

การทำไมโครเอนแคปซูเลชันน้ำมันหอมระเหยโดยการพ่นแห้ง:
ผลของส่วนประกอบของสารห่อหุ้มและสภาวะการเตรียม
Microencapsulation of Essential Oils by Spray Drying:
Effect of Wall Material Composition and Process Conditions

ธีระวัฒน์ บุญโสม และเอกชัย ดำเกลี้ยง
Teerawat Boonsom and Ekachai Dumkliang

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย
Faculty of Pharmacy, Eastern Asia University

บทคัดย่อ

น้ำมันหอมระเหยกำลังได้รับความนิยมในตลาดทั้งการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมของกลิ่นและการแต่งกลิ่นอาหาร อุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง แต่น้ำมันหอมระเหยมีข้อจำกัดคือความไม่คงตัวจากแสง ความร้อน อากาศ ความชื้น และสามารถระเหยได้ที่อุณหภูมิห้อง ทำให้น้ำมันหอมระเหยสูญเสียสภาพและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ปัจจุบันจึงมีการนำเทคนิคทางเภสัชกรรมมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความคงตัวของน้ำมันหอมระเหยด้วยการทำเทคนิคไมโครเอนแคปซูเลชันของน้ำมันหอมระเหยโดยการพ่นแห้งซึ่งเป็นกระบวนการห่อหุ้มสารที่มีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลวหรือแก๊สด้วยพอลิเมอร์ให้อยู่ในรูปของแคปซูลขนาดเล็ก เรียกว่า ไมโครแคปซูล ที่มีขนาดตั้งแต่ 1 จนถึง 800 ไมโครเมตร จัดเป็นกระบวนการห่อหุ้มสารที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการระเหย การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และการถูกทำลายโดยความร้อน แสง ความชื้น และอากาศ โดยมีปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อกระบวนการพ่นแห้งที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไมโครแคปซูลได้แก่ ส่วนประกอบของสารห่อหุ้มและสภาวะการผลิต เช่นอัตราการบิน ควรอยู่ในช่วง 1-2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความดัน ควรอยู่ในช่วง 90-120 กิโลปาสกาล และอัตราการไหลของอากาศ ควรอยู่ในช่วง 60-90 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที อุณหภูมิร้อนขาเข้าและขาออก ควรอยู่ในช่วง 150-200°C และ 70-90°C ตามลำดับ ดังนั้นการทำไมโครแคปซูลของน้ำมันหอมระเหยโดยการพ่นแห้ง ช่วยเปลี่ยนสถานะสารจากของเหลวเป็นของแข็ง ส่งผลให้เพิ่มความคงตัว ความเสถียรในกระบวนการขนส่งและยืดระยะเวลาในการเก็บรักษา มีการควบคุมการปลดปล่อยที่ดี เพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการนำส่งได้

คำสำคัญ: น้ำมันหอมระเหย, ไมโครเอนแคปซูเลชัน, การพ่นแห้ง, ส่วนประกอบของสารห่อหุ้ม, สภาวะการเตรียม

Abstract

Use of plant essential oils for perfumery, additives in food/confectionary as well as for pharmaceuticals and cosmetics is a growing market trend. However, essential oils are limited by the instability of light, heat, air, moisture, and volatility at room temperature; cause essential oils lose their stabilization and pharmacological activity. Currently, pharmaceutical techniques are applied to enhance the stability of essential oils. Microencapsulation of essential oils by spray drying is a process

that encapsulates substances (solid, liquid, gas state) with polymer. Product in the form of a small capsule called microcapsule, which ranges from 1 to 800 micrometers. The encapsulation process is effective in preventing evaporation, oxidation reaction and destroyed by heat, light, humidity and air. Factors affecting the drying process that affect the physicochemical properties of microcapsules are physical properties of wall material and process condition, the feed rate range 1-2 Kg/hr, pressure range 90-120 kPa and air flow rate range 60-90 m³/min, inlet and outlet temperature range 150-200°C and 70-90°C, respectively. Thus, microcapsules of the essential oil by spray drying, it helps to change the substance status from liquid to solid and this facilitates the transport process and shelf-life of storage, the product also has good release control properties, increased efficiency and security in delivery.

Keywords: essential oils, microencapsulation, spray drying, wall material composition, process condition



บทนำ

น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากพืชเป็นน้ำมันหอมระเหยแหล่งใหญ่และมีความสำคัญกับอุตสาหกรรมเกษตร โดยเฉพาะการแต่งกลิ่นอาหาร กลิ่นเครื่องสำอาง กลิ่นน้ำหอม นอกจากนี้ยังมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมยาและเครื่องสำอาง (Teixeira et al., 2013) ทั่วโลกมีน้ำมันหอมระเหยประมาณ 3,000 ชนิด โดยผลิตได้จากพืชประมาณ 2,000 ชนิดและมีประมาณ 300 ชนิดเป็นน้ำมันหอมระเหยที่มีความสำคัญทางอุตสาหกรรม ซึ่งแต่ละปีมีการผลิตน้ำมันหอมระเหย 40,000-60,000 ตันต่อปี และมีมูลค่าการตลาดประมาณ 700 ล้านดอลลาร์ต่อปี และมีอัตราการเพิ่มขึ้นทุกปี เป็นการบ่งชี้ว่าทั่วโลกมีความต้องการใช้น้ำมันหอมระเหยที่มากขึ้นทุกปี (Djilani & Dicko, 2012) มีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำมันหอมระเหย คือ การแปรผันทางพันธุกรรม (genetic variation) การปรับลักษณะทางพันธุกรรม (plant ecotype or variety) สารอาหารของพืช (plant nutrition) การใช้ปุ๋ย (application of fertilizers) ลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่พืชอาศัยอยู่ (geographic location of the plants) ลักษณะภูมิอากาศ (surrounding climate) การแปรเปลี่ยนของฤดูกาล (seasonal variations) ความเครียดของพืชระหว่างการเติบโต (stress during growth or maturity) และการเก็บรักษาหลังการเก็บเกี่ยว (post harvest and storage) นอกจากนี้ยังมีวิธีการสกัด

น้ำมันหอมระเหยซึ่งจะบ่งบอกร้อยละของผลได้ (%yield) และสารเคมีที่เป็นส่วนประกอบของน้ำมันหอมระเหย (chemical composition) ซึ่งจะส่งผลต่อฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันหอมระเหย (Alvarez-Castellanos & Pascual-Villalobos, 2003) น้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่ได้จากส่วนของพืชที่แตกต่างกัน เช่น ดอก ใบ ต้น ราก ผล และกลีบของผล ซึ่งน้ำมันหอมระเหยที่มาจากส่วนที่ต่างกันก็จะมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่แตกต่างกัน ในลักษณะเดียวกันการสกัดพืชด้วยตัวทำละลายที่มีความเป็นขั้วแตกต่างกันก็จะได้สารเคมีที่แตกต่างกัน (Cowan, 1999) แต่การวิเคราะห์ว่าสารชนิดใดเป็นตัวออกฤทธิ์ทางชีวภาพค่อนข้างจะยุ่งยากเนื่องจากสารในกลุ่มน้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่จะมีฤทธิ์ที่เสริมกัน (synergistic) (Terblanche & Kornelius, 2000)

น้ำมันหอมระเหยประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิดที่มีมวลโมเลกุลต่ำ (น้อยกว่า 500 ดาลตัน) ซึ่งสามารถสกัดได้ด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) การสกัดด้วยน้ำเดือด (water distillation) การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) (Nakatsu et al., 2000) แต่วิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือการกลั่นด้วยไอน้ำ น้ำมันหอมระเหยถูกกักเก็บไว้ในหลายส่วนของพืช เช่น oil ducts, resin ducts และ glands หรือ trichomes (glandular hairs) (Baser & Demirci, 2007) ในระดับอุตสาหกรรม การสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำเป็นวิธีที่นิยมและเหมาะสม (Masango, 2005)

