พอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

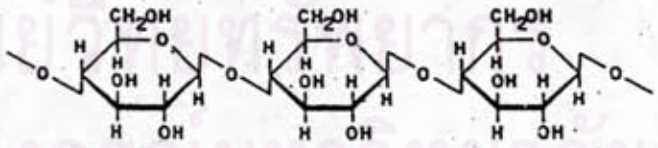
วารสารปริทัศน์

เซลลูโลส

เซลลูโลสเป็นองค์ประกอบสำคัญส่วนหนึ่งของผนังเซลล์พืช ซึ่งจะประกอบด้วย เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ลิกนิน (lignin) และเพกติน (pectin) โดยมีรายละเอียดดังนี้ (Goodwin และ Mercer,1983)

1. เซลลูโลส

เซลลูโลส เป็นพอลิแซ็คคาไรด์ (polysaccharide) ชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของเซลล์พืชมีสูตรโมเลกุลเป็น $(C_6H_{10}O_5)_n$ มีชื่อทางเคมีว่า β-1,4-glucan โครงสร้างของเซลลูโลสประกอบด้วยโมเลกุลของกลูโคส(D-glucose) ตั้งแต่ 15-40,000 หน่วย ต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะไกลโคซิดิก (glycosidic linkage) ที่คาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 1และ 4 (Ang และคณะ, 1991) ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างโมเลกุลของเซลลูโลส

เซลลูโลสเป็นสารที่ไม่ละลายในน้ำ กรดหรือด่างอ่อน แต่ละลายได้ในกรดหรือด่างแก่ เอนไซม์ในร่างกายมนุษย์ไม่สามารถย่อยได้ ในกากอ้อยจะมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณร้อยละ 38 โดยน้ำหนักแห้ง

2. เอมิเซลลูโลส

เอมิเซลลูโลส เป็นพอลิเมอร์(polymer) ของน้ำตาล เช่น ไซแลน (xylan) แมนแนน(mannan) และกรดยูโรนิค(uronic acid) ชนิดต่างๆรวมกัน เอมิเซลลูโลสมีโครงสร้างเป็นกิ่งก้าน(branch) ขนาดของโมเลกุลมีความยาว 30-50 หน่วย มีสมบัติไม่ละลายในน้ำแต่ละลายได้ในด่าง และถูกไฮโดรไลส์ได้ด้วยกรดอ่อน เอมิเซลลูโลสแทรกอยู่ระหว่างสายโมเลกุลของเซลลูโลส และทำหน้าที่เป็นสารเชื่อม (cement)ให้เซลลูโลสและฟิบริล(fibril) อยู่ด้วยกัน

3. ลิกนิน

ลิกนิน เป็น พอลิเมอร์ของไฮดรอกซีเฟนิลโพรเพน (hydroxyphenyl propane) ไม่ละลายในน้ำแต่ละลายได้ในด่าง

4. เพคติน

สารประกอบเพคติคเป็นพอลิเมอร์ของ (1- 4)-α-D- galacturono pyranosyl พบในปริมาณน้อยคือร้อยละ 1-5

เซลลูโลสผง

เซลลูโลสผง ได้จากการนำเซลลูโลสจากพืช เช่น ไม้หรือฝ้ายมาผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ และฟอกสีจนได้เป็นเส้นใยสีขาว ไม่มีกลิ่น มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 ไมครอน ความยาวของเส้นใยขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต แต่ที่ใช้ในอาหารความยาวของเส้นใยอยู่ในช่วง 22-290 ไมครอน (Ang และคณะ, 1991; Food Chemicals Codex,1981) การใช้เซลลูโลสผงและอนุพันธุ์ของเซลลูโลสในอุตสาหกรรมอาหารมีวัตถุประสงค์การใช้แตกต่างกันไปตามลักษณะความต้องการของอาหาร

1. สมบัติของเซลลูโลส (Mark, Bikales, Overberger และMenges, 1985)

เซลลูโลสมีสมบัติในการดูดซับน้ำไว้ที่บริเวณผิว และสามารถเกิดการพองตัวในน้ำและสารละลายได้แตกต่างกันไป โดยเมื่อเรียงลำดับความสามารถในการพองตัวของเซลลูโลสในสารละลายจากน้อยไปหามากได้ดังนี้ ตัวทำละลายอินทรีย์ < น้ำ <เกลือ

< กรด < ด่าง ซึ่งสารที่ทำให้เกิดการพองตัวนี้ ถ้าจับกับเซลลูโลสในสัดส่วนที่เหมาะสม จะเกิดเป็นสารประกอบ นอกจากนี้ แอลฟา-เซลลูโลส (α-cellulose) ละลายได้ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 17.5 เปอร์เซนต์ และการละลายจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของสารละลายลดลง

2. <u>การนำเซลลูโลสมาใช้ลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารทอด</u>

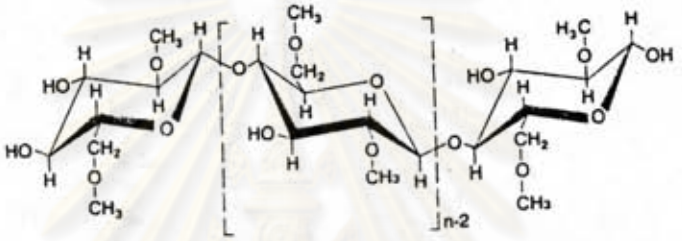
รายงานการวิจัยเกี่ยวกับการนำเซลลูโลสมาใช้ในการลดการดูดซึมน้ำมันในผลิตภัณฑ์อาหารทอดแบบ deep fat frying มีดังนี้

Ang (1990) ได้ทดลองใช้เซลลูโลส 2 ชนิด ที่มีขนาดเส้นใยแตกต่างกัน คือ Solka floc UF-900FCC มีความยาวของเส้นใยประมาณ 110 ไมครอน และ Solka floc UF-1000FCC มีความยาวเส้นใยประมาณ 280 ไมครอน เติมแทนที่แป้งในสูตรมาตรฐานการทำ batter ในปริมาณร้อยละ 1 พบว่าอาหารชุบแป้งทอดที่มีการเติมเซลลูโลสอมน้ำมันน้อยลงหลังการทอด แต่ความชื้นของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น สาเหตุที่ทำให้อาหารชุบแป้งทอดที่มีส่วนประกอบของเซลลูโลสผงอมน้ำมันน้อยลงหลังการทอดนั้น เนื่องจากเซลลูโลสผงมีสมบัติชอบน้ำ(hydrophilic) จึงทำให้เกิดพันธะไฮโดรเจนที่แข็งแรงระหว่างน้ำกับเซลลูโลสในอาหาร จึงมีผลให้ปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ในอาหารชุบแป้งทอดน้อยลง

ต่อมา Ang และคณะ (1990) ได้ทดลองใช้เซลลูโลสผง UF-900FCC เติมในโดนัต 2 ชนิด คือ rich cake doughnut ซึ่งมีปริมาณน้ำตาลและไข่สูง กับlean cake doughnutซึ่งมีปริมาณไข่และน้ำตาลต่ำ โดยใช้เซลลูโลสผงในลักษณะแทนที่ปริมาณแป้งและแปรปริมาณการใช้เป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 1, 2 และ 3 จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณเซลลูโลสร้อยละ 1 สามารถลดปริมาณน้ำมันที่ถูกดูดซึมในอาหารได้ร้อยละ 10 แต่ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 7 เมื่อใช้เซลลูโลสผงในปริมาณร้อยละ 3 ลดการอมน้ำมันในผลิตภัณฑ์ได้ร้อยละ 20 แต่ปริมาณความชื้นเพิ่มเป็นร้อยละ 16 และผลจากทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า โดนัตทั้ง 2 ชนิดที่เติมเซลลูโลสผงในปริมาณร้อยละ 1 และ 2 เปรียบเทียบกับโดนัตที่ไม่มีการเติมเซลลูโลสผงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อใช้เซลลูโลสผงในปริมาณร้อยละ 3 โดนัตจะมีลักษณะแน่นขึ้น นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้เซลลูโลสผงจะมีปริมาตรใหญ่ขึ้นและสีอ่อนลง

เมทิลเซลลูโลส (Methylcellulose)(Glicksman,1969)

เมทิลเซลลูโลสได้จากการเติมหมู่เมทิล (methyl group; $-CH_3$) เข้าแทนที่หมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group; -OH) ในเซลลูโลส ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ทำให้เมทิลเซลลูโลสสามารถละลายน้ำได้ โดยอัตราส่วนของหมู่เมทิลที่เข้าแทนที่ในเซลลูโลสทำให้เมทิลเซลลูโลสมีสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์แตกต่างกัน



รูปที่ 2.2 โครงสร้างโมเลกุลของเมทิลเซลลูโลส

1. สมบัติของเมทิลเซลลูโลส

เมทิลเซลลูโลสสามารถละลายได้ในน้ำเย็น และให้สารละลายที่มีความหนืด ซึ่งเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายให้สูงขึ้น ในช่วงแรกสารละลายจะมีความหนืดลดลง แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจนถึงจุดหนึ่ง สารละลายจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและเกิดเป็นเจล เนื่องจากเมทิลเซลลูโลสเป็นสารประเภท nonionic จึงไม่ทำปฏิกิริยากับสารประเภทอิเล็กโตรไลต์ (electrolyte) แต่สารอิเล็กโตรไลต์มีผลต่อการดูดน้ำของเมทิลเซลลูโลส โดยทำให้การดูดน้ำลดลง นอกจากนี้เมทิลเซลลูโลสสามารถสร้างฟิล์มที่มีสมบัติป้องกันการซึมผ่านของตัวทำละลายอินทรีย์และสารพวกไขมันได้

2. การนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

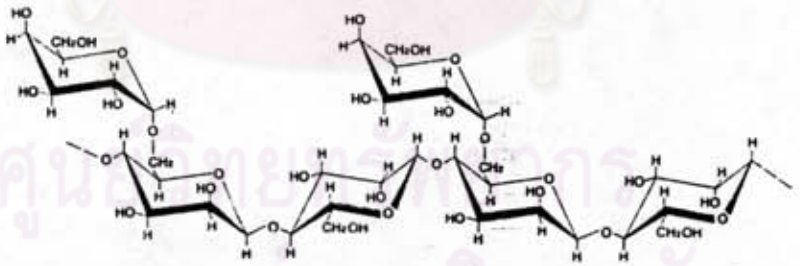
เนื่องจากเมทิลเซลลูโลสมีสมบัติในการเกิดเจล การเกาะติด และไม่ดูดน้ำมัน จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอดและโดนัต พบว่า โดนัตยีสต์ที่ใช้เมทิลเซลลูโลสในปริมาณร้อยละ 0.2 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีปริมาตรจำเพาะ(specific volume) เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 และลดการอมน้ำมันได้ร้อยละ 14 ทั้งนี้เป็นเพราะโดที่ได้มีความทน

ทานต่อการผสม จึงทำให้ในขั้นตอนการหมักสามารถกักเก็บก๊าซได้ดี อีกทั้งเมทิลเซลลูโลสสามารถสร้างฟิล์มที่ป้องกันการซึมผ่านน้ำมันได้ และเมทิลเซลลูโลสก็ไม่ละลายในไขมันและน้ำมัน (Glicksman, 1969)

Meyers และ Conklin (1990) ทดลองเติมไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (hydroxypropyl methylcellulose) ซึ่งมีปริมาณ methoxyl ร้อยละ 27-30 และ hydroxypropyl ร้อยละ 4-12 ในส่วนผสมของ batter เพื่อใช้สำหรับชุบไก่ ปลาและผัก พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากทอดมีการอมน้ำมันน้อยลง และไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสช่วยเพิ่มความหนืดให้กับ batter ด้วย

<u>ก้วกัม</u> (guar gum) (Glicksman,1969)

ก้วกัมเป็นคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน มีโครงสร้างทางเคมีเป็น galactomannan โดยมี straight backbone chain เป็น D-mannopyranose และมีกิ่งก้านเป็น D-galactopyranose ซึ่งจะแตกแขนงทุกยูนิตที่ 2 ของ mannopyranose ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 โครงสร้างโมเลกุลของก้วกัม

จากโครงสร้างทางเคมีที่เป็นกิ่งก้านมาก ทำให้ก้วกัมมีสมบัติในการดูดน้ำ (hydration) ได้เร็ว

1. <u>สมบัติของก้วกัม</u>

สมบัติที่สำคัญของก้วกัมคือ ความสามารถในการดูดน้ำได้เร็วในน้ำเย็นและ

ให้สารละลายที่มีความหนืดสูง โดยใช้เวลาในการดูดน้ำเพียง 2 ชั่วโมง สารละลายที่ได้มีความหนืดสูงสุด เนื่องจากก้วกัมเป็น uncharged nonionic polymer จึงมีความคงตัวต่อ pH ในช่วงกว้าง คือตั้งแต่ pH 1-10.5

2. การใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร

ก้วกัมเมื่อถูกน้ำจะมีการพองตัว และให้สารละลายที่มีความหนืดจึงนิยมนำไปใช้เป็นสารช่วยให้เกิดความข้นหนืด (thickening agent) และใช้เป็นสาร emulsifying agent นอกจากนี้พบว่าถ้าใช้ก้วกัมในปริมาณร้อยละ 1 เติมใน batter ของโดนัต มีผลให้เกิดการสร้างฟิล์มขึ้น ซึ่งฟิล์มนี้ช่วยป้องกันการแทรกซึมของไขมันและน้ำมันจากภายนอกเข้าสู่ภายในชิ้นอาหารได้

แป้งชุบทอด (Suderman, 1983)

