การเคลือบ coating การกลบรสกลิ่น masking และการห่อหุ้มระดับไมโคร microencapsulation ด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย spray drying

กรณีศึกษา
PTC Japan & ASEAN



การเคลือบ coating การกลบรสกลิ่น masking และการห่อหุ้มระดับไมโคร microencapsulation ทำได้ในขั้นตอนการทำแห้งแบบพ่นฝอย spray drying โดยเติมสารผนัง (wall material) ลงในสารป้อน ฟิล์มบางจะก่อตัวรอบสารแกนขณะหยดของเหลวแห้ง **เราควบคุมความหนาฟิล์ม โครงสร้างอนุภาค และการปลดปล่อยสาร ด้วยสารผนัง สูตรสารป้อน และสภาวะการทำแห้ง** สำหรับอาหาร ยา เคมีภัณฑ์ และวัสดุอินทรีย์

ความเป็นมา

การทำแห้งแบบพ่นฝอย spray drying เป็นกระบวนการต่อเนื่องที่ทำให้ของเหลวที่พ่นเป็นฝอยแห้งในกระแสก๊าซร้อนภายในไม่กี่วินาที จึงเคลือบ กลบรสกลิ่น masking และห่อหุ้มระดับไมโคร microencapsulation ได้ในขั้นตอนการผลิตผง โดยเติมพอลิเมอร์ลงในสารป้อนเป็นสารผนัง (wall material) ฟิล์มบางจะก่อตัวบนสารแกนขณะหยดของเหลวแห้ง ความหนาฟิล์มกำหนดด้วยชนิดและปริมาณสารผนัง เมื่อเทียบกับกระบวนการทำแห้งอื่น การทำแห้งแบบพ่นฝอย spray drying ใช้เวลาทำแห้งสั้นและผลกระทบทางความร้อนต่อผลิตภัณฑ์น้อยกว่า
สารผนังที่ใช้ทั่วไป ได้แก่ แป้ง เช่น เด็กซ์ทริน สารละลายน้ำตาล เจลาติน กัมอารบิก สารยึดเกาะ เช่น PVA PVP และ PEG โคพอลิเมอร์อะมิโนอะคริลิกเมทาคริเลต และวัสดุกลุ่มเซลลูโลส เช่น ไฮดรอกซีโพรพิลเซลลูโลส (HPC) ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลส (HPMC) เอทิลเซลลูโลส และเซลลูโลสอะซิเตตพทาเลต สำหรับการห่อหุ้มระดับไมโคร microencapsulation ยังใช้กลีเซอรีน น้ำมันและไขมัน สารกลุ่มเซลลูโลส กรดพอลิแลคติก และพอลิเมอร์อื่น ๆ



เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย PRECI



เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย PRECI ระดับการผลิต

วัตถุประสงค์และการใช้งาน

วัตถุประสงค์หลักของการสร้างฟิล์มบนสารแกน:

- การทำแกรนูล – ยึดอนุภาคละเอียดเป็นแกรนูลที่ไหลได้ดี
- การทำของเหลวเป็นผง – น้ำมันที่มีประโยชน์ เช่น EPA และ DHA สารหอม และแม้แต่แอลกอฮอล์ผง
- การปกป้องและเพิ่มความคงตัว – ป้องกันสารแกนจากออกซิเจน น้ำ และแสง ป้องกันการออกซิเดชันของวิตามิน
- การควบคุมการปลดปล่อย – ปลดปล่อยแบบยืดเวลาและแบบละลายในลำไส้ ในระบบนำส่งยา (DDS) ยา และสารเคมีเกษตร รวมถึงการกำหนดเวลาปลดปล่อยสารแกนหลายชนิด

การเคลือบ coating การกลบรสกลิ่น masking และการห่อหุ้มระดับไมโคร microencapsulation ด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย spray drying

กรณีศึกษา
PTC Japan & ASEAN

การใช้งานส่วนใหญ่อยู่ในอาหาร ยา เคมีภัณฑ์ และวัสดุอนินทรีย์ ได้แก่ การกลบรสขมและกลิ่น การควบคุมการแตกตัวและความแข็งแรง การรักษากลิ่นรสของสารหอม และการเพิ่มการละลายโดยทำให้สารอยู่ในรูปอสัณฐาน นอกจากนี้ยังเติมสารผนังลงในของเหลวเสียก่อนการทำแห้งแบบพ่นฝอย spray drying เพื่อกักความเป็นพิษไว้ภายในและเก็บกลับเป็นผงแห้ง เมื่อใช้สารเคลือบที่เหมาะสมและทำแห้งที่อุณหภูมิต่ำ แอลกอฮอล์ผงจะคงปริมาณแอลกอฮอล์ไว้ได้สูง และเมื่อละลายน้ำจะคืนทั้งแอลกอฮอล์และกลิ่นรสเดิม



สารแกนที่เป็นของเหลว



สารผนังพอลิเมอร์ในสารละลาย

<u>ความท้าทายของการทำแห้งแบบพ่นฝอย spray drying</u>

- การเสียสภาพจากความร้อน – สารแกนที่ไวต่อความร้อนต้องใช้สภาวะการทำแห้งที่ปกป้องสารแกน
- การสูญเสียสารระเหย – องค์ประกอบที่มีจุดเดือดต่ำระเหยไประหว่างการทำแห้ง
- โครงสร้างอนุภาค – การทำแห้งทำให้เกิดเปลือกนอกที่แน่น และภายในความหนาแน่นต่ำหรือกลวง
- การแยกตัว – องค์ประกอบที่มีขนาดและความหนาแน่นต่างกันแยกตัวภายในแกรนูล

ขณะหยดของเหลวแห้ง ตัวทำละลายระเหยจากผิวหยด และความชื้นเคลื่อนออกสู่ผิวพร้อมพาของแข็งไปด้วย หยดจึงหดตัวและอนุภาคก่อตัวจากด้านนอกเข้าด้านใน ในสารแขวนลอยที่มีหลายองค์ประกอบซึ่งมีขนาดอนุภาคและความหนาแน่นต่างกัน องค์ประกอบอาจแยกตัวภายในแกรนูล ความเข้าใจคุณสมบัติของวัตถุดิบ รวมถึงขนาด ความหนาแน่น และโครงสร้างภายในของอนุภาค จึงเป็นพื้นฐานของการกำหนดสภาวะการทำงาน



ประตูห้องทำแห้งพร้อมกระจกมองภายใน



ท่อก๊าซกระบวนการผลิต



หัวพ่นฝอยแบบจานหมุนในห้องทำแห้ง

<u>แนวทางแก้ไข</u>

- ปรับสูตรสารป้อนและสภาวะการทำงานของเครื่องทำแห้งไปพร้อมกัน เพื่อให้ได้ฟิล์มที่สมบูรณ์
- เลือกชนิดและปริมาณสารผนัง เพื่อกำหนดความหนาฟิล์มและอัตราการปลดปล่อย
- ใช้สารพา เช่น มอลโตเด็กซ์ทริน ไซโคลเด็กซ์ทริน และโอลิโกแซ็กคาไรด์ เพื่อเก็บรักษาสารระเหย ไซโคลเด็กซ์ทรินกักโมเลกุลสารระเหยไว้ในโพรงที่ไม่ชอบน้ำ ลดการสูญเสียระหว่างการทำแห้ง และชะลอการปลดปล่อยกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์
- กำหนดอุณหภูมิการทำแห้งและอัตราไหลของก๊าซให้เหมาะกับสารแกนที่ไวต่อความร้อน และใช้ก๊าซเฉื่อย (ไนโตรเจน) เป็นก๊าซกระบวนการผลิตเพื่อป้องกันการออกซิเดชัน
- เปลือกอนินทรีย์ – เติมอนุภาคละเอียดมาก เช่น ซิลิกา ทัลก์ หรือไพโรฟิลไลต์ พร้อมสารผนังลงในสารแขวนลอย เพื่อสร้างเปลือกอนินทรีย์รอบสารแกน

การเคลือบ coating การกลบรสกลิ่น masking และการห่อหุ้มระดับไมโคร microencapsulation ด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย spray drying

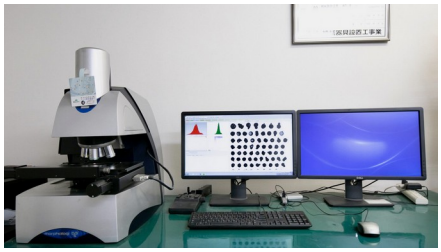
กรณีศึกษา
PTC Japan & ASEAN

<u>การทดลอง – การปรับปรุงผิวอนุภาคเซรามิก</u>

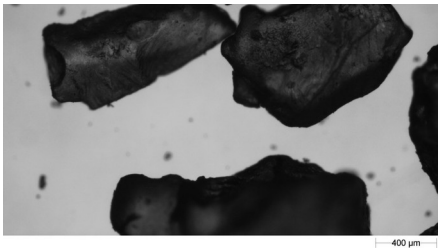
ความหนาฟิล์มและอัตราการเคลือบ coating ขึ้นกับโครงสร้างภายในของแกรนูล เช่น ความหนาแน่นและความพรุน PRECI ได้ทดลองใช้การทำแห้งแบบพ่นฝอย spray drying เพื่อปรับปรุงผิวอนุภาคเซรามิกละเอียด ผลการทดลองนำเสนอร่วมกันโดย PRECI และ Malvern Division ของ Spectris Co., Ltd. (ในขณะนั้น) ในงานสัมมนาฤดูใบไม้ร่วงครั้งที่ 30 ของสมาคมเซรามิกแห่งญี่ปุ่น ปี 2017

<u>การทดลองที่ 1 – สารแขวนลอยซิลิกาที่ความเข้มข้น PVA ต่างกัน</u>

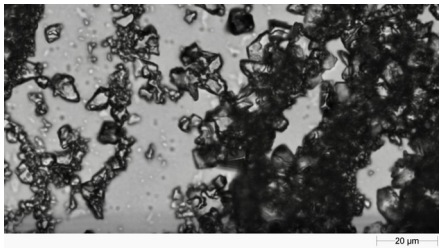
- เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย spray dryer TR160 หัวฉีดสองของไหลที่ 0.5 MPa เก็บผลิตภัณฑ์ด้วยไซโคลน
- ขาเข้า 150 °C ขาออก 75–80 °C อัตราป้อน 5 kg/h
- บดซิลิกาด้วยบอลมิลล์ 88 ชั่วโมง ได้ Dv50 5.1 μm แล้วเตรียมสารแขวนลอย 4 สูตร: (1) ซิลิกา 12.5 wt% PVA 0.6 wt% (2) ซิลิกา 12.5 wt % PVA 1.2 wt% (3) ซิลิกา 25.0 wt% PVA 1.2 wt% (4) ซิลิกา 6.3 wt% PVA 0.3 wt% ส่วนที่เหลือเป็นน้ำ
- ประเมินด้วยเครื่องวิเคราะห์ภาพอนุภาค Morphologi G3 (Malvern Panalytical) โดยถ่ายภาพอนุภาคที่กระจายตัวเพื่อวัดขนาดและรูปร่าง



เครื่องวิเคราะห์ภาพอนุภาค Morphologi G3



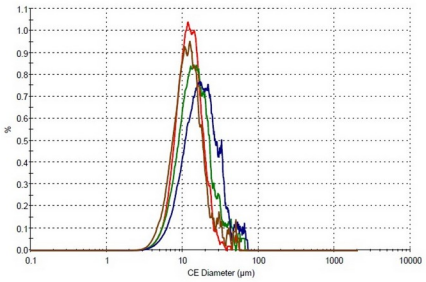
ซิลิกา วัตถุดิบ (สเกล 400 μm)



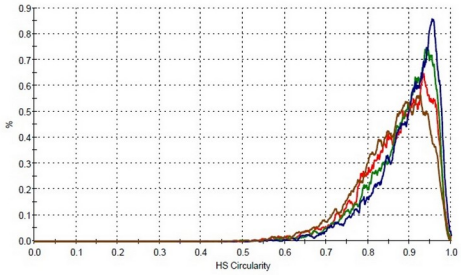
ซิลิกาหลังบดด้วยบอลมิลล์ (สเกล 20 μm)

ผลการทดลอง:

- ขนาดแกรนูล (Dv50) เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของซิลิกาและ PVA: 11.7 μm (ซิลิกา 6.3% PVA 0.3%) 12.1 μm (12.5%, 0.6%) 14.1 μm (12.5%, 1.2%) และ 17.4 μm (25.0%, 1.2%)
- ความกลม (Dn50 คัดอนุภาคด้วยค่าความสว่าง) เพิ่มขึ้นในลำดับเดียวกัน: 0.87 0.89 0.90 และ 0.91 ความเข้มข้นของซิลิกาและ PVA ที่สูงขึ้นให้การเคลือบ coating ที่สมบูรณ์ขึ้น



การกระจายขนาดอนุภาค (Dv50) แดง ซิลิกา 12.5% / PVA 0.6%
เขียว 12.5 / 1.2 น้ำเงิน 25.0 / 1.2 น้ำตาล 6.3 / 0.3



ความกลม (Dn50) ตัวอย่างและสีเดียวกัน

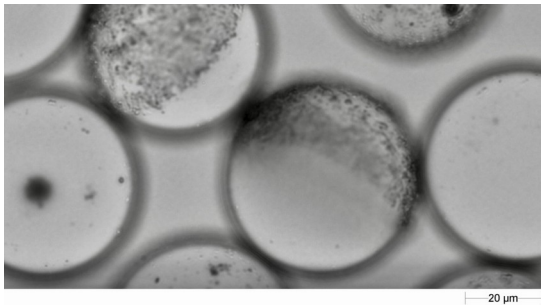
<u>การทดลองที่ 2 – การเคลือบ coating ลูกแก้วด้วยผงอะลูมินาและ PVA</u>

- เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย spray dryer TR160 หัวพ่นแบบจานหมุนที่ 6,000 และ 12,000 rpm เก็บผลิตภัณฑ์ที่ห้องทำแห้งและไซโคลน และประเมินผงจากห้องทำแห้ง
- ขาเข้า 200 °C ขาออก 80–90 °C อัตราป้อน 5 kg/h
- สารแขวนลอย: ลูกแก้ว 18.0 wt% (Dv50 49.1 μm) อะลูมินา 1.8 wt% (Dv50 0.5 μm) PVA 0.2 wt% น้ำ 80.0 wt%

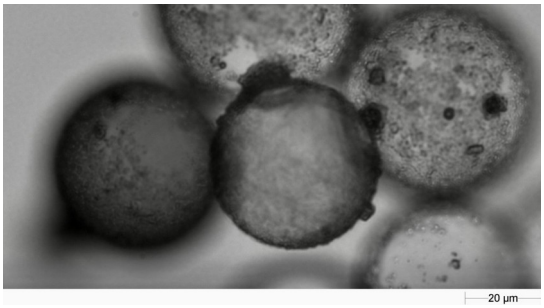
การเคลือบ coating การกลบรสกลิ่น masking และการห่อหุ้มระดับไมโคร microencapsulation ด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย spray drying

กรณีศึกษา
PTC Japan & ASEAN

- ประเมินด้วย Morphologi G3 ตรวจการเคลือบ coating ด้วยวิธีส่องแสงผ่านในของเหลว (immersion transillumination) ซึ่งให้แสงผ่านเฉพาะลูกแก้ว



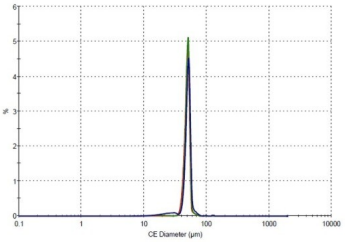
12,000 rpm: เคลือบได้บางส่วน (สเกล 20 µm)



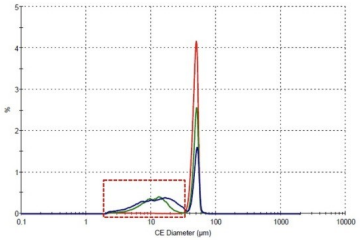
6,000 rpm: เคลือบสมบูรณ์ (สเกล 20 µm)

ผลการทดลอง:

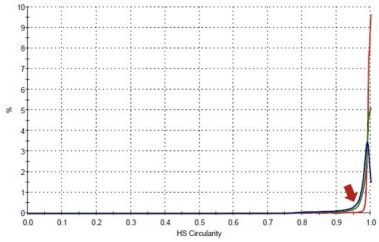
- ที่ 12,000 rpm ความเร็วสูงทำให้หยดของเหลวมีขนาดเล็ก ลูกแก้วจึงถูกเคลือบเพียงบางส่วน
- ที่ 6,000 rpm ความเร็วต่ำกว่าทำให้หยดของเหลวมีขนาดใหญ่ขึ้น ลูกแก้วถูกเคลือบด้วยอะลูมินาอย่างสมบูรณ์
- ขนาดแกรนูล (Dv50): ลูกแก้ว 49.1 µm ที่ 12,000 rpm 49.8 µm ที่ 6,000 rpm 50.6 µm แกรนูลที่ใหญ่ขึ้นที่ 6,000 rpm แสดงถึงการปกคลุมที่มากขึ้น แต่ด้วยอะลูมินาขนาด 0.5 µm จึงยืนยันไม่ได้ว่าเกิดการเคลือบ coating หลายชั้นหรือไม่
- การกระจายเชิงจำนวน (Dn50) ยังพบอนุภาคละเอียดที่ไม่ใช่ลูกแก้ว และกลุ่มก้อนของอะลูมินาและ PVA ที่ไม่ได้เคลือบ
- ความกลม: Dn50 ใกล้เคียงกัน (0.99 0.99 0.98) ที่ Dn10 ลูกแก้ว 0.98 ที่ 12,000 rpm 0.93 และที่ 6,000 rpm 0.89 แกรนูลที่ 6,000 rpm กลมน้อยกว่า



การกระจายขนาดอนุภาค (Dv50) แดง ลูกแก้ว เขียว 12,000 rpm น้ำเงิน 6,000 rpm

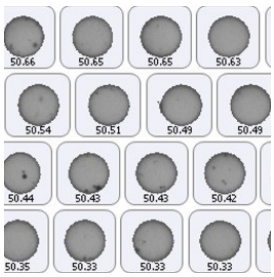


การกระจายเชิงจำนวน (Dn50): อนุภาคละเอียดและกลุ่มก้อนที่ไม่ได้เคลือบ (กรอบเส้นประ)

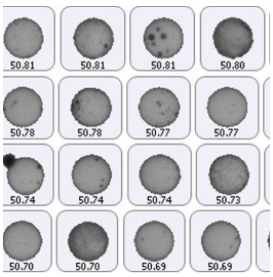


ความกลม (Dn50)

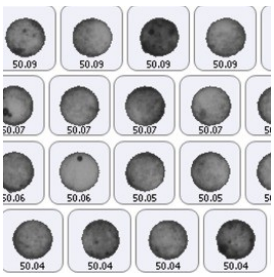
- ปริมาณการเคลือบ coating: อะลูมินาบังแสงที่ส่องผ่าน ค่าความสว่างจึงสัมพันธ์กับปริมาณการเคลือบ coating ค่าความสว่างเฉลี่ยของอนุภาคขนาด 40–60 µm ยืนยันความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างสภาวะ
- ความเร็วหัวพ่นเป็นตัวแปรที่ควบคุมการเคลือบ coating ได้โดยตรง



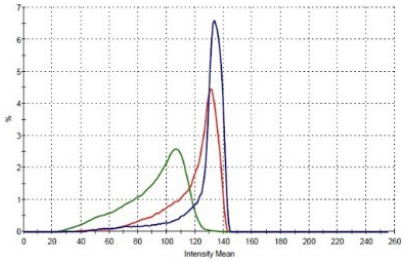
ลูกแก้ว



12,000 rpm



6,000 rpm



ค่าความสว่าง (Dn50) น้ำเงิน ลูกแก้ว แดง 12,000 rpm เขียว 6,000 rpm

การเคลือบ coating การกลบรสกลิ่น masking และการห่อหุ้มระดับไมโคร microencapsulation ด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย spray drying

กรณีศึกษา
PTC Japan & ASEAN

POWDER TECHNICAL CENTER

เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย spray dryer ของ PRECI มีประสบการณ์ใช้งานจริงในการเคลือบ coating การกลบรสกลิ่น masking และการห่อหุ้มระดับไมโคร microencapsulation ด้วยประสบการณ์นี้ เราให้บริการ:

- การออกแบบกระบวนการและสภาวะการทำงานเฉพาะสำหรับสารแกนและสารผนังแต่ละชนิด
- การทำแกรนูลแบบเยือกแข็ง freeze granulation กระบวนการผลิตผงแบบใหม่ที่แก้จุดอ่อนของผลิตภัณฑ์จากการทำแห้งแบบพ่นฝอย spray drying และผลิตภัณฑ์ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งที่บดเป็นผง
- ศูนย์เทคโนโลยีผง 3 แห่งสำหรับงานวิจัยและพัฒนาและการขยายขนาดการผลิต: 2 แห่งในญี่ปุ่น และ PTC ASEAN ที่ชลบุรี ประเทศไทย
- PTC2 (2023) – ศูนย์ที่มีเครื่องมือวิเคราะห์มากที่สุดแห่งหนึ่งในญี่ปุ่น
- ทดลองทำผงด้วยการทำแห้งแบบพ่นฝอย spray drying การทำเย็นแบบพ่นฝอย spray cooling และการทำแกรนูลแบบเยือกแข็ง freeze granulation
- กระบวนการก่อนและหลังการทำผง – การบดเปียก การผสม การขึ้นรูป การเผาผนึก และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง



Powder Technical Center ของ PRECI ญี่ปุ่น



Powder Technical Center 2 (PTC2) ปี 2023


ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ PTC2

ที่มา: PRECI Co., Ltd., "Coating, Masking and Microencapsulation Technologies by Spray Drying", preci.co.jp/en/applications/0010 ภาพและข้อมูล: PRECI

เทคโนโลยีโดย PRECI Co., Ltd. ประเทศญี่ปุ่น

ผู้เชี่ยวชาญด้านการทำแห้งแบบพ่นฝอย spray drying การทำเย็นแบบพ่นฝอย spray cooling และการทำแกรนูลแบบเยือกแข็ง freeze granulation และมี Powder Technical Center ในญี่ปุ่น T.S.K. Engineering เป็นพันธมิตรแต่เพียงผู้เดียวของ PRECI ในประเทศไทย และ PTC ASEAN ที่ชลบุรีให้บริการทดลองด้วยองค์ความรู้ของ PRECI