

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่องการพัฒนาสูตรตำรับนาโนอิมัลชันผสมสารสกัดขิงสำหรับฤทธิ์ลดเซลล์โลที่ผู้จัดทำได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎีต่าง ๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยสรุปดังนี้

2.1 ขิง

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

2.1.2 องค์ประกอบ

2.1.3 การนำมาใช้ประโยชน์ทางยา

2.1.4 การศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

2.1.5 การทดสอบความเป็นพิษ

2.2 นาโนอิมัลชัน

2.2.1 ข้อดีของนาโนอิมัลชัน

2.2.2 การสร้างนาโนอิมัลชัน

2.2.3 การเตรียมนาโนอิมัลชัน

2.2.3.1 การทำอิมัลชันโดยใช้พลังงานสูง (High-Energy Emulsification Methods)

2.2.3.2 การทำอิมัลชันโดยใช้พลังงานต่ำ (Low-Energy Emulsification Methods)

2.2.4 ปัญหาความไม่คงตัวของนาโนอิมัลชัน

2.3 เซลล์โลที่

2.3.1 สาเหตุของการเกิดเซลล์โลที่

2.3.2 ปัจจัยที่ก่อให้เกิดเซลล์โลที่

2.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

2.1 ขิง

ขิง (*Zingiber officinale* Rosc) เป็นพืชสมุนไพรและเครื่องเทศที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ จัดอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae ประกอบด้วยน้ำมันชั้น (Oleo-resin) 4-8%, น้ำมันหอมระเหย (Volatile Oil) 1-3%, แป้ง 40-60% (Bradley, P.R. 1992) มีกลิ่นหอมและรสเผ็ดในขิงมีสารจำพวกน้ำมันชั้น ที่มี Gingerol, Shogaol และ Zingerone เป็นองค์ประกอบ Gingerol ในขิงประกอบด้วย [6]-, [8]-,

[10]-Gingerol โดย [6]-Gingerol มีปริมาณมากที่สุด จึงนิยมใช้ประกอบอาหารเพื่อแต่งกลิ่น เพิ่มรสชาติ ดับกลิ่นคาวของเนื้อสัตว์ และยังมีสรรพคุณทางด้านการรักษาและบรรเทาอาการป่วยเบื้องต้นอีกด้วย (Parthasarathy, V.A., et al. 2008)

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ginger ปลูกมากในแถบเอเชีย แอฟริกา แปะซิฟิกใต้ อเมริกาใต้ และทะเลแคริบเบียน เช่น จาไมก้า แหล่งที่ปลูกgingerที่สำคัญ ได้แก่ อินเดียและสาธารณรัฐประชาชนจีน รองลงมา ได้แก่ ออสเตรเลีย ฟิจิ ไต้หวัน และไทย ginger เป็นพืชล้มลุก มีลำต้นอยู่ใต้ดินซึ่งเรียกว่า เหง้า ลำต้นจะมีความสูงประมาณ 50 - 100 เซนติเมตร ลักษณะเหง้าที่อยู่ใต้ดินจะกลมและแบน ลำต้นแท้จะมีลักษณะเป็นปล้อง เนื้อในจะเป็นสีขาวหรือเหลืองอ่อน โคนต้นจะเป็นยอดหรือต้นเทียมใหญ่เท่าแห่งดินสอดำ และมีกาบหรือโคนใบหุ้ม จึงเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว ใบมีลักษณะออกสลับกันเป็นสองแถว ก้านใบนั้นจะยาวห่อหุ้มลำต้น ใบเขียวยาวรูปหอก ฐานใบเรียวแหลม ขอบใบเรียบ มีความกว้างประมาณ 2 เซนติเมตร ยาวประมาณ 20 เซนติเมตร รูปใบคล้ายใบไพล ดอกจะออกรวมกันเป็นช่อแทงออกมาจากเหง้า มีก้านช่อดอกยาวประมาณ 20 เซนติเมตร ทุก ๆ ดอกมีกาบสีเขียวปนแดง ลักษณะโค้ง ๆ ห่อรองรับ กาบนั้นจะปิดแน่นเมื่อดอกยังอ่อน และจะบานให้เห็นดอกในภายหลัง กลีบดอกที่ปิดกันแน่นนั้นจะ ยาวประมาณ 5 เซนติเมตร กว้างประมาณ 2.5 เซนติเมตร ดังภาพที่ 2.1 (Parthasarathy, V.A., et al. 2008)

ภาพที่ 2.1

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของginger



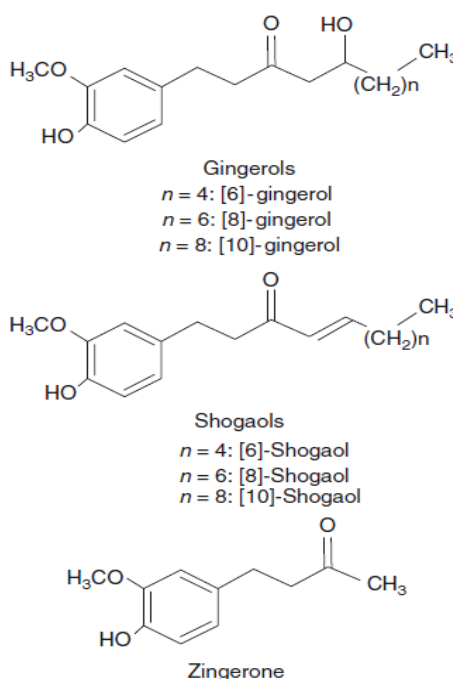
ที่มา : วิกีพีเดีย. ม.ป.ป. : ออนไลน์

2.1.2 องค์ประกอบ (Constituents)

ginger ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหย (Volatile oil) 1-3%, น้ำมันชั้น (Oleoresin) 4-7.5% แป้ง 40-60% และเมือก กลิ่นหอมฉุนและรสเผ็ดในgingerเป็นสารจำพวกน้ำมันชั้น (Oleoresin) ซึ่งประกอบด้วย Gingerol หรือ 1-(3-Methoxy-4-Hydroxyphenyl)-3-Keto-5-Hydroxyhexane], Shogaol และ Zingerone (ภาพที่ 2.2)

ภาพที่ 2.2

องค์ประกอบหลักของginger



ที่มา: Parthasarathy, V.A., et al. 2008

2.1.3 การนำมาใช้ประโยชน์ทางยา

เหง้า : รสหวานเผ็ดร้อน ขับลม แก้ท้องอืด จุกเสียด แน่นเฟ้อ คลื่นไส้ อาเจียน แก้อบไอ ขับเสมหะ แก้บิด สารสำคัญในน้ำมันหอมระเหยจะออกฤทธิ์กระตุ้นการบีบตัวของกระเพาะอาหาร และลำไส้ ใช้เหง้าแก่ทุบหรือบดเป็นผงชงน้ำดื่มสำหรับแก้อาการคลื่นไส้ อาเจียน แก้อุจจาระแข็ง แน่นเฟ้อ เหง้าสดใช้แก้อาการขับเสมหะ

ต้น : รสเผ็ดร้อน ขับลมให้ผายเรอ แก้อุจจาระแข็ง แก้ท้องร่วง

ใบ : รสเผ็ดร้อน บำรุงกำเดา แก้ฟกช้ำ แก้นิว แก้อั้ว ขับปัสสาวะ แก้โรคตา ฆ่าพยาธิ

ดอก : รสเผ็ดร้อน แก้โรคประสาทซึ่งทำให้ใจุ่นมัว ช่วยย่อยอาหาร แก้ขัดปัสสาวะ

ราก : รสหวานเผ็ดร้อนขม แก้แน่น แก้คอเสมหะ บำรุงเสียง แก้ลม แก้เสมหะ แก้บิด

ผล : รสหวานเผ็ด บำรุงน้ำนม แก้ไข้ แก้คอแห้ง เจ็บคอ แก้ตาฟาง เป็นยาอายุวัฒนะ

2.1.4 การศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา

เหง้าขิง (Ginger) มีฤทธิ์ลดการอักเสบ (Anti-Inflammatory) และลดอาการปวด (Analgesic) ในผู้ป่วยโรค Rheumatism (Srivastava, K.C. and Mustafa, T. 1989) และช่วยขับลม ย่อยอาหาร บำบัดอาการคลื่นไส้ อาเจียนจากการเดินทาง อีกทั้งยังมีฤทธิ์แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ แก้ไอ ขับเสมหะ ส่วนน้ำมันหอมระเหยมีฤทธิ์ช่วยเพิ่มการไหลเวียนโลหิตบริเวณใต้ผิวหนัง (Micro-Circulation) และสามารถต้านออกซิเดชันได้ด้วย

จากการศึกษาฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและคลินิกพบว่า ขิงสามารถรักษาและบรรเทาอาการปวดเบื้องต้นได้ ขิงมีฤทธิ์หลากหลาย เช่น ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ฤทธิ์ยับยั้งการอักเสบ ฤทธิ์ต่อระบบทางเดินอาหาร ฤทธิ์ลดอาการอักเสบ ฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์ เป็นต้น ปัจจุบันมีการนำขิงมาใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เช่น แชมพู โลชั่นทาผิว เจลโกนหนวด เจลล้างหน้า ยาสีฟัน โดยมีการศึกษาพบว่า ขิงจะกระตุ้นเลือดมาเลี้ยงหนังศีรษะช่วยให้ผมงอกเร็ว ทำให้รากผมแข็งแรง และฆ่าจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดรังแค นอกจากนี้มีการใช้ขิงร่วมกับสารกันบูดพาราเบนในเครื่องสำอางพบว่า ช่วยลดการทำลายเม็ดเลือดแดงจากฤทธิ์ของพาราเบนได้ (Ficker, C.E., et al. 2003) มีรายงานการวิจัยพบว่าน้ำมันขิงจากสารสกัดขิงที่มีลักษณะมีกลิ่นฉุน เผ็ดร้อน (Singh, G., et al. 2008) สามารถช่วยเพิ่มการไหลเวียนโลหิตบริเวณใต้ผิวหนังและมีกลไกในการให้พลังงาน นอกจากนี้ยังพบว่า 6-Gingerol ซึ่งพบมากที่สุดคือน้ำมันขิงยังมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้ด้วย (Parthasarathy, V.A, et al. 2008) ดังนั้นขิงจึงได้รับความนิยมในการนำมาเป็นสารออกฤทธิ์ (Active Ingredient) ในยาและผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางหลากหลายชนิด จากคุณสมบัติดังกล่าวส่งผลให้ปัจจุบันมีการนำขิงมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางประเภทผลิตภัณฑ์ลดเซลล์ไลท์มากขึ้น Baumann, L. (2003) ได้ศึกษาการนำขิงที่ผ่านการสกัดด้วยวิธีต่าง ๆ ซึ่งสารสกัดขิงอุดมไปด้วยสารสำคัญหลากหลายชนิดที่มีสรรพคุณช่วยเพิ่มการไหลเวียนโลหิต ทำให้เส้นเลือดฝอยที่ผิวหนังขยายตัว ส่งผลให้ระบบน้ำเหลืองถูกกระตุ้นทำให้ทำงานร่วมกับการไหลเวียนโลหิตบริเวณเนื้อเยื่อที่มีเซลล์ไลท์มีประสิทธิภาพมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยป้องกันการเกิดอนุมูลอิสระด้วย (M. P. Goldman. 2006) และมีรายงานการนำสารสกัดขิงผสมร่วมกับสารสกัดใบบัวบกในสูตรตำรับผลิตภัณฑ์ที่ใช้รับประทานเพื่อลดเซลล์ไลท์ (Septevani, A.A., et al. 2010) หรือใช้สารสกัด

จึงมาพัฒนาสูตรตำรับโลชันทาตัวสำหรับฤทธิ์ลดเซลล์ลูไลท์ (นลัท ถาวรเจริญรักษ์ และคณะ. 2552) อีกด้วย

2.1.5 การทดสอบความเป็นพิษ

ทำการนินสารสกัดขิงที่สกัดด้วย Ethanol ความเข้มข้น 50% (Aswal, B.S., et al. 1984), Ethanol ความเข้มข้น 90% (Woo, W.S., et al. 1979) และทำการนินสารสกัดขิงที่สกัดด้วย Benzene (Vishwakarma, S.L., et al. 2002) เข้าทางช่องท้องของหนูทดลอง และป้อนสารสกัดขิงที่สกัดด้วย Ethanol (Jagetia, G., et al. 2004) ให้แก่หนูถีบจักรพบว่ามีความ LD 50 เท่ากับ 178; 1,000; 1,000 และ 1,500 มก./กก. ตามลำดับ สารสกัดขิงที่สกัดด้วย Ethanol ความเข้มข้น 80% ขนาด 3 ก./กก. เป็นพิษเมื่อป้อนให้แก่หนูถีบจักร (Mascolo, N., et al. 1989) เมื่อนินสารสกัดขิงที่สกัดด้วย Ethanol ความเข้มข้น 95% ขนาด 5 มล./ตัว เข้าทางหลอดเลือดดำของสุนัขจะมีผลต่อระบบหัวใจ ซีพจรและทำให้ความดันสูง แต่การป้อนสุนัขด้วยขิง ขนาด 20 ก./ตัว และป้อนกระต่ายที่ขนาด 1-118 ก./ตัว จะไม่พบความเป็นพิษ (Kim, C-H. 2002)

การก่อกลายพันธุ์

สารสกัดขิงที่สกัดด้วยน้ำความเข้มข้น 100 มก./มล. (Morimoto, I., et al. 1982) มีฤทธิ์ในการก่อกลายพันธุ์ในเชื้อ Salmonella typhimurium TA100 (Yamamoto, H., et al. 1982) สารสกัดขิงที่สกัดด้วย Ethanol ความเข้มข้น 95% ที่ความเข้มข้น 100 มก./งานเพาะเชื้อ (Nagabhushan, M., et al. 1987) ความเข้มข้น 10 มก./งานเพาะเชื้อ (Morimoto, I., et al. 1982) และสารสกัดขิงที่สกัดด้วย Ethanol ไม่ระบุความเข้มข้น (Hosono, A., et al. 1987) มีฤทธิ์ในการก่อกลายพันธุ์ในเชื้อ Salmonella typhimurium TA100, TA102, TA1535 และ TA98

น้ำมันหอมระเหยจากขิง ความเข้มข้น 10 พิโคลิตร/งานเพาะเชื้อ มีฤทธิ์ในการก่อกลายพันธุ์ในเชื้อ Salmonella typhimurium TA98, TA1535 และความเข้มข้น 0.1 มก./งานเพาะเชื้อ มีฤทธิ์ในการก่อกลายพันธุ์ในเชื้อ Micrococcus flavus (Sivaswamy, S.N., et al. 1991)

ความเป็นพิษต่อเซลล์

สารสกัดจากใบขิง ความเข้มข้น 3.75% มีผลทำให้การเจริญของเซลล์ Fibroblast จากเหงือกลดลง 50% และรูปร่างเปลี่ยนไป (Nakamura, H. and Yamamoto, T. 1982) สารสกัดขิงที่สกัดด้วย Ethanol ความเข้มข้น 90% จากเหง้าความเข้มข้น 0.5 มก./มล. เป็นพิษต่อเซลล์ Lymphocytes ของคน (Unnikrishnan, M.C. and Kuttan, R. 1988)

ความเป็นพิษต่อตัวอ่อน

เมื่อป้อนสารสกัดขิง ขนาด 100, 333 และ 1000 มก./กก (Weidner M.S. and Sigwart, K. 2001) ให้แก่หนูขาวที่กำลังตั้งท้อง และป้อนน้ำจืดขนาด 20 และ 50 ก./ล. ให้หนูขาวในช่วงวันที่ 6-15 ของการตั้งครรภ์ พบว่าไม่เป็นพิษต่อแม่หนูและไม่มีผลต่อตัวอ่อน ตัวอ่อนมีน้ำหนักและการพัฒนาของกระดูกอกและฝ่ามือมากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับน้ำจืด (Wilkinson, J.M. 2000)

การทำให้แท้ง

เมื่อป้อนสารสกัดขิงที่สกัดด้วย Ethanol ขนาด 200 มก./กก. (Runnebaum, B., et al. 1984) และสารสกัดขิงที่ไม่ระบุน้ำยาสกัด ขนาด 100, 333 และ 1,000 มก./กก. (Weidner, M.S. and Sigwart, K. 2001) แก่หนูขาวที่ตั้งท้อง พบว่าไม่ทำให้แท้ง แต่น้ำขิงที่ขนาด 20 และ 50 ก./ล. ทำให้เกิดการแท้งเป็น 2 เท่าของแม่หนูที่ไม่ได้รับน้ำจืด (Wilkinson, J.M. 2000)

การทำให้แพ้

ขิงผง (Stager, J., et al. 1991) และน้ำคั้นจากขิง (Seetharam, K.A. and Pasricha, J.S. 1987) ทำให้เกิดอาการแพ้ ผื่นคันได้

เมื่อทาสารสกัดขิงความเข้มข้น 3% ลงบนผิวหนังหนูที่ผ่านการ โคนขนเป็นระยะเวลา 15 วัน พบว่าไม่เกิดการระคายเคืองใด ๆ ต่อผิวหนังและศึกษาต่อจนถึง 21 วัน พบว่าสารสกัดขิงยังช่วยสร้างเนื้อเยื่อบริเวณผิวหนังหนูที่มีรอยแผลได้อย่างรวดเร็ว (Narasimharao, B., et al. 2009)

เมื่อทดสอบทาโลชันผสมสารสกัดขิง 5% ในอาสาสมัครเป็นระยะเวลา 28 วัน พบอาสาสมัคร 2 คน จากจำนวนอาสาสมัคร 27 คน มีอาการระคายเคืองผิวเมื่อใช้คือ ผิวร้อนแดง คันและเกิดผื่นขึ้นบริเวณที่ทา (นลัท ถาวรเจริญรักษ์ และคณะ. 2552)

2.2 นาโนอิมัลชัน (Nanoemulsion)

นาโนอิมัลชันเป็นระบบการกระจายของน้ำมันในน้ำที่มีขนาดเล็กมาก โดยมีขนาดอนุภาคของวิภาคกระจายโดยทั่วไปที่อยู่ในช่วง 20-500 นาโนเมตร มีลักษณะโปร่งใสหรือค่อนข้างใส จนมีสีออกฟ้า มีชื่อต่าง ๆ กัน เช่น มินิอิมัลชัน (Miniemulsions) นาโนอิมัลชัน (Nanoemulsion) ไฟน์ดีสเพิซอิมัลชัน (Fine Disperse Emulsion) ซับไมครอนอิมัลชัน (Submicron Emulsion) อิมัลชันเนื้อเดียว (Homogeneous Emulsion) อัลตราไฟน์อิมัลชัน (Ultrafine Emulsion) อิมัลชันโปร่งแสง (Translucent Emulsion) อิมัลซอยด์ (Emulsoides) และไมโครอิมัลชันไม่คงตัว (Unstable Micro Emulsions) เป็นต้น (Al-Edresi, S. and Baie, S. 2009)

นาโนอิมัลชันมีความคงตัวทางจลนศาสตร์เนื่องจากมีตัวกั้นซึ่งเป็นชั้นดูดซับของสารทำอิมัลชันหรือสารลดแรงตึงผิวที่บริเวณระหว่างผิวของน้ำมันและน้ำ ตัวกั้นชนิดนี้อาจมีไฟฟ้าสถิตหรือกีดขวางโดยธรรมชาติที่ช่วยป้องกันหยดอิมัลชันจากการเข้าใกล้กัน และทำหน้าที่เสริมความคงตัวของฟิล์มของเหลวบางระหว่างหยดของเหลวที่อยู่ใกล้ชิดติดกัน (Capek, I. 2004) มีความหนืดต่ำและมีลักษณะโปร่งแสง มีความคงตัวทางกายภาพระยะยาว (ที่ไม่จับกลุ่มหรือไม่รวมหยด) บางครั้งอาจหมายถึงระบบที่เข้าใกล้ความคงตัวทางอุณหพลวัต (Bouchemal, K., et al. 2004) นอกจากนั้นนาโนอิมัลชันยังเป็นระบบที่มีลักษณะบอบบางโดยธรรมชาติ จากคุณสมบัติดังกล่าวทำให้นาโนอิมัลชันเป็นระบบที่ได้รับความสนใจทั้งในการศึกษาและการนำไปประยุกต์ใช้ เช่น ทางอุตสาหกรรมเภสัชกรรมนำนาโนอิมัลชันมาใช้เป็นระบบนำส่งยาและสารทางเครื่องสำอางอย่างแพร่หลาย

2.2.1 ข้อดีของนาโนอิมัลชัน (Bouchemal, K., et al. 2004) ได้แก่

1. นาโนอิมัลชันมีขนาดหยดที่เล็กมากทำให้ลดแรงโน้มถ่วงของโลกที่มากระทำต่อหยดภายในอิมัลชันได้และการเคลื่อนที่แบบบราวน์ (Brownian Motion) ช่วยให้ชนะแรงโน้มถ่วงของโลกได้ ทำให้สามารถป้องกันการเกิดครีม (Creaming) หรือการตกตะกอนระหว่างการเก็บรักษา
2. นาโนอิมัลชันช่วยให้สารสำคัญแพร่ผ่านลงสู่ผิวหนังได้อย่างรวดเร็วเนื่องจากมีพื้นที่ผิวของระบบมาก
3. นาโนอิมัลชันสามารถใช้ได้อย่างง่ายบนผิวเนื่องจากไม่เป็นอันตรายและไม่ระคายเคือง
4. นาโนอิมัลชันมีลักษณะโปร่งใสโดยธรรมชาติ มีความหนืดไม่มาก ทำให้ระบบนี้มีสมบัติที่ดึงดูดต่อการใช้และให้ความรู้สึกที่ดีบนผิว นอกจากนี้อนุภาคอิมัลชันขนาดเล็กจะไม่อุดตันรูขุมขนแล้วยังยอมให้อากาศและน้ำไหลผ่านได้
5. นาโนอิมัลชันช่วยให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำมันและน้ำที่ยาวนานกว่า เนื่องจากมีหยดเล็กขนาดนาโนเมื่อเทียบกับอิมัลชันปกติ ซึ่งช่วยเอื้อต่อการปลดปล่อยสารสำคัญออกจากหยดของวัฏภาคกระจาย
6. เนื่องจากขนาดหยดที่เล็กทำให้นาโนอิมัลชันสามารถกระจายตัวบนพื้นผิวได้อย่างสม่ำเสมอจากการมีแรงตึงผิว (Surface Tension) และแรงตึงระหว่างผิวประจัน (Interfacial Tension) ต่ำ อาจช่วยเพิ่มความสามารถในการเปียก, การแผ่กระจาย และการซึมผ่าน (Penetration) ได้ดีขึ้น
7. จากขนาดหยดที่เล็กมาก ทำให้ป้องกันการเกิดการจับกลุ่มกันของหยดภายในอิมัลชันแบบผันกลับได้ (Flocculation) และป้องกันการเกิดการจับกลุ่มกันของหยดภายในอิมัลชันแบบผันกลับไม่ได้ (Coalescence)

8. นาโนอิมัลชันอาจใช้แทนไลโปโซม (Liposome) และเวสิเคิล (Vesicles) ซึ่งมีความคงตัวน้อยกว่านาโนอิมัลชันได้ และมีความเป็นไปได้ในการทำให้เกิด Lamella Liquid Crystalline Phase ล้อมรอบหยดอนุภาคนาโนเพื่อเพิ่มความคงตัวของผลิตภัณฑ์ได้

2.2.2 การสร้างนาโนอิมัลชัน

ส่วนประกอบที่จำเป็นโดยพื้นฐานของการเตรียมอิมัลชัน ได้แก่ น้ำมัน น้ำ สารลดแรงตึงผิว และพลังงานที่ก่อให้เกิดการเข้ากันของอิมัลชัน การสร้างนาโนอิมัลชันด้วยการใช้พลังงาน ทำได้ด้วยการให้แรงเฉือนทางกล มีหลายกระบวนการที่เกิดขึ้นระหว่างการสร้างอิมัลชันชนิดนี้ ได้แก่ การทำให้เกิดการแตกของหยดของเหลว การดูดซับของโมเลกุลสารลดแรงตึงผิว และการชนกันของหยดของเหลว (ที่อาจทำให้เกิดการรวมหยดและมีขนาดหยดที่ใหญ่ขึ้น) กระบวนการเหล่านี้ อาจเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันระหว่างการสร้างอิมัลชัน การแตกของหยดของเหลวเกิดขึ้นได้ถ้าหากแรงที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปมีค่ามากกว่าแรงดันลาปลาซ (Laplace Pressure, p) ซึ่งเป็นความแตกต่างของแรงดันภายนอกและภายในหยดของเหลวที่คำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้ (Tadros, T., et al. 2004, Solans, C., et al. 2003)

$$p = \gamma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

โดย γ เป็นแรงตึงระหว่างผิว

R_1 และ R_2 เป็นรัศมีความโค้งของหยดอนุภาคที่เปลี่ยนรูปไม่เป็นทรงกลม

ดังนั้นการสร้างหยดของเหลวขนาดเล็กกลางจำเป็นต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นและ/หรือใช้สารลดแรงตึงผิวที่เพิ่มขึ้น และมีปัจจัยจำนวนมากที่ต้องควบคุมระหว่างการสร้างนาโนอิมัลชัน ได้แก่ การเลือกส่วนผสมที่เหมาะสม การควบคุมลำดับของการเติมสารประกอบ และการให้แรงเฉือนในลักษณะที่สามารถแตกหยดของเหลวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.3 การเตรียมนาโนอิมัลชัน

วิธีเตรียมนาโนอิมัลชันสามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี (Thierry, F.V. and Anton, N. 2010) ได้แก่

2.2.3.1 การทำอิมัลชันโดยใช้พลังงานสูง (High-Energy Emulsification Methods)

วิธีนี้สามารถสร้างอิมัลชันด้วยการใช้พลังงานระดับสูงทำให้เกิดได้โดยการปั่นด้วยแรงเฉือนอย่างสูง หรือการปั่นผสมเป็นเนื้อเดียวกันด้วยความดันสูง (High-Pressure Homogenizer) เป็นเครื่องผสมที่นิยมใช้เตรียมอิมัลชันมากที่สุด พารามิเตอร์ที่สำคัญสำหรับเครื่องนี้ คือ อุณหภูมิ ความดัน และจำนวนรอบที่ปั่น Liedtke, S., et al. (2000) แสดงให้เห็นว่าจำนวนรอบของการปั่นผสมเป็นเนื้อเดียวกันจำเป็นอย่างมากต่อการลดขนาดอนุภาค อีกทั้งยังพบว่าการใช้อุณหภูมิสูงก็มีผลต่อการทำให้มีอนุภาคขนาดเล็กกว่า และการใช้เครื่องอัลตราโซนิค (Ultrasound Generator) เป็นอีกวิธีที่มีประสิทธิภาพในการลดขนาดหยดของเหลว แต่อาจใช้ได้เฉพาะการผลิตขนาดเล็ก Lanfester, K., et al. (2004) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเตรียมนานอิมัลชันของพอลิเมอร์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของกระบวนการกระจายขึ้นอยู่กับระยะเวลาของการให้คลื่นเหนือเสียงที่แอมพลิจูดต่าง ๆ และโมโนเมอร์มีความไม่ชอบน้ำมากขึ้น ระยะเวลาของการให้คลื่นเสียงยิ่งต้องเพิ่มขึ้นด้วย

2.2.3.2 การทำอิมัลชันโดยใช้พลังงานต่ำ (Low-Energy Emulsification Methods)

การเตรียมอิมัลชันโดยใช้พลังงานต่ำ สามารถแบ่งออกเป็น 2 วิธี ได้แก่

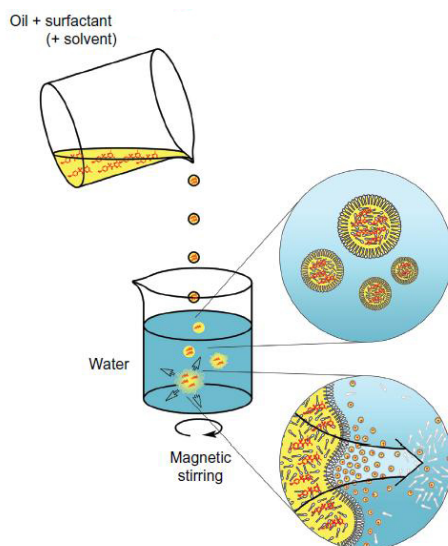
1. Spontaneous Emulsification เป็นกระบวนการที่เกิดการสร้างอิมัลชันขึ้นเอง โดยวิธีนี้จะใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ทำหน้าที่เป็นสารลดแรงตึงผิวร่วม เริ่มจากการเติมตัวทำละลายลงในวัฏภาคน้ำมันส่งผลให้วัฏภาคน้ำมันเกิดเป็นหยดอนุภาคขนาดเล็ก เนื่องจากความไม่คงตัวของผิวประจันที่เกิดจากตัวทำละลายเกิดการแพร่ผ่านผิวประจันอย่างรวดเร็วและลดแรงตึงระหว่างผิวลง วิธีนี้ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีข้อดี คือ สามารถทำได้ง่ายในระดับการทดลอง ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่ซับซ้อน ไม่ต้องใช้อุณหภูมิสูงในการเตรียม และได้ตำรับที่มีหยดอนุภาคเฉลี่ยขนาดเล็ก ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อขนาดอนุภาค ได้แก่ ความหนืดของวัฏภาคน้ำมัน ค่า HLB ของสารลดแรงตึงผิว แรงตึงระหว่างผิว และชนิดโครงสร้าง ความเข้มข้นของตัวทำละลาย (Bouchemal, K., et al. 2004) ตัวทำละลายมีผลอย่างมากต่อขนาดหยดอนุภาคและการกระจายของขนาดอนุภาค

การเตรียมนานอิมัลชันโดยวิธี Spontaneous Emulsification

วัฏภาคน้ำมันประกอบด้วย น้ำมัน สารลดแรงตึงผิวชนิดชอบไขมัน (Liphophilic Surfactant) ตัวทำละลาย วัฏภาคน้ำประกอบด้วย สารลดแรงตึงผิวชนิดชอบน้ำ (Hydrophilic Surfactant) และน้ำ ชั่งสารแต่ละชนิดตามปริมาณที่กำหนดในสูตรตำรับ เทวัฏภาคน้ำมันลงในวัฏภาคน้ำเป็นสายอย่างช้า ๆ พร้อมทั้งคนตลอดเวลาด้วยเครื่องคนผสมชนิดแม่เหล็ก แสดงดังภาพที่ 2.3 จากนั้นนำไปประเหยภายใต้ความดันต่ำโดยใช้เครื่องกลั่นระเหยระบบสุญญากาศแบบหมุนแล้วนำอิมัลชันที่ได้ไปศึกษาขนาดอนุภาคโดยใช้เครื่องวัดขนาดอนุภาค

ภาพที่ 2.3

การเตรียมนาน้ำมันด้วยวิธี Spontaneous Emulsification



ที่มา : Thierry, F.V and Anton, N. 2010

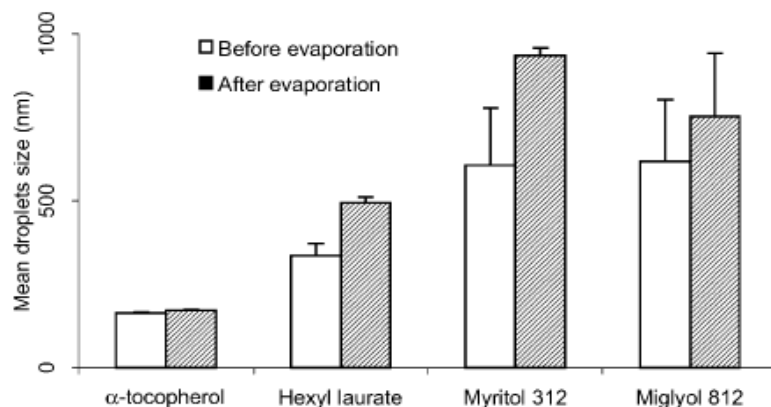
ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของหยดอนุภาคขนาดเล็ก

1. ชนิดของน้ำมัน (Oil)

Bouchemal, K., et al. (2004) ทำการศึกษาชนิดของน้ำมันที่มีความเหมาะสมต่อการสร้างนาโนอิมัลชัน โดยเลือกใช้น้ำมัน 4 ชนิด ได้แก่ Hexyl Laurate, Myritol[®] 312, Miglyol[®] 812, α -Tocopherol พบว่าน้ำมันต่างชนิดกันมีผลต่อขนาดอนุภาคนาโนอิมัลชัน (แผนภูมิที่ 2.4) แต่ความหนืดของน้ำมันนั้นยังไม่มีเหตุผลเพียงพอที่จะแสดงให้เห็นว่ามีผลต่อขนาดอนุภาค ดังตารางที่ 2.1 เมื่อเปรียบเทียบความหนืดของน้ำมันทุกชนิดพบว่า α -Tocopherol มีความหนืดสูงสุดแต่ขนาดอนุภาคเล็กที่สุดในทางกลับกัน Hexyl Laurate มีความหนืดต่ำสุดแต่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า Myritol[®] 312 และ Miglyol[®] ที่มีความหนืดรองจาก α -Tocopherol

แผนภูมิที่ 2.1

การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างขนาดนาโนอิมัลชันเฉลี่ยที่ใช้ไขมันต่างชนิดกันก่อนระเหยและหลังระเหยตัวทำละลาย (Acetone)



ที่มา : Bouchemal, K., et al. (2004)

ตารางที่ 2.1

ความหนาแน่นและความหนืดของ α -Tocopherol, Hexyl laurate, Myritol[®] 312, Miglyol[®] 812

	Density at 20 ^o C (g/m ³)	Viscosity at 20 ^o C (mPa ⁻¹)
α -Tocopherol	0.940-0.960	3000-4500
Hexyl laurate	0.840-0.850	4.5-7.5
Myritol [®] 312	0.945-0.949	27-33
Miglyol [®] 812	0.950	27-33

ที่มา : Bouchemal, K., et al. (2004)

2. สารลดแรงตึงผิว (Surfactant)

การใช้สารลดแรงตึงผิวแบบผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสมยังช่วยให้ความคงตัวของนาโนอิมัลชันสูงขึ้นอีกด้วย โดยสัดส่วนของสารลดแรงตึงผิวที่ใช้คำนวณได้จากสมการนี้

$$HLB = \frac{(X_a HLB_a) + (X_b HLB_b)}{X_a + X_b} X_a = \frac{m_a}{m_a + m_b} X_b$$

$$= \frac{m_b}{m_a + m_b}$$

Bouchemal, K., et al. (2004) ศึกษาผลของสารลดแรงตึงผิวต่อขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยของนาโนอิมัลชันที่มี Miglyol[®] 812 และผ่านการระเหยตัวทำละลายแล้ว จากตารางที่ 2.2 แสดงให้เห็นว่าตัวรับที่ใช้ Pluronic[®] F68 เป็นสารลดแรงตึงผิว ส่งผลให้ค่า HLB ระบบสูงกว่าตัวรับอื่น ๆ และมีผลทำให้ได้หยดอนุภาคขนาดเล็ก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Seijo, B., et al. (1990) และ Frisbee, S.E. and McGinity, J.W. (1994) ซึ่งรายงานว่าการใช้ Pluronic[®] F68 มีผลทำให้ขนาดอนุภาคลดลง ดังนั้นการเลือกใช้สารลดแรงตึงผิวของแต่ละคู่ ซึ่งมีค่า HLB ระบบที่ต่างกันก็จะมีผลต่อขนาดอนุภาคที่ต่างกันด้วย

ตารางที่ 2.2

ผลของสารลดแรงตึงผิวต่อขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยของนาโนอิมัลชันที่มี Miglyol[®] 812

Formulation	Liposoluble Surfactant	HLB _a at 25 °C	Hydrosoluble Surfactant	HLB _a at 25 °C	HLB System 25 °C	Droplets Size (nm)
1	Lipoid [®] S75	7	Pluronic [®] F68	29	21.23	124±46
2	Span [®] 80	4.3	Tween [®] 80	15	11.03	5164±71
3	Span [®] 85	18	Tween [®] 20	16	10.98	725±198

ที่มา : Bouchemal, K., et al. (2004)

3. ตัวทำละลายที่เหมาะสม (Solvent Optimization)

การเลือกตัวทำละลายให้เหมาะสมทั้งที่สามารถเข้ากับน้ำได้ทั้งหมดและได้บางส่วน ควรพิจารณาจากความเป็นพิษของตัวทำละลายนั้น ๆ โดยเลือกจาก European Pharmacopoeia (4th edition 2002) และเป็นตัวทำละลายที่ถูกใช้ในทางกระบวนการเภสัชกรรม โดยถูกแบ่งตามระดับความเป็นพิษ 3 ประเภท

ประเภท 1 : ตัวทำละลายที่ควรหลีกเลี่ยง

ประเภท 2 : ตัวทำละลายที่ถูกจำกัดปริมาณ (Solvents to be Limited)

ประเภท 3 : ตัวทำละลายที่มีความเป็นพิษต่ำ

เพื่อความปลอดภัยในการนำตัวทำละลายไปใช้ในการผลิตนาโนอิมัลชันดังนั้นจึงควรเลือกตัวทำละลายประเภท 3 ซึ่งเป็นตัวทำละลายที่มีความเป็นพิษต่ำ ดังแสดงตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3

ตัวทำละลายที่ถูกใช้ในทางกระบวนการเภสัชกรรมโดยเลือกจากเภสัชตำรับยุโรป
(European Pharmacopoeia)

Solvent	Water miscibility
Acetone	Miscible
Ethanol	Miscible
Tetrahydrofuran	Very Soluble
Methyl Ethyl Ketone	Very Soluble
Methyl Acetate	Very Soluble
Ethyl Acetate	Partially Miscible
Isopropyl Acetate	Partially Miscible

ที่มา : Bouchemal, K., et al. (2004)

Bouchemal, K., et al. (2004) ศึกษาตัวทำละลายที่เหมาะสม โดยศึกษาจากตัวทำละลาย 2 ชนิดเปรียบเทียบกัน พบว่า Acetone เป็นตัวทำละลายที่ทำให้ได้ขนาดอนุภาคเล็กกว่า Ethanol ดังนั้นชนิด โครงสร้างและความเข้มข้นของตัวทำละลายมีผลอย่างมากต่อขนาดหยาบอนุภาคและการกระจายของขนาดอนุภาค

2. อุณหภูมิการกลับวัฏภาค (Phase-Inversion Temperature, PIT)

การกลับวัฏภาคในการทำอิมัลชันสามารถทำได้ 2 วิธี (วราภรณ์ จรรยาประเสริฐ. 2552) ได้แก่

2.1 การกลับวัฏภาคแบบปรับเปลี่ยน (Transitional Phase Inversion, TPI) เกิดขึ้นเมื่อ ความชอบจับกันของสารลดแรงตึงผิวกับวัฏภาคน้ำอยู่ในสถานะสมดุลกับความชอบจับกับวัฏภาคน้ำมัน นอกจากนี้ยังสามารถทำได้โดยการเติมสารประกอบอื่นร่วม เช่น อุณหภูมิ รวมทั้งการเหนี่ยวนำจากการปรับอุณหภูมิ การเติมสารลดแรงตึงผิวที่มีค่า HLB ต่างกัน (วราภรณ์ จรรยาประเสริฐ. 2552) ตัวอย่างการใช้วิธีนี้ได้แก่ การศึกษาของ Shinoda, K and Saito, H. (1968) โดยใช้สารลดแรงตึงผิว ชนิดไม่มีประจุ คือ Ethoxylate ซึ่งสารลดแรงตึงผิวชนิดนี้ไวต่ออุณหภูมิ โดยจะมีสมบัติชอบไขมัน (Lipophilic) เพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากเกิดการขจัดน้ำ

(Dehydration) ของสายโพลีเอทิลีนออกไซด์ (Polyethyleneoxide) เมื่อให้ความร้อนแก่อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำที่ใช้สารลดแรงตึงผิวชนิด Ethoxylate เมื่ออุณหภูมิถึงจุดจะเกิดการกลับวัฏภาคเป็นอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน ณ จุดอุณหภูมิเท่ากับ PIT แรงตึงระหว่างผิวมีค่าต่ำที่สุดและได้ขนาดหยดอนุภาคที่เล็กที่สุด อย่างไรก็ตามหยดขนาดเล็กล้วนไม่มีความคงตัวจึงเข้ามารวมตัวกันในระยะเวลาอันสั้น อาจแก้ไขโดยการเตรียมอิมัลชันที่อุณหภูมิใกล้ PIT แล้วทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้ได้อิมัลชันที่มีขนาดหยดอนุภาคเล็กและมีความคงตัวดี

2.2 การกลับวัฏภาคแบบมหันตภัย (Catastrophic Phase Inversion) (วารสารณ์จรรยาประเสริฐ. 2552) เป็นการเหนี่ยวนำโดยการเพิ่มปริมาณสัดส่วนของของเหลวชั้นภายใน เช่น Phase Transition Method โดยการค่อย ๆ เติมน้ำลงในสารผสมของน้ำมันและสารลดแรงตึงผิวที่มีอุณหภูมิคงที่จนเกิดเป็นอิมัลชัน ณ จุดที่เกิดอิมัลชันจากวิธีนี้เรียกว่า Emulsion Inversion Point ได้อิมัลชันที่มีขนาดหยดอนุภาคเล็กและมีความคงตัวดี ซึ่งวิธีนี้มีการศึกษาในงานวิจัยของ Al-Edresi, S. and Baie, S. (2009) โดยใช้ Emulium Kappa[®] ที่มี Sodium Stearoyl Lactylate เป็นองค์ประกอบ ทำหน้าที่เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุนาโนอิมัลชันที่ได้มีลักษณะเป็นหยดของเหลวเล็กน้อย <300 นาโนเมตร

2.2.4 ปัญหาความไม่คงตัวของนาโนอิมัลชัน

ความไม่คงตัวหลักที่เกิดกับนาโนอิมัลชันมี 2 แบบคือ

1. Ostwald Ripening เป็นปัญหาความไม่คงตัวที่เกิดกับนาโนอิมัลชันซึ่งเกิดจากความสามารถในการละลายของหยดอนุภาคขนาดใหญ่และเล็กมีความแตกต่างกัน ทำให้เกิดการแพร่ของของเหลวชั้นภายในผ่านของเหลวชั้นภายนอก เกิดการเติบโตของอนุภาคขนาดใหญ่มากขึ้นและอนุภาคขนาดเล็กหายไป (Liu, W., et al. 2006) ในทางทฤษฎี Ostwald Ripening ควรจะทำให้เกิดการรวมกันของหยดอนุภาคจนเกิดการแยกวัฏภาคของอิมัลชัน (Phase Separation) แต่ในทางปฏิบัติไม่เป็นเช่นนั้น เนื่องจากการรวมตัวนั้นจะลดลงเมื่อขนาดหยดอนุภาคเพิ่มขึ้น

วิธีการลดการเกิด Ostwald Ripening

1) การเติมของเหลวชั้นภายในชนิดที่สองที่ไม่ละลายในของเหลวชั้นภายนอก เช่น Squalene ซึ่งในกรณีนี้จะเกิดการแบ่งส่วน (Partition) ระหว่างหยดอนุภาคโดยส่วนประกอบที่มีค่าการละลายในของเหลวชั้นภายนอกต่ำจะมีความเข้มข้นสูงในหยดอนุภาคขนาดเล็ก ระหว่างการเกิด Ostwald Ripening ในระบบที่มีส่วนประกอบของของเหลวชั้นภายใน 2 ชนิด ความสมดุลเกิดขึ้นเมื่อความแตกต่างของศักย์ทางเคมี (Chemical Potential) ระหว่างหยดอนุภาคที่มีขนาดต่างกันมีค่าเท่ากัน ซึ่งเป็นผลมาจากการแบ่งส่วนของส่วนประกอบทั้งสอง หากส่วนประกอบ

ชนิดที่ 2 มีค่าการละลายในของเหลวชั้นภายนอกเท่ากับศูนย์ การกระจายของขนาดหยดอนุภาคจะไม่เปลี่ยนแปลงจากค่าเริ่มต้นหรืออาจกล่าวได้ว่า อัตราการเติบโตของขนาดหยดอนุภาคเป็นศูนย์ ในกรณีที่ค่าการละลายในของเหลวชั้นภายนอกของส่วนประกอบชนิดที่สองนั้นมีค่าต่ำ อัตราการเติบโตของขนาดหยดอนุภาคจะต่ำกว่าส่วนประกอบที่มีค่าการละลายสูง วิธีนี้มีข้อจำกัดคือ ส่วนประกอบชนิดที่สองนี้จะต้องไม่ละลายหรือละลายได้น้อยในของเหลวชั้นภายนอก และต้องเข้ากันกับของเหลวชั้นภายในชนิดแรกด้วย

Al-Edresi, S. and Baie, S. (2009) ได้ศึกษาการลดลงของ Ostwald Ripening เมื่อเติม Squalene ในอัตราส่วนต่าง ๆ พบว่าอัตราการเกิด Ostwald Ripening เปลี่ยนแปลง เมื่อใช้ Squalene ปริมาณสูง ส่งผลให้อัตราการเกิด Ostwald Ripening ต่ำลง เนื่องจากปริมาณ Squalene ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เกิดศักย์บนผิวของหยดอนุภาค ซึ่งค่าศักย์นี้จะสร้างแรงผลักเมื่อหยดอนุภาคเข้ามาใกล้กัน จึงช่วยลดการเกิดการรวมตัวกันของหยดอนุภาคได้

2) การเปลี่ยนแปลงฟิล์มที่ผิวของหยดอนุภาคของระบบอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ โดยเมื่อลดแรงดึงระหว่างผิวทำให้การเกิด Ostwald Ripening ลดลง อย่างไรก็ตามวิธีนี้สามารถลดแรงดึงระหว่างผิวได้ไม่มากนัก และมีผู้แนะนำให้ใช้สารลดแรงดึงผิวที่ดูดซับบนผิวของผิวของหยดอนุภาค ในระบบอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำได้ดี ต้องไม่หลุดออกขณะเกิด Ostwald Ripening จึงสามารถลดแรงดึงระหว่างผิวได้อย่างมีนัยสำคัญ การใช้ A-B-A บล็อกโคโพลิเมอร์ที่ละลายได้ในน้ำมันแต่ไม่ละลายในของเหลวชั้นภายนอกจะทำให้ได้ผลดียิ่งขึ้น โดยสารลดแรงดึงผิวชนิดโพลิเมอร์ควรช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการลดแรงดึงระหว่างผิวของสารทำอิมัลชันหรือเสริมฤทธิ์แบบ Synergistic Effect

2. Coalescence (เกษร จันท์ศิริ. 2549) เป็นการรวมกันของหยดอนุภาคเล็ก ๆ เกิดเป็นอนุภาคที่ขนาดใหญ่ขึ้น เมื่อหยดอนุภาคเข้าใกล้กันจะเกิดฟิล์มของเหลวบาง (Liquid Thin Film) ระหว่างหยดอนุภาค การเกิดการรวมตัวกันเป็นผลมาจากการแตกออกของฟิล์มในบางจุดของฟิล์มก่อน ซึ่งความคงทนของฟิล์มนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น สมบัติทางกายภาพของฟิล์ม สมบัติและความเหมาะสมของสารทำอิมัลชัน แรงหรือแรงดันที่เกิดขึ้นภายในฟิล์ม และการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงเชิงความร้อนหรือเชิงกล

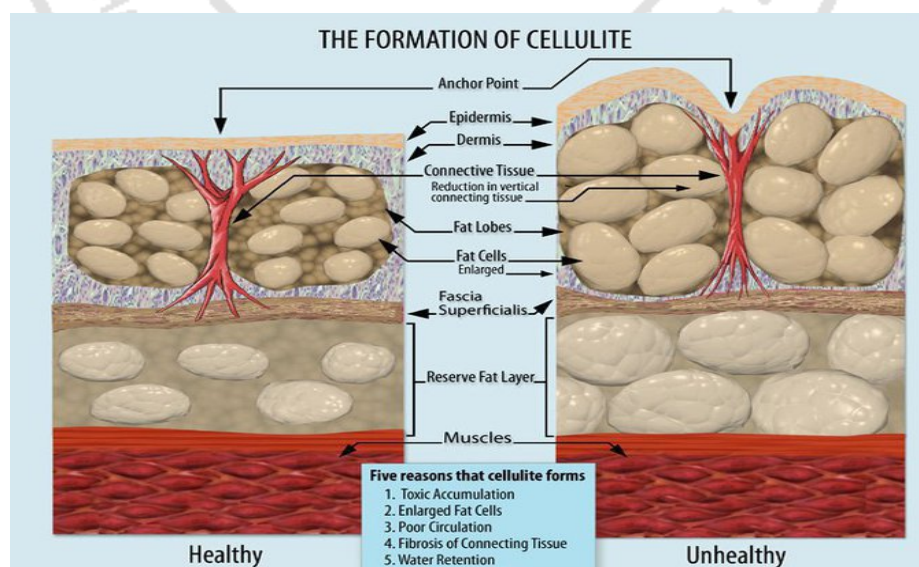
ความคงตัวที่ดีของนาโนอิมัลชันสามารถอธิบายได้จากการเกิด Steric Stabilization ในตำรับที่ใช้สารลดแรงดึงผิวแบบไม่มีประจุ (Non-ionic Surfactant) และ/หรือใช้โพลิเมอร์ และยังมีผลมาจากอัตราส่วนของความหนาของชั้นที่ดูดซับ (Adsorbed Layer Thickness) กับรัศมีของหยดภายในอิมัลชัน สารที่ทำให้เกิดอิมัลชันไม่เพียงเป็นการป้องกันการรวมตัวของหยดอนุภาคทางกลเท่านั้น ยังเป็นตัวทำให้เกิดศักย์บนผิวของหยดอนุภาคอีกด้วย (Zeta Potential) ยิ่งค่าศักย์นี้เป็น

ลบมากเท่าไร ความคงตัวของอิมัลชันก็มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งศักย์นี้จะสร้างแรงผลักเมื่อหยดอนุภาคเข้ามาใกล้กันจึงช่วยลดการเกิดการรวมตัวกันของหยดอนุภาคได้ โดยหากค่าศักย์ไฟฟ้า ต่ำกว่า -30 mV บ่งบอกได้ว่าอิมัลชันนั้นมีความคงตัวที่ดี (Gasco, M.R. 1997) นอกจากนี้การใช้สารลดแรงตึงผิวแบบผสมในอัตราส่วนที่เหมาะสมยังช่วยให้ความคงตัวของนาโนอิมัลชันสูงขึ้นอีกด้วย

2.3 เซลลูไลท์

เซลลูไลท์ คือ โรคที่เกิดจากระบบย่อยของลำไส้ที่ผิดปกติ เกิดการอักเสบที่บริเวณใต้ผิวหนังเนื้อเยื่อที่เซลล์เนื้อเยื่อยึดต่อเกิดการอักเสบ และเป็นไปได้ว่าอาจเกิดการสะสมจากไขมันใต้ผิวหนังรวมทั้งอาการของกล้ามเนื้อเส้นใยใต้ผิวหนังด้วย (Lucassen, G.W., et al. 1997) (ภาพที่ 2.4) ซึ่งเซลลูไลท์จะพบได้บ่อยมากในคนอ้วนเพราะมีปริมาณไขมันมาก แต่ก็สามารถเกิดได้กับคนผอมเช่นกัน เพราะเซลลูไลท์เป็นไขมันชนิดพิเศษที่ต่างจากไขมันทั่วไป เซลลูไลท์มีลักษณะผิวขรุขระ เป็นก้อนนูน ไม่เรียบเนียน หรือเรียกว่า ผิวเปลือกส้ม มักจะพบบริเวณที่ต้นขา เอว สะโพก หน้าท้อง ซึ่งเซลลูไลท์ถือเป็นอุปสรรคความงามสำหรับผู้หญิง

ภาพที่ 2.4
การเกิดเซลลูไลท์



ที่มา : Menofitness. ม.ป.ป. : ออนไลน์

2.3.1 สาเหตุของการเกิดเซลล์ไขมัน (นักสภรณ์ วิวิทย์วารณ์. 2551)