แป้งชุบทอด หมายถึง ส่วนผสมเหลวที่มีลักษณะข้น ประกอบด้วย แป้ง น้ำ สารทำให้ขึ้นฟู และสารปรุงแต่งกลิ่นรส ใช้สำหรับชุบอาหารต่าง ๆ ก่อนนำไปทอดเพื่อให้กรอบ

1. ส่วนประกอบของแป้งชุบทอด (Suderman, 1983)

ส่วนประกอบโดยทั่วไปสำหรับแป้งชุบทอด แบ่งได้เป็น 2 กลุ่มคือ

1.1 ส่วนประกอบหลัก ได้แก่ แป้งซึ่งใช้ในปริมาณมากถึงร้อยละ 80-90 ของน้ำหนัก จึงเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ในสูตร แป้งที่นิยมใช้จะเป็นแป้งสาลี เนื่องจากโปรตีนที่มีในแป้งสาลีมีความสำคัญต่อลักษณะของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะไกลเอดิน(gliadin) และกลูเตนิน(glutenin) ซึ่งสามารถรวมตัวกันเป็นกลูเตน(gluten) ทำให้เกิดโครงสร้างที่สามารถกักเก็บก๊าซและมีผลทำให้ความหนืดของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น แต่โปรตีนในแป้งจากธัญพืชอื่น เช่น แป้งข้าวเจ้า และ แป้งข้าวโพด มีปริมาณโปรตีนน้อยกว่าแป้งสาลี ทำให้ไม่สามารถเกิดโครงสร้างที่สามารถกักเก็บก๊าซได้ หรือให้ batter ที่มีความหนืดเหมือนโปรตีนจากแป้งสาลี

แป้งสาลีที่ใช้ในการทำแป้งชุบทอด ควรใช้แป้งสาลีชนิดที่มีโปรตีนอยู่ในช่วงร้อยละ 9-10 ซึ่งถ้าใช้แป้งที่มีปริมาณโปรตีนสูงมากกว่าร้อยละ 11 ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีเปลือกห่อหุ้มที่แข็งเกินไป

1.2 ส่วนผสมที่มีปริมาณน้อยเช่น กัม(gum) ผงฟู สารปรุงแต่งกลิ่นรส ส่วนผสมเหล่านี้ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ในการช่วยส่งเสริมคุณสมบัติเฉพาะด้านของแป้งชุบทอด เช่น ความหนืด การเกาะติดผิวอาหาร ลักษณะเนื้อสัมผัส และกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์

2. <u>อัตราส่วนของน้ำที่ใช้ผสมต่อปริมาณแป้งผสม</u> (Suderman, 1983)

น้ำเป็นส่วนผสมที่สำคัญในการทำหน้าที่ละลายผงฟูและส่วนผสมอื่นๆ ทำให้ผงฟูเกิดปฏิกิริยาสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำมีส่วนทำให้เกิดการ gelatinization ของแป้งสตาร์ช(starch)เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และทำให้เกิดโครงสร้างขึ้น(Charley, 1982) สำหรับปริมาณน้ำที่ใช้ผสมกับแป้งจะแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับคุณภาพของแป้งและส่วนผสม

ในระบบของ batter ที่ปริมาณน้ำมีจำกัด พบว่า gelatinizationของแป้งจะเกิดที่อุณหภูมิสูงกว่าปกติ และกรณีที่ปริมาณน้ำน้อยมากการเกิด gelatinization ไม่สมบูรณ์ จึงจำเป็นที่ต้องใช้น้ำในปริมาณเพียงพอที่จะทำให้เม็ดแป้ง gelatinize และเกิดเป็นเจลเคลือบชิ้นอาหารได้ นอกจากนี้ปริมาณน้ำยังมีผลต่อความหนืดและความสามารถในการเกาะติดผิวอาหารของ batter ถ้าใช้น้ำในปริมาณน้อยทำให้ batter ที่ได้ข้นเกินไป ถึงแม้ช่วยให้ความสามารถในการเกาะติดผิวอาหารในระหว่างการทอดดีขึ้น แต่ภายหลังทอดสุกแล้ว พบว่า แป้งที่ห่อหุ้มอาหารอยู่มีแนวโน้มหลุดออกได้ง่ายกว่าเมื่อชุบbatter ที่เหลว ทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณน้ำที่น้อยเกินไปจนทำให้แป้ง gelatinize เกิดเป็นเจลที่ไม่สมบูรณ์ โดยทั่วไปปริมาณน้ำที่ใช้ผสมต่อแป้งชุบทอดจะอยู่ประมาณ 1.5-2.0:1

3. <u>คุณสมบัติที่ต้องการของแป้งชุบทอด</u> (Kulp และ Loewe, 1990; Suderman, 1983)

