บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับปลาสวายเผาะหรือปลาโมง

"ปลาสวายเผาะ" ชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Pangastus bocourti* Sauvage หรือ "ปลาโมง" ซึ่งเป็นปลาน้ำจืดที่อยู่ในตระกูลเดียวกับปลาเทพา เทโพ สวาย ค้นพบปลาในปี พ.ศ.2530 บริโภคโดยการปรุงสด รมควันและหมักสับปะรด เนื้อมีรสชาติดี ในประเทศเวียดนามและมาเลเซีย มีการเลี้ยงปลาชนิดนี้เป็นปลาเศรษฐกิจและยังสามารถเลี้ยงเป็นปลาสวยงามได้อีกด้วย กรมประมงมีนโยบายส่งเสริมให้เกษตรกรโดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเลี้ยง ปลาสวายเผาะเป็นปลาเศรษฐกิจที่สามารถทำรายได้ให้กับเกษตรกรที่อยู่บริเวณริมน้ำโขงอย่างมาก ในการเลี้ยงปลา สวายเผาะ ของเกษตรกรนั้นจะเลี้ยงในกระชัง โดยได้พันธุ์ปลามาจากการรวบรวมในแม่น้ำโขงทั้งฝั่งลาวและไทย ประมาณปลายเดือนมิถุนายน นิยมรวบรวมลูกปลาเพื่อจำหน่ายและส่วนหนึ่งจะนำไปเลี้ยงเป็นปลาเนื้อ รูปแบบการเลี้ยงนั้นไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาพของแต่ละครัวเรือน ในปัจจุบันปลาเป็นอาหารโปรตีนที่ได้รับความสนใจมากขึ้น เพราะราคาถูก ปลอดสารพิษ เนื่องจากปลา สวายเผาะเป็นปลาที่มีรสชาติดีเป็นที่ต้องการของตลาด (วิวัฒน์ และ ชัยศิริ, 2531)

ปลาสวายเผาะมีลักษณะหัวกลมมน ปากแคบอยู่ทางด้านล่างของส่วนหัว บริเวณเพดานปากมีลักษณะคล้ายรูปห้าเหลี่ยมกลับหัวอยู่ส่วนกลาง 1 แถบและมีแถบเรียวคล้ายเขาควายคว่ำ 1 คู่ ขนาบข้าง ไม่สามารถมองเห็นตาได้ชัดเจนเมื่อมองจากด้านล่างของส่วนหัว มีหนวดบริเวณขากรรไกรบนมุมปาก 2 คู่ (Sanitchon *et al*., 2005) มีลักษณะรูปร่างป้อม ท้องอูม ลำตัวตอนหน้าค่อนข้างกลมและด้านข้างส่วนท้ายมีรูปร่างแบนเล็กน้อย (รูปที่ 2.1) ปลาวัยอ่อนมีสีเทาเหลืองหรือเขียวอ่อน ข้างลำตัวมีแถบคล้ำ ครีบอกมีแต้มสีจาง ปลาตัวเต็มวัยมีสีเทาอมน้ำตาลอ่อนหรือฟ้า ท้องสีขาว ครีบสีจาง ครีบหางมีสีแถบสีคล้ำจางและเว้าลึกคล้ายส้อม (Roberts and Vidthayanon, 1991)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 2.1 ปลาสวายเผาะ
ที่มา: สถาบันอาหาร (2548)

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันปลาในผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ

องค์ประกอบกรดไขมัน	ตัวอย่าง				
(กรัม/100 กรัม)	1	2	3	4	5
ไขมันอิ่มตัว	45.2	19.9	29.9	26.0	-
กรดบิวทีริก	<0.01	-	-	-	-
กรดเฮกซาโนอิก	<0.01	-	-	-	-
กรดออกทาโนอิก	0.04	-	-	-	-
กรดดีคาโนอิก	0.1	-	-	-	-
กรดลอริก	0.22	0.1	-	-	-
กรดไตรดีคาโนอิก	0.04	-	-	-	-
กรดไมริสติก	4.28	3.28	6.53	-	-
กรดเพนทาดิคาโนอิก	0.19	-	-	-	-
กรดปาล์มิติก	30.4	9.84	16.65	-	-
กรดเฮปทาดีคาโนอิก	0.23	-	-	-	-
กรดสเตียริก	9.57	4.25	3.89	-	-
กรดอะราคิดิก	0.14	-	-	-	-
กรดเบนฮีนิก	0.06	-	-	-	-
กรดไตรคาซาโนอิก	<0.01	-	-	-	-
กรดริโนเซอริก	<0.01	-	-	-	-
Unsaturated Fat	54.7	-	-	-	-
Monounsaturated	42	29	33.8	-	-
กรดไมริสโตเลอิก	0.06	-	-	-	-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันปลาในผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ (ต่อ)

องค์ประกอบกรดไขมัน	ตัวอย่าง				
(กรัม/100 กรัม)	1	2	3	4	5
กรดปาล์มิโตเลอิก	1.76	4.82	7.51	-	-
กรดโอเลอิก	39.6	16.98	14.75	-	-
กรดอิซิโคโนอิก	0.57	3.86	5.99	-	-
กรดยูริก	<0.01	3.38	5.59	-	-
กรดเนอร์โวนิก	<0.01	-	-	-	-
Polyunsaturated	12.7	40.3	31.9	-	-
กรดลิโนเลอิก	10	1.54	20.01	-	-
กรดลิโนเลนิก	0.68	1.06	1.33	-	-
กรดอะลาชิโดนิก	0.21	0.68	1.76	-	-
กรดอิโคซาเพนทาโนอิก	0.21	13.02	10.14	0.18	0.18
กรดโดคาซาเอกซาโนอิก	0.77	18.23	10.66	0.12	0.12
Total Omega 3	1.66	35.31	24.09	-	-
Total Omega 6	11.1	1.54	2.01	-	-
กรดเพนทาดีซาโนอิก	<0.01	-	-	-	-
กรดมาการ์โอเลอิก	<0.01	-	-	-	-
กรดอิโคซาไดเอนอิโนอิก	0.32	-	-	-	-
กรดอิโคซาไตรอิโอนิก	0.38	-	-	-	-
กรดฮินีโคซาโนอิก	<0.01	-	-	-	-
กรดโดคาเฮกซาโนอิก	<0.01	-	-	-	-
กรดจีลิโนเลนิก	0.18	-	-	-	-
กรดอิโคซาไตรอิโอนิก	<0.01	-	-	-	-

ที่มา: สถาบันอาหาร (2548)

หมายเหตุ: ตัวอย่าง 1 คือน้ำมันปลาสวายเผาะที่สกัดจากส่วนเนื้อพุงด้วยเครื่อง Super critical Fluid Extraction

ตัวอย่าง 2 คือน้ำมันปลา salmon

ตัวอย่าง 3 คือน้ำมันปลา sardine

ตัวอย่าง 4 คือน้ำมันปลาจากผลิตภัณฑ์ยี่ห้อ Mega we care บริษัท Mega life science จำกัด ผลิตที่ประเทศ ออสเตรเลีย

ตัวอย่าง 5 คือน้ำมันปลาจากผลิตภัณฑ์ยี่ห้อ Blackmores บริษัท Blackmores จำกัด ผลิตที่ประเทศออสเตรเลีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.1 แสดงข้อมูลเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันปลาในผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆและพบว่าน้ำมันปลาเผาะมีคุณค่าโภชนาการที่สูงเหมาะแก่การนำมาบริโภคเพื่อสุขภาพจึงทำให้เป็นที่นิยมของกลุ่มผู้บริโภคปลา

คุณค่าทางด้านโภชนาการปลา

ไขมันที่ประกอบในเนื้อปลาทำให้รสชาติและสีของเนื้อปลาแตกต่างกันออกไป เนื้อปลา 100 กรัม ประกอบด้วยโปรตีนและไขมันดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของปลาแต่ละชนิดต่อน้ำหนัก 100 กรัม

ชนิดปลา	ปริมาณโปรตีน (กรัม)	ไขมัน (กรัม)	กรดลิโนเลอิก (เปอร์เซ็นต์ของไขมันทั้งหมด)
ปลาดุก	23.0	2.4	11.82
ปลาตะเพียน	22.0	2.6	19.36
ปลากระบอก	20.7	3.9	-
ปลาช่อน	20.5	3.8	6.00
ปลาทู	20.0	6.7	1.67
ปลาแป้น	19.6	1.0	2.65
ปลาเก๋า	18.08	0.5	1.77
ปลาทรายแดง	18.4	1.0	2.05
ปลาตาเดียว	18.1	0.1	1.49
ปลาไส้ตัน	18.0	0.3	2.03
ปลากราย	17.5	1.6	13.47
ปลาหมอไทย	17.2	-	9.03
ปลาสวาย	15.4	21.5	4.00
ปลาหมึกกล้วย	15.2	0.7	1.67
ปลาเนื้ออ่อน	14.4	2.3	4.09
ปลาสวายเผาะ	14.15	21.07	10.00

ที่มา: กองโภชนาการ (2541)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปลาเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโปรตีนในเนื้อปลาจะถูกนำไปใช้ในการเสริมสร้างเนื้อเยื่อและซ่อมแซมสิ่งที่สึกหรอ ไขมันที่มีอยู่ในเนื้อปลาจะเป็นส่วนประกอบของเซลล์ต่างๆ โดยเฉพาะสมองจะป้องกันการแข็งตัวของไขมันในเส้นเลือด วิตามินและแร่ธาตุที่มีอยู่ในเนื้อปลาจะควบคุมการทำงานของร่างกายให้ทำหน้าที่ได้ตามปกติ (กองโภชนาการ, 2541)

โปรตีนในเนื้อปลาประกอบด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายสูงโดยเฉพาะไลซีนและทรีโอนีน ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตในเด็ก นอกจากนั้นเนื้อปลา มีเนื้อเยื่อเกี่ยวพันน้อยมากเมื่อเทียบกับเนื้อสัตว์อย่างอื่น ดังนั้น เนื้อปลาจึงมีลักษณะอ่อนนิ่ม เคี้ยวง่าย จึงเหมาะสำหรับเป็นอาหารทารก ผู้สูงอายุและผู้ป่วย