น้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้ประกอบด้วยสารทุติยภูมิจากพืชประมาณ 20-100 ชนิด ซึ่งมีความแตกต่างกันออกไปตามการแบ่งทางเคมี (Carson & Hammer, 2011) น้ำมันหอมระเหยส่วนใหญ่จะมาจากสารกลุ่มเทอร์พีนอยด์ (terpenoids) และฟีนิลโพรพานอยด์ (phenylpropanoids) และส่วนน้อยจะมาจากสารกลุ่มอะโรมาติก (aromatic) และอะลิฟาติก (aliphatic) แต่สารเคมี 2 กลุ่มหลักที่พบในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่สารกลุ่มมอโนเทอร์พีน (monoterpenes), เซสควิเทอร์พีน (sesquiterpenes) และอนุพันธ์ของออกซิเจน (oxygenated derivative) (Carson, Hammer & Riley, 2006) และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของน้ำมันหอมระเหย จะมีเพียง 1-2 ชนิด ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสารประกอบหลักในน้ำมันหอมระเหยชนิดนั้น ๆ (Bakkali et al., 2008) แต่ในบางครั้งฤทธิ์ทางชีวภาพก็ไม่ได้มาจากสารประกอบหลักเพียงอย่างเดียว อาจเกิดจากสารปริมาณน้อยหลายชนิดรวมกันแล้วเกิดมีฤทธิ์ทางชีวภาพขึ้น ตัวอย่างเช่น มีการรายงานว่าน้ำมันหอมระเหยจากโรสแมรี่มีฤทธิ์ด้านการเจริญตัวของแมลง (insect larvae หรือ lepidopteran larvae) ซึ่งมาจากสารหลายชนิดในน้ำมันโรสแมรี่ที่มีฤทธิ์เสริมกัน (synergistic) ในขณะที่เมื่อนำน้ำมันหอมระเหยมาแยกเป็นชนิด ๆ พบว่าไม่มีฤทธิ์ทางชีวภาพดังกล่าว (Isman, Wilson & Bradbury, 2008)

วงศ์ของพืชที่มีศักยภาพในการสร้างน้ำมันหอมระเหย (Taxonomy of essential oil producing plants)

พืชที่สามารถผลิตน้ำมันหอมระเหยได้ มีกระจายอยู่ใน 60 วงศ์ เช่น Alliaceae, Apiaceae, Asteraceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Poaceae และ Rutaceae ซึ่งเป็นวงศ์ที่สามารถผลิตน้ำมันหอมระเหยได้ปริมาณมาก มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่ดีและมีความสำคัญทางด้านอุตสาหกรรม (Vigan, 2010; Hammer & Carson, 2011) วงศ์ของพืชที่มีศักยภาพในการผลิตน้ำมันหอมระเหยคือวงศ์ที่สามารถสร้างสารเทอร์พีนอยด์เป็นปริมาณมาก โดยขณะที่พืชในวงศ์ Apiaceae (Umbelliferae), Lamiaceae, Myrtaceae, Piperaceae และ Rutaceae มีการสร้างน้ำมันหอมระเหย

ที่มีสารตั้งต้นเป็นสารกลุ่มฟีนิลโพรพานอยด์ (Chami et al., 2004) และน้ำมันหอมระเหยที่ผลิตได้จากพืชในวงศ์เหล่านี้มีความสำคัญต่อการนำมาใช้ในอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น น้ำมันผักชี (coriander oil) น้ำมันเทียนสัตตบุขย์ (anise/aniseed oil) น้ำมันเทียนตาตุ๊กแทนหรือน้ำมันเทียนข้าวเปลือก (dill oil) และ fennel oil ที่ได้จากพืช *Coriandrum sativum*, *Pimpinella anisum*, *Anethum graveolens* และ *Foeniculum vulgare* ตามลำดับ ซึ่งพืชเหล่านี้อยู่ในวงศ์ Apiaceae และมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญคือ ด้านเชื้อแบคทีเรีย (antibacterial) ด้านเชื้อรา (antifungal) ด้านมะเร็ง (anticancer) และด้านไวรัส (antiviral) และยังพบอีกว่าพืชในสกุลอื่น ๆ ที่อยู่ในวงศ์ Apiaceae ก็มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ คือเป็นยาเคมีบำบัด (chemotherapeutic) ด้านไวรัส (antiviral) ด้านเชื้อจุลชีพ (antimicrobial) ด้านการก่อกลายพันธุ์ (antimutagenic) ด้านอนุมูลอิสระ (anti-oxidant) และด้านการอักเสบ (anti-inflammatory) นอกจากนี้ในปัจจุบันยังมีพืชที่อยู่ในวงศ์ Apiaceae นำมาใช้ในการรักษาโรคลำไส้อักเสบและหลอดลมอักเสบ (intestinal disorders and bronchitis) ได้แก่ *Mentha piperita*, *Rosmarinus officinalis*, *Ocimum basilicum*, *Salvia officinalis*, *Origanum vulgare*, *Melissa officinalis*, *Satureja hortensis*, *Thymus vulgaris* และ *Lavandula angustifolia* (Burt, 2004) ส่วนน้ำมันอบเชย (Cinnamon oil) ได้จากพืช *Cinnamomum verum* อยู่ในวงศ์ Lauraceae พบว่ามีสารยูจีนอล (eugenol) เป็นองค์ประกอบหลักที่มีความสำคัญในการต้านเชื้อแบคทีเรีย (antimicrobial) และต้านมะเร็ง (anticancer) มีพืชหลายชนิดของวงศ์ Myrtaceae ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ตัวอย่างเช่น *Melaleuca alternifolia*, *Eucalyptus globulus*, *Syzygium aromaticum* (*Eugenia caryophyllus*) และ *Myrtus communis* ที่มีการสร้างน้ำมันหอมระเหยที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ ได้แก่ ด้านเชื้อแบคทีเรีย (antibacterial) ด้านเชื้อรา (antifungal) ด้านเนื้องอก (antitumor) ด้านมะเร็ง (anticancer) และด้านไวรัส (antiviral) (Burt, 2004; Hammer & Carson, 2011)

วงศ์ Poaceae หรือพืชในวงศ์หญ้า (grasses) ก็มีน้ำมันหอมระเหยหลายชนิดน้ำมันตะไคร้ (lemongrass oil) (จากต้น *Cymbopogon citratus*), น้ำมันตะไคร้หอม (citronella oil) (จากต้น *C. nardus*) และ palmarosa oils (จากต้น *C. martinii*) สารสำคัญที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชวงศ์หญ้า ได้แก่ citral, geraniol และ geranyl acetate ซึ่งมีฤทธิ์ต้านเชื้อราและฤทธิ์ต้านมะเร็ง (antimicrobial and anticancer properties) ส่วนน้ำมันส้ม (citrus oils) ที่อยู่ในวงศ์ Rutaceae ส่วนมากจะได้จากส่วนของเปลือกผล (fruit peel) ประกอบด้วยสารเคมี limonene และ linalool สารสำคัญเหล่านี้มีศักยภาพในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ (antimicrobial) ส่วนพืชจากวงศ์ Geraniaceae และ Santalaceae มีต้นไม้อีกที่สำคัญ คือ *Pelargonium graveolens* และ *Santalum* spp. ซึ่งประกอบด้วยสารเคมีที่สำคัญคือ geranium และ sandalwood oil (Bedi, Tanuja & Vyas, 2010) นอกจากนี้ยังมีอีกหลายวงศ์ที่มีน้ำมันหอมระเหยที่มีความสำคัญคือวงศ์ Cupressaceae, Hypericaceae (Clusiaceae), Fabaceae (Leguminosae), Liliaceae, Pinaceae และ Zygophyllaceae ซึ่งมีความน่าสนใจในการนำมาทำวิจัยเป็นอย่างยิ่ง (Hammer & Carson, 2011)

น้ำมันหอมระเหยกับความสำคัญทางเศรษฐกิจในระดับอุตสาหกรรม (Essential oils with economic importance in medicinal industry)

ปัจจุบันน้ำมันหอมระเหยกำลังได้รับความนิยมในการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมของกลิ่น (perfumery) และแต่งกลิ่นอาหาร (food/confectionary) และในส่วนของตลาดยา (pharmaceuticals) และเครื่องสำอาง (cosmetics) ก็ได้รับความนิยมอย่างสูง การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของการใช้น้ำมันหอมระเหยมาใช้กับผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง (cosmetics industry) มีการใช้สมุนไพร (herbs) และเครื่องเทศ (spice) เป็นจำนวนมากในการนำมาผลิตครีมทาผิว (skin creams), ครีมนวด (balms), แชมพู (shampoos), สบู่ (soaps) และ