3.1 ความกรอบ

ความกรอบเป็นสมบัติที่สำคัญของแป้งชุบทอดอันเป็นสิ่งที่แสดงถึงความพึงพอใจในการรับประทาน สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อความกรอบของแป้งชุบทอด คือ

3.1.1 ชนิดของแป้งที่ใช้เป็นส่วนผสมหลัก (Suderman, 1983) แป้งแต่ละชนิดมีผลต่อความกรอบของผลิตภัณฑ์แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับองค์ประกอบและสมบัติของแป้ง ได้แก่ อัตราส่วนของอะมิโลส (amylose) ต่ออะมิโลเพกทิน (amylopectin) ซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิในการเกิดเจลและการเกิดเป็นเจลเคลือบชิ้นอาหาร แป้งที่มีอะมิโลสสูง

จะมีอุณหภูมิในการเกิดเจลสูง ซึ่งช่วยให้น้ำที่ผสมในแป้งหรือในชิ้นอาหารมีโอกาสถูกความร้อน และระเหยออกได้มากก่อนที่แป้งเกิดเป็นเจลเคลือบชิ้นอาหาร ทำให้แป้งที่เคลือบอยู่หลังจากทอดสุกแล้วดูดซับน้ำจากชิ้นอาหารได้น้อยลง จึงยังคงมีความกรอบมากกว่าแป้งที่มีอุณหภูมิในการเกิดเจลต่ำ และเกิดเป็นเจลอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้อะมิโลสยังเกิดเป็นฟิล์มที่มีโครงสร้างแข็งแรงกว่าอะมิโลเพคติน ดังนั้นแป้งที่มีปริมาณอะมิโลสสูง จึงช่วยให้ผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอดมีความกรอบสูงขึ้น แต่ต้องมีอัตราส่วนของอะมิโลสต่ออะมิโลเพคตินในระดับที่เหมาะสมไม่สูงเกินไป ทั้งนี้เนื่องจากถ้ามีอะมิโลสสูงเกินไป ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแข็งกระด้างจนผู้บริโภคไม่ยอมรับ นอกจากนี้ปริมาณโปรตีนมีผลต่อความกรอบของแป้งชุบทอดด้วย เนื่องจากโปรตีนมีผลต่ออุณหภูมิในการเกิดเจลและทำให้เกิดโครงสร้างที่แข็งแรง แป้งที่มีโปรตีนสูงมีผลทำให้อุณหภูมิแป้งสุกสูงขึ้น ระดับโปรตีนในแป้งชุบทอดที่เหมาะสมอยู่ระหว่างร้อยละ 9-11

3.1.2 อุณหภูมิที่ใช้ในการทอด การทอดแบบ deep fat frying ต้องควบคุมอุณหภูมิของน้ำมันที่ใช้ทอดให้อยู่ในช่วง 150-220 องศาเซลเซียส เพราะถ้าอุณหภูมิต่ำกว่า 150 องศาเซลเซียส ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความพองกรอบน้อยลง แต่ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 220 องศาเซลเซียส แป้งจะ gelatinize อย่างรวดเร็วเกิดเป็นเปลือกห่อหุ้มอาหาร ประกอบกับเกิดปฏิกิริยา caramelization อย่างรวดเร็วขึ้น ดังนั้นผิวด้านนอกของผลิตภัณฑ์จึงมีสีน้ำตาลอย่างรวดเร็ว โดยที่น้ำในชิ้นอาหารระเหยออกได้เพียงเล็กน้อย ทำให้ความกรอบของผลิตภัณฑ์ลดลง

3.1.3 ส่วนผสมชนิดอื่นๆ ที่ใช้ เช่น ไข่, กัมบางชนิด มีผลทำให้ความกรอบของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

3.2 การเกาะติดผิวอาหาร

การเกาะติด (adhesion) หมายถึง การจับกันทางเคมีหรือกายภาพของตัวห่อหุ้ม ซึ่งไม่ว่าจะเป็นการจับตัวของแป้งหรือการจับตัวของแป้งกับอาหาร การเกาะติดผิวอาหารเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอีกประการหนึ่งของผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอด ซึ่งมีผลต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ สำหรับปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกาะติดผิวอาหารมีหลายปัจจัย ได้แก่ ชนิดของแป้งที่เป็นส่วนผสม, สารช่วยให้เกิดความข้นหนืด, ปริมาณน้ำที่ใช้ผสม, การให้ความร้อนเบื้องต้น

3.3 การพองตัว (puffing)

การพองตัวของแป้งชุบทอดเกิดจาก 2 ปัจจัย คือ ผงฟูที่มีในผลิตภัณฑ์ ซึ่งเมื่อเกิดปฏิกิริยาทำให้ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลให้ผลิตภัณฑ์เกิดการพองตัว และอีกปัจจัยที่มีผลต่อการพองตัวคือสมบัติของตัวแป้ง ซึ่งเกิดจากการพองตัว (swelling) และการดูดน้ำ (hydration) ของเม็ดแป้งเมื่อได้รับความร้อน

3.4 สีของผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์แป้งชุบทอดที่มีสีน้ำตาลทองจะเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคโดยส่วนมาก สำหรับปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับสีของผลิตภัณฑ์ได้แก่องค์ประกอบของส่วนผสม ตัวอย่างเช่น โปรตีนและน้ำตาลมีความสำคัญในการเกิดปฏิกิริยา Maillard ทำให้เกิดสีในผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้อุณหภูมิและเวลาในการทอดก็เป็นอีกปัจจัยที่สำคัญต่อคุณภาพสี

<u>โดนัต</u> (doughnut)

โดนัตเป็นผลิตภัณฑ์ขนมทอดชนิดหนึ่ง ซึ่งมีรูปร่างส่วนใหญ่เป็นวงแหวนและรูปร่างอื่นๆ เช่น รูปกลม รูปรี รูปเกลียว ขึ้นกับแนวความคิดของผู้ผลิตเพื่อให้ผลิตภัณฑ์เป็นที่สะดุดตา หรือทำตามความนิยมของผู้บริโภค โดนัตแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. <u>โดนัตเค้ก</u> (doughnut cake) (Lawson, 1985)

โดนัตชนิดนี้ใช้ผงฟูเป็นตัวทำให้ขึ้นฟู โดยแป้งที่ผสมเสร็จแล้วจะมีลักษณะคล้ายกับ batter ของเค้ก ซึ่งสามารถหยอดโดยใช้เครื่องหยอดเป็นรูปวงแหวน และลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์ที่ได้เหมือนกับเนื้อเค้กเช่นกัน

1.1 ส่วนผสมของโดนัตเค้ก ประกอบด้วย

1.1.1 แป้งสาลี แป้งที่ใช้ควรมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 9.5-10.5 เพื่อให้เนื้อโดนัตที่ได้ไม่เหนียวและแข็งเกินไป แต่ก็มีความคงตัวเป็นโครงร่างขึ้นฟู

1.1.2 น้ำตาล ใช้ปริมาณร้อยละ 20-25 เป็นตัวช่วยให้เกิดความนุ่ม ชุ่มฉ่ำ และให้รสหวานกับผลิตภัณฑ์

1.1.3 ไข่ มีส่วนช่วยทำให้เกิดโครงสร้าง สี และให้คุณค่าทางอาหาร

1.1.4 ไขมัน ในขณะที่ตีส่วนผสมไขมันจะเป็นตัวช่วยเก็บอากาศทำให้ขึ้นฟู และช่วยในการแทรกตัวระหว่างโปรตีนและสตาร์ช ถ้าไขมันที่ใช้มีคุณสมบัติในการเป็น emulsifier จะช่วยให้ส่วนผสมที่เป็นของเหลวเข้ากับส่วนผสมอื่นได้ดี ทำให้เนื้อมีความชุ่มฉ่ำและอ่อนนุ่ม

1.1.5 น้ำนม ทำให้เกิดโครงสร้างและสีในผลิตภัณฑ์ ช่วยเสริมคุณค่าทางอาหารให้กับผลิตภัณฑ์

1.1.6 ผงฟู ปริมาณที่ใช้ขึ้นกับสูตรแป้งผสม ถ้าใช้ผงฟูมากทำให้ลักษณะเนื้อผลิตภัณฑ์ที่ได้ไม่ดี และดูดน้ำมันมากเวลาทอด

1.1.7 เกลือ ช่วยในการเพิ่มรสชาติ

1.2 ขั้นตอนการทำโดนัตเค้ก แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน

1.2.1 การผสม ระยะเวลาการผสมที่ถูกต้องขึ้นกับสูตรที่ใช้ ซึ่งระยะเวลาการผสมจะมีผลต่อคุณภาพของโดนัต โดยสูตรที่มีปริมาณน้ำตาลและไข่สูงต้องใช้เวลาการผสมนานขึ้น

1.2.2 การพัก ภายหลังการผสม batter ที่ได้ควรพักประมาณ 10-15 นาที ก่อนนำไปปั้นหรือทอด เพื่อให้ batter เกิดการคลายตัวป้องกันการหดตัว

1.2.3 การทอด อุณหภูมิที่ใช้ทอดอยู่ในช่วง 185-193 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45-60 วินาที สำหรับแต่ละด้าน

2. <u>โดนัตยีสต์</u> (doughnut yeast)(อรอนงค์ นัยวิกุล, 2532)

โดนัตยีสต์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยีสต์ในการทำให้ขึ้นฟู โดยลักษณะของแป้งเมื่อผสมเสร็จแล้วจะคล้ายกับโดขนมปัง

2.1 ส่วนผสมของโดนัตยีสต์

2.1.1 แป้งสาลี เป็นตัวทำให้เกิดโครงสร้างของโดนัต แป้งที่ใช้ผลิตควรมีปริมาณโปรตีนประมาณร้อยละ 10-11 เถ้าร้อยละ 0.42-0.44 ซึ่งได้จากการนำแป้งชนิดโปรตีนสูง(hard wheat flour) และแป้งชนิดโปรตีนต่ำ (soft wheat flour)ผสมกัน ถ้าใช้แป้งชนิดโปรตีนต่ำมากเกินไปโดนัตที่ได้มีปริมาตรเล็ก แต่ถ้าใช้แป้งชนิดโปรตีนสูงมากเกินไปโดนัตที่ได้จะแห้งและแข็ง

2.1.2 น้ำ เป็นส่วนผสมหลักสำคัญที่ทำให้แป้งกลายเป็นโดและมีผลต่อลักษณะของโดโดยตรง น้ำทำหน้าที่ละลายเกลือ ยีสต์ หรือส่วนผสมอื่น ให้สามารถผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันกับโดอย่างสม่ำเสมอ นอกจากนั้นยังช่วยควบคุมอุณหภูมิของโดให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยีสต์และการทำงานของเอ็นไซม์ อีกทั้งมีส่วนทำให้สตาร์ชเกิดเป็นเจลเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

2.1.3 ยีสต์ เป็นส่วนผสมสำคัญในการช่วยทำให้เกิดก๊าซภายในโดและให้กลิ่นรส ยีสต์ที่ผสมอยู่ในโดเจริญเติบโตได้โดยรับน้ำและอากาศจากการผสมโดยใช้น้ำตาลกับสารอาหารต่างๆในโดเป็นอาหาร ทำให้ยีสต์เพิ่มจำนวนมากขึ้น เอ็นไซม์ในยีสต์จะเปลี่ยนน้ำตาลเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แอลกอฮอล์ และพลังงาน

2.1.4 ไขมัน ปริมาณที่ใช้ควรอยู่ในช่วงร้อยละ 10-20 ไขมันเป็นตัวช่วยให้เนื้อขนมนุ่มและเก็บได้นาน

2.1.5 เกลือ ใช้ประมาณร้อยละ 1-1.5 เพื่อให้ได้รสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ทำให้กลูเตนแข็งแรงขึ้นไม่แฉะ และช่วยควบคุมการทำงานของยีสต์ให้ช้าลง มีการหมักนานขึ้น ทำให้โดนัตขึ้นฟูสม่ำเสมอและมีโครงสร้างดี

2.1.6 น้ำตาล ใช้ประมาณร้อยละ 8-16 ปริมาณการใช้ขึ้นกับความนุ่มและสีของเปลือกที่ต้องการ

2.1.7 นมผง ใช้นมผงชนิดขาดมันเนยร้อยละ 3-6 เพื่อทำให้เกิดสีของเปลือกนอก และให้รสชาติตามต้องการ

2.1.8 ไข่ ปริมาณที่ใช้ร้อยละ 10-15 ช่วยให้โครงสร้างของเนื้อโดนัตดีขึ้น แต่ถ้าใช้มากเกินไปทำให้เนื้อโดนัตแห้ง

2.2 ขั้นตอนการทำโดนัตยีสต์

2.2.1 การผสม เวลาในการผสมอยู่ในช่วง 1/2-8 นาที ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของแป้ง ถ้าใช้แป้งสาลีชนิดโปรตีนสูงในส่วนผสมมาก ต้องใช้เวลาในการผสมนาน หากใช้เวลาในการผสมน้อยไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีปริมาตรต่ำและเนื้อสัมผัสหยาบ แต่ถ้าใช้เวลาในการผสมมากเกินไป ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีรูขนาดใหญ่ ผิวไม่เรียบ

2.2.2 การหมัก ใช้เวลาประมาณ 1-2 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับสูตรส่วนผสม อุณหภูมิของโดและปัจจัยอื่นๆ โดยที่อุณหภูมิ 25.5-29.5 องศาเซลเซียสใช้เวลา

ในการหมักประมาณ 20-30 นาที ถ้าอุณหภูมิในการหมักสูงเกินไปขนาดของโดไม่สม่ำเสมอ และสีของเปลือกนอกจะอ่อน ต้องใช้เวลาในการทอดนาน แต่ถ้าอุณหภูมิในการหมักต่ำไป ทำให้โดขยายตัวไม่ดีเท่าที่ควร

2.2.3 การปั้นเป็นรูปร่าง ตัดโดเป็นก้อนให้มีน้ำหนักตามต้องการ คลึงให้เป็นรูปกลม และกดตรงกลางให้เป็นรูก่อนที่แป้งจะขึ้นเต็มที่เล็กน้อย .

2.2.4 การหมักขั้นสุดท้าย อุณหภูมิที่ใช้ในการหมักประมาณ 37 องศาเซลเซียส เวลา 20-25 นาที ถ้าใช้เวลาในการหมักนานเกินไป ทำให้โดนัตมีเนื้อหยาบ ปริมาตรไม่ขึ้นและอมน้ำมันมาก แต่ถ้าใช้เวลาในการหมักน้อยเกินไป ทำให้โดนัตมีเนื้อแน่นและอายุการเก็บสั้น

2.2.5 การทอด อุณหภูมิที่ใช้ทอดโดนัตทั่วไปประมาณ 185-193 องศาเซลเซียส

<u>ปัจจัยที่มีผลต่อการอมน้ำมัน</u>

การอมน้ำมันของอาหารที่ทอดแบบ deep fat frying เกี่ยวข้องกับปัจจัยต่างๆ ได้แก่

1. อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ทอด เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการอมน้ำมันของผลิตภัณฑ์ โดยควรใช้อุณหภูมิสูงแต่เวลาน้อยในการทอด ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการอมน้ำมันน้อย แต่ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำในการทอด จำเป็นต้องใช้เวลาในการทอดนานขึ้น ระยะเวลาที่อาหารสัมผัสกับน้ำมันเพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีการอมน้ำมันมากขึ้น (Lawson, 1985)

ในการทอดแต่ละครั้งจิงไม่ควรใส่อาหารปริมาณมาก เพราะทำให้อุณหภูมิของอาหารลดต่ำลง ทำให้ต้องเพิ่มเวลาในการทอดนานขึ้น (Lawson, 1985; Gamble, Rice และ Selman, 1987)

2. ส่วนประกอบของอาหารที่ใช้ ได้แก่ น้ำตาล ไขมัน โดยพบว่า โดนัตที่มีสูตรส่วนผสมในส่วนของน้ำตาลและไขมันมาก ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการอมน้ำมันมากขึ้นตามปริมาณของไขมันและน้ำตาล (ศิริลักษณ์ สินธุวาลัย, 2522)

จากการศึกษาของ Meyers และ Conklin (1990) พบว่าการใช้ hydroxypropyl methylcellulose เติมในสูตรแป้งชุบทอด ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการอมน้ำมันน้อยลง นอกจากนี้การใช้เซลลูโลสผง 1-2 เปอร์เซ็นต์ เติมในสูตรการทำโดนัตและแป้งชุบทอด ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีการอมน้ำมันลดน้อยลงเช่นเดียวกัน

3. พื้นที่ผิวของอาหารที่สัมผัสกับน้ำมัน อาหารที่มีขนาดชิ้นใหญ่อมน้ำมันมากกว่าอาหารที่มีขนาดชิ้นเล็ก และอาหารที่มีผิวหน้าขรุขระหรือมีรูพรุน ก็มีการอมน้ำมันสูงกว่าอาหารที่มีผิวหน้าเรียบ ทั้งนี้เนื่องจากอาหารดังกล่าวล้วนมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับน้ำมันมากกว่า (อมรรัตน์ มุขประเสริฐ, 2534)

4. จุดที่เป็นควัน (smoking point) ของน้ำมัน พบว่าน้ำมันที่ใช้สำหรับทอดถ้ามีจุดที่เป็นควันต่ำ ทำให้ไม่สามารถใช้อุณหภูมิสูงในการทอดได้ ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการทอดจะนานขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการอมน้ำมันสูง (Gamble และคณะ, 1987)

5. ความชื้นเริ่มต้นของอาหาร จากการศึกษาของ Gamble และคณะ(1987) พบว่าการอมน้ำมันมีส่วนสัมพันธ์กับความชื้นที่สูญเสียไปในการทอด โดยน้ำมันจะเข้าไปอยู่ในตำแหน่งพื้นที่ซึ่งความชื้นสูญเสียไปง่ายที่สุด ดังนั้นอาหารที่มีความชื้นเริ่มต้นสูง ผลิตภัณฑ์ที่ได้ภายหลังการทอดก็มีการอมน้ำมันสูงขึ้นด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย