่างจะหดตัวลงในระหว่างการทอด และหลังทอดซึ่งจะหดตัวมากในช่วง 5 นาทีแรกของการทอด หลังจากนั้นการหดตัวก็จะน้อยลงซึ่งจะสอดคล้องกับการหดตัวของความหนาที่เกิดขึ้นในช่วงแรก ในส่วนของการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งชิ้นตัวอย่างจะมีค่าความแข็งลดลงในช่วง 10 นาทีแรกของการทอด หลังจากนั้นก็เพิ่มขึ้นจนค่อนข้างคงที่ และสำหรับตัวอย่างที่ทอดที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ก็ให้ค่าความแข็งมากที่สุด ซึ่งเท่ากับ 12.17 นิวตัน

กรเทพ ดิเรกโลก และจรรยา โคตรภูธร (2554 : 60 - 66) ศึกษาสภาวะทอดสุญญากาศที่เหมาะสมสำหรับกล้วยน้ำว้า และการอบลดน้ำมันหลังการทอดด้วยไมโครเวฟ การเตรียมกล้วยน้ำว้า โดยฟานเป็นแผ่นหนาเฉลี่ยประมาณ 1.41 มิลลิเมตร ในการทอดกล้วยน้ำว้าภายใต้สภาวะ

สุญญากาศ จะใช้อุณหภูมิ 110 120 และ 130 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทอดกล้วยน้ำว้า ซึ่งความดันที่ใช้คือ 700 มิลลิเมตรปรอท ในการทอดแต่ละอุณหภูมิ ใช้เวลาที่ต่างกันคือ 90 120 และ 150 วินาที ตามลำดับ กำลังไฟฟ้าการอบลดน้ำมันที่กำลังไฟ 70 350 และ 500 วัตต์ เวลาการอบที่ 30 60 90 120 150 และ 180 วินาที ตามลำดับ จากการประเมินผล โดยผู้ทดสอบชิม พบว่า กล้วยน้ำว้าทอดที่สภาวะสุญญากาศจะได้รับ ความนิยมนด้านคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้านลักษณะปรากฏสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากกว่า การทอดกล้วยน้ำว้าภายใต้สภาวะบรรยากาศ โดยผลิตภัณฑ์การทอดกล้วยน้ำว้าภายใต้สภาวะสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เวลา 90 วินาที กำลังไฟฟ้าอบลดน้ำมันที่เหมาะสม 350 วัตต์ เวลาการอบที่เหมาะสม 90 วินาที จะได้รับความนิยมนจากผู้บริโภคมากที่สุด

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี