

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 फिल्मब्रिโकोद (Edible film)

2.1.1 ความหมายของฟิล์มบรีโโคด

ฟิล์มบรีโโคดได้หมายถึง วัสดุแผ่นบางที่บรีโโคดได้ นำมาใช้กับอาหารโดยเคลือบผิวของอาหารโดยตรง หรือเตรียมแผ่นฟิล์มขึ้นมาก่อนแล้วจึงนำมาใช้กับอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันหรือชะลอการผ่านเข้าออกของก๊าซ ไอน้ำ ไขมัน เกลือ สารละลาย จุลินทรีย์ หรือสารอื่นๆ จากอาหาร ฟิล์มที่เตรียมขึ้นอาจใช้สารชนิดเดียวหรือหลายชนิดรวมกัน โดยนำคุณลักษณะเด่นของสารแต่ละชนิดมาใช้ประโยชน์ (Guilbert, 1986)

2.1.2 ข้อดีของฟิล์มบรีโโคด

ปัจจุบันแนวโน้มในการใช้ฟิล์มและสารเคลือบบรีโโคดได้เพื่อรักษาคุณภาพและยืดอายุการเก็บอาหารมีเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากฟิล์มและสารเคลือบบรีโโคดได้มีข้อดีหลายประการ คือ

1. สามารถบรีโโคดฟิล์มได้พร้อมกับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ หรือสลายตัวในขณะที่ปรุงอาหาร ทำให้เกิดความสะดวกในการบรีโโคด และเป็นการลดปัญหามลพิษในสิ่งแวดล้อมได้
2. ในกรณีที่ไม่บรีโโคดฟิล์ม ฟิล์มที่ทิ้งไปสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้โดยง่าย เป็นการช่วยลดปัญหามลพิษเช่นกัน
3. เพิ่มคุณภาพทางประสาทสัมผัสแก่ผลิตภัณฑ์อาหาร ทำให้น่ารับประทานมากขึ้น
4. เสริมคุณค่าทางอาหาร โดยเฉพาะฟิล์มที่ทำจากโปรตีน
5. ใช้หุ้มอาหารโดยแยกออกเป็นแต่ละชั้น เช่น ถั่ว สตรอเบอร์รี่
6. ใช้เป็นแผ่นกั้นระหว่างอาหารที่มีองค์ประกอบแตกต่างกัน เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพ เนื่องจากการถ่ายเทความชื้นและไขมันในเนื้ออาหารที่แตกต่างกัน เช่น พืชชา พาย เป็นต้น
7. ทำหน้าที่เก็บสารป้องกันจุลินทรีย์ และสารกันหืน และยังควบคุมอัตราการซึมของสารกันเสียจากฟิล์มเข้าสู่เนื้ออาหาร
8. สามารถทำฟิล์มให้เป็นเม็ดแคปซูล บรรจุสารให้กลิ่นรสและสารทำให้ขึ้นฟู (leavening agent) เพื่อควบคุมการเติมสารที่ใส่ในอาหารอย่างมีประสิทธิภาพ

9. สามารถใช้ร่วมกับฟิล์มพลาสติกโดยใช้ฟิล์มที่รับประทานได้สัมผัสกับอาหารโดยตรง (มณฑาทิพย์ ยุทธฉลาด, 2535; Krochta, 1997)

2.1.3 ชนิดของฟิล์มบริโภคได้

ชนิดของฟิล์มที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. ฟิล์มโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide film) ได้แก่ เซลลูโลส สตาร์ช เพคติน แอลจีเนต คาราจีแนน เป็นต้น ฟิล์มโพลีแซคคาไรด์ที่ละลายน้ำได้มีสมบัติสามารถควบคุมการแพร่ผ่านของก๊าซได้ดี จึงสามารถใช้ยืดอายุการเก็บผัก ผลไม้ อาหารทะเล หรือผลิตภัณฑ์เนื้อ โดยป้องกันการเกิด dehydration, oxidative rancidity และ surface browning นอกจากนี้ ฟิล์มโพลีแซคคาไรด์ยังมีสมบัติที่สามารถคงรูปได้ที่อุณหภูมิสูง จึงนำไปใช้เพื่อลดการดูดซึมน้ำมันในระหว่างการทอดได้

2. ฟิล์มลิปิด (lipid film) ได้แก่ acetylated monoglycerides, ไข (wax) และ สารตึงผิว (surfactant) เป็นต้น ฟิล์มลิปิดมีสมบัติสามารถเป็นตัวกั้นไอน้ำและก๊าซได้ดี เนื่องจากลักษณะที่เป็นไฮโดรโฟบิก จึงมีการนำมาใช้เคลือบผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ถั่ว ลูกอม ผลไม้แห้ง และ ลูกกวาด เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้น และป้องกันการเกิดออกซิเดชัน ปัจจุบันนิยมนำลิปิดมาขึ้นรูปผสมกับโพลีแซคคาไรด์ หรือโปรตีน เพื่อให้มีสมบัติที่เหมาะสมต่อการนำฟิล์มไปใช้ประโยชน์มากยิ่งขึ้น

3. ฟิล์มโปรตีน (protein film) แหล่งของโปรตีนที่นิยมใช้ในการผลิตฟิล์มและสารเคลือบอาหารมีหลายชนิด ได้แก่ โปรตีนจากข้าวโพด กลูเตน เคซีน เวย์ โปรตีนจากถั่วเหลือง คอลลาเจน เจลาติน โปรตีนจากปลา โปรตีนจากข้าวฟ่าง ไข่ขาว เป็นต้น (Kester and Fennema, 1986; McHugh and Krochta, 1994c)

2.2 ฟิล์มโปรตีน (Protein film)

2.2.1 การขึ้นรูปฟิล์มโปรตีน

ฟิล์มโปรตีนเกิดจากการเสียสภาพของโปรตีนด้วยความร้อน ทำให้โครงสร้างของโปรตีนเกิดการคลายตัวจากสภาพ globular เป็น fibrous หรือ fiber-like structure ทำให้หมู่ sulfhydryl และ hydrophobic side chain ของโปรตีนเปิดออก และเกิด interaction ระหว่างโมเลกุลโปรตีนด้วยพันธะไฮโดรเจน, electrostatic, ไฮโดรโฟบิก และ โควาเลนต์ โดยเฉพาะพันธะไดซัลไฟด์เป็นพันธะที่สำคัญในการขึ้นรูปฟิล์ม ซึ่งลำดับของกรดอะมิโนและคีรีของการเสียสภาพส่งผลต่อ protein-protein interaction ของฟิล์มโปรตีน (Iwata et al., 2000)

2.2.2 สมบัติของฟิล์มโปรตีน (McHugh and Krochta, 1994c)

ฟิล์มโปรตีนมีสมบัติทางกลและสมบัติการเป็นตัวกั้นที่ดีกว่าฟิล์มโพลีแซคคาไรด์ (Cuq, Gontard, and Guilbert, 1995b) เนื่องจากโปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโนถึง 20 ชนิด ทำให้มี functional properties ที่หลากหลายกว่าฟิล์มโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็น homopolymers นอกจากนี้ โปรตีนยังสามารถปรับปรุง functional properties ด้วยวิธีทางเคมีได้ง่ายกว่าวัสดุที่เป็นโพลีแซคคาไรด์ด้วย

1. สมบัติการแพร่ผ่านไอน้ำ (Water vapor permeability) เป็นสมบัติที่สำคัญที่สุดของฟิล์มบริโกล เนื่องจากระดับความชื้นในอาหารมีส่วนสำคัญมากต่อการรักษาความสด การเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และรสชาติและเนื้อสัมผัสของอาหาร ฟิล์มบริโกลได้จากโปรตีนมีสมบัติการแพร่ผ่านไอน้ำสูงกว่าฟิล์มสังเคราะห์ที่ไม่สามารถบริโกลได้ เนื่องจากโครงสร้างโดยธรรมชาติของโปรตีนที่เป็นไฮโดรฟิลิก สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ดี โดยปัจจัยที่มีผลต่อสมบัติการแพร่ผ่านไอน้ำ ได้แก่ ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity, RH), ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และ พลาสติไซเซอร์

2. สมบัติการแพร่ผ่านก๊าซออกซิเจน (Oxygen permeability properties) ฟิล์มโปรตีนมีสมบัติในการเป็นตัวกั้นการแพร่ผ่านก๊าซออกซิเจนและกลิ่นรสได้ดีมาก ที่สภาวะความชื้นต่ำ เนื่องจากโครงสร้างโดยธรรมชาติของโปรตีนที่เป็นไฮโดรฟิลิก สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ดี ทำให้สายโพลีเมอร์มี interaction ที่แข็งแรง การเคลื่อนที่ของสายโพลีเมอร์จึงถูกจำกัด แต่ที่สภาวะความชื้นสูง ฟิล์มโปรตีนสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ดี จึงดูดซับความชื้นและ swelling ทำให้ความสามารถในการเป็นตัวกั้นก๊าซลดลง ดังนั้น การแพร่ผ่านของก๊าซในฟิล์มโปรตีนจะเพิ่มขึ้นตามค่า RH ที่สูงขึ้น

3. สมบัติทางกล (mechanical properties) เป็นสมบัติที่มีความจำเป็นต่อการจัดเก็บ การขนส่ง ตลอดจนการจัดการผลิตภัณฑ์ให้ปลอดภัยตลอดขั้นตอนจากผู้ผลิตถึงผู้บริโภค โดยสมบัติทางกลของฟิล์มสามารถพิจารณาได้จากการทดสอบทางกายภาพ ได้แก่ ค่า tensile strength และ elongation at break โดย tensile strength จะแสดงค่าแรงสูงสุดของแผ่นฟิล์ม (maximum stress) ระหว่างการทดสอบ ส่วนค่า elongation จะแสดงความสามารถในการยืดออกของแผ่นฟิล์ม

2.2.3 การดัดแปรฟิล์มโปรตีน

การนำโปรตีนไปใช้ประโยชน์มีข้อจำกัด เนื่องจากโครงสร้างของโปรตีนที่เป็นไฮโดรฟิลิก จึงมีสมบัติต้านทานการแพร่ผ่านความชื้นไม่ดี แต่สามารถเป็นตัวกั้นก๊าซออกซิเจนได้ดี ที่สภาวะความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ

มีรายงานการศึกษาปรับปรุงสมบัติของฟิล์มโปรตีนทั้งทางเคมีและทางกายภาพ ยกตัวอย่างเช่น การเติมสารประเภทอัลดีไฮด์ เพื่อทำให้เกิดการเชื่อมขวางในโครงสร้างของโปรตีน, การใช้เอนไซม์ทรานกลูตามิเนส (Transglutaminase) เพื่อเร่งปฏิกิริยาเชื่อมขวางระหว่างสายโปรตีน (Lim, Mine, and Tung, 1999) การเลือกใช้ชนิดและปริมาณพลาสติกไซเซอร์ที่เหมาะสม นอกจากนี้ การขึ้นรูปฟิล์มจากอิมัลชันของโปรตีนกับลิปิด สามารถปรับปรุงสมบัติทางกลและความสามารถในการกักน้ำของฟิล์มให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้ (Gennadios et al., 1994)

2.2.3.1. การดัดแปรฟิล์มโปรตีนด้วยสารประกอบอัลดีไฮด์

สารประกอบอัลดีไฮด์ เช่น ฟอรัลดีไฮด์, กลูตารัลดีไฮด์ และไดอัลดีไฮด์สตาร์ชสามารถเกิดการเชื่อมขวางกับโมเลกุลโปรตีนได้ทั้งภายในและภายนอกโมเลกุล (inter- and intramolecular cross-linking) ทำให้สามารถปรับปรุงสมบัติทางกลและสมบัติการเป็นตัวกักน้ำของฟิล์มโปรตีน โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อการดัดแปรฟิล์มโปรตีนด้วยสารประกอบอัลดีไฮด์ ได้แก่

1. โครงสร้างของโปรตีน Habeeb และ Hiramoto (1968) รายงานว่าสารประกอบอัลดีไฮด์ ได้แก่ ฟอรัลดีไฮด์ และกลูตารัลดีไฮด์ สามารถเกิดการเชื่อมขวางกับโปรตีน โดยอัลดีไฮด์จะเกิดปฏิกิริยากับ amino groups, sulfhydryl groups, imidazole ring ของ histidine และ phenolic ring ของ tyrosine โดยเฉพาะปฏิกิริยากับ ϵ -amino group ของ lysine ที่เป็น primary reactive site ระหว่างโปรตีนกับสารประกอบอัลดีไฮด์

2. โครงสร้างของสารประกอบอัลดีไฮด์ สารประกอบประเภทอัลดีไฮด์ที่ใช้ในการดัดแปรฟิล์มโปรตีน ได้แก่ ฟอรัลดีไฮด์ กลูตารัลดีไฮด์ และไดอัลดีไฮด์สตาร์ช ซึ่งมีผลต่อสมบัติของฟิล์มโปรตีนที่แตกต่างกัน Rhim และคณะ (1998) รายงานว่า ฟอรัลดีไฮด์ (HCHO) มีประสิทธิภาพในการเชื่อมขวางของกับโปรตีนได้ดีกว่าไดอัลดีไฮด์สตาร์ช เนื่องจากไดอัลดีไฮด์สตาร์ชมีโมเลกุลใหญ่ ทำให้เกิด steric hindrances ระหว่างหมู่อัลดีไฮด์กับหมู่อะมิโนของโปรตีน นอกจากนี้ปริมาณความชื้นของฟิล์มโปรตีนที่ดัดแปรด้วยฟอรัลดีไฮด์ และกลูตารัลดีไฮด์ จะน้อยกว่าไดอัลดีไฮด์สตาร์ช เนื่องจากหมู่อัลดีไฮด์ของไดอัลดีไฮด์สตาร์ชสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้มากกว่า

2.2.3.2 การดัดแปรฟิล์มโปรตีนด้วยสารประกอบลิปิด

การขึ้นรูปฟิล์มบริโกลได้กับวัสดุประเภทลิปิด สามารถปรับปรุงสมบัติการแพร่ผ่านไอน้ำของฟิล์มโปรตีนได้ เนื่องจากโครงสร้างของลิปิดที่เป็นไฮโดรโฟบิก โดยพันธะที่สำคัญในการเกิด interaction ระหว่างโปรตีนกับลิปิด คือ พันธะไฮโดรโฟบิก ในหมู่ไม่มีขั้วรองลงมาคือ พันธะไฮโดรเจนและแวนเดอร์วาลส์ (Hernandez, 1994) ลิปิดที่นิยมนำมาใช้ขึ้นรูป

ฟิล์มบริโกล ได้แก่ ไขมัน และกรดไขมันที่มีโมเลกุลยาว ได้แก่ กรดพาลมิติก กรดสเตียริก กรดโอเลอิก และกรดไลโนเลอิก เป็นต้น

การขึ้นรูปฟิล์มที่มีสารประกอบลิปิด (Kemper and Fennema, 1984a)

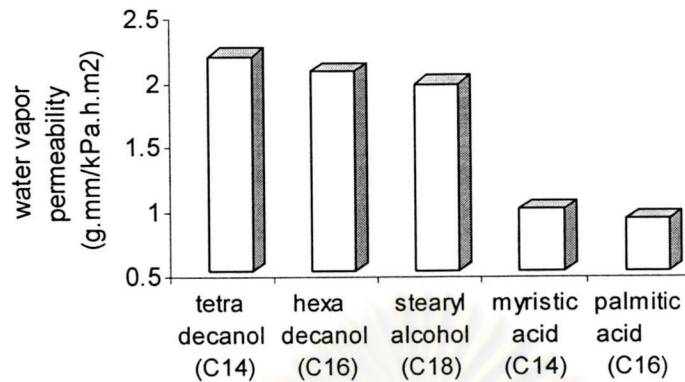
มี 2 วิธี

1. "coating technique" เป็นการขึ้นรูปฟิล์มบริโกลได้ก่อน จากนั้นจึงนำฟิล์มที่แห้งแล้วมาทาเคลือบด้วยวัสดุประเภทลิปิดที่ผิวภายนอกของฟิล์มบริโกลได้
2. "emulsion technique" เป็นการเติมลิปิดโดยตรงลงในสารละลายก่อนการขึ้นรูปฟิล์ม โดยอาจต้องให้ความร้อนที่จุดหลอมเหลวเพื่อให้ลิปิดละลาย หรือเติมอิมัลซิไฟเออร์และไฮโมจีไนซ์ เพื่อให้สารละลายอิมัลชันเป็นเนื้อเดียวกัน และสามารถขึ้นรูปเป็นฟิล์มที่มีสมบัติที่เหมาะสมได้

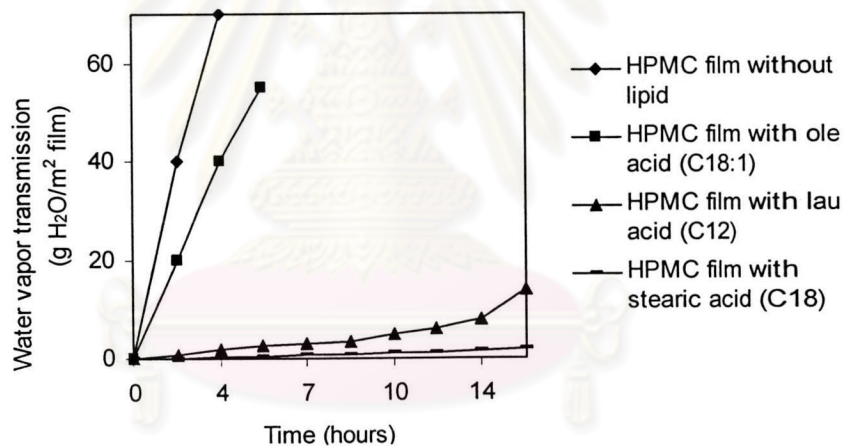
ปัจจัยที่ส่งผลต่อการดัดแปรฟิล์มโปรตีนด้วยสารประกอบลิปิด ได้แก่

1. โครงสร้างของลิปิด โดยความยาวสายไฮโดรคาร์บอน และความอิมิตัวของลิปิด มีผลต่อ interaction ระหว่างลิปิดกับโปรตีน และการจัดเรียงตัวระดับโมเลกุลของฟิล์ม McHugh และ Krochta (1994d) รายงานว่า เมื่อความยาวสายไฮโดรคาร์บอนของกรดไขมันอิมิตัวลดลง จะทำให้ฟิล์มมีการแพร่ผ่านไอน้ำเพิ่มขึ้น เนื่องจากการจัดเรียงตัวของสายไฮโดรคาร์บอนเป็นไปอย่างหลวม จึงส่งผลให้สายโมเลกุลสามารถเคลื่อนที่ได้มากกว่า สมบัติการแพร่ผ่านไอน้ำจึงมากกว่า ดังแสดงในรูปที่ 1

นอกจากนี้ ความอิมิตัว (degree of saturation) ของลิปิด เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการดัดแปรฟิล์มโปรตีนด้วยสารประกอบลิปิด โดยพันธะคู่ (double bond) ของสายไฮโดรคาร์บอนของลิปิด ทำให้สมบัติการแพร่ผ่านไอน้ำของฟิล์มโพลีแซคคาไรด์เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2 เนื่องมาจากการจัดเรียงตัวของสายไฮโดรคาร์บอนที่ air-water interface เป็นไปอย่างหลวม ส่งผลให้สายโมเลกุลสามารถเคลื่อนที่ได้มากกว่า มีรายงานเปรียบเทียบ surface area ของโมเลกุลกรดโอเลอิกและกรดสเตียริก ใน monolayer พบว่า โมเลกุลกรดโอเลอิกมี surface area เป็น 2 เท่าของโมเลกุลกรดสเตียริก ดังนั้น สายโมเลกุลของกรดโอเลอิกจึงสามารถเคลื่อนที่ได้มากกว่า ทำให้โครงสร้างมีความหนาแน่นน้อยกว่า สมบัติการแพร่ผ่านไอน้ำจึงมากกว่า (Kemper and Fennema, 1984b)



รูปที่ 1 ผลของความยาวของสายไฮโดรคาร์บอนต่อสมบัติการแพร่ผ่านไอน้ำของฟิล์มโปรตีนเวย์กับลิปิด (McHugh and Krochta, 1994d)



รูปที่ 2 ค่าการแพร่ผ่านไอน้ำของฟิล์มอิมัลชันของโพลีแซคคาไรด์ hydroxypropylmethylcellulose กับลิปิด (25°C, 85% RH) (Kamper and Fennema, 1984b)

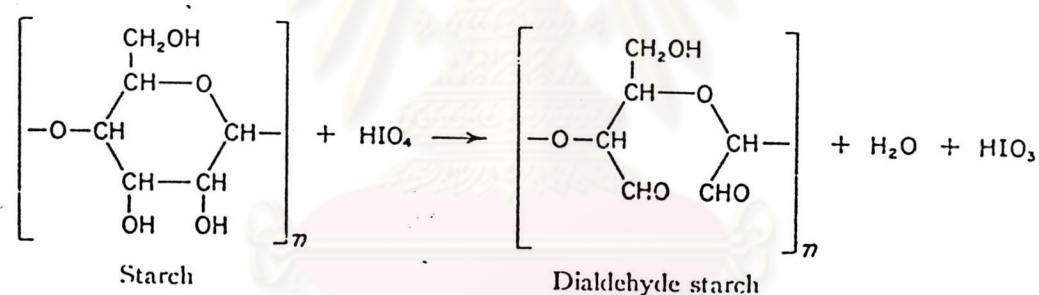
2. การขึ้นรูป bilayer film ที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ฟิล์มมีสมบัติการแพร่ผ่านไอน้ำที่แตกต่างกัน เนื่องมาจากการจัดเรียงโมเลกุล (orientation) ของกรดไขมันที่แตกต่างกัน สำหรับ วิธีการเคลือบ (coating technique) กรดไขมันจะเคลือบอยู่บนผิวของฟิล์ม ส่วนวิธีการทำอิมัลชัน (emulsion technique) กรดไขมันจะเรียงตัวที่ air-water interface ก่อนที่จะ solidity ที่ผิวของฟิล์ม ทำให้วิธีการทำอิมัลชัน มีสมบัติการเป็นตัวกัน และสมบัติทางกลที่ดีกว่า (Kamper and Fennema, 1984b) โดยขนาดอนุภาคของอิมัลชัน (emulsion mean particle size) มีผลต่อการ

แพร่ผ่านของไอน้ำ เมื่อขนาดของอนุภาคคิมัลชันเล็กลง ส่งผลให้ interfacial areas ที่โปรตีนจะทำปฏิกิริยากับลิปิดด้วยหมู่มีขั้ว (polar groups) เพิ่มมากขึ้น การแพร่ผ่านของไอน้ำจึงลดลง (McHugh and Krochta, 1994a)

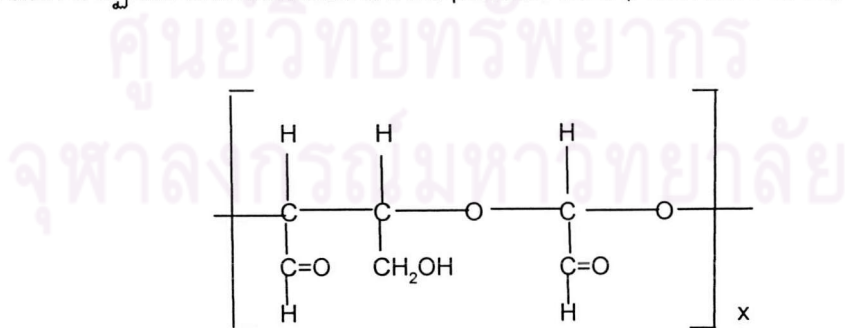
2.3 ไดอัลดีไฮด์สตาร์ช (Dialdehyde starch, DAS)

2.3.1 นิยาม

ไดอัลดีไฮด์สตาร์ช เป็นโพลีเมอร์อัลดีไฮด์ที่ไม่สามารถระเหยได้ และมีมวลโมเลกุลอยู่ในช่วง 300,000-5,000,000 ได้จากการทำปฏิกิริยาออกซิเดชันสตาร์ชจากข้าวโพดด้วย periodic acid (HIO_4) ซึ่งปฏิกิริยาในการเกิดออกซิเดชันจะมีความจำเพาะสูง โดย periodic acid จะตัดพันธะระหว่างอะตอมคาร์บอนตัวที่ 2 (C2) และตัวที่ 3 (C3) ของ glucopyranose ring ทำให้เกิดหมู่อัลดีไฮด์ ที่แต่ละอะตอมคาร์บอนตัวที่ 2 และตัวที่ 3 แสดงสมการดังรูปที่ 3 และได้ repeating unit แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 สมการปฏิกิริยาออกซิเดชันสตาร์ช กับ periodic acid (Filachione et al., 1958)



รูปที่ 4 repeating units ของไดอัลดีไฮด์สตาร์ช (Ernst et al., 1962)

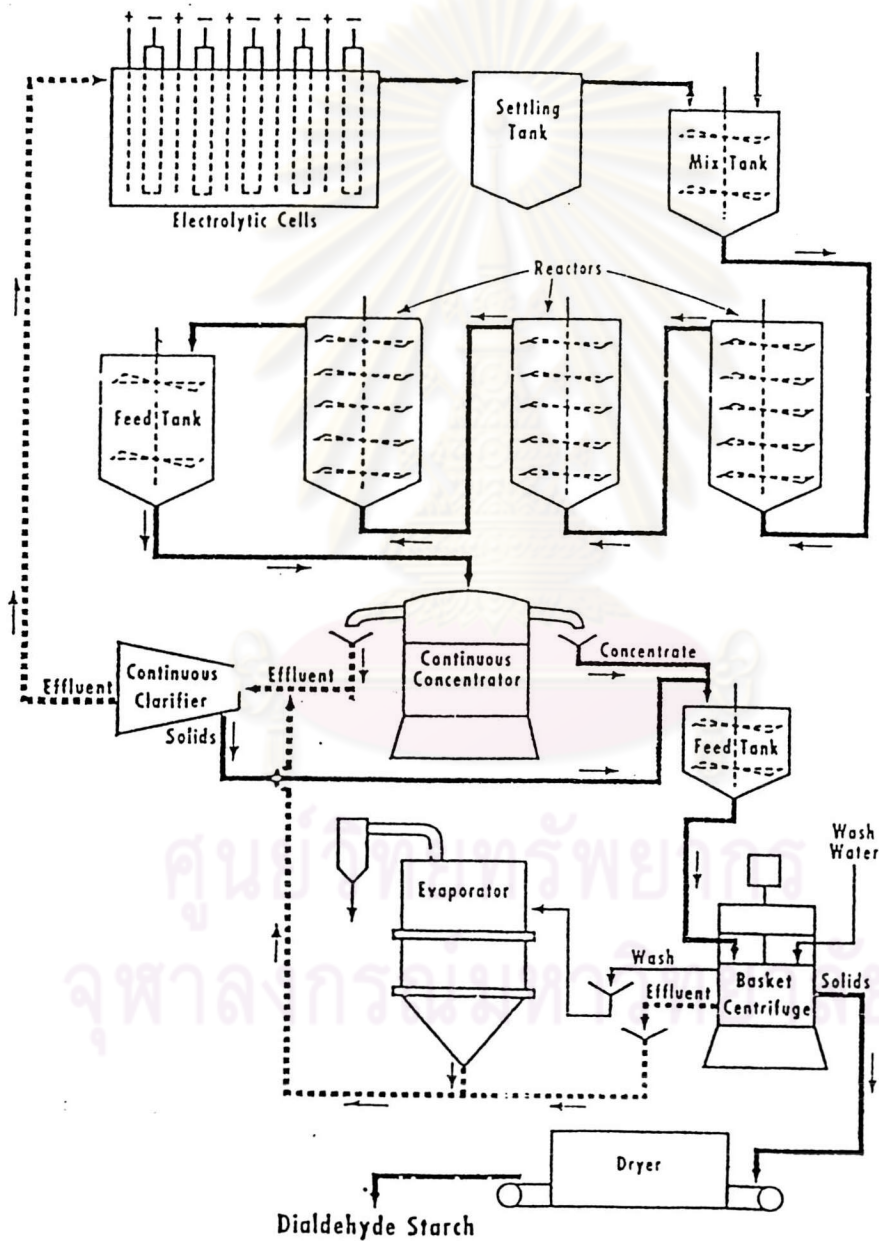
2.3.2 การผลิต

Pfeifer และคณะ (1960) ศึกษาการปรับปรุงกระบวนการผลิตไดอัลดีไฮด์สตาร์ชในระดับอุตสาหกรรมให้เป็นระบบต่อเนื่องแบบ 2 ขั้นตอน (two-stage process) โดยในขั้นแรกเป็นการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ระหว่าง periodic acid กับสตาร์ชจากข้าวโพด หลังจากปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์แล้ว จึงทำการแยกไดอัลดีไฮด์สตาร์ชออก และนำสารละลายที่ใช้แล้วมาทำ regeneration เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไดอัลดีไฮด์สตาร์ชให้สูงขึ้น โดยปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดออกซิเดชันของสตาร์ช ได้แก่

1. ความบริสุทธิ์ของ periodic acid โดยการผลิต periodic acid จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไอโอดีน (crude iodine) ควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับโลหะ เพื่อให้ประสิทธิภาพของปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงและได้ไดอัลดีไฮด์สตาร์ชที่สามารถละลายในต่างได้ดี
2. อุณหภูมิของปฏิกิริยา การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสตาร์ช ควรทำที่อุณหภูมิ 95-100°F จะทำให้ได้ไดอัลดีไฮด์สตาร์ชที่มีเปอร์เซ็นต์การออกซิเดชันมากกว่า 90% โดยใช้เวลาในการทำปฏิกิริยา 2-4 ชั่วโมง
3. อัตราส่วนจำนวนโมล (mole ratio) ของ periodic acid ต่อสตาร์ช โดยอัตราส่วนจำนวนโมลของ periodic acid ต่อสตาร์ชที่เหมาะสมสำหรับการผลิตอยู่ในช่วง 1.05-1.20 ถ้าอัตราส่วนมากกว่า 1.2 จะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันต่ำกว่า 90%
4. pH ของปฏิกิริยา โดยการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของสตาร์ช ควรรักษาให้อยู่ในช่วง pH 1.0-1.5 เมื่อปฏิกิริยาออกซิเดชันทำที่ pH น้อยกว่า 1.0 อัตราการเกิดออกซิเดชันจะต่ำ แต่เมื่อทำปฏิกิริยาออกซิเดชันที่ pH 4.2 จะได้สารผสมที่มีผลึกของ sodium iodate จำนวนมาก จึงควรรักษา pH ให้ต่ำเพียงพอที่จะป้องกันการแยกของ iodate หรือ periodate แต่ต้องไม่ต่ำจนส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน
5. ความเข้มข้นของ periodic acid ในการผลิต โดยความเข้มข้นของ periodic acid ที่เหมาะสมต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน คือ 6-10% โดยเมื่อความเข้มข้นลดลง อัตราการเกิดออกซิเดชันจะต่ำลง

ปัจจุบัน ประเทศญี่ปุ่นมีการผลิตไดอัลดีไฮด์สตาร์ชเพื่อใช้ทางการค้า โดยใช้กระบวนการผลิต 2 ขั้นตอน แบบ straight-forward โดยสามารถนำกลับสารละลาย oxidant มาใช้ใหม่ได้อย่างต่อเนื่อง แสดงดังรูปที่ 5 ให้ปฏิกิริยาออกซิเดชันของสตาร์ชทำที่ pH 1.2-1.4 อุณหภูมิ 100°F เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยใช้อัตราส่วนโมลของ periodic acid ต่อสตาร์ชเป็น 1:1 หลังจากที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันประมาณ 2 ใน 3 ของ iodic acid แล้วทำให้ starch slurry มีความเข้มข้นขึ้นใน continuous concentrator แล้วนำตะกอนสตาร์ชออกมาหมุนเหวี่ยงและล้างใน 26-inch perforated basket centrifuge แบบ continuous centrifugation โดยใช้แรงในการหมุนเหวี่ยงที่

1800 r.p.m. นำผลิตภัณฑ์สตาร์ชที่ได้ไปทำแห้งเป็นเวลา 24 ชั่วโมง อุณหภูมิ 120-125°F จากนั้นจะนำมาบดด้วย hammer mill ที่ใช้ตะแกรงขนาด 0.033 นิ้ว จะได้ไดอัลดีไฮด์สตาร์ชที่มี anhydroglucose units 95% ถูก oxidize เป็นหมู่ไดอัลดีไฮด์ และได้ผลิตภัณฑ์มากกว่า 98%

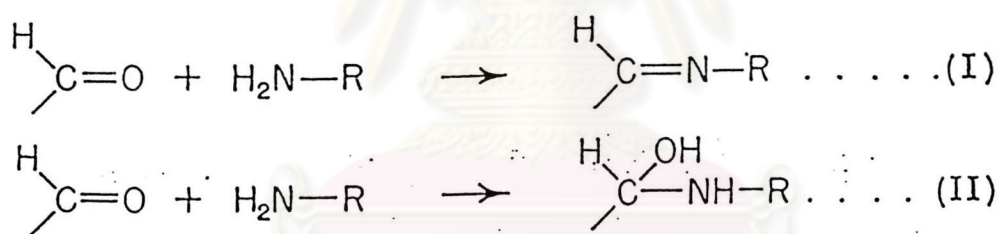


รูปที่ 5 กระบวนการผลิตไดอัลดีไฮด์สตาร์ชทางการค้าแบบต่อเนื่อง (Pfeifer et al., 1960)

2.3.3 ปฏิกริยาของไดอัลดีไฮด์สตาร์ชกับโปรตีน

ไดอัลดีไฮด์สตาร์ชสามารถทำปฏิกริยากับโปรตีนได้ มีรายงานการศึกษาผลการเกิดเชื่อมขวางของไดอัลดีไฮด์ สตาร์ชกับโปรตีนหลายชนิด ได้แก่ คอลลาเจน กลูเตน เคซีน โปรตีนจากข้าวโพด (zein) ไชขาว และโปรตีนจากถั่วเหลือง เป็นต้น

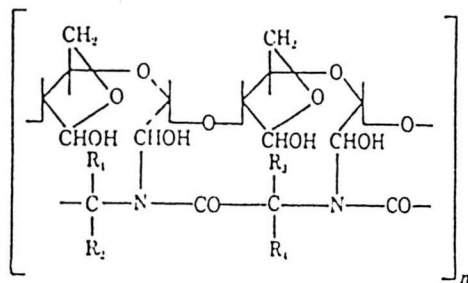
Nayudamma, Joseph และ Bose (1961) ศึกษาปฏิกริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning) ระหว่างกรดอะมิโน และไดอัลดีไฮด์สตาร์ช ด้วยการวิเคราะห์ทาง infrared chromatography พบว่า เกิดสารประกอบสีน้ำตาล ในลักษณะของ Schiff base structure โดยหมู่แอลดีไฮด์จะทำปฏิกริยากับหมู่อะมิโน ได้ทั้งในลักษณะของ Schiff base type (I) (รูปที่ 6) ที่พบ infrared spectra sharp peak ของ C=N- linkage ที่ 6.05μ หรือในลักษณะของ aldehyde-amine addition type (II)(รูปที่ 6) ที่พบ infrared spectra ของ NH หรือ OH grouping ที่ 2.88μ โดย lysine ให้สีน้ำตาลที่มีความเข้มมากที่สุด ส่วน arginine, leucine, valine, glutamic acid, asparagine และ glutamine ให้สีน้ำตาลความเข้มปานกลาง ดังนั้น functional group ของโปรตีนจึงจะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดปฏิกริยาสีน้ำตาล



รูปที่ 6 ปฏิกริยาของหมู่แอลดีไฮด์กับหมู่อะมิโนในการเกิดสารประกอบสีน้ำตาล

(Nayudamma, Joseph and Bose, 1961)

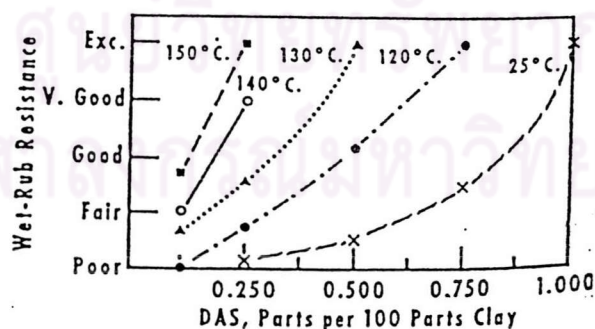
Chatterji และ Arnold (1965) ศึกษากลไกการเกิดเชื่อมขวางของไดอัลดีไฮด์สตาร์ชกับกลูเตน พบว่า อะตอมคาร์บอนตัวที่ 2 ของไดอัลดีไฮด์สตาร์ช สามารถทำปฏิกริยากับหมู่อะมิโนของโปรตีนได้มากกว่าอะตอมคาร์บอนตัวที่ 3 ดังนั้นจึงน่าจะมี free carbonyl groups ใน gluten-dialdehyde starch product อยู่ที่อะตอมคาร์บอนตัวที่ 3 ของทุกๆ repeating unit ในสายของไดอัลดีไฮด์สตาร์ช จึงได้โครงสร้างการเชื่อมขวางดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 โครงสร้างของ dialdehyde starch-protein product (Chatterji and Arnold, 1965)

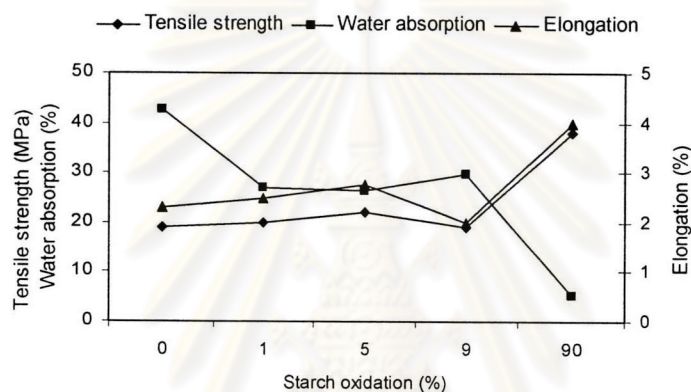
2.3.4 การดัดแปรฟิล์มโปรตีนด้วยไดอัลดีไฮด์สตาร์ช

Weakley และ Mehlretter (1961) ศึกษาการใช้ไดอัลดีไฮด์สตาร์ชกับเคซีน พบว่า ไดอัลดีไฮด์สตาร์ชสามารถทำปฏิกิริยากับเคซีนเกิดสารประกอบเชิงซ้อนที่ไม่ละลายน้ำแบบไม่ย้อนกลับ (irreversible) ในปี 1962 Ernst และคณะ ศึกษาการนำไดอัลดีไฮด์สตาร์ชและเคซีนมาเป็นสารเคลือบกระดาษ โดยทดสอบกับกระดาษเคลือบที่เก็บในสภาวะ 23°C และ 50%RH เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ไดอัลดีไฮด์สตาร์ชทำให้กระดาษมีสมบัติความต้านทานน้ำ (wet-rub resistance) ที่ดีขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 8 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH), อัตราส่วนของไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่อเคซีน เวลาและอุณหภูมิของการทำแห้ง โดยเมื่อใช้ pH 6.7 และไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 0.125 ส่วน ต่อ 100 ส่วนของ clay กระดาษจะมีสมบัติการต้านทานน้ำที่ดีมากเทียบเคียงได้กับกระดาษฉลากที่เคลือบทางการค้า (label-grade coating)



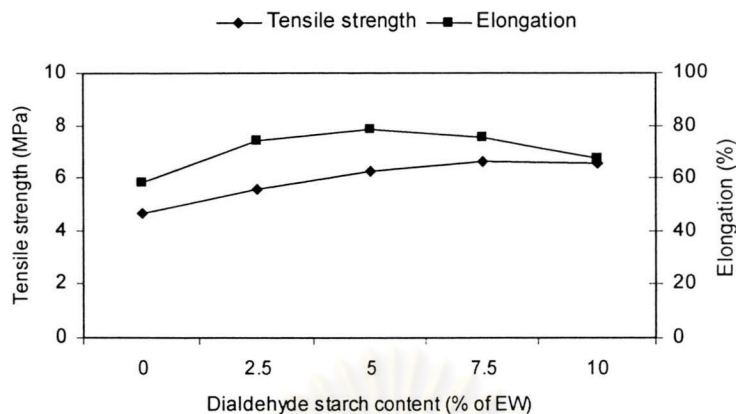
รูปที่ 8 ผลของปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่อสมบัติความต้านทานน้ำของกระดาษที่เคลือบด้วยเคซีน และทำแห้งที่อุณหภูมิต่างๆกัน เป็นเวลา 1 นาที (Ernst et al., 1962)

Spence, Jane และ Pometto (1995) ศึกษาการใช้ไดอัลดีไฮด์สตาร์ชกับพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้จากโปรตีนของข้าวโพด (zein) โดยใช้อัตราส่วนไดอัลดีไฮด์สตาร์ช 3-7 ส่วน ต่อ zein 1 ส่วน และใช้ glycerol 5 หรือ 10% (w/w) เพื่อเป็นพลาสติกไฮเซออร์ และปรับความชื้นให้อยู่ในระดับ 9-12% พบว่า ไดอัลดีไฮด์สตาร์ชสามารถเกิดการเชื่อมขวางกับโปรตีน ทำให้พลาสติกมีสมบัติทางกลและความต้านทานน้ำที่ดีขึ้น โดยเมื่อระดับของการเกิดออกซิเดชันของสตาร์ชสูงขึ้น tensile strength และ percentage of elongation จะเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า water absorption จะลดลง เนื่องมาจากการเชื่อมขวาง (cross-linking) ของไดอัลดีไฮด์สตาร์ชกับ zein ดังแสดงในรูปที่ 9



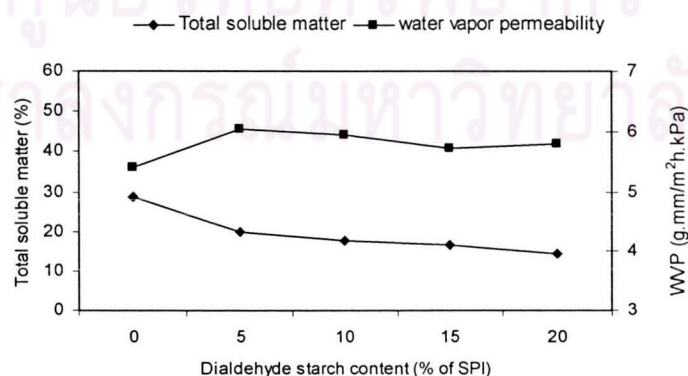
รูปที่ 9 ผลของระดับของการเกิดออกซิเดชันของสตาร์ชที่มีต่อสมบัติทางกล และการดูดซับน้ำของพลาสติก (Spence et al., 1995)

Gennadios และคณะ (1998) ศึกษาสมบัติทางกายภาพของฟิล์มโปรตีนจากไข่ขาว (EW) ที่ดัดแปรด้วยไดอัลดีไฮด์สตาร์ช (DAS) โดยใช้สารละลายไข่ขาว (9 g/100 mL ของน้ำ) และ polyethylene glycol (60% w/w ของ EW) เป็นพลาสติกไฮเซออร์ ทำที่สภาวะต่าง (pH 11.25) พบว่า การเติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณ 5-7.5% (w/w) จะทำให้ฟิล์มมีสีเหลือง และมี tensile strength เพิ่มขึ้นดังแสดงในรูปที่ 10 เนื่องจากเกิดการเชื่อมขวางระหว่างโปรตีนของไข่ขาวกับไดอัลดีไฮด์สตาร์ช ทำให้เกิดสีเหลืองน้ำตาลของสาร intermediates ของปฏิกิริยา Maillard



รูปที่ 10 ผลของปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่อ tensile strength และ elongation ของฟิล์มโปรตีนจากไข่ขาว (Gennadios et al., 1998)

Rhim และคณะ (1998) ศึกษาสมบัติทางกายภาพของฟิล์มโปรตีนจากถั่วเหลือง (soy protein isolate, SPI) ที่ตัดแปรด้วยไดอัลดีไฮด์สตาร์ช โดยใช้ SPI 5%(v/w) และ glycerin (50%, w/w ของ SPI) เป็นพลาสติกไซเซออร์ ทำในสภาวะเป็นด่าง (pH 10) พบว่า การเติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณ 5 หรือ 10% (w/w) จะทำให้ฟิล์มมีสมบัติความสามารถในการละลายน้ำ (Total soluble matter) ลดลง ดังแสดงในรูปที่ 11 เนื่องจากหมู่อัลดีไฮด์ของไดอัลดีไฮด์สตาร์ช เกิดการเชื่อมขวางกับหมู่ไฮโดรฟิลิกของสายโปรตีน จึงไม่สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้ อย่างไรก็ตาม การเติมไดอัลดีไฮด์สตาร์ช ทำให้ฟิล์มมีค่าการแพร่ผ่านความชื้น (water vapor permeability, WVP) เพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากโมเลกุลใหญ่ของไดอัลดีไฮด์สตาร์ช ทำให้ช่องว่างภายใน protein matrix ขยายกว้างขึ้น และอาจเกิดจากหมู่ไฮโดรฟิลิกบนสายของไดอัลดีไฮด์สตาร์ช ทำให้อัตราการแพร่ของโมเลกุลน้ำผ่านฟิล์มเพิ่มขึ้น



