

REIMAGINING READY MEALS: TAPIOCA INNOVATION FOR FROZEN BATTER SYSTEMS

Advance Food Science • Texture Engineering
Freeze-Thaw Technology • Next-Generation Coating

CHERDSAK KHAMANA
EXECUTIVE COMMITTEE
BANPONG TAPIOCA



โอกาสมหาศาล ขยับเคลื่อนด้วยความสะดวก
คุณภาพ และขนาดตลาด

ตลาดอาหารซบทอดทั่วโลกกำลังพลิกโฉม
การแช่แข็งระดับอุตสาหกรรมและระบบห่วงโซ่
ความเย็น (Cold-chain) ช่วยขยายสเกลไป
ทั่วโลก แต่ก็สร้างความท้าทายที่สำคัญ

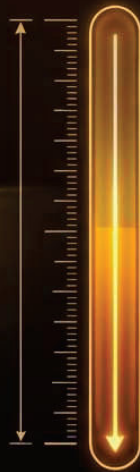


ความเสียหายจากเกล็ดน้ำแข็ง
การเคลื่อนตัวของความชื้น
การเสื่อมสภาพของชั้นเปลือก



วิวัฒนาการจากศิลปะการทำอาหารสู่วิทยาศาสตร์อุณหพลศาสตร์

อดีต: ศิลปะกระทะทอด



ปัจจุบัน: ความท้าทายในระบบอุตสาหกรรม



บทสรุป: การเคลื่อนที่ของความชื้นและการดูดซับไขมันคือตัวการทำลายผลิตภัณฑ์ความสำเร็จในปัจจุบันต้องอาศัยการจัดการเชิงซ้อนของวิทยาศาสตร์ไบโอโพลีเมอร์และการปรับปรุงคุณสมบัติทางรีโวลอย (Rheological optimization)



ความเค้นทางอุณหพลศาสตร์และเชิงกล



Cryogenic Freezing: การขยายตัวเชิงปริมาตรและรอยร้าวระดับไมโครในชั้นแป้ง



Cold-Chain: โครงสร้างเมทริกซ์โปรตีน-แป้งเสื่อมสภาพจากการละลายและแข็งตัวสลับกัน



Reheating: แรงดันไอน้ำภายในผลักดันความชื้นเข้าสู่ชั้นเปลือกนอก → สูญเสียความกรอบ



ความคาดหวังของผู้บริโภค



สุขภาพหลอดเลือดและหัวใจ: ต้องการอาหารไขมันต่ำ ลดการดูดซับน้ำมัน โดยไม่เสียเนื้อสัมผัส



ความเป็นเลิศทางประสาทสัมผัส: ความกรอบ สีเหลืองทอง เนื้อในฉ่ำ และรสชาติชัดเจน

บทสรุปความขัดแย้ง:
ทำอย่างไรจึงจะรักษาความกรอบผ่านวัฏจักร Freeze-thaw ไปพร้อมกับลดไขมัน?



4 เสาหลักของระบบเคลือบผลิตภัณฑ์

ประโยชน์เชิงประสาทสัมผัส (Sensory Benefits)

เนื้อสัมผัส (Texture)

วิศวกรรมพื้นผิวที่สร้างความ
กรอบดึงดูดใจผู้บริโภคระดับสูงสุด



ประโยชน์เชิงเศรษฐศาสตร์ (Economic Benefits)

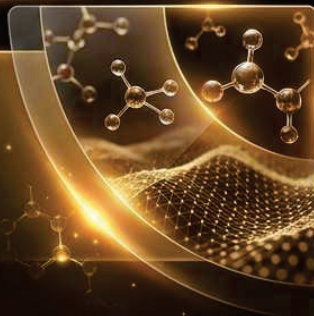
การกักเก็บความชุ่มชื้น (Moisture Seal)

การสร้างชั้นเคลือบเพื่อ "ซีล"
กักเก็บน้ำและไขมันที่สำคัญ
ระหว่างกระบวนการทอด



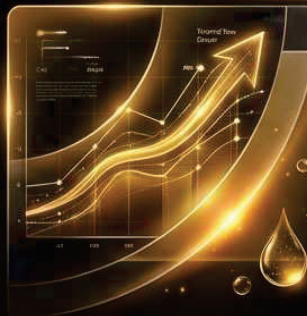
รสชาติ (Flavor)

ทำหน้าที่เป็นพาหนะ (Vehicle)
ในการปรับปรุงและกำหนดโปรไฟล์
รสชาติอย่างแม่นยำ



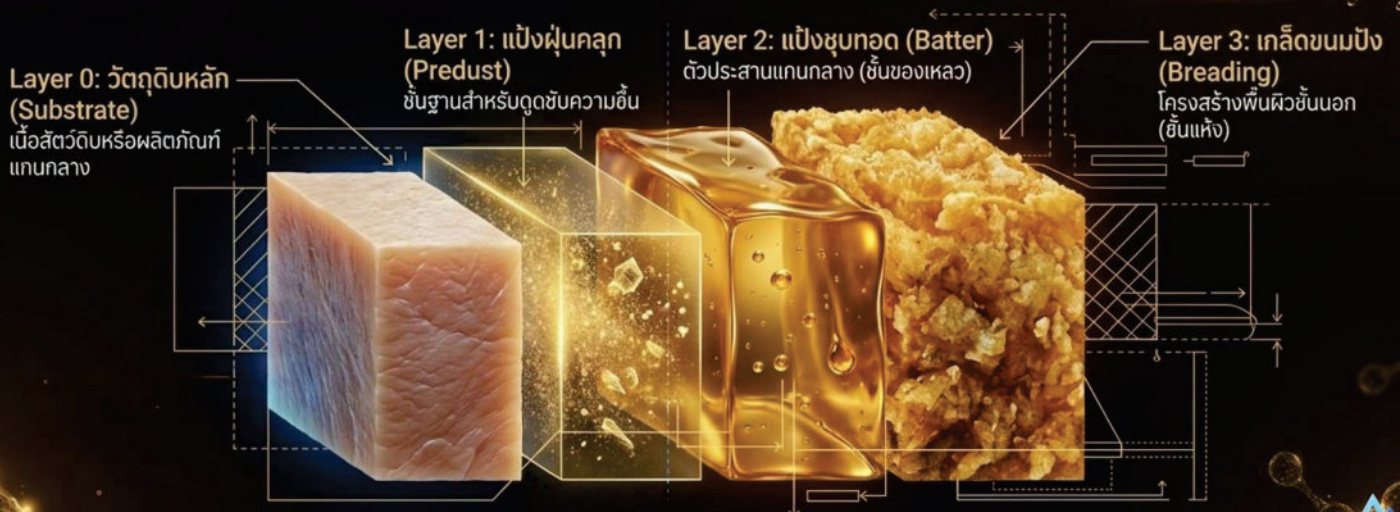
การเพิ่มผลผลิต (Yield Increase)

การเพิ่มน้ำหนักผลิตภัณฑ์เริ่มต้นได้
สูงสุดถึง 30% อย่างถูกต้องตามกฎหมาย
ผ่านการเคลือบและเกล็ดขนมปัง



สถาปัตยกรรมระดับจุลภาคของระบบเคลือบ

ส่วนของแป้งและเกล็ดขนมปังที่ยึดเกาะกับวัตถุดิบหลักอย่างสมบูรณ์แบบ



การควบคุมคุณภาพ: พลศาสตร์ของไหล

Zahn Cup



Stein Cup



Flow Cup



หลักการสำคัญ
(Core Principle):

ความหนืดของแป้งจะเป็นตัว
กำหนดความหนาของชั้นเคลือบผิว
ชั้นสุดท้ายโดยตรง
ความหนืดต่ำ = ชั้นเคลือบผิวบาง;
ความหนืดสูง = การก่อตัวของ
เปลือกหนา

มาตรฐานการวัด
(Measurement Standards):

ความหนืดจะถูกวัดอย่างเข้มงวด
บนพื้นที่การผลิตโดยใช้มาตรวัด

การไหลเฉพาะทาง:

- ถ้วย Zahn (Zahn Cup)
- ถ้วย Stein (Stein Cup)
- ถ้วยไหล (Flow Cup)

ความสัมพันธ์ระหว่างความหนืด
กับอัตราการเคลือบติด

High Viscosity
(หนา)



Thin Viscosity
(บาง)



การกำหนดค่าโครงสร้างเปลือกนอก

แป้งคลุก (Flour Breeder)

เนื้อสัมผัสละเอียด ให้การปิดหนาแน่น

ส่วนผสมแป้งและเกล็ดขนมปัง (Blend)

ความสมดุลระหว่างเนื้อสัมผัสและความ
แข็งแรงของโครงสร้าง

เกล็ดขนมปังล้วน (Pure Breadcrumbs)

เนื้อสัมผัสหยาบสูงสุด เพื่อความกรอบ
ที่มองเห็นได้ชัดเจนที่สุด

การประยุกต์ใช้พื้นผิว
ทางเลือก

- ผงคลุกเขย่า (Shake-on coatings)
- เกลซเคลือบเงา (Glazes)
- ซอสหมัก (Marinades)

การสังเคราะห์ชั้นเคลือบที่สมบูรณ์แบบ



ความแม่นยำทางเคมี (Chemical Precision)

การรักษาสมดุลอัตราส่วน Batterwash (1:2) และการควบคุมความหนืดระหว่าง Adhesion กับ Tempura เพื่อกำหนดโครงสร้างเนื้อสัมผัส



ลำดับทางกลศาสตร์ (Mechanical Sequence)

การวางระบบสายการผลิต Tandem หรือ Tempura (แห้ง -> เปียก -> แห้ง -> ทอด) เพื่อลือชิ้นเลเยอร์เข้าด้วยกันทางกายภาพ



ความสอดคล้องทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Compliance)

การเพิ่มค่า Pick-up (%) สูงสุดเพื่อผลกำไร โดยต้องรักษาระดับ อย่างเข้มงวดไม่ให้เกินขีดจำกัด (เช่น 30% ตามเกณฑ์ USDA)

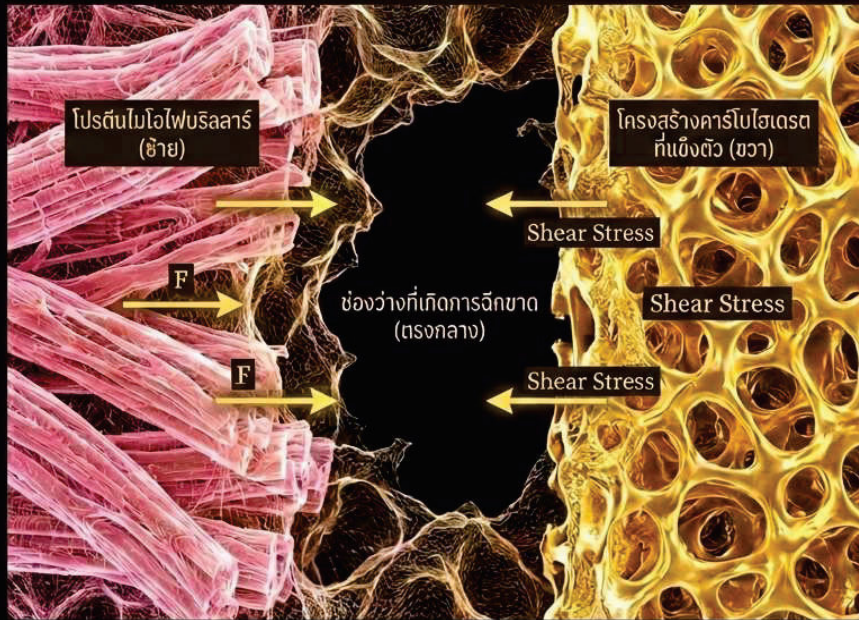
ความกรอบที่สมบูรณ์แบบไม่ใช่ความบังเอิญจากการทำอาหาร
แต่มันคือระบบของการซ้อนทับชั้นวัสดุที่ถูกควบคุมอย่างเข้มงวดและแม่นยำในระดับคณิตศาสตร์