การแต่งกลิ่น (perfumes) ในระดับอุตสาหกรรม น้ำมันหอมระเหยถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม (soft drink companies) น้ำมันหอมระเหยเป็นสารออกฤทธิ์ที่สำคัญในอุตสาหกรรมยาในศตวรรษที่ 20 (Cragg, Newman & Snader, 1997) มีการใช้ผลิตภัณฑ์จากอโรมาเธอราปี (aromatherapy products) ระบบยาแผนโบราณ (traditional systems of medicines) และระบบการใช้อยาทางเลือก (complementary systems of medicines) ซึ่งกำลังได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา ประเทศในทวีปยุโรป แอฟริกา และเอเชีย ส่วนประกอบของตลาดอุตสาหกรรมยาที่มีมูลค่าถึงร้อยล้านดอลลาร์ ได้แก่ บริษัทในกลุ่ม pharmaceuticals, medicinal supplements และ nutraceutical (Nakatsu et al., 2000; Hussain et al., 2008; Teixeira et al., 2013) น้ำมันหอมระเหยที่ผลิตได้ (> 70,000 tonnes per annum) จากสหรัฐอเมริกา บราซิล อินเดีย และจีน โดยสามารถผลิตได้จากการปลูกและจากธรรมชาติ แต่การผลิตน้ำมันหอมระเหยยังสามารถผลิตได้ทั่วโลกโดยเฉพาะในประเทศออสเตรเลีย มาเลเซีย อินโดนีเซีย ไทย ศรีลังกา แอฟริกาใต้ แอฟริกา อียิปต์ ฝรั่งเศส สเปน อิตาลี เยอรมัน รัสเซีย เนปาล บังกลาเทศ และปากีสถาน ตัวอย่างเช่นน้ำมันหอมระเหยแฝกหอม (vetiver/khus) กานพลู (clove) ตะไคร้ (lemon grass) แมงลัก (basil) และขึ้นฉ่าย (celery oils) มีแหล่งผลิตที่สำคัญอยู่ที่อินเดีย ส่วนสเปนและฝรั่งเศสเป็นแหล่งใหญ่ในการผลิตโรสแมรี่ (rosemary) ที่ได้จาก *R. officinalis* ส่วนน้ำมันหอมระเหยเจอราเนียม (geranium) และเจอราเนียมโรส (rose geranium) จะได้จาก *Pelargonium* sp. ซึ่งเป็นพืชประจำถิ่นของแอฟริกา ส่วนน้ำมันทีทรี (tea tree oil) จะได้จากประเทศออสเตรเลีย และเวล และน้ำมันลาเวนเดอร์ (lavender) จะผลิตได้จากแถบยุโรป แน่นอนว่าประเทศเหล่านี้เป็นประเทศที่เป็นผู้ส่งออกหลักโดยเฉพาะน้ำมันหอมระเหย (Bedi, Tanuja & Vyas, 2010) มีน้ำมันหอมระเหยประมาณ 300 ชนิดที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ (Bakkali et al., 2008) น้ำมันหอมระเหยที่มีการผลิตมากและมีมูลค่าทางเศรษฐกิจ ได้แก่ น้ำมันส้ม (orange oil) (*C. sinensis*), น้ำมันสะระแหน่ญี่ปุ่น (corn mint) (*Mentha arvensis*), น้ำมันเปปเปอร์มินต์

(peppermint) (*Mentha* sp.), น้ำมันยูคาลิปตัส (eucalyptus) (*E. globulus*), น้ำมันตะไคร้หอม (citronella) (*Cymbopogon* sp.), น้ำมันส้ม (lemon) (*C. limon*), น้ำมันกานพลู (clove) (*S. aromaticum*) และการบูร (camphor) (*C. camphora*) นอกจากนี้ยังมีการเริ่มผลิต น้ำมันหอมระเหยอื่น ๆ เพิ่มมากขึ้น ได้แก่ basil, clary sage, lavender, sage, thyme, tarragon, chamomile, wormwood, coriander, fennel, dill, celery, anise, ajowan และ cumin oils (Hussain et al., 2008; Bedi, Tanuja & Vyas, 2010) มูลค่าของน้ำมันหอมระเหย เหล่านี้ขึ้นอยู่กับแหล่งที่ผลิตวัตถุดิบ (source material), ความบริสุทธิ์ (purity), ส่วนประกอบของน้ำมันหอมระเหย (composition) มีสมุนไพรหลายชนิดที่มีศักยภาพในการนำมาผลิตระดับอุตสาหกรรม โดยเฉพาะน้ำมันหอมระเหยที่ได้มาจากพืชสมุนไพร วงศ์ที่สามารถผลิตน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ วงศ์ Apiaceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Poaceae, Rutaceae ซึ่งมีความสำคัญและควรส่งเสริม เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในระบบยาสมุนไพร ตัวอย่างของ น้ำมันหอมระเหยที่มีความสำคัญ ได้แก่ น้ำมันโป๊ยกั๊ก (anise seed oil) (*P. anisum*), น้ำมันยี่ห่วย (caraway) (*Carum carvi*), น้ำมันยี่ห่วยดำ (black caraway) (*Carum nigrum*), น้ำมันยี่ห่วยแขก (cumin) (*C. cyminum*), ออริกาโน (oregano) (*O. vulgare*), กานพลู (clove) (*S. aromaticum*), ทีทรี (tea tree) (*M. alternifolia*), น้ำมันเมล็ดผักชี (coriander) (*C. sativum*), น้ำมันเสจ (sage) (*S. officinalis*), summer savoury (*S. hortensis*), น้ำมันโหระพา (sweet basil) (*O. basilicum*), fennel (*F. vulgare*), น้ำมันไทม์ (thyme) (*T. vulgaris*), เลมอนบาร์ม (lemon balm) (*M. officinalis*), น้ำมันเปปเปอร์มินต์ (peppermint) (*M. piperita*) และน้ำมันเยอรมัน คาร์โมไมด์ (german chamomile) (*M. chamomilla*) (Hammer & Carson, 2011; Hussain et al., 2008; Bedi, Tanuja & Vyas, 2010) ในส่วนของวงศ์ที่มีศักยภาพในการผลิตน้ำมันหอมระเหยอีก ได้แก่ Cupressaceae, Hypericaceae (Clusiaceae), Fabaceae (Leguminosae), Liliaceae, Pinaceae, Piperaceae, Rosaceae, Santalaceae, และ Zygophyllaceae ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยจากวงศ์ของ

พืชเหล่านี้จึงมีความสำคัญโดยเฉพาะคุณสมบัติในการเป็น ยาสมุนไพร (Hammer & Carson, 2011)

เนื่องจากข้อจำกัดของน้ำมันหอมระเหยคือความไม่คงตัวจากแสง ความร้อน อากาศ ความชื้น และยังมี การระเหยได้ที่อุณหภูมิห้อง ทำให้น้ำมันสูญเสียสภาพ และฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา (Peaparkdee, Iwamoto & Yamauchi, 2016) ทั้งนี้วิธีการเพิ่มความคงตัวให้กับน้ำมันหอมระเหยคือ การป้องกันการเกิดออกซิเดชันและป้องกันการ ระเหยของน้ำมันด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การเก็บใน ภาชนะที่ปิดสนิท การกำจัดออกซิเจนออกจากภาชนะ บรรจุ การเก็บรักษาที่ อุณหภูมิต่ำ หรือการเติมสารต้าน ออกซิเดชันลงในน้ำมันเพื่อเพิ่มความคงตัว เป็นต้น การไมโครเอนแคปซูลชัน เป็นอีกวิธีการหนึ่งซึ่งมีการนำ มาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความคงตัวของน้ำมันหอมระเหยอีก ด้วย (Casanova & Santos, 2012; Choe & Min, 2006)

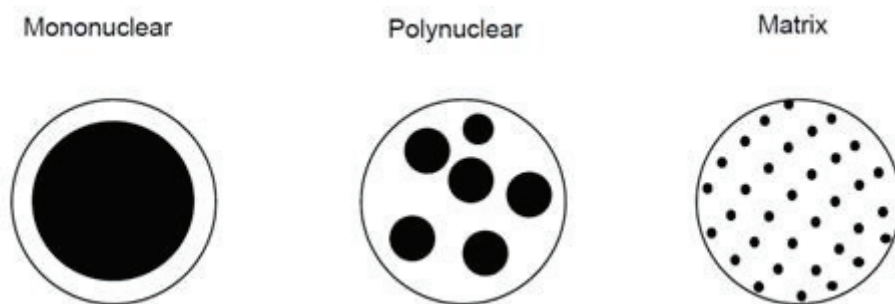
ไมโครเอนแคปซูลชัน (Microencapsulation)