รูปที่ 11 ผลของปริมาณไดอัลดีไฮด์สตาร์ชต่อ total soluble matter และ water vapor permeability ของฟิล์มโปรตีนจากถั่วเหลือง (Rhim et al., 1998)

2.3.5. ความเป็นพิษของไดอัลดีไฮด์สตาร์ช

Wilson (1959) ศึกษาความเป็นพิษของไดอัลดีไฮด์สตาร์ช โดยทำการทดสอบกับหนูทั้งโดยการกิน ทางผิวหนัง และทางเดินหายใจ โดยการให้ไดอัลดีไฮด์สตาร์ชปริมาณ 1 กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักหนู พบว่า ไม่มีความผิดปกติใดๆในหนู นอกจากนี้ ยังไม่พบรายงานความเป็นพิษต่อคนของไดอัลดีไฮด์สตาร์ช

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเชื่อมขวางของไดอัลดีไฮด์สตาร์ชและสารประกอบอัลดีไฮด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกับฟิล์มโปรตีนพบว่าไดอัลดีไฮด์สตาร์ชมีประสิทธิภาพในการเชื่อมขวางกับฟิล์มโปรตีนน้อยกว่า เนื่องจากไดอัลดีไฮด์สตาร์ช มีโครงสร้างที่เป็น polymeric และไดอัลดีไฮด์สตาร์ชยังมีราคาแพงกว่าสารประกอบอัลดีไฮด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำทั่วไป เนื่องจากไดอัลดีไฮด์สตาร์ช เป็น modified starch ที่จำเพาะ แต่สารประกอบอัลดีไฮด์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำก็มีข้อจำกัดการใช้ในด้านความเป็นพิษ (Ernst et al., 1962) ยกตัวอย่างเช่น ไอของฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสารที่มีอันตรายต่อสุขภาพ ไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้กับอาหาร ด้วยสาเหตุดังกล่าว การนำไดอัลดีไฮด์สตาร์ชมาเป็นสารให้เกิดการเชื่อมขวาง จึงน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งในการปรับปรุงสมบัติของฟิล์มโปรตีนบริโภคได้ อย่างไรก็ตาม โปรตีนชนิดต่างๆมีองค์ประกอบของกรดอะมิโนและโครงสร้างที่แตกต่างกัน จึงสามารถทำปฏิกิริยากับไดอัลดีไฮด์สตาร์ชได้แตกต่างกัน จึงควรมีการศึกษาผลของไดอัลดีไฮด์สตาร์ชที่มีต่อสมบัติของฟิล์มโปรตีนแต่ละชนิด

2.4 ไชผึ้ง (beeswax)

2.4.1 นิยาม

ไขผึ้งเป็นผลผลิตจากผึ้ง honey bee เพื่อใช้ในการสร้างรวงผึ้ง สามารถเก็บเกี่ยวโดยการนำน้ำผึ้งที่ได้จากรวงผึ้งมาหมนเหวียง แล้วนำไปละลายด้วยน้ำร้อน, ไอน้ำ, หรือความร้อนจากแสงอาทิตย์ จากนั้นทำให้บริสุทธิ์ด้วย diatomaceous earth และ activated carbon ในขั้นตอนสุดท้ายจะนำไปฟอกด้วย permanganates หรือ bichromates

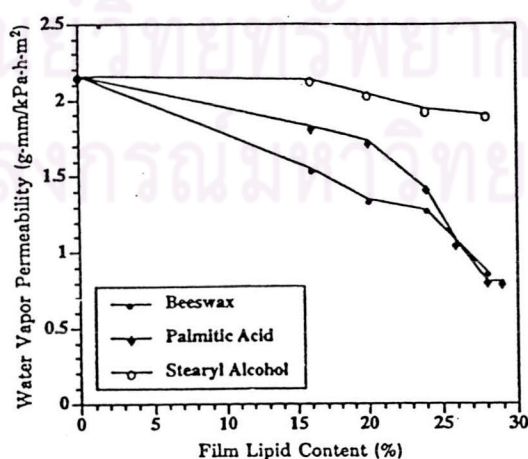
ลักษณะของไขผึ้งประกอบด้วย monofunctional alcohols ที่มีจำนวนคาร์บอน 24-33 ตัว hydrocarbons ที่มีจำนวนคาร์บอน 25-33 ตัว และ long-chain acids ที่มีจำนวนคาร์บอน 24-34 ตัว มีสมบัติเป็น thermoplastic ที่อุณหภูมิห้อง แต่จะเปราะเมื่ออุณหภูมิลดลง มีจุดหลอมเหลว 61.0-65.0°C ไขผึ้งได้รับพิจารณาให้เป็นสาร Generally Recognized as Safe (GRAS substance) ใช้ในอาหารได้โดยตรง เพื่อเป็นสารเคลือบ (coating agent) หรือ candy glaze ปริมาณที่อนุญาตให้ใช้ในอาหารคือ ไม่เกิน 0.065% ใน chewing gum, 0.005% ใน

confections และ frostings, 0.04% ใน hard candy, 0.1% ใน soft candy และ 0.002% ในผลิตภัณฑ์ประเภทอื่นๆ (Hernandez, 1994)

2.4.2 การดัดแปรฟิล์มโปรตีนด้วยไขผึ้ง

McHugh และ Krochta (1994a) ศึกษาขนาดและการกระจายของอนุภาคอิมัลชัน โดยใช้ laser light scattering และ scanning electron microscopy ที่มีต่อสมบัติการแพร่ผ่านไอน้ำของฟิล์มอิมัลชันเวย์โปรตีนกับไขผึ้ง โดยเตรียมสารละลายเวย์โปรตีน 10% (w/w) กับซอร์บิทอล 2.8%(w/w) เพื่อเป็นพลาสติไซเซอร์ ขึ้นรูปฟิล์มแบบอิมัลชัน นำสารละลายมาให้ความร้อนที่ 75°C เติมไขผึ้ง 16% ต่อโปรตีน 28% นำมาโฮโมจีไนซ์ และขึ้นรูปฟิล์ม พบว่า ฟิล์มอิมัลชันเวย์โปรตีนกับไขผึ้ง ทำให้ค่าการแพร่ผ่านไอน้ำลดลง เนื่องจากเกิดการเชื่อมขวางของเวย์โปรตีนกับอนุภาคไขผึ้ง โดยเมื่อขนาดของอนุภาคอิมัลชันเล็กลง จะทำให้ interfacial area ของการเกิด interaction ระหว่างโปรตีนกับไขผึ้งมากขึ้น จึงส่งผลให้ค่าการแพร่ผ่านไอน้ำลดลง