ทอส่งผ่านเชิงความร้อนและโครงสร้าง



จุดอ่อนระดับอินเตอร์เฟซที่นำไปสู่ความล้มเหลว



ปรากฏการณ์การหลุดลอก (The Blow-Off Effect)

ความปั่นป่วนระหว่างการทอด หรือการขยายตัวระหว่างการแช่เยือกแข็ง ทำให้แรงยึดเกาะพื้นฐานล้มเหลว โครงสร้างจะหลุดร่อนออกจากแกนกลางอย่างสมบูรณ์

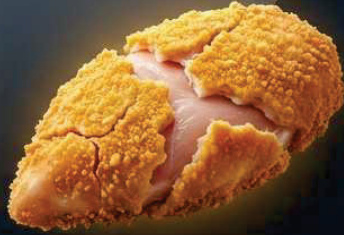
ความผิดพลาดของวิธีดั้งเดิม

การพึ่งพาแป้งธรรมชาติหรือโปรตีนตัวเหลืองสกัด/เวย์ ซึ่งมีต้นทุนผันผวนสูง ก่อให้เกิดภูมิแพ้ และเสื่อมสภาพจากการจับน้ำและคลายตัวได้ง่าย

ภัยคุกคามทางเคมีฟิสิกส์: ความล้มเหลวของการยึดเกาะ



การพองตัว (Pillowing)



ความล้มเหลวในการห่อหุ้ม (Encapsulation Failure)



การหลุดร่อน (Blow-Off)

ชีววิทยาของวัตถุดิบเป็นตัวกำหนดกลศาสตร์การยืดเกาะ



VS



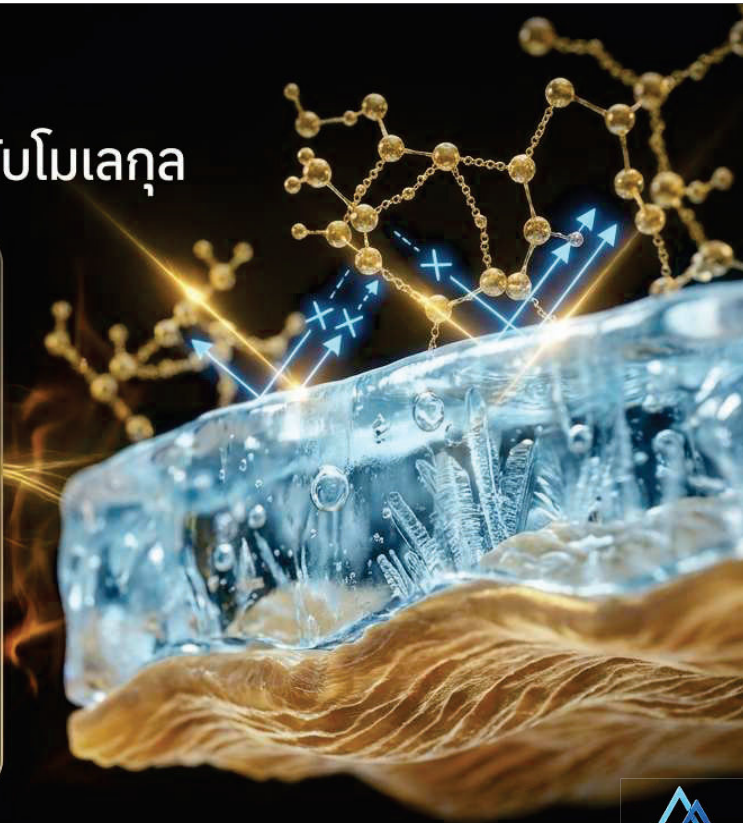
	เนื้อไก่ (Poultry)	อาหารทะเลผิวเรียบ (Smooth Seafood)
สัณฐานวิทยาของพื้นผิว	มีรูขุมขนและรอยย่นซับซ้อน	เส้นใยไมโอซินและแอคตินที่เรียบแน่น
สถานะความชื้น	ค่อนข้างแห้ง	ชอบน้ำสูงและกักเก็บน้ำมาก
กลไกการยืดเกาะ	อาศัยการยืดเกาะทางกล	*ไม่สามารถใช้การยืดเกาะทางกลได้ ต้องอาศัยแรงยึดเหนี่ยวทางเคมีล้วนๆ

ฉนวนน้ำแข็งขัดขวางพันธะเคมีระดับโมเลกุล

ความชื้นส่วนเกินจากการแปรรูปจะสร้างฉนวนน้ำแข็งที่บางแต่ต่อเนื่องบนผิวอาหารทะเล

ระหว่างการแช่แข็งเย็น ชื้นน้ำแข็งนี้ทำหน้าที่เป็นฉนวนทางกายภาพที่บล็อกพันธะไฮโดรเจนและไฟฟ้าสถิตระหว่างโปรตีนและเครือข่ายแป้ง

แป้งแบบดั้งเดิมไม่มีแรงขับเคลื่อนทางเคมีเพียงพอที่จะเจาะผ่านเกราะนี้



อุณหพลศาสตร์แห่งการทอด: การเปลี่ยนสถานะของสสาร

DATA NODE 1

1. การกลายเป็นไอ (Vaporization)

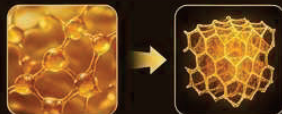
เมื่อรอยต่อมีอุณหภูมิแตะ: 100°C
น้ำสถานะของเหลวจะระเหยและขยาย
ปริมาณขึ้นถึง 1,600 เท่า



DATA NODE 3

3. การแปรรูปโครงสร้าง (Transformation)

โครงข่ายโพลิเมอร์เปลี่ยนสถานะจากพลาสติก
ที่ยืดหยุ่น กลายเป็นเซลล์ของแข็งที่แห้งและแข็ง
ดูแก้ว (Glassy cellular solid)