1. ท่อน้ำเหลืองซึ่งอยู่ที่ผิวหนังชั้นนอกขยายตัวขึ้น และจำนวนเซลล์เนื้อเยื่อ เส้นใยก็จะลดลง เนื้อเยื่อจะมีความหนาและกระด้างขึ้นและยังห่อหุ้มเซลล์ไขมันไว้ ดังนั้นการไหลเวียนโลหิตจึงช้าลงมาก ทำให้ของเสียและน้ำที่ผ่านมากับกระแสเลือดเกิดการตกค้างอยู่ในเนื้อเยื่อเส้นใยซึ่งติดต่อกับปลายประสาท ดังนั้นจึงเป็นเนื้อเยื่อที่แทบจะหยุดนิ่ง และเป็นแหล่งสะสมของเสียต่าง ๆ และผิวหนังบริเวณนั้นก็จะเสื่อมสภาพลงทุกวัน

2. คอเลสเตอรอลเกิดการแข็งตัวทำให้เกิดไขมันเล็ก ๆ ใต้ชั้นผิวหนัง
3. มีน้ำเหลืองไหลซึมจากผนังเส้นเลือด และยังเข้าไปสะสมอยู่ตามที่ว่างระหว่างเซลล์ไขมัน
4. เส้นเลือดมีลักษณะยึดตรง การไหลเวียนจึงไม่มีประสิทธิภาพ
5. มีการเพิ่มขึ้นของกรดไขมัน ซึ่งสูงกว่ากรดโอเลอิกและกรดลิโนเลอิก
6. มีการเพิ่มขึ้นของกรดไขมันไม่อิ่มตัว ซึ่งสูงกว่ากรดไขมันอิ่มตัว

2.3.2 ปัจจัยที่ก่อให้เกิดเซลล์ไขมัน (Misbah, H.K., et al. 2010)

1. การบริโภคแอลกอฮอล์ คาเฟอีน อาหารรสจัด เพราะพิษจากเครื่องดื่มและอาหารดังกล่าวจะขับออกมาแล้วถูกกักอยู่ในเนื้อเยื่อไขมัน การลดความอ้วนแบบพอมอย่างรวดเร็วยังไปเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดเซลล์ไขมัน เนื่องจากร่างกายเกิดการตอบรับว่าไม่ได้รับสารอาหารเพียงพอ และต้องพยายามสะสมสารอาหารในร่างกายเพื่อความอยู่รอด การสะสมอาหารและไขมันจึงทำให้ช่วยก่อเซลล์ไขมันเหล่านี้จะกั้นเส้นเลือดและคั่งคั่งอยู่ในเนื้อเยื่อจึงทำให้ระบบกำจัดสารพิษและของเสียไร้ประสิทธิภาพ

2. การสูบบุหรี่ ทำร้ายทั้งผิวทั้งปอด ทำให้ผิวอ่อนแอ เส้นเลือดฝอยหดตัว และยังทำให้เนื้อเยื่อที่เชื่อมต่อกันถูกทำลาย อันเป็นผลให้เกิดคลื่นเซลล์ไขมัน

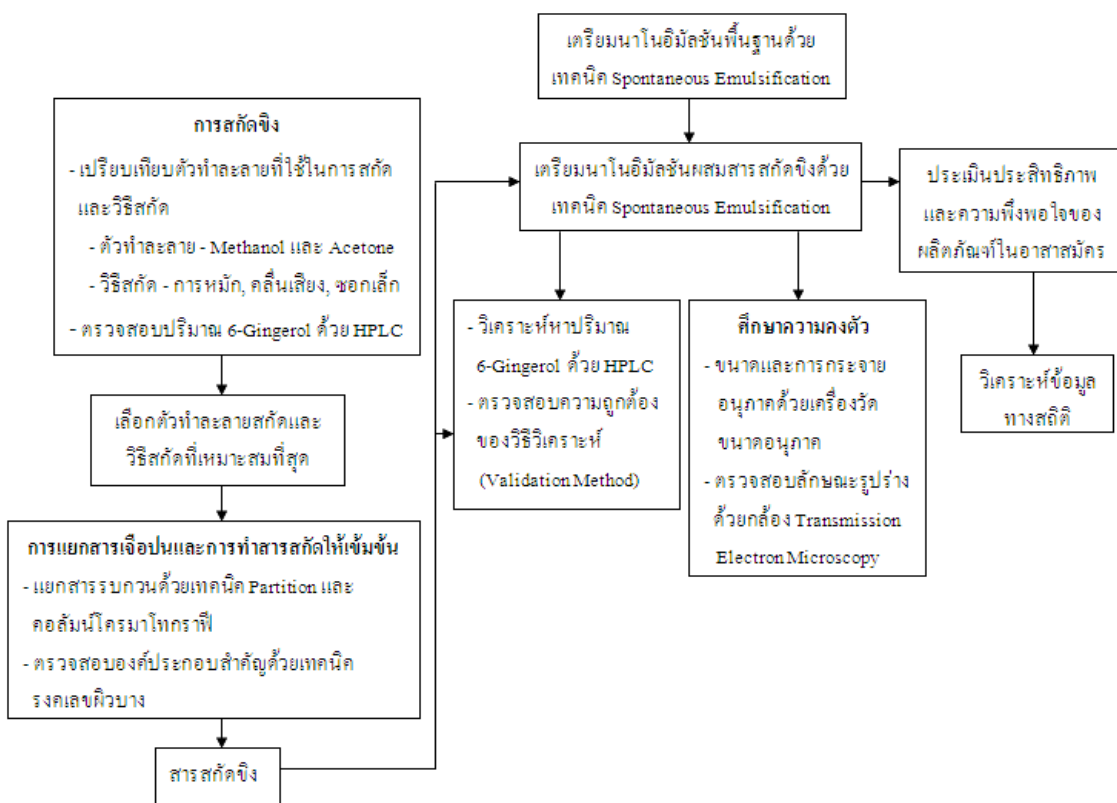
3. ความเครียด เป็นผลให้กล้ามเนื้อเกร็งตัวหนัก เนื้อเยื่อที่เชื่อมต่อกันเนื้อที่ขมวดเกร็งตามไปด้วยความตึงเครียดยังไปขวางเนื้อเยื่อไม่ให้กำจัดของเสียและล้างเลือดให้สะอาด

4. การใช้ยาลดความอ้วน ยานอนหลับ ยาขับปัสสาวะจะเข้าไปรบกวนกระบวนการทำงานตามธรรมชาติของร่างกาย โดยเฉพาะระบบชำระเลือดอันนำไปสู่ปัญหาเซลล์ไขมัน ยาคุมกำเนิดประเภทรับประทานซึ่งไปเพิ่มฮอร์โมนเอสโตรเจนจะทำให้เซลล์ไขมันขยายตัวและเก็บน้ำจนบวมร่างกายก็ไม่มีน้ำพอที่จะขับของเสียออกจากร่างกาย สุดท้ายก็กลายเป็นเซลล์ไขมัน

5. พฤติกรรมไม่ออกกำลังกาย จะส่งผลให้ปัญหาเซลล์ไขมันตามมาเพราะการออกกำลังกายนอกจากจะทำให้สุขภาพดีแล้ว ยังต่อต้านผิวสัมผัสได้อย่างได้ผล ช่วยกระชับกล้ามเนื้อเพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนโลหิตในร่างกายได้ขับพิษ และผลึกไขมันออกจากร่างกาย

2.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย

แผนภูมิที่ 2.2
กรอบแนวคิดในการวิจัย



MAKIET UNIVERSITY