เนื้อปลามีกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายโดยเฉพาะกร ดลิโนเลอิก (linoleic acid: LA) ซึ่งมีหน้าที่ต่างๆต่อร่างกาย ดังนี้เป็นส่วนประกอบของเยื่อหุ้มเซลล์โดยการเปลี่ยนเป็นกรดไขมันที่จำเป็นอีกชนิดหนึ่งคือ กรดอะร าได โดนิก (arachidonic acid) ซึ่งช่วย ควบคุมระดับของโคเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือด จึงมีส่วนลดอัตราการตายจากโรคหัวใจชนิดหลอดเลือดแดงที่ไปเลี้ยงหัวใจตีบตัน เป็นต้น กำเนิดฮอร์โมนโปรสตาไซคลิน ซึ่งมีฤทธิ์ขัดขวางการจับตัวของเกล็ดเลือด ป้องกันการอุดตันของหลอดเลือดต่างๆ กรดลิโนเลอิกที่เปลี่ยนเป็นฮอร์โมนโปรสตาแกลนดิน จะทำให้ไตเพิ่มการขับถ่ายโซเดียมและน้ำออกจากร่างกายจึ งมีส่วนควบคุมความดันโลหิตให้อยู่ในเกณฑ์ปกติ (กองโภชนาการ, 2541) ผลของการวิเคราะห์พบว่าปลาชนิดต่างๆมีองค์ประกอบของกรดลิโนเลอิกเป็นเปอร์เซ็นต์ของไขมันทั้งหมดดังตารางที่ 2.2

นอกจากกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกายแล้ว ยังพบกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีความสำคัญต่อร่างกายได้แก่ eicosapentaenoic acid (EPA) ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีคุณสมบัติลด ความเสี่ยง การเป็นโรคหัวใจขาดเลือด เนื่องจากเป็นสารตั้งต้นในการสร้างสารไอโคซานอยด์ที่มีคุณสมบัติลดการจับตัวของเก ล็ดเลือด นอกจากนั้นร่างกายสามารถนำกรดไขมัน EPA นี้ไปสร้างสารที่ช่วยการขยายตัวของหลอดเลือดด้วย สำหรับกรดไขมันอีกชนิดหนึ่งในกลุ่มเดียวกันนี้ คือ docosahexanoic acid (DHA) ซึ่งพบในผนังเซลล์ทั่วร่างกายทำให้เซลล์มีความไวต่อการรับสัญญา ณประสาท นอกจากนั้นยังพบว่ามีปริมาณสูงในจอตาและที่สำคัญที่สุดคือเป็นไขมันที่เป็นส่วนประกอบของเซลล์สมอง ซึ่งพบว่ า 65เปอร์เซ็นต์ ของ สมองมนุษย์ ในช่วงระยะตัวอ่อน (ตั้งครรภ์) มีไขมันชนิดนี้เป็นส่วนประกอบ และจะเพิ่มขึ้น ในช่วงแรกเกิดของชีวิต DHA จึงมีความสำคัญมากต่อสตรีในระยะตั้งครรภ์และมารดาในระยะให้นมบุตร ที่ช่วยให้สมองทารกพัฒนาและเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์ (กองโภชนาการ, 2541)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 สมบัติและประโยชน์ของไขมัน

ไขมันและน้ำมันเป็นลิพิดชนิดหนึ่งที่ได้ จากพืชและสัตว์ตามธรรมชาติ จัดเป็นอาหารหมู่หนึ่งที่ร่างกายของมนุษย์จำเป็นต้องได้รับทุกวัน เนื่องจากไขมันและน้ำมันมีกรดไขมันจำเป็น และเป็นตัวทำละลายของวิตามินเอ ดี อี และเค นอกจากนั้นยังมีผลิตภัณฑ์อาหารจำนวนมากที่เป็นผลิตภัณฑ์จากไขมันและน้ำมัน (นิธิยา, 2549)

ไขมันเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้น้อยแต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายต่างๆและเป็นสารที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ประโยชน์ได้ (อุษณีย์, 2535)

องค์ประกอบทางเคมีของไขมันประกอบด้วยแร่ธาตุพื้นฐานสำคัญ 3 ชนิดคือ คาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจนเช่นเดียวกับคาร์โบไฮเดรตแต่มีอัตราส่วนออกซิเจนน้อยกว่าและส่วนองค์ประกอบอื่นๆจะแตกต่างกันไปตามชนิดของไขมัน ไขมัน ให้พลังงานประมาณ 9 กิโลแคลอรีต่อกรัม (สรรเสริญ, 2531)

กรดไขมัน

กรดไขมันเป็นโครงสร้างหลักของไขมันในร่างกายและในอาหารเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสลายไขมัน ทำให้ได้สายโซ่ของไฮโดรคาร์บอนและหมู่คาร์บอกซิลิก (ศิริรัตน์, 2528) กรดไขมันเป็นกรดอินทรีย์สายตรงที่มีหมู่คาร์บอกซิล 1 หมู่ ในธรรมชาติพบกรดไขมัน เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์ที่อยู่ในไขมัน น้ำมันและฟอสโฟกลีเซอร์ไรด์เป็นส่วนใหญ่ที่พบอยู่ในรูปกรดไขมันอิสระมีน้อยมาก การสังเคราะห์กรดไขมันในร่างกายจะมีสารเริ่มต้นเป็นแอซิติล ซึ่งมีคาร์บอนในโมเลกุล 2 อะตอมมาต่อเป็นโมเลกุลที่ใหญ่ขึ้นทำให้มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันเป็นเลขคู่เสมอ พันธะระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลของกรดไขมันมีทั้งที่เป็นพันธะเดี่ยวและพันธะคู่ กรดไขมันที่มีพันธะเดี่ยวทั้งหมดเรียกว่า กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid) ส่วนกรดไขมันที่มีพันธะคู่เรียกว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัว (unsaturated fatty acid) กรดไขมันที่พบในอาหารจะมีจำนวนคาร์บอนอะตอมตั้งแต่ 4-26 อะตอม กรดไขมันที่พบมากในร่างกายมีจำนวนคาร์บอนอะตอม 16-20 อะตอม (นิธิยา, 2549)

โครงสร้างของกรดไขมัน องค์ประกอบพื้นฐานในโมเลกุลของกรดไขมันประกอบด้วยสองส่วนคือ ส่วนกลุ่มอัลคิลและส่วนที่เป็นกรด เมื่อต่อเข้าด้วยกันเรียกว่ากรดไขมันโมเลกุลของกรดไขมันประกอบด้วยส่วนที่ไม่มีขั้วที่ไม่ละลายน้ำได้แก่ ส่วนของสายโซ่คาร์บอนที่มีความแตกต่างกันมีปลายเป็นกลุ่มเมทิลส่วนอีกปลายด้านของโมเลกุลคือ ส่วนที่มีขั้วจะเป็นกรดอย่างอ่อนเรียกว่ากลุ่มคาร์บอกซิล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรดไขมันแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ตามสูตรโครงสร้างโดย สรรเสริญ (2531) ได้สรุปสูตรโครงสร้างกรดไขมันชนิดต่างๆไว้ดังนี้

1. กรดไขมันอิ่มตัว มีสูตรทางเคมีทั่วไปเป็น $C_n H_{2n} O_2$

2. กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ 1 พันธะ มีสูตรทางเคมีทั่วไปคือ $C_n H_{2n-1} COOH$

3. กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 พันธะ มีสูตรทางเคมีทั่วไปคือ $C_nH_{2n-3}COOH$, $C_nH_{2n-5}COOH$ และ $C_nH_{2n-7}COOH$

กรดไขมันไม่อิ่มตัว

กรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่อยู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลบางตำแหน่งและมีการเรียงตัวเป็น cis-configuration การที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลทำให้สามารถเติมไฮโดรเจนเข้าไปในโมเลกุลของกรดไขมันชนิด ไม่อิ่มตัวได้อีก กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยๆตามจำนวนของพันธะคู่ได้ดังนี้ (นิธิยา, 2548)

Monounsaturated Fatty Acid (MUFA) เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่ในโมเลกุลเพียง 1 อันมีสูตรเคมีทั่วๆไปเป็น $C_n H_{2n-1} COOH$ ตัวอย่างเช่น กรดโอเลอิก (oleic acid CH_3-$(CH_2)_7$-CH = CH-$(CH)_2$-COOH) กรดไขมันชนิดนี้พบได้ในไขมันและน้ำมันทั่วๆไป

Polyunsaturated Fatty Acid (PUFA) เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 คู่ส่วนใหญ่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุล 18-22 อะตอมและมีพันธะคู่ 2-6 อัน พบมากในน้ำมันพืชและน้ำมันปลา ตัวอย่างของกรดไขมันไม่อิ่มตัวได้แก่

1. กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่พันธะคู่ 2 อันมีสูตรทางเคมีทั่วไปคือ $C_n H_{2n-3} COOH$ เช่น กรดลิโนเลอิก มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 18 อะตอม มีพันธะคู่อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9 และ 12 กรดชนิดนี้พบมากในน้ำมันพืชเช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันงา น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันเมล็ดฝ้ายและน้ำมันเมล็ดทานตะวัน

2. กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่พันธะคู่ 3 อันมีสูตรทางเคมีทั่วไปคือ $C_n H_{2n-5} COOH$ เช่น กรดลิโนเลนิก มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 18 อะตอม มีพันธะคู่อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 9, 12 และ 15 กรดชนิดนี้พบมากในน้ำมันถั่วเหลืองพบเล็กน้อยในน้ำมันลินสีด น้ำมันตับปลาและน้ำมันจากปลาทะเลต่างๆ

3. กรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่พันธะคู่ 4 อันมีสูตรทางเคมีทั่วไปคือ $C_n H_{2n-7} COOH$ เช่น กรดอะลาคิโดนิก จำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 20 อะตอม มีพันธะคู่อยู่ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 5, 8, 11 และ 14 กรดชนิดนี้พบน้อยในน้ำมันถั่วลิสงพบมากในน้ำตับปลาและน้ำมันจากปลาทะเลต่างๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กรดไขมันจำเป็น

กรดไขมันจำเป็นคือ กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 พันธะซึ่งเป็นกรดไขมันที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ได้ ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น กรดไขมันจำเป็นมี 3 ชนิดคือ กรดไขมันลิโนเลอิก กรดไขมันลิโนเลนิก และกรดไขมันอะราคิโดนิก (นิธิยา, 2548; Erasmus, 1986)