DATA NODE 2

2. การผลักดันออก (Evacuation)

แรงดันภายในชั้นวิกฤตจะบีบให้ความชื้น
พุ่งออกผ่านช่องคาพิลลารี (Capillary
channels) สร้างโพรงอากาศขนาดเล็ก



น้ำมันอุณหภูมิ 200°C

การระเบิดของแรงดันไอน้ำในกระทะทอด

1600x



1600x

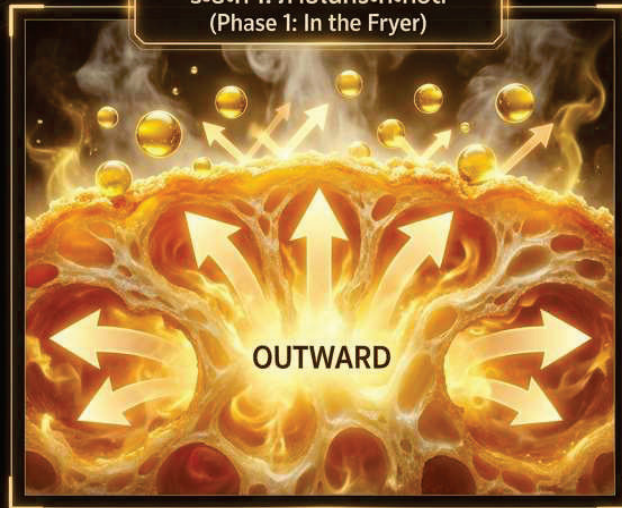
เมื่อเข้าสู่กระทะทอด ($>180^{\circ}\text{C}$)
น้ำแข็งจะระเหิดและกลายเป็นไอน้ำทันที

น้ำที่ขยายตัวเป็นก๊าซจะเพิ่ม
ปริมาณขึ้นถึง 1,600 เท่า

สิ่งนี้สร้างแรงดันไอน้ำมหาศาลที่
ส่วนต่อประสานระหว่างเนื้อและแป้ง
หากไม่มีพันธะเคมีที่แข็งแรงพอ
แรงดันนี้จะระเบิดเกราะหลุดออก

กลไกการดูดซับน้ำมัน: ปรากฏการณ์สุญญากาศ (The Vacuum Effect)

ระยะที่ 1: ภายในกระทะทอด
(Phase 1: In the Fryer)



แรงดันไอน้ำที่พุ่งออกไปด้านนอก ทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันทางกายภาพ สกัดกั้นไม่ให้ไขมันเข้าสู่รูพรุน แทนที่จะไม่มีการดูดซับน้ำมันในระยะนี้

ระยะที่ 2: การทำความเย็นหลังการทอด
(Phase 2: Post-Fry Cooling)



เมื่อผลิตภัณฑ์เย็นลง ไอน้ำที่ตกค้างจะควบแน่นกลับเป็นน้ำ การเปลี่ยนสถานะนี้สร้าง 'แรงดันลบเฉพาะจุด (สุญญากาศ)' อันทรงพลัง ที่จะดูดน้ำมันที่เกาะอยู่บนผิวหน้าให้แทรกซึมลึกเข้าไปในรูพรุนระดับไมโครทันที

ทำไม "แป้งมันสำปะหลัง" จึงมีความสำคัญในระบบแป้งชุบทอดแช่แข็ง?

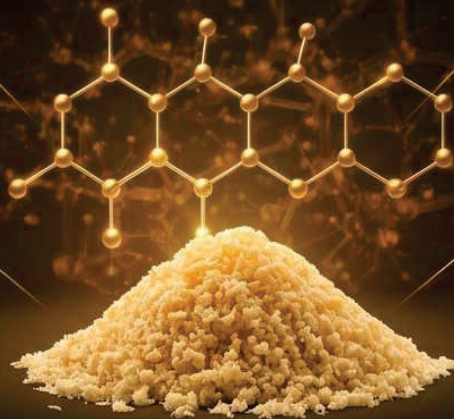
ข้อได้เปรียบเชิงฟังก์ชันที่เป็นเอกลักษณ์เพื่อประสิทธิภาพ Freeze-Thaw

โครงสร้างโมเลกุล: โครงสร้างกิ่งของ Amylopectin ที่เชื่อมสมบูรณ์แบบ ช่วยต่อต้านการคืนตัว (Retrogradation)

เกราะป้องกันน้ำมัน: สร้างแผ่นฟิล์ม ที่มีประสิทธิภาพสูงระหว่างการทอด

ความเสถียร: รักษาความกรอบได้ อย่างยอดเยี่ยมผ่านการแช่แข็ง และละลายซ้ำๆ

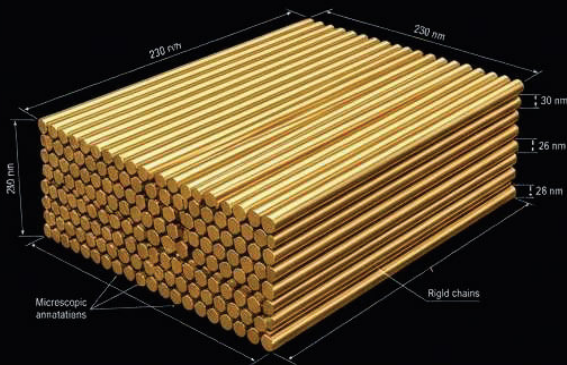
รสชาติเป็นกลาง: ไม่รบกวนรสชาติ หลักของวัตถุดิบ



เกราะป้องกันทางชีวภาพ: อุปสรรคทางสเตอริกของมันสำปะหลัง (Steric Hindrance)

Molten Architecture

แป้งสาลี / แป้งข้าวโพด (จุดล้มเหลว)



สายเส้นตรงสามารถจัดเรียงตัวและเกาะติดกันอย่างง่ายดาย กลายเป็นผลึกที่เปราะและแข็งภายใต้แรงดันการแช่แข็ง (Retrogradation)

แป้งมันสำปะหลัง (อุปสรรคทางสเตอริก)



สถาปัตยกรรมโมเลกุลขนาดใหญ่พิเศษของมันสำปะหลังสร้าง "อุปสรรคทางสเตอริก" ความทะเยอทะยานทางกายภาพของกิ่งก้านเหล่านี้ ป้องกันไม่ให้สายโพลีเมอร์ซ้อนทับ จัดเรียงตัว หรือตกผลึกได้

รูปทรงเรขาคณิตทางชีววิทยาที่เป็นเอกลักษณ์ของมันสำปะหลัง ทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกันตามธรรมชาติที่มองข้ามไม่ได้ เพื่อดำเนินการคืนตัวของแป้ง (Retrogradation)



ข้อจำกัดทางฟิสิกส์ของแป้งมันสำปะหลังแบบดั้งเดิม



ล้มเหลวภายใต้อุณหภูมิ
พลศาสตร์ความร้อนสูง



เสื่อมสภาพภายใต้
แรงเฉือนเชิงกลสูง



โครงสร้างพังทลายระหว่าง
รอบการแช่แข็งและละลาย



การเสริมความแข็งแรงทางเคมี: ระบบมันสำปะหลังดัดแปร



• การเชื่อมข้ามสาย (Cross-Linking: E1414 / E1442) รอยเชื่อมเฉพาะจุด (The Spot Weld)

การเชื่อมต่อสายโพลิเมอร์คู่ขนานเข้าด้วยกันด้วยพันธะโควาเลนต์
มอบความแข็งแรงทนทานต่อแรงเฉือน และความเสถียรทางความร้อน
เพื่อป้องกันการพังทลายของเม็ดแป้งระหว่างการทอด

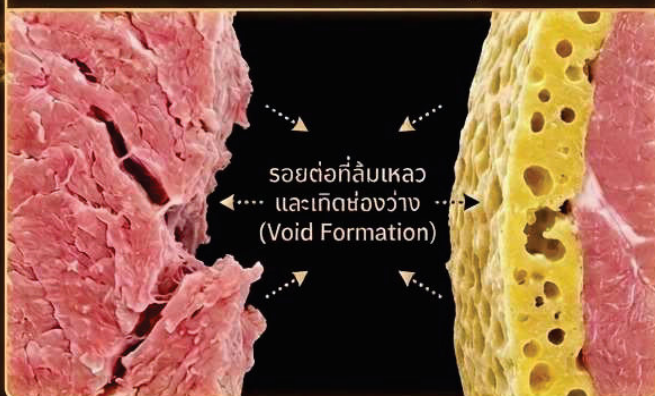
การแทนที่ (Substitution) ลิ่มกันทางกายภาพ (The Physical Wedge)

การนำกลุ่มโมเลกุลขนาดใหญ่ (Acetyl/Hydroxypropyl)
เข้ามาแทรกตามสายโครงสร้างหลัก ทำหน้าที่เป็นสเปเซอร์ทาง
กายภาพที่ถาวร บล็อกการสร้างพันธะไฮโดรเจนอย่างเด็ดขาด
แม้จะอยู่ภายใต้สภาวะที่บดอัดจากการแช่แข็งขึ้นรูปแรงก็ตาม



การเชื่อมประสานทางเคมี: ระบบ BINDTEX

ความลื่นไหลแบบมาตรฐาน

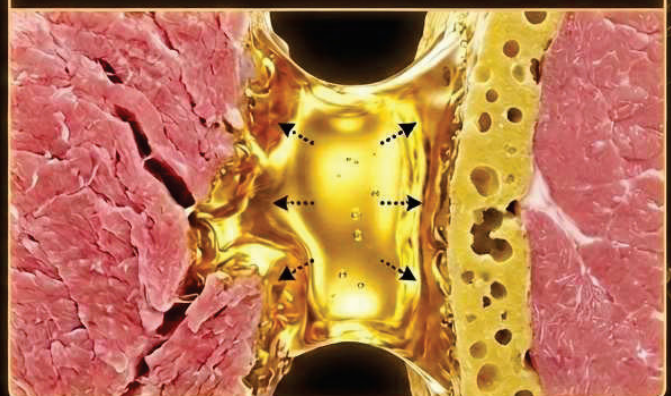


รอยต่อที่ลื่นไหล
และเกิดช่องว่าง
(Void Formation)

กลไกไฮเปอร์ไฮเดรชัน (Hyper-Hydration)

แป้งมันสำปะหลังดัดแปรสร้างพันธะโควาเลนต์ข้ามสาย
ทำหน้าที่เป็นสารดูดความชื้นอย่างรวดเร็ว
ดึงน้ำอิสระจากแกนกลางมาสร้างปะเก็นถาวร
ปราศจากกลูเตน 100%

ปะเก็นเชื่อมประสาน BindTex

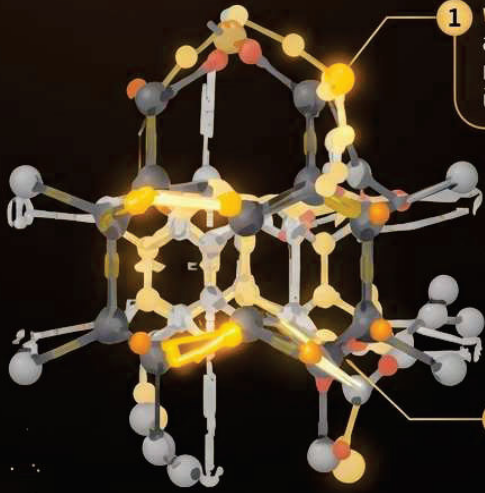


BINDTEX สำหรับอาหารทะเล

เนื้อสัตว์น้ำจะหดตัวรุนแรงเมื่อโดนความร้อน
BINDTEX มีคุณสมบัติดูดซับน้ำขึ้นสุดเพื่อสร้างฟิล์ม
‘ห่อหุ้ม (Shrink-wrap)’ ก่อนที่แกนกลางจะคายน้ำออก

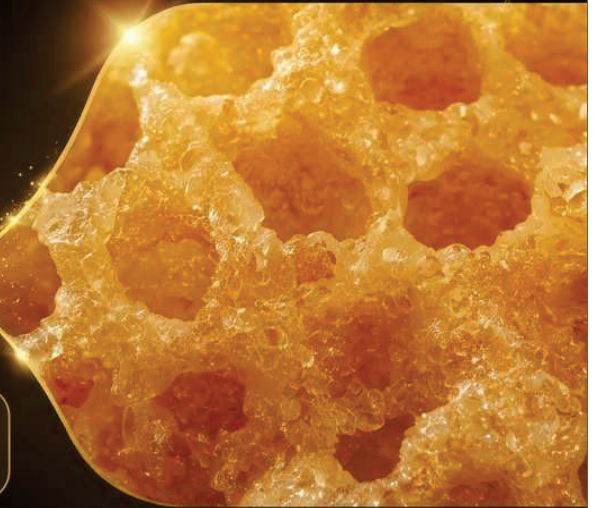


โครงสร้างเสริมใยแก้ว: ความสมบูรณ์ของเปลือกทอด



1 พันธะโควาเลนต์ฟอสเฟต - สร้างโครงข่าย 3 มิติที่แข็งแกร่ง ทนทานต่อความร้อนและแรงเฉือน ป้องกันการพังทลายของเม็ดแป้ง

2 ป้องกันการจับตัวใหม่ของสาย โพลีเมอร์ - รักษายืดหยุ่นของเจล ยับยั้งรีโทรเกรดชันในสภาวะแช่แข็ง

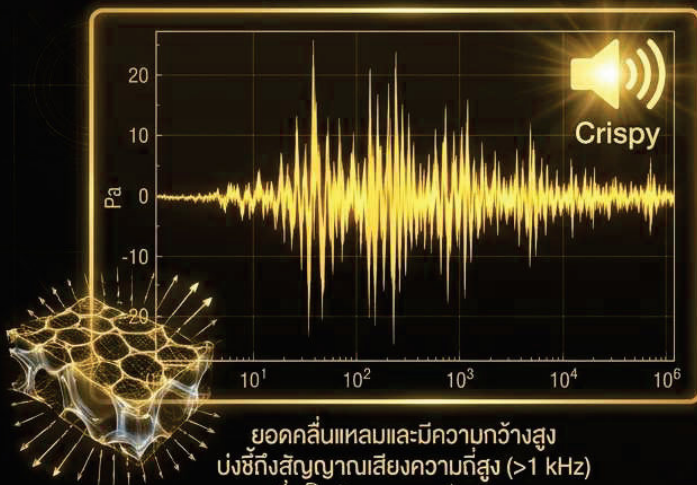


สถาปัตยกรรมระดับเซลล์ที่แข็งแกร่ง มอบความกรอบแบบแก้ว ที่ตอบสนองความคาดหวังของผู้บริโภคระดับพรีเมียม



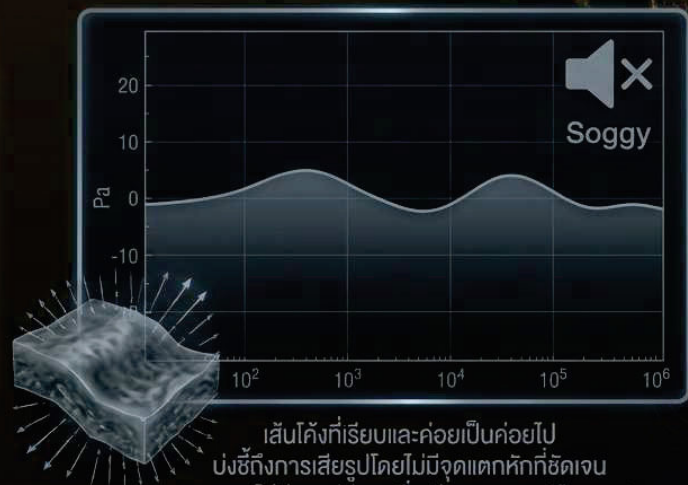
กลไกความกรอบเชิงคลื่นเสียง (Acoustic Crispness)

การแตกหักแบบเปราะบาง
(โครงข่ายมันสำปะหลัง)



ยอดคลื่นแหลมและมีความกว้างสูง บ่งชี้ถึงสัญญาณเสียงความถี่สูง (>1 kHz) ซึ่งเป็นตัวแทนของเสียงกรอบ

การเสียรูปแบบพลาสติก
(การเคลือบแบบดั้งเดิม)



เส้นโค้งที่เรียบและค่อยเป็นค่อยไป บ่งชี้ถึงการเสียรูปโดยไม่มีจุดแตกหักที่ชัดเจน และแทบไม่มีการปล่อยคลื่นเสียงออกมา (เปื่อยฉะ)

บทสรุป: มันสำปะหลังที่ผ่านการวิศวกรรมโครงสร้าง สามารถรักษาสถานะแห้งและแข็งดูแก้ว ซึ่งเป็นเงื่อนไขจำเป็นในการกระตุ้นให้เกิดการแตกหักที่สร้างเสียงกรอบ ได้ตลอดวงจรชีวิตของระบบใช้ความเย็น



ฟิสิกส์ของการดูดซับน้ำมัน

กลไกการดูดซับน้ำมันระหว่างและหลังการทอด

ระหว่างทอด (Active Frying)



แรงดันไอน้ำจากภายในทำหน้าที่เป็นเกราะป้องกัน
น้ำมันแทบไม่สามารถซึมผ่านเข้าสู่ชั้นเปลือกได้

หลังทอด/ช่วงทำความเย็น (Cooling Phase)



ไอน้ำควบแน่น สร้างสภาวะสุญญากาศ
ดึงน้ำมันที่ผิวหน้าเข้าไปตามช่องไมโครแคนแนล

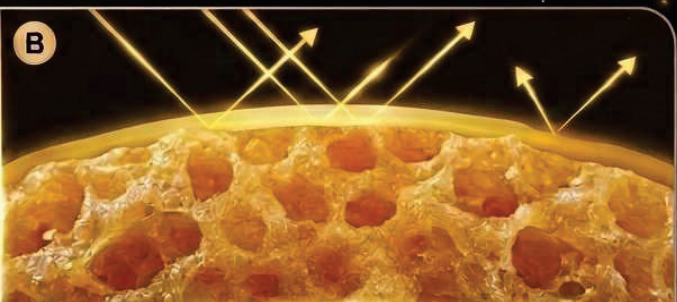
ทางออกด้วยแป้งมันสำปะหลัง :
แป้งมันสำปะหลังดัดแปรทำหน้าที่ลดความพรุน
และสร้างโครงข่ายสกัดกั้นการซึมลึกของน้ำมันอย่างมีนัยสำคัญ



กลไกการลดน้ำมันด้วย BINDTEX X800 + OPTICRISP 100



กลไกการกักเก็บน้ำ - กักเก็บน้ำอิสระในโครงสร้าง
ลดการเกิดรูพรุนจากไอน้ำระหว่างทอด
ปิดช่องทางไม่ให้น้ำมันซึมลึกเข้าสู่ภายใน



กลไกการสร้างชั้นฟิล์ม -
สร้างฟิล์มแป้งที่ต่อเนื่อง
เสมือนเกราะป้องกันน้ำมันเคลือบผิวหน้า



ลดการดูดซับน้ำมัน 40-60%
พร้อมยกระดับการปลดปล่อยรสชาติและยืดอายุการเก็บรักษา



กระบวนการทอดและการแช่แข็งเยือกแข็ง

Step 1: Par-Frying
(170–185°C)

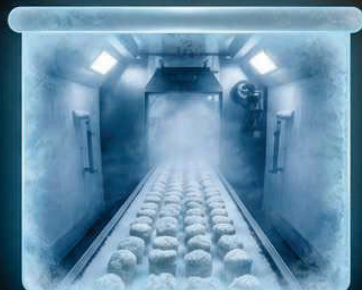


จับความชื้นออกอย่างรวดเร็ว,
โครงสร้างเปลือกเริ่มเซ็ตตัว,
เริ่มเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล

Step 2: Full-Frying

โครงสร้างแข็งตัวสมบูรณ์

Step 3: Cryogenic Freezing
(-35°C)



การแช่แข็งทันทีหลังทอด
ล็อกโครงสร้างจุลภาค
ป้องกันการตกผลึกใหม่ของน้ำแข็ง
รักษาความกรอบผ่านวัฏจักรละลาย



Bangpong Tapioca

Molten Architecture

วิกฤตเยือกแข็ง: ฟิสิกส์ของความเสียหายจากการแช่แข็งและการละลาย

1. การขยายตัวเชิงปริมาตร
(Volumetric Expansion)



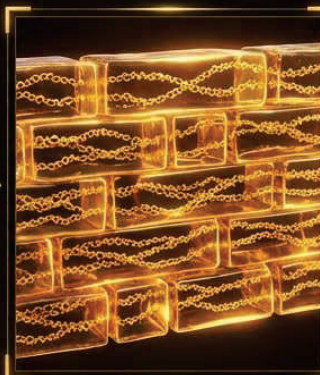
น้ำที่ยังไม่ระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็ง
ขยายตัว 9% และฉีกขาดโครงข่ายเจลกลาง
กายภาพ

2. การกระจุกตัวจากการแช่แข็ง
(Freeze Concentration)



น้ำที่ยังไม่แข็งตัวกลายเป็นสารละลายอิมะตัว
บังคับให้สายแป้งเส้นตรงต้องเข้ามาอยู่ชิดกัน

3. การคืนตัวของแป้ง
(Retrogradation)



สายอะไมโลสแพ็คตัวกันแน่นกลายเป็นผลึก
ที่เปราะและแข็งตัวผ่านพันธะไฮโดรเจน

4. การคายน้ำ
(Syneresis)



เมื่อละลาย โครงสร้างแป้งจะสูญเสียความ
สารกในการอุ้มน้ำ ชี้น้ำออกมาถึงเปลือกนอก
ทำให้โครงสร้างทั่วกลายเป็นความเปียกฉะฉาน



Bangpong Tapioca

วิกฤตการณ์ร้อน: ปรากฏการณ์ไอล่ความชื้นในไมโครเวฟ (Steam-Out Effect)

การทดลองฟืนฟูสภาพ: วิกฤตการณ์ไอน้ำพุ่งออกในไมโครเวฟ



1. การให้ความร้อนแบบย้อนกลับ (Inverted Heating)

ไมโครเวฟให้ความร้อนผ่านการเสียดสีของไดอิเล็กทริกจากภายในแกนกลางที่มีความชื้นสูง แทนที่จะเป็นการนำความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายใน



2. ความชันของแรงดัน (The Pressure Gradient)

แกนกลางที่ถูกทำความร้อนอย่างรุนแรง สร้างแรงดันไอน้ำในแนวรัศมีมหาศาล ขับไล่คลื่นความชื้นพุ่งตรงเข้าสู่เปลือกนอกที่ค่อนข้างเย็นและแห้ง



3. กับดักการควบแน่น (The Condensation Trap)

เนื่องจากอากาศภายในไมโครเวฟมีความชื้นและขึ้น การระเหยที่พื้นผิวจึงถูกขัดขวาง ไอน้ำจะควบแน่นอยู่ภายในเปลือกนอก เปลี่ยนโครงสร้างให้กลายเป็นสภาพเปื่อยและเหนียวเหนียวเหนียว



โครงข่ายการดึงน้ำออก: เตาอบลมร้อนและนวัตกรรมมันสำปะหลัง (The Dehydration Matrix: Hot-Air Systems & Tapioca Innovation)

กลไกการดึงน้ำออก (Dehydration Mechanism)

ลมร้อนพาความร้อน (Hot-air convection)
ดึงความชื้นที่พื้นผิวออกอย่างรวดเร็ว
สร้างสภาพแวดล้อมที่แห้งสำหรับเปลือกนอก

การทำงานร่วมกันของสารประกอบ (Polymer Synergy)

BINDTEX + OPTICRISP กักเก็บความชื้น
ภายใน กักเก็บความชื้นภายใน
ขณะเดียวกันก็สร้างชั้นเกราะป้องกัน

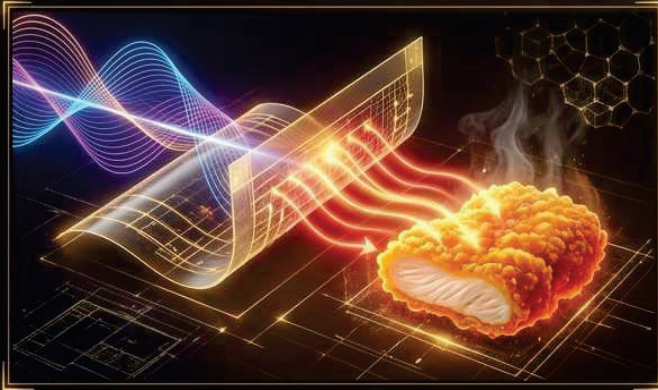
โครงสร้างคล้ายแก้ว (Glass-Like Crust)

สารเคลือบที่ทำจากมันสำปะหลังดัดแปร
พัฒนาเป็นเปลือกนอกที่มีโครงสร้างคล้ายแก้วที่แข็งแรง
(Rigid glass-like crusts) ภายใต้ความร้อนแห้ง
รักษาความกรอบได้อย่างสมบูรณ์



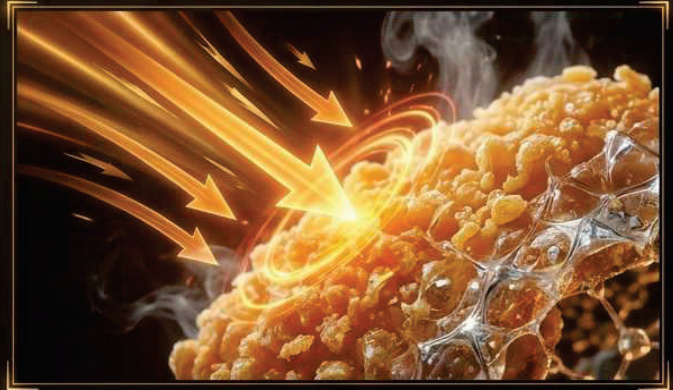
อุณหพลศาสตร์ขั้นสูง: การฟื้นฟูคุณภาพของเปลือกนอก (Advanced Thermodynamics: Restoring Crust Quality)

บรรจุภัณฑ์ซัสเซปเตอร์ (Susceptor Packaging)



ฟิล์มรับคลื่นไมโครเวฟแปลงพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นความร้อนแผ่รังสี
สร้างอุณหภูมิพื้นผิวสูงถึง 220°C เพื่อฟื้นฟูความกรอบ

การเป่าลมร้อนความเร็วสูง (Impingement Heating)



กระแสลมร้อนความเร็วสูง ถึงความชื้นที่พื้นผิวอย่างรวดเร็ว
และทำให้ชั้นเคลือบกรอบอีกครั้ง

เทคโนโลยีเหล่านี้จำลองสภาวะการทอดระหว่างการอุ่นซ้ำ เพื่อมอบเนื้อสัมผัสระดับร้านอาหารสู่ผู้บริโภคที่บ้าน
(Replicating frying conditions to deliver restaurant-quality texture at home)



ส่งมอบความกรอบที่สมบูรณ์แบบ



ความกรอบในเชิงพาณิชย์ที่สมบูรณ์แบบ ไม่ใช่เรื่องบังเอิญจากการทำอาหาร
แต่เป็นผลจากระบบที่ได้รับการควบคุมและมีความแม่นยำทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง
ที่ซึ่ง ชีววิทยาเป็นหัวใจหลัก มานับร้อยปี วิสวกรรมอุณหพลศาสตร์



บทสรุป: มาตรฐานสี่ทองแห่งวิศวกรรมอาหาร

3. Sensory Perfection:
มอบความกรอบแข็งเสียง
และสีเหลืองทองสม่ำเสมอ

1. Thermodynamic Control:
ควบคุมการถ่ายเทมวลและ
ความร้อนได้อย่างสมบูรณ์แบบ

วิศวกรรมโมเลกุล
แป้งมันสำปะหลัง

2. Health & Wellness:
ลดการดูดซับน้ำมัน
ตอบโจทย์สุขภาพหลอดเลือดหัวใจ

การเลือกใช้นวัตกรรมแป้งมันสำปะหลังไม่ใช่แค่การเปลี่ยนส่วนผสม แต่คือการยกระดับวิศวกรรมอาหาร เพื่อใจความลับและเอาชนะความท้าทายในตลาดอาหารพร้อมทานมูลค่ามหาศาลได้อย่างแท้จริง



“ยุคต่อไปของอาหารชุบทอดแช่แข็ง คือการส่งมอบความสดใหม่ที่ไร้ขีดจำกัด”

(The next generation of frozen coated foods
is defined by limitless fresh-like quality.)



ศูนย์นวัตกรรมวิจัยและพัฒนา, แป้งมันบ้านโป่ง
(R&D Innovation Center, Banpong Tapioca)



info@banpong.co.th



+66-63-374-8140



มาตรฐานระดับโลก เพื่อคุณภาพระดับสากล

โซลูชันแป้งของเราผลิตในโรงงานระดับโลกที่สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองตลาดสากล



มาตรฐาน
FSSC22000



Non-GMO



Halal
Certified



Kosher
Certified



Banpong Tapioca
บริษัท บ้านโป่งทapioca จำกัด

Co-Creation to Food & Beverage Solutions

ติดต่อทีม R&D ของเรา: info@banpong.co.th