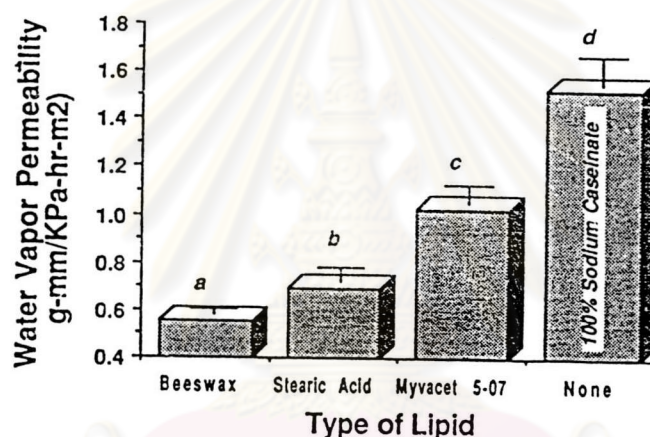
McHugh และ Krochta (1994d) ศึกษาสมบัติการแพร่ผ่านไอน้ำของฟิล์มอิมัลชันเวย์โปรตีนกับลิปิดที่มีจุดหลอมเหลวสูง ได้แก่ กรดไขมัน, fatty alcohols และไขผึ้ง โดยเตรียมสารละลายเวย์โปรตีน 10% (w/w) กับ sorbitol 2.8%(w/w) เพื่อเป็นพลาสติไซเซอร์ ขึ้นรูปฟิล์มแบบอิมัลชัน นำสารละลายมาให้ความร้อนที่ 75°C เติมลิปิด นำมาโฮโมจีไนซ์ ที่ 13500 rpm เป็นเวลา 1 นาที และ 20500 rpm เป็นเวลา 4 นาที และขึ้นรูปฟิล์ม พบว่า เมื่อความเข้มข้นกรดพาลมิติก, ไขผึ้ง และ stearyl alcohol ในฟิล์มอิมัลชันเพิ่มขึ้น ค่าการแพร่ผ่านไอน้ำของฟิล์มจะลดลง แสดงดังรูปที่ 12 โดยไขผึ้งทำให้ฟิล์มมีค่าการแพร่ผ่านความชื้นต่ำกว่า fatty alcohol เนื่องจากไขผึ้งเป็นโมเลกุลเอสเทอร์สายยาว จึงสามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายส่วนมาก



รูปที่ 12 ผลของความเข้มข้นลิปิดต่อค่าการแพร่ผ่านความชื้นของฟิล์มอิมัลชันโปรตีนเวย์กับลิปิด

(McHugh and Krochta, 1994d)

Avena-Bustillos และ Krochta (1993) ศึกษา water vapor permeability ของฟิล์มอิมัลชันเคซีนเนทกับลิปิด ได้แก่ acetylated monoglyceride, ไขผึ้ง, และ กรดสเตียริก โดยใช้เคซีนเนท 8% ทำอิมัลชันกับลิปิดที่อุณหภูมิ 68°C ที่ 13,500 rpm เป็นเวลา 1 นาที แล้วขึ้นรูปฟิล์ม พบว่า ไขผึ้งสามารถทำให้สมบัติการแพร่ผ่านไอน้ำของฟิล์มโปรตีนลดลงจากฟิล์มเคซีนเนทปกติถึง 90% และลดลงมากกว่า acetylated monoglyceride และกรดสเตียริก ดังแสดงในรูปที่ 13 เนื่องจากไขผึ้งประกอบด้วยเอสเทอร์ของ fatty alcohols สายยาวถึง 71% จึงมีลักษณะเป็นไฮโดรโฟบิกสูง และเป็น crystallinity มีจุดหลอมเหลวสูง (จุดหลอมเหลว = 61°C) ทำให้มีประสิทธิภาพมากต่อการเป็นตัวกั้นไอน้ำ



รูปที่ 13 ผลของชนิดลิปิดต่อค่าการแพร่ผ่านความชื้นของฟิล์มอิมัลชันโปรตีนไฮโดรเจนเคซีนเนทกับลิปิด (Avena-Bustillos and Krochta, 1993)

Gontard และคณะ (1994) ศึกษาสมบัติการเป็นตัวกั้นความชื้นของฟิล์มบริโกลได้จากกลูเตนกับลิปิด โดยใช้กลูเตน 7.5% และ glycerol 20% เป็นพลาสติกไซเซอร์ที่ pH 4.0 และทดสอบฟิล์มหลังจากเก็บที่ความชื้นสัมพัทธ์ 56%, 25°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าไขผึ้งมีประสิทธิภาพมากที่สุดในการปรับปรุงสมบัติการแพร่ผ่านความชื้นของฟิล์ม แต่เนื่องจากสมบัติทางกลของไขผึ้งที่มีความเปราะมาก จึงมีผลเป็น anti-plasticizing ของฟิล์ม ไม่สามารถปรับปรุงสมบัติทางกลของฟิล์มได้ ทำให้ puncture strength และความสามารถในการยืดตัวของฟิล์มจะลดลง

2.5 พิล์มบริโภาคได้ที่ผลิตจากโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากปลา (fish water soluble proteins หรือ fish sarcoplasmic proteins)

โปรตีนละลายน้ำได้จากปลาหรือ sarcoplasmic protein มีมวลโมเลกุลอยู่ในช่วง 20,000-80,000 ประกอบด้วยเอนไซม์ 20-40% และองค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ myoglobin และ albumin เป็นต้น มีลักษณะโมเลกุลเป็น globular ซึ่งประกอบด้วยสายโพลีเพปไทด์มาขดม้วนได้ โครงสร้างที่มีความสำคัญสำหรับหน้าที่ทางชีวภาพ เมื่อถูกความร้อนหรืออยู่ในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลง pH ให้สูงหรือต่ำเกินไป โปรตีนนี้จะสูญเสียสภาพธรรมชาติ แต่พันธะโควาเลนต์ยังคงอยู่ โครงสร้างที่เสียสภาพธรรมชาตินี้มีลักษณะไม่เป็นระเบียบ (random coil) ซึ่งโดยทั่วไปจะไม่ละลายน้ำที่ pH เท่ากับ 7 (อารักสา ชมิศัพท์, 2537) โปรตีนชนิดนี้จะสามารถสกัดได้ด้วยน้ำหรือสารละลายเกลือธรรมชาติที่มีค่า ionic strength ต่ำกว่า 0.15 จึงมีการศึกษานำกลับ (recover) โปรตีนชนิดนี้มาใช้ประโยชน์ด้วยวิธีต่างๆ ได้แก่ microfiltration, ultrafiltration, การปรับค่า pH และ freeze concentration เป็นต้น

โปรตีนที่ละลายน้ำได้จากปลาเป็นโปรตีนที่เหลือทิ้งเป็นจำนวนมากในกระบวนการผลิตซูริมี เนื่องจากโปรตีนชนิดนี้เป็นตัวขัดขวางการเกิดเจลในการผลิตซูริมี (Sahidi and Botta, 1994) Wahyuni, Ishizaki และ Tanaka (1999) รายงานว่า ในประเทศญี่ปุ่นซึ่งเป็นผู้ผลิตซูริมีรายใหญ่ที่สุด จะมีการสูญเสีย sarcoplasmic proteins ไปในกระบวนการผลิตซูริมีถึง 5,000 ตันต่อปี (น้ำหนักแห้ง) ในปัจจุบันประเทศไทยก็มีแนวโน้มในการผลิตซูริมีเพิ่มมากขึ้น โดยทำการผลิตจากปลาทรายแดง (Threadfin-bream) พันธุ์ที่นิยมนำมาทำซูริมีมากที่สุดในประเทศไทย คือ *Nemipterus hexodon* (Suzuki, 1981) ดังนั้นการนำโปรตีนดังกล่าวกลับมาใช้ประโยชน์เพื่อผลิตเป็นฟิล์มโปรตีนที่บริโภาคได้ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งซึ่งโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตซูริมีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการลดค่าใช้จ่ายการจัดการน้ำทิ้ง และเป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้กับโปรตีนดังกล่าวด้วย

Iwata และคณะ (2000) ศึกษาการผลิตฟิล์มบริโภาคได้จากโปรตีนที่ละลายน้ำได้จากปลา Blue marlin (*Makaira mazara*) พบว่าเมื่อเตรียม film forming solution ที่ pH 10 และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 15 นาที จะทำให้ฟิล์มมีค่า tensile strength สูงสุด โดยปริมาณโปรตีน 3% (w/v) และกลีเซอรอล 50% ของโปรตีนเพื่อเป็นพลาสติกไซเซอร์ ทำให้ฟิล์มมีสมบัติทางกายภาพที่ดี