กรดลิโนเลอิกมีความจำเป็นต่อสุขภาพของร่างกายเป็นอย่างมาก เช่น จำเป็นต่อการทำงานของผนังเซลล์ ระบบสืบพันธุ์ เมทแทบอลิซึมของคลอเลสเตอรอล การเจริญเติบโตของทารก และเป็นสารเริ่มต้นในการสังเคราะห์โปรสตาแกลนดิน ในกรณีที่ร่างกายขาดกรดไขมันลิโนเลอิกจะทำให้เกิดอาการผิดปกติต่างๆเช่น ผมร่วง การทำงานของตับและไตผิดปกติ มีการเสียน้ำในร่างกายจากทางผิวหนังมากจนทำให้กระหายน้ำอย่างรุนแรง ระบบหมุนเวียนเลือดผิดปกติ ระบบการทำงานของหัวใจผิดปกติ ยับยั้งการเจริญเติบโตของร่างกายอ่อนเพลีย ระบบการมองเห็นผิดปกติ ความสามารถในการเรียนรู้บกพร่อง แขนและขาชา

กรดไขมันชนิดโอเมก้า-3 และโอเมก้า-6

เป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่อันแรกอยู่ระหว่างคาร์บอนอะตอมตำแหน่งที่ 3 และ 4 เรียกว่าเป็นกรดไขมันชนิดโอเมก้า -3 หากตำแหน่งพันธะคู่อันแรกอยู่ระหว่างคาร์บอนตำแหน่งที่ 6 และ 7 เรียกว่าเป็นกรดไขมันชนิดโอเมก้า -6 ซึ่งเป็นกรดไขมันที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของร่างกาย

สมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน

นิธิยา (2548) ได้สรุปสมบัติทางกายภาพของไขมันและน้ำมัน จะมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลไตรกลีเซอไรด์ชนิดต่างๆ ที่ประกอบกันเป็นไขมันและน้ำมันนั้นๆจึงใช้ประโยชน์ของสมบัติทางกายภาพในการจำแนกและบ่งชี้ชนิดของไขมันและน้ำมัน รวมทั้งการนำไขมันและน้ำมันไปใช้ประโยชน์ต่างๆสมบัติทางกายภาพที่สำคัญได้แก่

1. จุดหลอมเหลว (Melting point) คืออุณหภูมิที่ทำให้ไขมันเปลี่ยนสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลวจนหมด ไขมันส่วนใหญ่มีจุดหลอมเหลวเป็นช่วงอุณหภูมิ ซึ่งช่วงจะกว้างหรือแคบ ขึ้นอยู่กับชนิดของไตกลีเซอไรด์ที่เป็นส่วนประกอบของไขมัน จุดหลอมเหลวของไขมันและน้ำมันจะสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับจุดหลอมเหลวของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์ จุดหลอมเหลวจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุลเพิ่มขึ้นและจุดหลอมเหลวของกรดไขมันลดลงเมื่อมีจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. จุดแข็งตัว (Solidifying point) คืออุณหภูมิที่ทำให้ไขมันหรือน้ำมันกลายเป็นของแข็ง อุณหภูมิที่น้ำมันเริ่มแข็งตัวเป็นของแข็งเรียกว่า เกิด Solidification และเรียกจุดนี้ว่า Solidifying point อุณหภูมินี้มักต่ำกว่าจุดหลอมเหลว 2-3 องศาเซลเซียส ไขมันหรือน้ำมันที่ประกอบด้วยไตรกลีเซอไรด์หลายๆชนิดผสมกันจะมีจุดแข็งตัวเป็นช่วงกว้าง

3. การละลาย (Solubility) ไขมันและน้ำมันทุกชนิดไม่ละลายน้ำแต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายไขมัน ได้แก่ ปิโตรเลียมอีเทอร์ เฮกเซน ไดเอทิลอีเทอร์ เป็นต้น การละลายของกรดไขมันชนิดอิ่มตัวจะเพิ่มขึ้นในตัวทำละลายที่มีสมบัติเป็นไฮโดรโฟบิกมากขึ้น อุณหภูมิสูงขึ้นและจำนวนโมเลกุลคาร์บอนในกรดไขมันเพิ่มขึ้น

4. ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ความถ่วงจำเพาะของไขมันหรือน้ำมันนิยมวัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ไขมันหรือน้ำมันที่มีจำนวนพันธะคู่ในโมเลกุลของกรดไขมันเพิ่มขึ้นหรือมีจำนวนคาร์บอนอะตอมเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้นด้วย

5. ดัชนีการหักเหแสง (Refractive index) ค่าดัชนีการหักเหแสงมีประโยชน์ในการชี้บ่งและตรวจสอบชนิด คุณภาพและความบริสุทธิ์ของไขมันและน้ำมัน ค่า ดัชนี การหักเหของแสงและน้ำมันชนิดต่างๆจะขึ้นอยู่กับความยาวของสายคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมัน จำนวนพันธะคู่และชนิดของไตรกลีเซอไรด์ที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในไขมันหรือน้ำมัน กรดไขมันที่จำนวนคาร์บอนเพิ่มขึ้นหรือมีจำนวนพันธะคู่เพิ่มขึ้น จะทำให้ไขมันและน้ำมันมีค่า ดัชนี การหักเหแสงเพิ่มขึ้น ค่าไอโอดีนของน้ำมันจะเป็นตัวชี้บ่งของพันธะคู่และมีความสัมพันธ์กับค่าการหักเหของแสงด้วยแต่ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ค่าดัชนีการหักเหแสงลดลง

6. ความหนืด (Viscosity) ความหนืดของไขมันและน้ำมันจะเพิ่มขึ้น เมื่อจำนวนคาร์บอนในโมเลกุลของกรดไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไตรกลีเซอไรด์เพิ่มขึ้น ความหนืดจะลดลงเมื่อจำนวนพันธะคู่ในโมเลกลุของกรดไขมันเพิ่มขึ้นและเมื่ออุณหภูมิของไขมันและน้ำมันเพิ่มขึ้น

7. ค่าไอโอดีน บ่งบอกถึงปริมาณกรดไขมัน ไม่อิ่มตัว ถ้าค่านี้สูงแสดงว่ามีกรดไขมัน ไม่อิ่มตัวสูง

8. ค่าสปอนนิฟิเคชัน บ่งบอกถึงโมเลกุลของไขมันที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอร์ไรด์นั้นๆ ถ้ามีค่าสูงเมื่อกรดไขมันที่มีองค์ประกอบของโมเลกุลไตรกลีเซอร์ไรด์มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ

9. ปริมาณของสารที่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยด่าง บ่งบอกปริมาณสารที่ปนอยู่ในไขมันหรือน้ำมัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมันและน้ำมันมีดังต่อไปนี้ (นิธิยา, 2548)

1. การไฮโดรไลซ์ (Hydrolysis) ไขมันและน้ำมันสามารถถูกไฮโดรไลซ์ด้วย กรด ด่าง และเอนไซม์ การไฮโดรไลซ์ด้วยด่างเรียกว่า “saponification” ซึ่งจะได้เกลือของกรดไขมันที่เรียกว่าสบู่ ลิพิดที่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยด่างเรียกว่า saponificable matter เช่น ฟอสโฟลิพิดและแวกซ์ ส่วนลิพิดที่ไม่ถูกไฮโดรไลซ์ด้วยด่างเรียกว่า unsaponifiable matter หรือ non-saponifiable matter เช่น ไฮโดรคาร์บอนและสเทอรอล ปฏิกิริยาไฮโ ดรไลซิสอาจเกิดขึ้นเมื่อไขมันหรือน้ำมันได้รับความร้อนสูง เช่น ขณะทอดอาหารที่มีปริมาณน้ำสูง ไขมันหรือน้ำมันจะถูกไฮโดรไลซ์ได้เป็นกรดไขมันอิสระและกลีเซอรอล เมื่อได้ความร้อนเพิ่มขึ้นกลีเซอรอลจะสลายตัวได้สารพวกอะโครเลอินซึ่งระเหยกลายเป็นควันและมีกลิ่นเหม็น

2. ฮาโลเจเนชัน (Holagenation) เป็นปฏิกิริยาการเติมสารพวกฮาโลเจนเข้าไปที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของลิพิด ฮาโลเจนที่นิยมใช้เป็นตัวชี้บ่งปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวคือ ไอโอดีน ค่าที่ได้เรียกว่า Iodine Number หรือ Iodine Value

3. โฮโดรจิเนชัน (Hydrogenation) เป็นปฏิกิริยาการเติมไฮโดรเจนเข้าไปที่พันธะคู่ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลไตรกลีเซอร์ไรด์ที่มีอยู่ในไขมันและน้ำมันโดยใช้นิเกิลเป็นตัวเร่ง อาจเรียกปฏิกิริยานี้ว่า “Hardening”

4. การหืน (Rancidity) การหืนเป็นปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไขมันและน้ำมันทำให้มีกลิ่นผิดปกติและสมบัติทางเคมีและกายภาพเปลี่ยนไป เนื่องจากปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันที่พันธะคู่ของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวกับออกซิเจนในอากาศ เกิดเพอร์ออกไซด์ขึ้น ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา เมื่อไขมันหรือน้ำมันสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ

5. Reicher Meissl Number (R.M.N.) เป็นการวัดปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยได้และละลายได้ในน้ำซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนในโมเลกุล 4-6 อะตอมคือกรดบิวทีริกและกรดคาโพรอิก ตามลำดับ

6. Polenske Number (P.N.) เป็นการวัดปริมาณของกรดไขมันที่ระเหยได้และไม่ละลายในน้ำซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำนวนคาร์บอนในโมเลกุลระหว่าง 8-14 อะตอมได้แก่ กรดคาพริลิก กรดคาพริก กรดลอริกและกรดไมริสติก ตามลำดับ

ประโยชน์และหน้าที่ของไขมันในร่างกายมีหลายประการแตกต่างกันตามชนิดของไขมัน กล่าวโดยสรุปดังนี้

1. เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของร่างกาย (สรรเสริญ, 2531)

2. เป็นสารที่ให้ความอบอุ่นและช่วยป้องกันอวัยวะต่างๆในร่างกาย

3. เป็นองค์ประกอบของผิวหนัง ระบบประสาทและระบบเลือด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. เป็นฮอร์โมนและเป็นส่วนประกอบในน้ำดีที่หน้าที่ละลายวิตามินซึ่งละลายได้ในไขมันชนิดต่างๆ (สรรเสริญ, 2531)

5. กรดไขมันจำเป็นมีบทบาทอย่างสูงต่อร่างกาย ในร่างกายสัตว์ชั้นสูงสามารถเปลี่ยนรูปกรดไขมันไม่อิ่มตัวจำเป็น เพื่อให้เกิดหน้าที่พิเศษบริเวณเนื้อเยื่อที่มีกิจกรรมสูงเช่นเนื้อเยื่อสมอง อวัยวะสัมผัส ต่อมอะดรีนัลและระบบสืบพันธุ์ เป็นต้น

6. กรดไขมันจำเป็นสามารถทำหน้าที่เสมือนแม่เหล็กที่จับออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายโดยช่วยถ่ายออกซิเจนจากอากาศที่หายใจเข้าไปผ่านถุงลมอัลวีโอล่าร์ ในปอดเข้าสู่ระบบเลือดโดยออกซิเจนจะเข้าจับฮีโมโกลบินและนำออกซิเจนไปสู่ปลายทางของอวัยวะต่างๆ โดยกรดไขมันจำเป็นจะช่วยขนถ่ายออกซิเจนจากเซลล์เม็ดเลือดแดงผ่านผนังคาปิลลารีและเมมเบรนของเซลอวัยวะเข้าสู่ตำแหน่งเป้าหมายในเซลที่ต้องการที่สุด (Erasmus, 1986)

7. เกี่ยวข้องกับการขนถ่ายอิเลคตรอนและพลังงาน

8. กรดไขมันจำเป็นในเซลเมมบรนจะจับตัวกับออกซิเจนช่วยให้สามารถต้านทานไวรัสและแบคทีเรียได้ เนื่องจากไวรัสและแบคทีเรียไม่ทนต่อสภาวะที่มีออกซิเจน

9. กรดไขมันจำเป็นมีความสัมพันธ์กับโปรตีนที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบที่พบในเซลล์เมมเบรน ทำให้มีบทบาทร่วมในการรักษาของเหลวในเมมบรนและสร้างศักย์ไฟฟ้าครอบคลุมเมมเบรนเมื่อได้รับการกระตุ้นสู่อีกเซลล์หนึ่งที่ทำให้เกิดการถ่ายทอดกระแสข้อมูลได้ (Erasmus, 1986)

10. กรดไขมันจำเป็นเป็นส่วนประกอบของเมมเบรนของอวัยวะย่อยภายในเซลล์

11. กรดไขมันจำเป็นช่วยเปลี่ยนกรดแลคติคในกล้ามเนื้อหลังจากการใช้งานหนักให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำเพื่อลดอาการเมื่อยล้า

12. กรดไขมันจำเป็นเป็นสารตั้งต้นในการสร้างกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Erasmus, 1986)

13. กรดไขมันชนิดลิโนเลอิก (linoleic acid: LA) มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบเอนไซม์ในร่างกายแต่ยังไม่ทราบการทำงานที่แน่ชัด กรดไขมันชนิดลิโนเลอิกมีบทบาทในการช่วยป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน ป้องกันระดับโคเลสเตอรอลโดยการสังเคราะห์โคเลสเตอรอลในร่างกายที่มีปริมาณสูง ดึงโคเลสเตอรอลจากตับสู่ลำไส้เพื่อให้ร่างกายขับทิ้งไป และนอกจากนี้ยังทำงานเกี่ยวกับการยอมให้ผ่านของผนังเซลล์เป็นต้น (Boekenoogen, 1964)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 น้ำมันปลา

น้ำมันปลาเป็นสารอาหารประเภทไขมัน เป็นน้ำมันที่สกัดจากเนื้อ หนัง หัว และหางปลาทะเล อาทิ ปลาซาร์ดีน ปลาเฮอร์ริ่ง ปลาแมคคอเรล ปลาแซลมอน ปลาทูน่า น้ำมันปลามีกรดไขมันที่ร่างกายมนุษย์ไม่สามารถสร้างเองได้โดยเป็นกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (Polyunsaturated Fatty Acid หรือ PUFA) ประกอบด้วยกรดไขมันในกลุ่ม omega-3-polyunsaturated fatty acid ซึ่งมีกรดไขมันหลักๆอยู่ 3 ตัวคือ กรดไขมันอัลฟาลิโนเลอิก, EPA และ DHA โดยกรดไขมันอัลฟาลิโนเลอิกและ EPA มีคุณสมบัติในการลดไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือด พร้อมทั้งป้องกันการอุดตันของหลอดเลือดและยังป้องกันการเกาะตัวของเกล็ดเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของโรคสมองขาดเลือดและโรคที่เกี่ยวข้องกับกล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด DHA เป็นส่วนประกอบสำคัญของสมองและดวงตา ช่วยเสริมสร้างพัฒนาการทางสมอง การเรียนรู้ความจำ ตลอดจนระบบสายตา ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ (สมพงษ์, 2538)

กรดไขมันในปลา

แหล่งของกรดไขมันโอเมก้า-3ที่สำคัญได้แก่ ปลาทะเลและสัตว์ทะเลต่างๆซึ่งปลาและสัตว์ทะเลจะสะสมกรดไขมัน โอเมก้า-3จากแพลงตอนไดอะตอมและสาหร่ายทะเลที่กินเข้าไป ทั้งนี้พบว่า พืชและสัตว์เล็กๆเหล่านี้สร้างกรดไขมัน โอเมก้า-3 ขึ้นในคลอโลพลาสเป็นหลัก ส่วนในน้ำมันพืชที่ได้จากพืชพวกถั่วเหลือง ถั่วลูปิน น้ำมันคาโนวา ก็มีกรดไขมัน อัลฟาลิโนเลอิก ในปริมาณสูงเช่นกัน (วาทิต, 2552) ถึงแม้ว่าปลาทะเลจะได้ชื่อว่าเป็นแหล่งที่สำคัญของกรดไขมันไม่อิ่มตัวในกลุ่มโอเมก้า -3 แต่ปริมาณไขมันและกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวโอเมก้า -3 ของปลาชนิดต่างๆมีความแปรปรวนค่อนข้างมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ อาทิเช่น ชนิดของปลา อายุ ฤดูกาล สภาวะแวดล้อม สภาพทางการสืบพันธ์ เพศและการเพาะเลี้ยง (Ackman, 1989; Satio *et al*., 1999) ในจำนวนของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวนั้นส่วนของ EPA และ DHA เป็นกรดไขมันโอเมก้า-3 หลักในปลาทะเล (Ackman, 1989) ทั้งนี้ฟอสโฟลิปิดภายในเยื่อหุ้มเซลล์ของปลาที่อาศัยอยู่ในเขตหนาวจะมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวโอเมก้า -3 ชนิด EPA และ DHA เป็นองค์ประกอบมากกว่าครึ่งหนึ่งของกรดไขมันทั้งหมดและมีปริมาณไขมันทั้งหมดสูงกว่าปลาในเขตอบอุ่นถึง 3 เท่า (Pigott and Tucker, 1990) ปริมาณของกรดไขมันในปลาชนิดต่างๆแสดงในตารางที่ 2.3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.3 ปริมาณกรดไขมันในปลาทะเลชนิดต่างๆ

ปลาทะเล/น้ำมันจากปลาทะเล	ไขมัน (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักปลา)	กรดไขมัน (กรัม/100 กรัม)					
		SFA	MUFA	PUFA	EPA	DHA	Cholesterol (มิลลิกรัม)
Anchovy, European	4.8	1.3	1.2	1.6	0.5	0.9	-
Capelin	8.2	1.5	1.2	1.6	0.5	0.5	-
Carp	5.6	1.1	2.3	1.3	0.2	0.1	67
Catfish, Channel	4.3	1.0	1.6	1.0	0.1	0.2	58
Cod, Atlantic	0.7	0.1	0.1	0.3	0.1	0.2	43
Hake, Pacific	1.6	0.3	0.3	0.6	0.2	0.2	-
Halibut, Pacific	2.3	0.3	0.8	0.7	0.1	0.3	32
Herring, Atlantic	9.0	2.0	3.7	2.1	0.7	0.9	60
Mackerel, King	13.0	2.5	5.9	3.2	1.0	1.2	53
Pollock	1.0	0.1	0.1	0.5	0.1	0.4	71
Shellfish	15.3	3.2	8.1	2.0	0.7	0.7	49
Salmon, King	10.4	2.5	4.5	2.1	0.8	0.6	-
Salmon, Pink	3.4	0.6	0.6	1.4	0.4	0.6	-
Sole, European	1.2	0.3	0.4	0.2	-	0.1	50
Trout, Rainbow	3.4	0.6	1.0	1.2	0.1	0.4	57
Tuna, Bluefin	6.6	1.7	2.2	2.0	0.4	1.2	38
Cod liver oil	100.0	17.6	51.2	25.8	9.0	9.5	570
Herring oil	100.0	19.2	60.3	16.1	7.1	4.3	766
Salmon oil	100.0	23.8	39.7	29.9	8.8	11.1	485

ที่มา: ดัดแปลงจาก Pigott and Tucker (1990)

หมายเหตุ: SFA คือ Saturated Fatty Acids

MUFA คือ Monounsaturated Fatty Acids

PUFA คือ Polyunsaturated Fatty Acids

EPA คือ Eicosapentaenoic acid

DHA คือ Docosahexanoic acid

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ประโยชน์ของไขมันและน้ำมันปลา

หลายทศวรรษที่ผ่านมาได้มีงานวิจัยทางการแพทย์จำนวนมากรายงานการค้นพบประโยชน์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนกลุ่มโอเมก้า -3 ซึ่งเปลี่ยนรูปจากกรดไขมันจำเป็น ที่ร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นเองได้หรือได้รับจากการรับประทานอาหารที่เป็นแหล่งของ โอเมก้า -3 เพียงบางชนิด (Rudin,1988) ในทางการแพทย์ได้นำกรดไขมันในกลุ่มโอเมก้า-3 บางตัวมาใช้ประโยชน์ในการรักษาหรือบรรเทาอาการเจ็บป่วยได้หลายชนิดเช่น การใช้ EPA และ DHA เพื่อลดระดับไขมันและไตรกลีเซอร์ไรด์ในเลือดเป็นผลให้สามารถป้องกันโรคหลอดเลือดอุดตันและสร้างระบบภูมิคุ้มกัน (Anonynous, 1995) การใช้ EPA และ DHA เพื่อป้องกันโรคเบาหวาน บรรเทาอาการปวดบวมของโรคข้ออักเสบและบรรเทาอาการปวด ศีรษะไมเกรนเป็นต้น (สมพงษ์, 2538)

Harris (2008) รายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลของการบริโภคน้ำมันปลาที่มีโอเมก้า -3 ชนิดกรดลิโนเลอิกที่มีผลในการลดการเป็นโรคหัวใจ โรคหัวใจเป็นสาเหตุการตายอย่างหนึ่งที่พบมากในกลุ่มคนที่รับประทานอาหารที่มีไขมันในปริมาณที่สูง การมีปริมาณกรดลิโนเลอิกในกระแสเลือดมีผลต่อการลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ สาเหตุหลักของการเกิดโรคหัวใจเกิดขึ้นมาจากการที่มีกรดไขมันอิ่มตัว low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C) หรือระดับคลอเลสเตอรอลอยู่ในร่างกายที่มากเกิดการอุดตัวในเส้นเลือด จากงานวิจัยของ Kinsell *et al.* (1952) และ Ahrens *et al.* (1954) ได้สกัดน้ำมันจากพืชออกมาพบว่ามีปริมาณคลอเลสเตอรอลที่ต่ำกว่าน้ำมันที่ได้จากสัตว์ ซึ่งทำให้การรับประทานผักจะมีโอกาสเสี่ยงเป็นโรคหัวใจต่ำกว่าการบริโภคเนื้อสัตว์ การบริโภคกรดไขมันลิโนเลอิกมีผลต่อการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ หากมีปริมาณกรดลิโนเลอิกที่สูง ทำให้มีตัวต้านทานอินซูลินที่สูงขึ้น ทำให้มีแรงดันเลือดที่ต่ำลง แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานใดที่สามารถอธิบายว่าการบริโภคกรดไขมันลิโนเลอิกที่สูงมีผลอย่างไรและมีเมตาบอริซึมอย่างไรกับการลดอัตราการเกิดโรคหัวใจ

การได้รับอาหารที่อุดมไปด้วยกรดไขมันชนิดอิ่มตัวเป็นสาเหตุหนึ่งของความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจ แต่การได้รับอาหารที่อุดมไปด้วยกรดไขมันโอเมก้า -3 เช่น EPA และ DHA ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสร้าง Eicosanoid กลุ่มที่ 3 และ 5 (TXA_3, PGI_3) จะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการรวมตัวของเกล็ดเลือด (Calder, 2006) ช่วยลดความหนืดของเลือดและช่วยให้การไหลเวียนของเลือดสะดวกขึ้นจึงป้องกันการเกิดภาวะความดันโลหิตสูงและป้องกันโรคต่างๆเช่น โรคที่เกิดจากหลอดเลือดอุดตัน โรคหัวใจขาดเลือดและเกิดภาวะหัวใจล้มเหลว (Gibney *et al*., 2003; Hu *et al*., 2002)

โรคที่เกี่ยวข้องกับความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ได้แก่ โรคหอบหืด โรคไขข้ออักเสบเป็นโรคที่เกิดจากความผิดปกติของระบบภูมิคุ้มกัน ที่มีสาเหตุมาจากกระบวนการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมทาบอลิซึมของไขมัน โรคเหล่านี้เป็นผลจากความไม่สมดุลของกรดไขมันโอเมก้า -3 และโอเมก้า-6 ที่ร่างกายได้รับ (Stansby *el al*., 1990) โดยปกติเมื่อร่างกายได้รับสิ่งแปลกปลอมจะมีการสร้าง antibody มาทำลายสิ่งแปลกปลอมเหล่านี้ การได้รับEPA และ DHA จะสังเคราะห์ Eicosanoid ในกลุ่มที่ 3 และ 5 มีผลทำให้ T-Suppressor Cell สามารถควบคุมการทำงานของ T-Helper Cell ได้อย่างมีประสิทธิภาพนอกจากร่างกายจะสร้าง antibodyไปทำลายสิ่งแปลกปลอมแล้วยังไปกระตุ้นให้ Effector Cell สร้างสารที่เรียกว่า Eicosanoid ซึ่งสามารถกระตุ้นการเพิ่มปริมาณของ Effector Cell และมีผลทำให้ความรุนแรงของโรคลดลงได้ (Gibney *et al.,* 2002)

Laerum *et al.* (2007) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภคปลาและน้ำมันปลาคอดต่อการเกิดโรคหอบหืดในกลุ่มทดลองอายุ 23-54 ปี จำนวน 2549 คนพบว่ากลุ่มที่มีการบริโภคปลาและน้ำมันปลาเป็นประจำ มีความเสี่ยงในการเกิดโรคหอบหืดน้อยกว่าในกลุ่มที่มีการบริโภคปลาหรือน้ำมันปลาน้อย นอกจากนั้นยังพบว่าผู้ที่บริโภคปลาปริมาณสูงตั้งแต่วัยเด็กมีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหอบหืดน้อยกว่าเด็กที่มีการบริโภคปลาปริมาณน้อย

โอเมก้า-3 มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อสมองเพราะสมองของผู้ใหญ่ทั่วไปมี DHA ประกอบอยู่ 20 กรัม ขึ้นไปซึ่งหากใครมี DHA น้อยกว่านี้ก็จะมีแนวโน้มเสี่ยงต่อการเป็นโรคอัลไซเมอร์ นอกจากนี้แพทย์ส่วนใหญ่มักจะแนะนำให้ สตรีมีครรภ์ หรือมารดาที่อยู่ในระยะให้นมบุตรบริโภคอาหารที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวประเภท EPA, DHA และกรดลิโนเลอิก เพราะกรดไขมันชนิดนี้มีส่วนสำคัญต่อพัฒนาการ ทางสมองและ ตาของตัวอ่อนและทารกด้วย แหล่งสำคัญของกรดไขมันชนิดนี้คือ ปลาทะเลเขตน้ำเย็นชนิดต่างๆเช่น ซาร์ดีน ซาลมอนและทูน่า ซึ่งจะพบโอเมก้า-3 สูงมากในสัดส่วนระหว่าง 2.5-8.0กรัม /เนื้อปลา 200 กรัม ในอาหารโดยทั่วไปมักจะมีกรดไขมันโอเมก้า-3 อยู่ในสัดส่วนที่ต่ำมาก บางรายงานแนะนำว่าควรบริโภคให้มีสัดส่วนของกรดลิโนเลอิ กต่อกรดไขมันโอเมก้า -3 อยู่ในช่วง 3:1 ถึง 10:1หรือที่แนะนำนั้นจะอยู่ที่วันละ 1-3 กรัมจะเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกาย (สถาบันอาหาร, 2548)

EPA จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของการสังเคราะห์ prostaglandin และลดการหลั่ง serotonin ของเกล็ดเลือดทำให้การรวมกลุ่มของเก ล็ดเลือดลดลงในระยะที่มีการบีบตัวของหลอดเลือดในสมอง ดังนั้นการให้ EPA จะสามารถลดอาการของไมเกรนลงได้เช่นกัน อย่างไรก็ตามการใช้กรดไขมัน โอเมก้า-3 อาจจะมีปัญหาในผู้ที่ป่วยด้วยโรคบางประเภทเช่น ในกรณีของผู้ที่ป่วยด้วยโรคเบาหวานชนิดไม่พึ่ง อินซูลิน พบว่าอาจจะทำให้การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดทำไม่ได้เนื่องจากเชื่อว่าจะเกิดกลีเซอรอล จากการย่อยสลายน้ำมันปลาผ่านเข้าสู่กระบวนการสร้าง กลูโคส (gluconeogenesis) มากขึ้นระดับกลูโคสจึงสูงขึ้นถึงระดับที่ควบคุมไม่ได้ ในด้านพัฒนาการของร่างกายมีรายงานว่าพบกรดไขมัน DHA สะสมอยู่มากที่บริเวณสมองและเรตินาของดวงตาและยัง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พบว่าในน้ำนมมารดาก็มี DHA สูงเช่นกันจึงเชื่อว่า DHA จะมีผลต่อการพัฒนาการทางสมองและการมองเห็นของทารก จึงมีข้อแนะนำให้เสริม DHA ในนมสูตรที่ใช้เลี้ยงทารกด้วย นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า DHA อาจจะช่วยแก้โรคความจำเสื่อมชนิด อัลไซเมอร์ (Alzeimer's disease) ได้และยังจะลดอาการซึมเศร้าในคนชราที่มี คลอเลสเตอรอลต่ำด้วย จากการศึกษาทางระบาดวิทยาชี้ให้เห็นว่าการบริโภคกรดไขมันไม่อิ่มตัวโอเมก้า-3 ในปริมาณที่สูงจะช่วยชะลดความเสื่อมของประสาทด้านการรับรู้และช่วยลดอาการหลงลืมในผู้สูงอายุ นอกจากนั้นกรดไขมันโอเมก้า -3 ยังสามารถช่วยชะลอความแก่ได้ด้วย สมองมีส่วนองค์ประกอบที่เป็น DHA ในปริมาณสูง นระหว่างกระบวนการทำงานของสมองปริมาณ DHA จะลดลงมีผลทำให้การส่งกระแสประสาทลดลงตามไปด้วยและยังเป็นสาเหตุให้ความยืดหยุ่นของเซลล์ลดลงซึ่งทำให้ร่างกายชราลงด้วย (Dyall *et al*., 2007)

การเกิดมะเร็งหลายชนิด เช่น มะเร็งเต้านม มะเร็งลำไส้ มะเร็งผิวหนัง มีสาเหตุมาจากอาหารด้วยเช่นกัน มีหลักฐานหลายอย่างยืนยันว่าการได้รับกรดไขมันไม่อิ่มตัวโอเมก้า-6ในปริมาณสูงจะเร่งการเพิ่มจำนวนของเซลล์เนื้องอกและมะเร็ง ซึ่งในเนื้อเยื่อที่ผิดปกติจะตรวจพบ PGE_2 และ TXA_2 ในปริมาณสูงและมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มจำนวนของเซลล์เนื้องอก (Cansell *et al*., 2007) น้ำมันจากปลาและสัตว์ทะเลมีผลอย่างมากต่อการลดการเจริญและเพิ่มจำนวนของเซลล์เนื้องอก และได้มีรายงานเกี่ยวกับกรดไขมันไม่อิ่มตัวโอเมก้า -3 ในการยับยั้งการกระจายตัวของเซลล์มะเร็งเต้านม มะเร็งลำไส้ และมะเร็งต่อมลูกหมาก (Bourre, 2007)

2.4 เทคนิคการผลิตไมโครแคปซูล

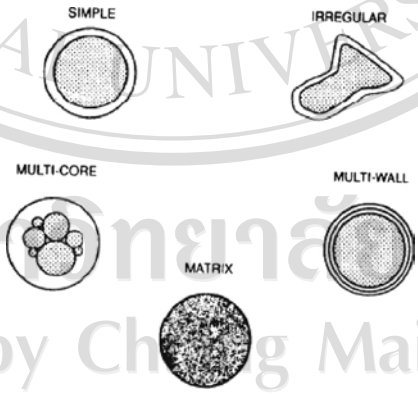
เป็นเทคนิคที่ห่อหุ้มอาหารที่อยู่ในรูปทั้งของแข็งและของเหลวเพื่อป้องกันการเสื่อมเสียทั้งจากสภาพแวดล้อมและทางเคมีรวมไปถึงสามารถควบคุมการปลดปล่อยในระยะเวลาที่ต้องการได้ (Reineccius, 1994) ในระดับอุตสาหกรรมอาหารนั้นได้ใช้เทคนิคนี้กับน้ำมันเพื่อลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาให้นานขึ้น (Ryuichi and Shuji, 1993) กรรมวิธีการห่อหุ้ม (encapsulation technique) เป็นเทคนิคที่กักเก็บ สาระสำคัญคือ สารแกน ภายในสารห่อหุ้ม เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากปัจจัยต่างๆเช่น แสง ความร้อนและความชื้น ทำให้สารแกน ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงและสามารถควบคุมการปลดปล่อยได้ การผลิตอาหารด้วยวิธีไมโครแคปซูลจะเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ สะดวกต่อการขนส่งและการเก็บรักษาสามารถควบคุมการปลดปล่อยในจุดที่ต้องการได้ (Gharsallaoui *et al*., 2007) สมบัติของไมโครแคปซูลนั้นจะเปลี่ยนไปตามความต้องการใช้งานซึ่งประกอบไปด้วยกลไกการปลดปล่อย ขนาดของอนุภาค ความเข้มข้นของสารแกน ความเสถียรในระหว่างการเก็บรักษา ความหนาแน่น ลักษณะทาง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กายภาพ ลักษณะของโครงสร้างสุดท้าย ราคา สารห้อหุ้มที่เลือกใช้ต้องไม่มีปฏิกิริยากับสารแกน และมีโครงสร้างที่แข็งแรงไม่เสื่อมสลายง่าย

สารแกนที่ถูกเคลือบ เรียกว่า core material และสารที่นำมาเคลือบเรียกว่าสาร ห่อหุ้ม (wall material) ซึ่งอยู่มีหลายชนิด การเลือกใช้สาร ห่อหุ้มขึ้นอยู่กับสมบัติของสารกักเก็บ สมบัติทางกายภาพของแคปซูลนั้นจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสารห่อหุ้มและการเลือกใช้เทคนิคการห่อหุ้มที่แตกต่างกันทำให้ได้รูปทรงของแคปซูลที่หลากหลายดังรูปที่ 2.2 และคำนิยามของรูปทรงแคปซูลดังตารางที่ 2.4 ตัวอย่างการใช้เทคนิค การห่อหุ้ม คือการผลิตแคปซูลของกรดไขมันไม่อิ่มตัวโอเมก้า-3 โดยการอบแห้งแบบพ่นฝอยของ Christensen *et al*. (2001) และการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง Heinzelmam and Flanke (1999) ซึ่งทั้งสองกระบวนการเป็นกระบวนการที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการห่อหุ้มสารให้กลิ่นรสและสารระเหย (Su *et al*., 2008)

ไมโครแคปซูลจะมีขนาดอนุภาคที่เล็กอยู่ในช่วงไมโคร เมตร ลักษณะและขนาดของอนุภาคแคปซูลที่ได้จะขึ้นกับวัตถุดิบที่ใช้และกระบวนการผลิต (Gharsallaoui *et al*., 2007) วัตถุดิบที่ใช้ในการเป็นสารห่อหุ้ม (เป็นสารจำพวกโมโนเมอร์หรือโพลิเมอร์) กระบวนการผลิตไมโครแคปซูลมีหลายวิธีเช่น การอบแห้งแบบพ่นฝอย, การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง, การใช้ไลโปโซมในการห่อหุ้ม, การทำให้เกิดการแยกวัฏภาค, การห่อหุ้มโดยใช้สารประกอบเชิงซ้อน เป็นต้น โดยที่ผ่านมาจะนิยมใช้วิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยซึ่งเป็นวิธีที่สามารถปกป้องโครงสร้างที่ซับซ้อนของโพลิเมอร์หรือจากการหลอมเหลวได้ดี (Dziezak, 1988)



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 2.2 รูปร่างต่างๆของอนุภาคแคปซูล

ที่มา : Gibbs *et al*, (1999)

ตารางที่ 2.4 คำนิยามของรูปทรงของแคปซูล

รูปร่าง	คำอธิบาย
Acicular	อนุภาคมีรูปทรงเป็นเข็ม
Angular	อนุภาครูปทรงหลายเหลี่ยม
Crystalline	อนุภาครูปทรงเรขาคณิตในของเหลว
Dentritic	ผลึกที่มีแขนง
Fibrous	อนุภาคที่มีรูปทรงคล้ายเส้นไหมโดยมีรูปร่างที่แน่นอนและไม่แน่นอน
Flaky	อนุภาคมีรูปร่างเป็นแผ่น
Granular	อนุภาคโดยประมาณที่มีรูปทรงไม่แน่นอน
Irregular	อนุภาคที่ขาดสมมาตร
Modular	อนุภาคที่มีรูปทรงกลม
Spherical	รูปทรงกลม

ที่มา: Barbosa-Canovas *et al.* (2005)

การผลิตแคปซูลน้ำมันปลา

น้ำมันปลามีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่อยู่ในไตรกลีเซอร์ไรด์ของน้ำมันปลานั้น กรดไขมันประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวและกรดไขมันไม่อิ่มตัว (นิธิยา, 2548) ซึ่งกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงจากสภาพแวดล้อมภายนอก สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย ซึ่งเกิดจากกรดไขมันไม่อิ่มตัวมีพันธะคู่ทำปฏิกิริยากับอากาศกลายเป็นอนุมูลอิสระ (O_Brien, 2004) ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมคุณภาพของน้ำมันปลาส่งผลให้คุณภาพของน้ำมันปลาลดลงเช่น น้ำมันปลามีกลิ่นเหม็นหืน เทคนิคเอนแคปซูลจะเป็นการปกป้องและลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Heinzelmann and Franke, 1999)

Matsuno *et al*., (1993) ได้ระบุถึงประโยชน์ของการผลิตแคปซูลน้ำมันดังนี้

1. ลดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการเก็บรักษา
2. ทำให้น้ำมันมีความเสถียรภาพในระหว่างการเก็บรักษา
3. สามารถควบคุมกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ของน้ำมันแต่ละชนิดได้
4. สร้างกลิ่นและรสที่ดี
5. ปกป้องการไฮโดรไลซ์จากเอนไซม์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารห่อหุ้ม (wall material)

สารห่อหุ้มคือ สารที่เคลือบสาร แกนเพื่อปกป้องไม่ให้สาร แกนเกิดการเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยจาก ภายนอก ป้องกันการระเหยของสาร แกน ควบคุมการปลดปล่อย ของสารแกน โดยสารห่อหุ้มที่จะนำมาเลือกใช้นั้นควรมีความเหมาะสมกับสาร แกน (Shahidi and Han, 1993) สารห่อหุ้มมีหลายชนิดทั้งที่ได้จากธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ โดยส่วนมากแล้วในกระบวนการผลิตนั้นนิยมนำสารห่อหุ้มไปละลายในน้ำแล้วนำมาผสมกับสาร แกน ให้อยู่ในรูปของอิมัลชัน หลังจากนั้นทำการระเหยน้ำด้วยวิธีการต่างๆเช่น การทำแห้งด้วยลมร้อนหรือการทำแห้งแบบแช่ เยือกแข็ง เป็นต้น (Gouin, 2004) การเลือกสารห่อหุ้มนั้นควรที่จะคำนึงที่ความเป็นไปได้ที่สามารถกักเก็บสารที่ต้องการ โดยไม่มีการปฏิกิริยาต่างๆระหว่างสาร แกนกับสารห่อหุ้มที่ส่งผลให้สาร แกนเกิดการเปลี่ยนแปลง สามารถหาได้ง่ายในท้องตลาด มีราคาถูก มีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการผลิตและระหว่างการเก็บรักษา มีการดูดซึมน้ำที่ดี มีความสามารถในการเกิดฟิล์มที่ดี ให้ลักษณะผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่ต้องการและมีความเป็นอิมัลชันที่เสถียร (Reineccius and Rash, 1988) สารห่อหุ้มที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมแต่ละชนิดเหมาะสมกับวิธีการห่อหุ้มที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 สารห่อหุ้มและวิธีการห่อหุ้ม

ประเภท	สารห่อหุ้ม	วิธีการที่นิยมใช้
คาร์โบไฮเดรต	สตาร์ช, มอลโตเดกซ์ตริน, ไคโตซาน, คอนไซรัป, เดกซ์แทรน, สตาร์ชดัดแปร, ไซโคลเดกซ์ตริน	การอบแห้งแบบพ่นฝอย การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง การอัดขึ้นรูป
เซลลูโลส	คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส, เมทิลเซลลูโลส, เอทิลเซลลูโลส	Coaccervation การอบแห้งแบบพ่นฝอย Edible films
กัม	กัมอคาเซีย, เอการ์, คาราจีแนน	การอบแห้งแบบพ่นฝอย
ลิปิด	แวกซ์, พาราฟิน, ไขผึ้ง, น้ำมัน, ไขมัน	อิมัลชัน, ไลโปโซม, การก่อฟิล์ม
โปรตีน	กลูเตน, เคซีน, เจลลาติน	อิมัลชัน, การอบแห้งแบบพ่นฝอย

ที่มา: Desai and Park (2005)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มอลโตเดกซ์ตริน

มอลโตเดกซ์ตรินเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการไฮโดรไลซิสสตาร์ชที่ไม่สมบรูณ์ด้วยกรดหรือเอนไซม์และได้สมดุลเดกซ์โตส (Dextrose Equivalents: DE) หรืออาจเรียกว่ามอลโทโอลิโกแซ็กคาไรด์ที่แตกต่างกันซึ่งค่า DE เป็นค่าที่ใช้ในการวัดปริมาณการเกิดไฮโดรไลซ์ของแป้ง และแสดงให้เห็นถึงความเสถียรของสารที่ทำหน้าที่เป็นเปลือกหุ้ม (นิธิยาและวิบูลย์, 2551) สารห่อหุ้มควรมีความเสถียรต่อการเกิดออกซิเดชันของน้ำมัน (Kenyon, 1995) มอลโตเดกซ์ตรินมีราคาและประสิทธิภาพในระดับกลาง ไม่มีกลิ่นรส มีความหนืดต่ำที่สัดส่วนของแข็งสูงและมีน้ำหนักโมเลกุลแตกต่างกัน มีความสามารถในการปลดปล่อยที่ดี ละลายได้ดีที่ อุณหภูมิห้อง ข้อบกพร่องหลัก คือ ขาดความสามารถในการเป็นอิมัลซิไฟเออร์และมีอัตราการกักเก็บสารระเหยได้ต่ำ จึงนิยมนำไปใช้ร่วมกับสารอื่น

ความสามารถในการกักเก็บสารให้กลิ่นรส ขึ้นอยู่กับค่า DE ของ มอลโตเดกซ์ตรินเช่น ถ้ามี DE 10 จะมีความสามารถในการกักเก็บดีและที่ DEสูงขึ้น เช่น DE 15, 20, 25 และ 36.5 ความสามารถในการกักเก็บสารให้กลิ่นรสจะลดลง นอกจากนั้นความสามารถในการกักเก็บสารให้กลิ่นรสระหว่างการเก็บรักษาจะเพิ่มขึ้นตามค่า DE ของมอลโตเดกซ์ตริน ที่ลดลง (Yoshii *et al*., 2001)

อย่างไรก็ตามมอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่า DE เหมือนกัน อาจจะมีสมบัติต่างกันได้ขึ้นอยู่กับวิธีการไฮโดรไลซ์ แหล่งของสตาร์ชและอัตราส่วนของอะไมโลสต่ออะไมโลเพกติน (Klinkeson *et al*., 2004) มอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่า DE สูงจะมีค่าอุณหภูมิการเกิดกลาสทรานซิชัน (T_g) ต่ำกว่าและมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่าเช่น มอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่า DE เท่ากับ 10 และ 20 จะมี T_g เท่ากับ 160 และ 140 องศาเซลเซียส เมื่อค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (a_w) เท่ากับ 0.00และมีน้ำหนักโมเลกุล 1800 และ 900 ตามลำดับ (Rahman, 1995)

Anandarman and Reineccius (1986) ได้ใช้มอลโตเดกซ์ตรินที่มีค่า DE สูงในการห่อหุ้มน้ำมันจากเปลือกส้ม เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชันและ พบว่าความสามารถ การป้องการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันจากเปลือกส้มนั้นมีความสัมพันธ์กันกับค่า DE ของมอลโตเดกซ์ตรินซ์ ถ้าค่า DE สูงการเกิดออกซิเดชันจะลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไคโตซาน

ไคโตซานเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่ได้จากไคติน โดยทำปฏิกิริยาดีแอซีไทเลชันด้วยด่างแก่ใช้เป็นสารเคลือบผิว (นิธิยาและวิบูลย์, 2551) ไคโตซานเป็นสารจำพวกไฮโดรฟิลลิกแบบไบโอคอมแพทิเบิลและบรายแกรเดเบิลเป็นโพลีแซคคาไรด์ ที่มีค่าความเป็นพิษต่ำ สามารถสกัดได้จากเปลือก

ของสัตว์ทะเลเช่น กุ้ง และได้มีการนำมาใช้ผลิตแคปซูลเพื่อ การควบคุมการส่งกลิ่น และการนำมาเป็นอาหารเสริม (Desai and Park, 2005) ไคโตซานยังเป็นสารยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน , ยับยั้งจุลินทรีย์ (Prashanth and Tharanathan, 2007) นอกจากนั้น ไคโตซานยังสามารถนำมายับยั้งการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลในน้ำผลไม้ได้ (Shahidi *et al*., 1999)

ได้มีการใช้ไคโตซานในกระบวนการห่อหุ้มสารเช่นการใช้ไคโตซานเป็นส่วน ผสมร่วมกับมอลโตเดก ซ์ตรินและเวย์โปรตีนในการ ผลิตแคปซูล น้ำมันปลาทูน่า พบว่าในการใส่ไคโตซานที่ปริมาณ 1 กรัม/100 กรัม กับมอลโตเดกซ์ตรินที่ปริมาณ 10 กรัม/100 กรัม และหรือเวย์โปรตีนที่ปริมาณ 1 กรัม/100 กรัม สามารถทำให้มีอนุภาคของเม็ดไขมันที่กระจายอยู่ในน้ำมีขนาดอนุภาคที่เล็กและมีประสิทธิภาพการกักเก็บสารเพิ่มขึ้น (Klaypradit *et al*., 2008)

การผลิตแคปซูลผงโดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย

การอบแห้งแบบพ่นฝอย ได้มีการใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ.1950 ที่ใช้กับกลิ่นประเภทน้ำมันเหลว ในการป้องกันการเกิดออกซิเดชันและการเปลี่ยนแปลงจากของเหลวกลายเป็นผง ค่าใช้จ่ายของกระบวนการผลิต โดยวิธีอบแห้งแบบพ่นฝอย ค่อนค้างต่ำกว่ากระบวนการผลิตแบบอื่นทำให้เป็นที่นิยมนำมาใช้ผลิตแคปซูลผง (Gharsallaoui *et al*., 2007)

การอบแห้ง แบบพ่นฝอยเป็นกระบวนการผลิตที่ใช้กว้างขวางมากในอุตสาหกรรมอาหารและยา สามารถผลิตในปริมาณมาก สามารถกักเก็บสารระเหยได้ดี เครื่องมืออุปกรณ์ใช้พื้นที่น้อย ต้นทุนในการผลิตต่ำ สารห่อหุ้มมีให้เลือกใช้มาก ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่มีความคงตัวและเสถียร ได้ลักษณะอนุภาคที่มีคุณภาพดี สามารถผลิตได้ต่อเนื่อง ข้อจำกัดของเทคนิคนี้ คือสารห่อหุ้มจะต้องละลายน้ำได้ดีเนื่องจากต้องเตรียมวัตถุให้เป็นของเหลวแล้วฉีดพ่นเพื่อทำแห้ง ตัวอย่างสารห่อหุ้มที่นำมาใช้คือ กัมอคาเซีย มอลโตเดกซ์ตริน สตาร์ชดัดแปร อัลจิเนต คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เวย์โปรตีน โปรตีนถั่วเหลืองและ โซเดียมเคซิเนต เป็นต้น (Reineccius, 1994) อีกทั้งในระหว่างกระบวนการผลิตอาจมีการสูญเสียสารระเหยบางชนิดเนื่องจากความร้อน อีกทั้งยังเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ ทำให้แคปซูลที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาและมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น (Dziezak, 1988; Desobry *et al*., 1997)

การใช้เทคนิคการผลิตแคปซูลด้วยวิธีอบแห้งพ่นฝอย ทำให้ได้ลักษณะของ ผงที่ดี มีความละเอียด มีลักษณะของโครงสร้างที่คงตัว (Ryuichi and Shuji, 1993) ซึ่งหลักการของการอบแห้งพ่นฝอยจะอาศัยความร้อนในการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ทำให้ได้ลักษณะผลิตภัณฑ์ที่มีความละเอียด โดยขั้นตอนในการเตรียมผลิตภัณฑ์ก่อนการทำอบแห้งพ่นฝอยต้องเตรียมตัวอย่างให้อยู่ในรูปของอิมัลชัน น้ำมันในน้ำ (o/w) โดยสารห่อหุ้มนั้นต้องมีสมบัติในการเป็นอิมัลชันที่ดีมีความ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทนทานต่อความร้อนและต้องสามารถห่อหุ้มสารกักเก็บได้ดี สารห่อหุ้มที่นิยมใช้คือ กัมอะราบิก มอลโตเดกซ์ตริน สตาร์ชดัดแปร กัวร์กัม เมื่อได้ผลิตภัณฑ์แล้วจะนำไปพ่นใส่ในถังที่ มีลมร้อนผ่าน ซึ่งโดยหัวที่ใช้ในการพ่นจะมีหลายแบบคือแบบเหวี่ยง แบบพ่นฝอย แบบโฮโมจิไนซ์ (Dziezak, 1988) เมื่อผลิตภัณฑ์ผ่านลมร้อน จะเกิดความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของผลิตภัณฑ์กับอากาศทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศและน้ำที่อยู่ภายในผลิตภัณฑ์จะเกิดการระเหยออกไป ตัวแปรที่สำคัญในการอบแห้งแบบพ่นฝอยให้ได้ผลิตภัณฑ์ผงที่ดีคือ อุณหภูมิขาเข้าและขาออก (ลมหรือแก๊ส) ความหนืดของผลิตภัณฑ์ ขนาดอนุภาคของอิมัลชัน ระบบในการพ่น เช่น การใช้แรงลมหรือการใช้แรงดันในการพ่น อัตราการพ่น (Zbicinski *et al*., 2002) ข้อดีของการอบแห้งแบบพ่นฝอยคือราคาต้นทุนในการผลิตต่ำ ได้คุณภาพของและเปอร์เซ็นต์ ปริมาณผลผลิต (yield) แคปซูลที่สูง ได้ขนาดอนุภาคที่เล็ก มีความเสถียรสูง ได้ผลิตภัณฑ์ที่แห้ง ได้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ดีละเอียดเป็นผง (10 – 50 ไมโครมิลลิเมตร) Klinkesron *et al*. (2006) ได้ศึกษาการผลิตแคปซูลของน้ำมันปลาทูน่าโดยวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอยพบว่าแคปซูลผงมีปริมาณความชื้นและวอเตอร์แอคทิวิตีชื้นต่ำ ประสิทธิภาพในการกักเก็บมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำมันทั้งหมดได้ลักษณะของแคปซูลผงที่ร่วน แต่ถึงอย่างไรก็ตามถ้าต้องการขนาดอนุภาคที่ใหญ่ขึ้นต้องทำให้แรงตึงผิวและความหนืดของสารละลายมากใหญ่ขึ้น ข้อเสียคือ มีข้อจำกัดในการเลือกใช้สารห่อหุ้ม ไม่เหมาะกับสารที่มีความไวต่อความร้อน (Negiz *et al*., 1995)

เทคนิคการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

เทคนิคการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง เป็นกระบวนการที่ใช้สำหรับสารที่ไวต่อการทำแห้งด้วยความร้อนหรือสลายตัวไวเมื่อถูกความร้อนและไม่เสถียรในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย ในกระบวนการนี้อาหารจะถูกทำให้เยือกแข็งที่อุณหภูมิและความดันต่ำมีการตกผลึกของน้ำกลายเป็นน้ำแข็งและจะระเหิดออกจากอาหาร โดยที่สารละลายไม่แข็งตัวแต่มีความหนืดและเกิดการกระจายของสารให้กลิ่นรส เมื่อเริ่มการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งผิวหน้าของสารละลายกลายเป็นของแข็งที่มีรูปร่างไม่แน่นอนทำให้อาหารแห้งที่มีลักษณะเป็นกลาส (amorphous solid) ซึ่งหลักการทำแห้งแช่เยือกแข็งอยู่ 2 ขั้นตอนคือ การเตรียมตัวอย่างแช่เยือกแข็งและการทำให้แห้งภายใต้ความดันที่ต่ำ (Barbosa and Vega, 1996) การใช้เทคนิคการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งสามารถลดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เป็นอย่างดีเหมาะสมกับการนำไปผลิตแคปซูลที่มีส่วนประกอบของน้ำมัน (Heinzelmann and Franke, 1999) การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งช่วยลดการสูญเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทั้งที่มาจากปฏิกิริยาของเอนไซม์และไม่ใช้เอนไซม์ ลดปฏิกิริยา lipid-oxidation ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