ไมโครเอนแคปซูลชัน (microencapsulation) เป็นกระบวนการห่อหุ้มสารที่มีสถานะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือแก๊สด้วยพอลิเมอร์ให้อยู่ในรูปของแคปซูลขนาดเล็ก เรียกว่า ไมโครแคปซูล ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 1 จนถึง 800 ไมโครเมตร เป็นกระบวนการห่อหุ้มสารที่มีประสิทธิภาพ ในการป้องกันการระเหย การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน และ การถูกทำลายโดยความร้อน แสง ความชื้น และอากาศ จึง ช่วยยืดระยะเวลาในการเก็บรักษาอีกทั้งช่วยเปลี่ยนสถานะ สารจากของเหลวเป็นของแข็งจึงช่วยเพิ่มความเสถียร ในกระบวนการขนส่งและเก็บรักษา นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ ที่ได้ยังมีคุณสมบัติในการควบคุมการปลดปล่อย สามารถ เพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการนำส่งยาได้ ด้วยเหตุนี้ทำให้ไมโครเอนแคปซูลชันเป็นเทคโนโลยีที่มี การพัฒนาอย่างต่อเนื่องและถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายใน อุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรม ยา และอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง เป็นต้น (Kausadikar, Gadhave & Wanghmare, 2015)

ส่วนประกอบของไมโครแคปซูล

โครงสร้างของไมโครแคปซูล ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ สารที่ถูกห่อหุ้มซึ่งเป็นของเหลวหรือของแข็ง เรียกว่า สารแกนกลาง (core หรือ internal phase) และ สารที่ใช้ห่อหุ้มซึ่งมีผนังบาง ๆ เรียกว่า สารห่อหุ้ม (wall หรือ coating material) ทำให้เกิดการฟอร์มตัวเป็น

ไมโครแคปซูลซึ่งสามารถจำแนกประเภทของไมโครแคปซูลตามโครงสร้างได้ 3 ประเภทคือ โครงสร้างอนุภาคเดี่ยว (Mononuclear), โครงสร้างอนุภาครวม (polynuclear) และโครงสร้างอนุภาคหลายชั้น (matrix) (Barbosa-Cánovas et al., 2005)



ภาพ 1 โครงสร้างของไมโครแคปซูล

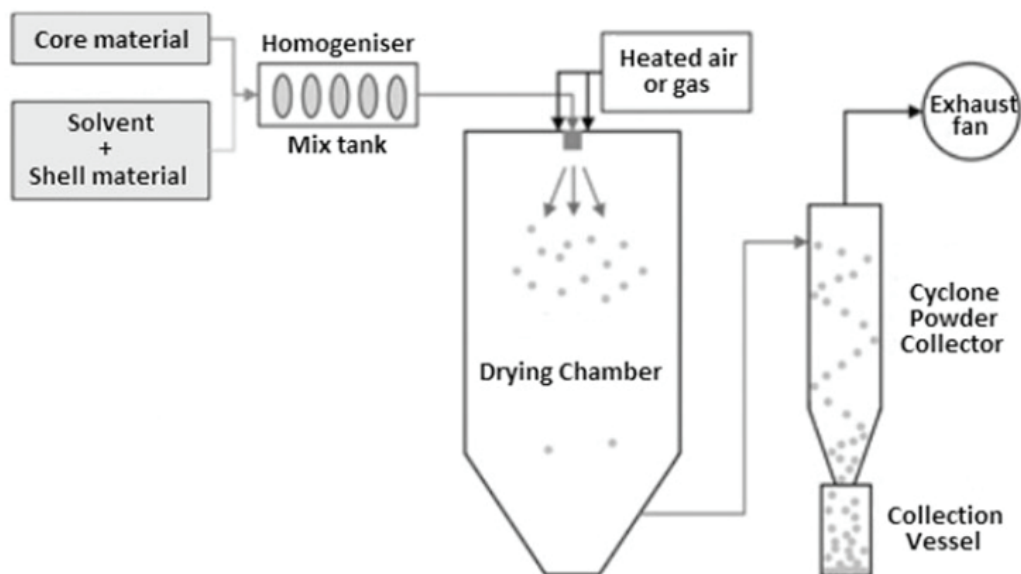
ที่มา จาก *Functional coatings: By polymer microencapsulation*, โดย Ghosh, 2006, Weinheim: Wiley-VCH Verlag.

การเตรียมไมโครแคปซูลด้วยวิธีพ่นแห้ง (Spray drying)

ปัจจุบันมีวิธีการไมโครแคปซูลเลชันหลายวิธี เช่น วิธีพ่นแห้ง (spray drying), spray cooling/chilling, extrusion, fluidized bed coating, coacervation, liposome entrapment เป็นต้น แต่เทคนิคที่นิยมใช้มากที่สุดในการอุตสาหกรรมอาหารและยา คือ วิธีพ่นแห้ง เนื่องจากใช้ต้นทุนต่ำ วิธีการไม่ยุ่งยาก มีประสิทธิภาพในการกักเก็บสูง (Ferreira et al. 2016) ด้วยเหตุนี้ งานบทความวิชาการนี้จึงมุ่งเน้นการอธิบายวิธีการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยวิธีพ่นแห้งเป็นหลัก

ขั้นตอนการเตรียมไมโครแคปซูลน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีพ่นแห้ง

กระบวนการไมโครแคปซูลน้ำมันด้วยวิธีพ่นแห้ง มี 2 ขั้นตอนหลักคือ ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (oil in water, O/W) ให้ได้อิมัลชันที่สามารถกักเก็บน้ำมันหอมระเหยได้ดี มีความคงตัว สามารถฉีดเข้าเครื่องพ่นแห้งในกระบวนการถัดไปได้ ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการพ่นแห้งเป็นการพ่นอิมัลชันผ่านความร้อนสูงอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำซึ่งละลายสารก่ออิมัลชันในวัฏภาคภายนอกกระเหยออกทำให้เกิดแผ่นฟิล์มห่อหุ้มน้ำมันซึ่งเป็นวัฏภาคภายใน ผลของกระบวนการดังกล่าวทำให้น้ำมันซึ่งอยู่ในสถานะของเหลวให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ของแข็งที่เป็นผงแห้งและตกลงสู่ไซโคลนสำหรับบรรจุผลิตภัณฑ์ (Chen & Mujumdar, 2008; Gharsallaoui et al., 2007; Risch & Reineccius, 1988)



ภาพ 2 ขั้นตอนการเตรียมไมโครแคปซูลน้ำมันและสารแต่งกลิ่นด้วยวิธีพ่นแห้ง
ที่มา จาก Encapsulation of cosmetic active ingredients for topical application--a review, โดย Casanova and Santos, 2012, *Journal of Microencapsulation*, 33(1), 1-17.

ผลของกระบวนการพ่นแห้งต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไมโครแคปซูล

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ เช่น ปริมาณผลิตภัณฑ์และประสิทธิภาพการกักเก็บน้ำมัน รูปร่างและขนาดอนุภาค bulk density และ tap density ตลอดจนถึงความชื้นของผงไมโครแคปซูลล้วนมีผลต่อความคงตัว ความสะดวกในการขนส่ง ตลอดจนไปถึงความคุ้มค่าในการผลิต ปัจจัยเหล่านี้จึงเป็นปัจจัยที่ใช้ในการประเมินเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้กระบวนการพ่นแห้ง ประกอบด้วยหลายกระบวนการย่อย คือ การป้อนชนิดอิมัลชันเข้าเครื่องพ่นแห้งผ่านหัวฉีด (atomizer) เกิดเป็นละอองฝอยขนาดเล็ก การอบแห้งด้วยอุณหภูมิร้อนเข้าซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการระเหยนํ้าออกจากละอองฝอยทำให้เกิดผงไมโครแคปซูล โดยความดันและอัตราการไหลของอากาศจะทำหน้าที่ในการผลักดันให้ละอองฝอยเคลื่อนที่ไปสัมผัสความร้อนและนำผงแห้งตกลงสู่ไซโครน ซึ่งก่อนเข้าสู่ไซโครน ผงไมโครแคปซูลจะถูกลดความชื้นลงด้วยอุณหภูมิร้อนขาออก ซึ่งทุกกระบวนการข้างต้นล้วนแล้วแต่มีผลต่อคุณสมบัติของผงไมโครแคปซูล ดังนี้

อัตราการป้อน

อัตราการป้อนที่นิยมใช้ไมโครแคปซูลเลชันอยู่ระหว่าง 1.0-2.0 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (Laohasongkram, Mahamaktudsanee & Chaiwanichasiri, 2011) หากเพิ่มอัตราการป้อนจะทำให้ปริมาณละอองฝอยในเครื่องพ่นแห้งมีปริมาณสูง อุณหภูมิภายในจึงลดต่ำลงทำให้เกิดฟิล์มห่อหุ้มสารแกนกลางน้อยส่งผลให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ได้มีปริมาณน้อย อีกทั้งมีปริมาณความชื้นในผงแห้งสูง ซึ่งความชื้นดังกล่าวมีผลต่อความคงตัวของน้ำมันซึ่งเป็นสารแกนกลาง โดยทั่วไปปริมาณความชื้นในอาหารประเภทผงแห้งไม่ควรเกิน 4% (Goyal et al., 2015) อีกทั้งการเพิ่มอัตราเร็วในการป้อนตัวอย่างทำให้อนุภาคมีขนาดไม่สม่ำเสมอ รูปร่างอสมมาตร มีรูพรุนสูง ทำให้ bulk density และ tap density ของผงยาที่ได้สูง ทั้งนี้ bulk density ซึ่งเป็นความหนาแน่นและ tap density ซึ่งเป็นความหนาแน่นหลังเคาะเป็นปัจจัยที่มีผลต่อขนาดและปริมาณในการบรรจุหรือขนส่ง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อศักยภาพในการขนส่งและต้นทุนในการขนส่ง

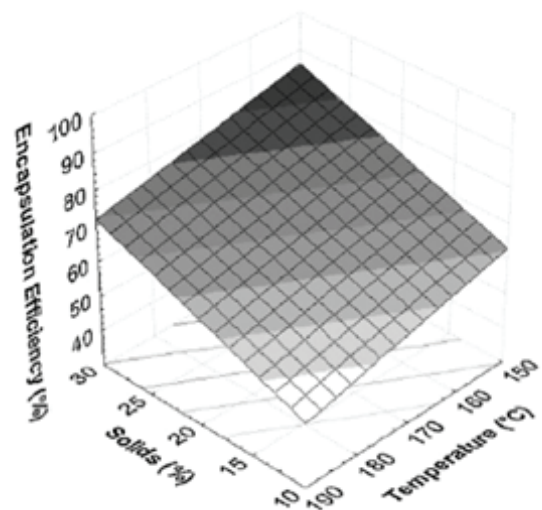
ความดันและอัตราการไหลของอากาศ

โดยทั่วไปความดันที่นิยมใช้ในการไมโครเอนแคปซูเลชันอยู่ระหว่าง 90-120 กิโลปาสกาล การเพิ่มความดันทำให้อัตราการเร็วในการพ่นแห้งเพิ่มขึ้น มุมในการพ่นละอองฝอยทำให้ลดการสะสมของผงแห้งบริเวณผนังของถังเครื่องพ่นแห้งจึงได้ปริมาณผลผลิตจากการผลิตเพิ่มขึ้น ต่างจากการลดความดันซึ่งทำให้ปริมาณผลผลิตลดลงขนาดอนุภาคลดลงเกิดแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคเพิ่มสูงขึ้นจึงทำให้ความสามารถในการไหลของผงไมโครแคปซูลลดลง ซึ่งจะมีผลต่อความสม่ำเสมอในแต่ละหน่วยบรรจุยา สำหรับอัตราการไหลของอากาศมีผลต่อระยะเวลาที่ละอองฝอยและอนุภาคผงแห้งอยู่ในถังอบแห้ง โดยทั่วไปนิยมไมโครเอนแคปซูเลชันโดยใช้อัตราการไหลของอากาศประมาณ 60-90 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที หากอัตราการไหลของอากาศต่ำจะทำให้ระยะเวลาอยู่ในถังอบแห้งเพิ่มขึ้นปริมาณความชื้นในผงไมโครแคปซูลจึงลดลง (Kumphol & Suanthong, 1998, Huang et al., 2014)

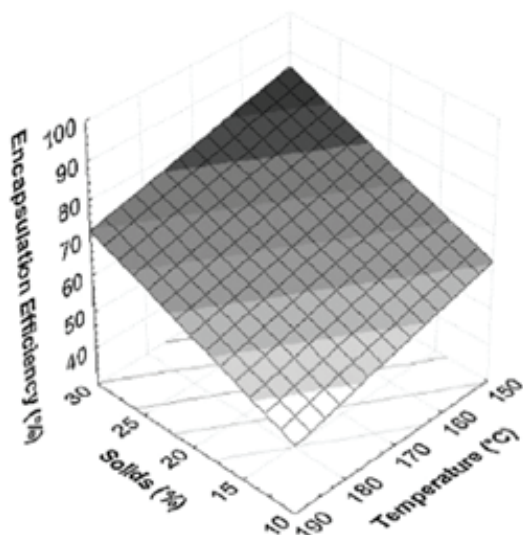
อุณหภูมิร้อนขาเข้าและขาออก

อุณหภูมิร้อนขาเข้าเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อคุณสมบัติโดยรวมของผงไมโครแคปซูลที่เตรียมได้ และการที่สามารถปรับเปลี่ยนอุณหภูมิร้อนขาเข้าทำได้ง่ายจึงมีรายงานวิจัยหลายงานงานวิจัยที่มีการศึกษาผลของอุณหภูมิร้อนขาเข้าที่เหมาะสมในการไมโครเอนแคปซูเลชันน้ำมันชนิดต่าง ๆ ซึ่งอุณหภูมิที่ประสบความสำเร็จในการไมโครเอนแคปซูเลชันมักอยู่ในช่วง 150-200°C (Laohasongkram, Mahamaktudsanee & Chaiwanichasiri, 2011) เช่น Frascareli et al. (2012) ซึ่งศึกษาสภาวะที่ในการไมโครเอนแคปซูเลชันน้ำมันกาแฟโดยใช้กัมอราบิกเป็นสารห่อหุ้มพบว่า อุณหภูมิขาเข้าที่สูงขึ้นก็มีผลทำประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำมันและปริมาณน้ำมันทั้งหมดในผงไมโครแคปซูลเพิ่มขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิความร้อนมีผลต่ออัตราเร็วการระเหยของน้ำออกและการเกิดฟิล์ม (film formation) ความร้อนที่สูงขึ้นจะทำให้ผิวนอกสุดของสารห่อหุ้มแห้งและเกิดฟิล์มอย่างรวดเร็วจึงกักเก็บน้ำมันไว้ได้ในปริมาณสูง (ภาพ 3 และภาพ 4)

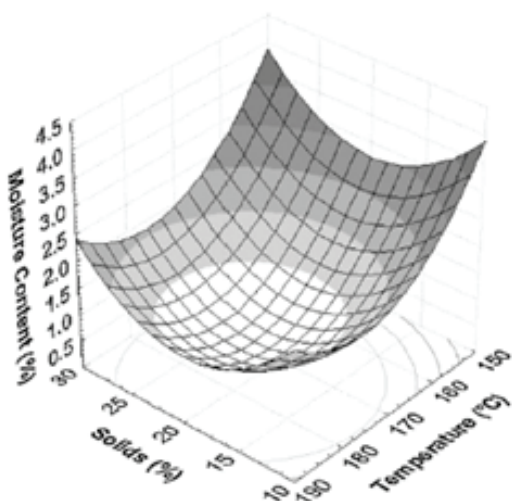
อย่างไรก็ตามการระเหยของน้ำที่ผิวละอองฝอยอย่างรวดเร็วอาจทำให้น้ำที่อยู่ภายในยังไม่ระเหยออกมาได้ทันอาจทำให้เกิดอากาศหรือฟองอากาศอยู่ในผนังของสารไมโครแคปซูลทำให้ปริมาณ bulk density และ tap density สูงขึ้น นอกจากนี้ความดันที่เกิดจากความพยายามระเหยน้ำออกภายในอาจทำให้เกิดการแตกของเปลือกสารห่อหุ้มเกิดการสูญเสียน้ำมันและทำให้ประสิทธิภาพการป้องกันสารแกนกลางจากสภาพแวดล้อมภายนอกลดลง สำหรับความชื้นของผงไมโครแคปซูลพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศร้อนขาเข้าในช่วงความแรกทำให้ปริมาณความชื้นในผงไมโครแคปซูลลดลงเนื่องจากมีอัตราการระเหยของน้ำเพิ่ม แต่อย่างไรก็ตามหากเพิ่มอุณหภูมิของอากาศร้อนขาเข้าสูงเกินไปจะทำให้ moisture content สูงขึ้น เนื่องจากการเกิดฟิล์มอย่างรวดเร็วทำให้น้ำที่อยู่ภายในอนุภาคระเหยออกมาได้ยากจึงมีปริมาณน้ำสะสมในอนุภาค (ภาพ 5) จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิขาเข้าเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งในการควบคุมคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผงไมโครแคปซูล อีกทั้งสามารถปรับเปลี่ยนอุณหภูมิได้ง่ายจึงสะดวกในการพัฒนาตำรับกว่าปัจจัยอื่น



ภาพ 3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในตำรับและอุณหภูมิร้อนขาเข้าซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำมันเมล็ดกาแฟของไมโครแคปซูล โดยวิธีพ่นแห้ง



ภาพ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในตำรับและอุณหภูมิร้อนชาเข้าซึ่งมีผลต่อน้ำมันเมล็ดกาแฟทั้งหมด



ภาพ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งทั้งหมดในตำรับและอุณหภูมิร้อนชาเข้าซึ่งมีผลต่อความชื้นของไมโครแคปซูล

สำหรับอุณหภูมิชาออกมีผลต่อประมาณความชื้นและความคงตัวของผลิตภัณฑ์ โดยทั่วไปนิยมใช้อุณหภูมิชาออกอยู่ระหว่าง 70-90°C (Kha et al., 2014) หากมีการลดปริมาณอุณหภูมิชาออกจะทำให้ปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากผลิตภัณฑ์หลังการเกิดฟิล์มได้ลดลง ซึ่งเพิ่มโอกาสในการเกาะกลุ่มกันของอนุภาคผงยา (agglomeration)

รวมทั้งอาจมีผลต่อการเพิ่มปฏิกิริยาออกซิเดชันและไฮโดรไลซิสของน้ำมันที่ถูกกักเก็บ (Adamiec et al., 2012)

สารหล่อหุ้มกับคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ

สารหล่อหุ้มเป็นสารมีคุณสมบัติในการก่ออิมัลชันและสามารถเกิดฟิล์มเพื่อห่อหุ้มสารแกนกลางได้ ทั้งนี้คุณสมบัติดังกล่าวขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของสารซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำมัน และคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไมโครแคปซูลที่เตรียมได้ สำหรับสารที่นิยมใช้ในการห่อหุ้มน้ำมันและสารแต่งกลิ่น คือ กัมอราบิก เนื่องจากมีคุณสมบัติที่ตีหลายประการในการกักเก็บน้ำมันและสารแต่งกลิ่น แต่การที่กัมอราบิกเป็นสารสกัดจากธรรมชาติทำให้มีข้อจำกัดด้านปริมาณการผลิตที่สามารถผลิตได้ปริมาณค่อนข้างน้อย จึงมีราคาแพง และไม่สามารถผลิตได้ในประเทศไทย จึงมีความพยายามคัดเลือกสารชนิดอื่นเพื่อใช้แทนหรือใช้ร่วมกับกัมอราบิกเพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว เช่น แป้งดัดแปลงโครงสร้าง (modified starch) เป็นต้น นอกจากนี้พบว่า แป้งหลายชนิดซึ่งผลิตได้เองในประเทศไทยเป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งมีศักยภาพในการก่อฟิล์มในกระบวนการไมโครเอนแคปซูเลชันและมีราคาถูกจึงนำมาใช้ทดแทนหรือใช้ร่วมกับกัมอราบิกในการเตรียมไมโครแคปซูล เช่น แป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวชนิดต่าง ๆ เป็นต้น (De Barros Fernandes et al., 2013; Ferreira et al., 2016; Surojanametakul et al., 2005) ด้วยเหตุนี้บทความนี้จึงมุ่งเน้นการอธิบายคุณสมบัติของกัมอราบิกและแป้งชนิดต่าง ๆ เป็นหลัก

กัมอราบิก (Gum Arabic--GA) คือ กัมที่ได้จากยางพืช (exudate gum) ในกลุ่มสารไฮโดรคอลลอยด์ ที่หลั่งออกมาจากกิ่งก้านของพืชในกลุ่มมอคาเซีย เช่น *Acacia senegal*, *Acacia seyal* ซึ่งพบในแถบทวีปแอฟริกา จากคุณสมบัติของกัมอราบิกที่มีความหนืดต่ำเมื่อใช้ที่มีความเข้มข้นสูงทำให้สามารถใช้ได้ในความเข้มข้นสูงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการห่อหุ้มและให้ประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำมันมีสูง จากคุณสมบัติข้างต้นจึงมีการนำกัมอราบิกมาใช้เป็นสารหล่อหุ้มในการเอนแคปซูเลชัน

น้ำมันจำนวนมาก เช่น การเอนแคปซูเลชันน้ำมันโรสแมรี่ (De Barros Fernandes et al. 2014) การเอนแคปซูเลชันน้ำมันออริกาน (Hijo et al. 2015) เป็นต้น แต่กัมมอราบิกเองมีข้อจำกัดในเรื่องปริมาณการผลิต เนื่องจากเป็นสารที่ผลิตจากพืช มีราคาค่อนข้างสูง และไม่สามารถผลิตได้ในประเทศไทย

แป้งมันสำปะหลัง (Tapioca starch) เป็นแป้งที่ได้จากมันสำปะหลัง องค์กรประกอบโดยทั่วไปเป็นสารกลุ่มคาร์โบไฮเดรตซึ่งละลายและละลายแล้วให้สารที่มีลักษณะเป็นไฮโดรคอลลอยด์เช่นเดียวกับกัมมอราบิกแต่ให้ความหนืดสูงกว่า เป็นสารก่ออิมัลชันที่มีประสิทธิภาพต่ำทำให้ประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำมันต่ำและไม่สามารถใช้ในปริมาณสูงได้ แต่แป้งมันสำปะหลังมีข้อดีคือแป้งมันสำปะหลังผลิตกันเป็นที่ยอมรับได้ง่าย ราคาถูก และผลิตได้ปริมาณมากในประเทศไทย สำหรับข้อจำกัดเรื่องคุณสมบัติการก่ออิมัลชันต่ำนั้นทำให้ไม่สามารถไม่เลือกใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นสารหล่อหุ้มเดี่ยว จึงต้องนำมาผสมกับสารหล่อหุ้มชนิดอื่นเพื่อเพิ่มคุณสมบัติในการหล่อหุ้มเป็นสารหล่อหุ้ม เช่น การใช้แป้งมันสำปะหลังมาผสมกับกัมมอราบิกในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อทำไมโครเอนแคปซูเลชันน้ำมันปาล์ม (Ferreira et al., 2015) และการไมโครเอนแคปซูเลชันน้ำมันรำข้าวด้วยวิธีพ่นแห้งโดยใช้แป้งมันสำปะหลังร่วมกับโปรตีนสกัดจากถั่วเหลือง (soya protein isolate complex) เป็นสารหล่อหุ้ม (Muraly et al., 2016) ซึ่งพบว่าไมโครแคปซูลที่ได้ให้ร้อยละของการกักเก็บน้ำมันที่สูงและสามารถป้องกันการเกิด peroxidation ของน้ำมันที่กักเก็บได้

แป้งข้าว (rice starch) เป็นแป้งที่ได้จากเมล็ดข้าว โดยแป้งข้าวซึ่งมีการผลิตและนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารในประเทศไทยคือ แป้งข้าวเจ้า (regular rice starch) และแป้งข้าวเหนียว (glutinous rice starch) ซึ่งพบว่าแป้งทั้งสองชนิดมีศักยภาพเป็นในการเตรียมไมโครแคปซูลด้วยวิธีพ่นแห้ง เมื่อใช้เป็นสารหล่อหุ้มร่วมกับกัมมอราบิก โดยผงไมโครแคปซูลที่ได้มีลักษณะเป็นทรงกลม มีขนาดอนุภาค bulk density และ tap density ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามพบว่าไมโครแคปซูล

ซึ่งเตรียมจากกัมมอราบิกร่วมกับแป้งข้าวเหนียวมีความขึ้นน้อยกว่ากัมมอราบิกร่วมกับแป้งข้าวเจ้า ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.93% และ 8.20% ตามลำดับ (Surojanametakul et al., 2005)

มอลโตเดกซ์ตริน (maltodextrin) เกิดจากตัดแปลงโครงสร้างของแป้งออกบางส่วนด้วยกระบวนการไฮโดรไลซิส ทำให้ได้สารที่มีความหนืดต่ำ สามารถละลายน้ำได้ดีขึ้น จึงช่วยลดข้อจำกัดที่พบในแป้งตามธรรมชาติได้ การผ่านกระบวนการดังกล่าวทำให้สารที่ได้มีราคาเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับแป้งตามธรรมชาติแต่ยังมีราคาค่อนข้างถูกเมื่อเทียบกับกัมมอราบิก ซึ่งนิยมนำมาใช้มากในการไมโครเอนแคปซูเลชัน แม้มอลโตเดกซ์ตรินมีข้อจำกัดด้านประสิทธิภาพในการหล่อหุ้มน้ำมันต้องใช้ร่วมกับกัมมอราบิกในการหล่อหุ้มน้ำมันแต่อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวก็สามารถต้นทุนในการผลิตลงได้ (De Barros Fernandes, Borges & Botrel, 2014)

นอกจากชนิดของสารหล่อหุ้มแล้ว ปริมาณสารหล่อหุ้มสัดส่วนสารหล่อหุ้มต่อน้ำมันหรือสารแกนกลาง และสัดส่วนการแทนกัมมอราบิกด้วยแป้งในสารหล่อหุ้มล้วนมีผลต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไมโครแคปซูลที่ได้ ทั้งนี้ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าสัดส่วนสารหล่อหุ้มต่อสารแกนกลางที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 2:1 ถึง 4:1 เนื่องจากการใช้ปริมาณสารหล่อหุมน้อย คือ มีสัดส่วนน้อยกว่า 2:1 จะทำให้มีประสิทธิภาพในการก่ออิมัลชันและประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำมันต่ำ น้ำมันส่วนใหญ่จึงกระจายอยู่ที่ผิวของผงไมโครแคปซูล จึงไม่มีประโยชน์ในการปกป้องน้ำมันหรือสารแกนกลางจากสภาวะแวดล้อมภายนอก แต่หากมีการใช้ปริมาณสารหล่อหุ้มในปริมาณสูง คือ มีสัดส่วนสารหล่อหุ้มต่อสารแกนกลาง มากกว่า 4:1 แม้จะมีประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำมันสูงแต่การใช้สารหล่อหุ้มในปริมาณสูงทำให้ไม่คุ้มทุนในการผลิตเชิงอุตสาหกรรม (Frascareli et al., 2012; McNamee, O'Riordan & O'Sullivan, 2001)

ปริมาณสารหล่อหุ้มหรือของแข็งทั้งหมดในตำรับ (total solids) พบว่า การเพิ่มปริมาณสารหล่อหุ้มช่วยเพิ่มความสามารถในการเกิดอิมัลชันส่งผลให้ประสิทธิภาพในการหล่อหุ้มสารแกนกลางและปริมาณน้ำมันทั้งหมด

เพิ่มขึ้น (ภาพ 3 และภาพ 4) สำหรับปริมาณความชื้นในตำรับพบว่า การเพิ่มปริมาณสารหล่อหุ้มในปริมาณน้อย ๆ จะช่วยลดปริมาณน้ำในตำรับทำให้ผงไมโครแคปซูลมีปริมาณความชื้นลดลง แต่หากเพิ่มปริมาณสารหล่อหุ้มมากเกินไปจะทำให้โอมัลชันมีความหนืดสูงจึงลดความสามารถในป้อน อีกทั้งการความหนืดที่เพิ่มขึ้นจะขัดขวางการระเหยออกของน้ำขณะพ่นแห้งระเหยได้ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูง (ภาพ 5) ซึ่งอาจนำไปสู่แนวโน้มการเกิดความไม่คงตัวในตำรับ (Frascareli et al., 2012)

สำหรับสัดส่วนการแทนที่กัมอราบิกด้วยแป้งเนื่องจากแป้งมีความสามารถในการกักโอมัลชันน้อยกว่ากัมอราบิกดังนั้นการปรับลดสัดส่วนของกัมอราบิกลงและเพิ่มสัดส่วนของแป้งในตำรับจึงทำให้ประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำมันลดลง (Ferreira et al., 2016) อย่างไรก็ตามพบว่าการเพิ่มสัดส่วนของแป้งในตำรับช่วยลดการเกิดติดของผงไมโครแคปซูลกับผนังของเครื่องพ่นแห้งจึงทำให้ปริมาณผลิตผลสูงขึ้น (Santana et al., 2016) สำหรับสัณฐานวิทยาของผงไมโครแคปซูลพบว่าการใช้กัมอราบิกร่วมกับแป้งช่วยให้ผงยามีลักษณะเป็นทรงกลมและมีผิวเรียบมากกว่าการใช้กัมอราบิกเพียงอย่างเดียวเนื่องจากแป้งช่วยเพิ่มความสามารถในการยึดหยุ่นของผิวอนุภาคขณะพ่นแห้ง กรณีความชื้นในตำรับพบว่าตำรับซึ่งมีสัดส่วนการแทนที่แป้งในตำรับเพิ่มขึ้นมีผลเพิ่มปริมาณความชื้นของผงไมโครแคปซูล เนื่องจากผลของความชื้นของวัตถุดิบซึ่งแป้งปริมาณความชื้นสูงกว่ากัมอราบิก (De Barros Fernandes, Borges & Botrel, 2014; Ferreira et al., 2016)

บทสรุป

การทำไมโครเอนแคปซูลชันน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีพ่นแห้ง เป็นวิธีการที่เหมาะสมในการเพิ่มความคงตัวของน้ำมันหอมระเหย โดยปัจจัยที่มีผลต่อการพ่นแห้งของน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ ส่วนประกอบของสารหล่อหุ้มและสภาวะการผลิต เช่น อัตราการป้อน ควรอยู่ในช่วง 1-2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความดัน ควรอยู่ในช่วง 90-120 กิโลปาสกาล และอัตราการไหลของอากาศ ควรอยู่ในช่วง 60-90 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที อุณหภูมิร้อนขาเข้าและขาออก ควรอยู่ในช่วง 150-200°C และ 70-90°C ตามลำดับ นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มความสะดวกในการขนส่ง การนำไปใช้งาน ตลอดจนการเก็บรักษา

การศึกษาเทคนิคไมโครเอนแคปซูลชันน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีพ่นแห้ง เป็นการศึกษาที่มีความจำเป็นเนื่องจากคุณสมบัติที่เป็นข้อเสียของน้ำมันหอมระเหยที่เกี่ยวข้องทำให้เกิดความไม่คงตัว ดังนั้นการทำให้อยู่ในรูปไมโครแคปซูล ทำให้ความคงตัวเพิ่มขึ้น นำไปใช้ได้สะดวก อีกทั้งยังสามารถทราบวณ้ำมันหอมระเหยที่กักเก็บไว้มีปริมาณเท่าใด เพื่อง่ายต่อการนำไปใช้และสามารถควบคุมการปลดปล่อยของน้ำมันหอมระเหยของไมโครแคปซูลได้อีกทั้งการใช้สารหล่อหุ้มที่มีในประเทศ เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเจ้า แป้งข้าวเหนียว เป็นการสร้างมูลค่าให้กับวัตถุดิบที่มีในประเทศได้อีกด้วย

ในอนาคตจะมีการใช้น้ำมันหอมระเหยในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการมีวิธีการที่เพิ่มความคงตัวของน้ำมันหอมระเหยและให้สามารถนำไปใช้ได้ง่าย ยิ่งจะเป็นการเพิ่มปริมาณการใช้ น้ำมันหอมระเหยทั้งในและต่างประเทศ เป็นการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศอีกทางหนึ่งด้วย



References

- Adamiec, J., Borompichaichartkul, C., Srzednicki, G., Panket, W., Piriypunsakul, S., & Zhao, J. (2012). Microencapsulation of kaffir lime oil and its functional properties. *Drying Technology*, 30(9), 914-920.
- Alvarez-Castellanos, P. P., & Pascual-Villalobos, M. J. (2003). Effect of fertilizer on yield and composition of lower head essential oil of *Chrysanthemum coronarium* (Asteraceae) cultivated in Spain. *Industrial Crops and Product*, 17(2), 77-81.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils-a review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446-475.
- Barbosa-Cánovas, G. V., Ortega-Rivas, E., Juliano, P., & Yan, H. (2005). *Food powders physical properties, processing and functionality*. New York: Kluwer Academic.
- Baser, K. H. C., & Demirci, F. (2007). Chemistry of essential oils. In R. G. Berger (Ed.), *Flavours and fragrances: Chemistry, bioprocessing and sustainability*. Berlin: Springer.
- Bedi, S., Tanuja, S., & Vyas, S. P. (2010). *A handbook of aromatic and essential oil plants: Cultivation, chemistry, processing and uses*. India: Agrobios.
- Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223-253.
- Casanova, F., & Santos, L. (2012). Encapsulation of cosmetic active ingredients for topical application --a review. *Journal of Microencapsulation*, 33(1), 1-17.
- Carson, C. F., Hammer, K. A., & Riley, T. V. (2006). *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil: A review of antimicrobial and other medicinal properties. *Clinical Microbiology Reviews*, 19(1), 50-62.
- Carson, C. F., & Hammer, K. A. (2011). Chemistry and bioactivity of essential oils. In H. Thormar (Ed.), *Lipids and essential oils as antimicrobial agents*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Chami, F., Chami, N., Bennis, S., Trouillas, J., & Remmal, A. (2004). Evaluation of carvacrol and eugenol as prophylaxis and treatment of vaginal candidiasis in an immunosuppressed rat model. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 54(5), 909-914.
- Chen, X. D., & Mujumdar, A. S. (2008). *Drying technologies in food processing*. Oxford: Blackwell.
- Choe, E., & Min, D. B. (2006). Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5(4), 169-186.
- Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 12(4), 564-582.

- Cragg, G. M., Newman, D. J., & Snader, K. M. (1997). Natural products in drug discovery and development. *Journal of Natural Products*, 60(1), 52-60.
- De Barros Fernandes, R. V., Borges, S. V., Botrel, D. A., Silva, E. K., Costa, J. M. G. D., & Queiroz, F. (2013). Microencapsulation of rosemary essential oil: Characterization of particles. *Drying Technology*, 31(11), 1245-1254.
- De Barros Fernandes, R. V., Borges, S. V., & Botrel, D. A. (2014). Gum arabic/starch/maltodextrin/inulin as wall materials on the microencapsulation of rosemary essential oil. *Carbohydrate Polymers*, 101(2014), 524-532.
- Djilani, A., & Dicko, A. (2012). The therapeutic benefits of essential oils. In J. Bouayed & T. Bohn (Eds.), *Nutrition, well-being and health*. Rijeka: InTech.
- Ferreira, C. D., Da Conceição, E. J. L., Machado, B. A. S., Hermes, V. S., De Oliveira Rios, A., Druzian, J. I., & Nunes, I. L. (2016). Physicochemical characterization and oxidative stability of microencapsulated crude palm oil by spray drying. *Food and Bioprocess Technology*, 9(1), 124-136.
- Frascareli, E. C., Silva, V. M., Tonon, R. V., & Hubinger, M. D. (2012). Effect of process conditions on the microencapsulation of coffee oil by spray drying. *Food and Bioprocess Technology*, 90(3), 413-424.
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voille, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40(9), 1107-1121.
- Ghosh, S. K. (2006). *Functional coatings: By polymer microencapsulation*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag.
- Goyal, A., Sharma, V., Sihag, M. K., Tomar, S. K., Arora, S., Sabikhi, L., & Singh, A. K. (2015). Development and physico-chemical characterization of microencapsulated flaxseed oil powder: A functional ingredient for omega-3 fortification. *Powder Technology*, 286(2015), 527-537.
- Hammer, K. A., & Carson, C. F. (2011). Antibacterial and antifungal activities of essential oils. In H. Thormar (Ed.), *Lipids and essential oils as antimicrobial agents*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Hijo, T., Campos, A. A., Costa, J. M. G., Silva, E. K., Azevedo, V. M., Yoshida, M. I., & Borges, S. V. (2015). Physical and thermal properties of oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil microparticles. *Journal of Food Process Engineering*, 38(1), 1-10.
- Hussain, A. I., Anwar, F., Sherazi, S. T. H., & Przybylski, R. (2008). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations. *Food Chemistry*, 108(3), 986-995.

- Huang, H., Hao, S., Li, L., Yang, X., Cen, J., Lin, W., & Wei, Y. (2014). Influence of emulsion composition and spray-drying conditions on microencapsulation of tilapia oil. *Journal of food science and technology*, 51(9), 2148-2154.
- Isman, M. B., Wilson, J. A., & Bradbury, R. (2008). Insecticidal activities of commercial rosemary oils (*Rosmarinus officinalis*.) against larvae of *Pseudaletia unipuncta*. and *Trichoplusia ni*. in relation to their chemical compositions. *Pharmaceutical Biology*, 46(1-2), 82-87.
- Kausadikar, S., Gadhave, A. D., & Wanghmare, J. (2015). Microencapsulation of lemon oil by spray drying and its application in flavor tea. *Advances in Applied Science Research*, 6(4), 69-78.
- Kha, T. C., Nguyen, M. H., Roach, P. D., & Stathopoulos, C. E. (2014). Microencapsulation of Gac oil: Optimization of spray drying conditions using response surface methodology. *Powder Technology*, 264(2014), 298-309.
- Kumphol, W., & Suanthong, S. (1998). *Effect of processing variables in spray drying technique on physical properties of spray dried product*. Phitsanulok: Narasuan University.
- Laohasongkram, K., Mahamaktudsanee, T., & Chaiwanichasiri, S. (2011). Microencapsulation of Macadamia oil by spray drying. *Procedia Food Science*, 1(2011), 1660-1665.
- McNamee, B. F., O'Riorda, E. D., & O'Sullivan, M. (2001). Effect of partial replacement of gum arabic with carbohydrates on its microencapsulation properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(7), 3385-3388.
- Masango, P. (2005). Cleaner production of essential oils by steam distillation. *Journal of Cleaner Production*, 13(8), 833-839.
- Muraly, S., Kar, A., Patel, A. S., Kumar, J., Mohapatra, D., & Das, S. K. (2016). Encapsulation of rice bran oil in tapioca starch-soya protein isolate complex using spray drying. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 86(8), 984-991.
- Nakatsu, T., Lupo Jr, A. T., Chinn Jr, J. W., & Kang, R. K. (2000). Biological activity of essential oils and their constituents. *Studies in Natural Products Chemistry*, 21(2000), 571-631.
- Peanparkdee, M., Iwamoto, S., & Yamauchi, R. (2016). Microencapsulation: A review of applications in the food and pharmaceutical industries. *Reviews in Agricultural Science*, 4(2016), 56-65.
- Risch, S. J., & Reineccius, G. A. (1988). *Flavor encapsulation*. Washington, D.C.: American Chemical Society.
- Santana, A. A., Cano-Higueta, D. M., De Oliveira, R. A., & Telis, V. R. (2016). Influence of different combinations of wall materials on the microencapsulation of jussara pulp (*Euterpe edulis*) by spray drying. *Food Chemistry*, 212(2016), 1-9.

- Surojanametakul, V., Tungtrakul, P., Varannanond, W., Supasri, R., Boonbumrourng, S., & Themtakul, K. (2005). Properties of spray-dried rice starch microcapsule. *Kasetsart Journal: Natural Science*, 39(4), 730-738.
- Teixeira, B., Marques, A., Ramos, C., Neng, N. R., Nogueira, J. M., Saraiva, J. A., & Nunes, M. L. (2013). Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils. *Industrial Crops and Product*, 43(1), 587-595.
- Terblanche, F. C., & Kornelius, G. (2000). A literature survey of the antifungal activity of essential oil constituents. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 3(3), 139-156.
- Vigan, M. (2010). *Essential oils: Renewal of interest and toxicity*. *European Journal of Dermatology*, 20(6), 685-692.