อาหารที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบ (Barbosa and Vega, 1996) ตารางที่ 2.6 แสดงข้อดีและข้อเสียของการทำทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ตารางที่ 2.6 ข้อดีและข้อเสียของการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง

ข้อดี	ข้อเสีย
1.ไม่ถูกทำลายด้วยความร้อน 2. สามารถกักเก็บสารให้กลิ่นรสได้ 3. กักเก็บวิตามินได้ดี 4.ได้ผลิตภัณฑ์อบแห้งอย่างรวดเร็ว 5. ผลิตภัณฑ์หดตัวน้อย 6. ผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานถ้าเก็บในบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสม 7. ยังคงเก็บรักษากิจกรรมของสารชีวโมเลกุลไว้ได้	1. มีราคาสูงกว่าทำแห้งแบบอื่น 2. ผลิตภัณฑ์จะถูกทำลายโดยการแช่เยือกแข็งก่อนที่จะทำให้แห้ง (การสลายตัวของอิมัลชัน) 3. ผลิตภัณฑ์จะดูดความชื้นเร็วนอกจากจะเก็บรักษาในบรรจุภัณฑ์ที่มีความชื้นต่ำ 4. ผลิตภัณฑ์ค่อนข้างเปราะ 5. ผลิตภัณฑ์มักจะมีสีซีดลงเมื่อเก็บรักษา

ที่มา: Schwartzberg (2009)

จากการอบแห้งแบบพ่นฝอยและการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งในการทำไมโครแคปซูลของน้ำมันจากส้มวาเลนเซีย ในกัมอคาเซียและสตาร์ชดัดแปร พบว่าการ ทำแห้งแบบแช่เยือก แข็งได้ลักษณะผงมีความโปร่งและร่วนซึ่งเป็น คุณสมบัติเป็นที่ต้องการ (Buffo and Probst, 2001) การเปรียบเทียบการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของ เมททิลลิโนลิเอต ที่ถูกห่อหุ้มด้วยกัมอะราบิก โดยการอบแห้งด้วยลมร้อนและการ ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งพบว่าการ ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งให้ผลที่ดีกว่าอบแห้งด้วยลมร้อน โดยมีการเกิดออกซิไดซ์ช้าเมื่อเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์หนึ่งและไม่มีการเปลี่ยนแปลง ของอนุภาคแคปซูลใน ระหว่างการเก็บรักษา (Minemoto *et al*., 1997) ในกระบวนการผลิตไมโครแคปซูลแห้งของน้ำมันปลาโดยวิธีการ ทำแห้งแบบ แช่เยือกแข็ง พบว่าผลิตภัณฑ์มีความต้านทานต่อการเกิดออกซิเดชันได้ดี แสดงว่ากระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งช่วยรักษา โครงสร้างของไมโครแคปซูลได้ เนื่องจากมีการยึดติดกันแน่นโดยการแช่ เยือกแข็ง (Heinzelmann and Frank, 1999)

Heinzelmann and Franke (1999) และ Klaypradit and Huang (2008) ได้ทำการศึกษาแคปซูลผงของน้ำมันปลาทูน่า โดยใช้วิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งพบว่า การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในระหว่างการเก็บรักษานาน 12 สัปดาห์นั้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปลาทูน่าที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันปลาทูน่าที่ใช้ในการบริโภค แสดงให้เห็นว่าการทำแคปซูลน้ำมันปลาสามารถชะลอการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันปลาได้

อย่างไรก็ตามเทคนิคการทำแห้งนี้ก็ได้รับความสนใจน้อยกว่าวิธีอื่นๆ เนื่องจากการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง มีราคาสูงกว่าการอบแห้งแบบพ่นฝอยถึง 50 เท่าและมีค่าใช้จ่ายสูงในการเก็บรักษาและการขนส่ง (Desobry *et al*., 1997) อีกทั้งราคาค่าใช้จ่ายในด้านพลังงานและระยะเวลาในกระบวนการที่นานและใช้ต้นทุนสูง (Liapis and Marcheelo, 1984)

สมบัติของอาหารผง

คุณภาพของอาหารผงขึ้นกับสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยา ซึ่งสมบัติทางกายภาพเป็นสมบัติที่ผู้บริโภคสามารถสัมผัสได้เป็นลำดับแรกเช่น ขนาดและรูปร่างของอนุภาค ส่วนสมบัติทางเคมีที่มีความสำคัญเป็นลำดับแรกคือ ความชื้น (โยษิตา, 2552) เทคนิคการวัดขนาดอนุภาคสามารถทำได้ดังนี้ การร่อนผ่านตะแกรง การส่องกล้องจุลทรรศน์ การตกตะกอน การตรวจสอบโดยอาศัยกระแสน้ำหรือไอน้ำ เป็นต้น (Barbosa-Canovas *et al*., 2005) การวิเคราะห์โดยการส่องกล้องจุลทรรศน์แบบอิเลคตรอน Scanning electron microscopy (SEM) มักจะถูกนำมาใช้ในการศึกษารูปร่างของอนุภาคอาหารผงก่อนที่มีการจัดกลุ่มตามขนาดของอนุภาค (Barbosa-Canovas *et al*., 2005)

ความชื้นมีความสำคัญกับอาหารผงซึ่งการเกาะติดของอนุภาคอาหารผงจะเพิ่มขึ้นเมื่ออาหารผงมีความชื้นมากขึ้น อันเนื่องมาจากของเหลวระหว่างอนุภาคที่เกิดขึ้นที่ผิวของอาหารผง โดยของเหลวระหว่างอนุภาคอาหารผงจะหมายถึงน้ำอิสระ โดยน้ำอิสระสามารถทำให้แห้งภายใต้สภาวะอากาศโดยรอบ ซึ่งใช้ในการหาปริมาณความชื้นของอนุภาคอาหารผง (Barbosar-Canovas *et al*., 2005) อาหารผงที่ปลอดภัยควรมีวอเตอร์แอคทิวิตี (a_w) ต่ำกว่า 0.5 เนื่องจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญได้ ตัวอย่างเช่น นมผงที่มีปริมาณความชื้น 2-3 เปอร์เซ็นต์ วอเตอร์แอคทิวิตีอยู่ในช่วง 0.2-0.3 เป็นต้น (Fennema, 2008) แสดงให้เห็นว่าหากวอเตอร์แอคทิวิตีของอาหารผงต่ำก็จะส่งผลดีต่อคุณภาพของอาหารผงเนื่องจากปลอดภัยจากเชื้อจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษา อีกทั้งยังช่วยให้อาหารผงไม่เกาะรวมตัวกัน (Barbosar-Canovas *et al*., 2005)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5 การเตรียมไมโครแคปซูลแบบอิมัลชัน

อิมัลชัน

อิมัลชัน เป็นระบบคอลลอยด์ที่พบในอาหารอีกชนิดหนึ่ง ที่ของเหลวเป็นทั้งอนุภาคคอลลอยด์และตัวกลาง โดยมีของเหลวชนิดหนึ่งกระจายตัวเป็นหยดเล็กๆอยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่ง ของเหลวทั้งสองนี้จะไม่รวมตัวเป็นเนื้อเดียวกัน อิมัลชันที่เกิดขึ้นจะไม่ค่อยคงตัวต้องอาศัยอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์เป็นตัวช่วยป้องกันไม่ให้อนุภาคคอลลอยด์รวมตัวกัน ทำให้อนุภาคคอลลอยด์สามารถกระจายตัวและคงตัวอยู่ในตัวกลางได้ (นิธิยา, 2549)

อิมัลชั นที่ตัวกลางเป็นน้ำและอนุภาคคอลลอยด์เป็นน้ำมัน อิมัลชันที่เกิดขึ้น เรียกว่าอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำหรือ oil in water มีสัญลักษณ์ย่อว่า o/w เช่น น้ำนม น้ำสลัด และมายองเนส อิมัลชัน ชนิด oil in water เรียกว่า two phase emulsions แต่ในบางกรณีอาจมีอนุภาคของตัวกลางกระจายตัวอยู่ในอนุภาคคอลลอยด์อีกชั้นหนึ่ง ทำให้ได้เป็น w/o/w หรือ o/w/o อิมัลชันเรียกว่า multiple emulsions

ในการศึกษาการผลิตอิมัลชันแห้งที่เหมาะสมโดยการอบแห้ง แบบ พ่นฝอยจะมีส่วนประกอบหลักของอิมัลชันจะประกอบด้วย น้ำ emulsifier สารนำพา (สารที่ไม่ละลาย) และสารกักเก็บ โดยชั้นของสารละลายจะถูก ระเหย ออกโดยความร้อนจากวิธีการอบแห้งแบบพ่นฝอย (Christensen *et al*., 2001)

Klaypradit and Huang (2007) ได้ทำการศึกษาการใช้ไคโตซานมาผสมร่วมกับมอลโตเดกซ์ตรินและเวย์โปรตีนในการทำอิมัลชันโดยไคโตซาน (ใช้กรดละลายก่อนผสม) สามารถทำให้มีอนุภาคของเม็ดไขมันที่กระจายอยู่ในน้ำมีขนาดอนุภาคที่เล็กและมีเสถียรภาพต่อการกักเก็บสารเพิ่มขึ้นและทำให้ผิวของแคปซูลมีความเสถียรโดยส่วนผสมหลักจะประกอบด้วยน้ำและน้ำมันปลาโดยมี tween-80® เป็นอิมัลซิไฟเออร์นอกจากนั้น Heinzelmann and Franke (1999) ได้ศึกษาการผลิตแคปซูลน้ำมันปลาด้วยวิธีการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งโดยใช้สัดส่วนน้ำมันปลา 10 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมเคซิเนต (อิมัลซิไฟเออร์) 10 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 10 เปอร์เซ็นต์และน้ำ 70 เปอร์เซ็นต์ พบว่าระดับความเร็วในการทำให้อิมัลชันเยือกแข็งนั้นมีส่วนสำคัญต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอิมัลชันที่ใช้อัตราการทำให้เยือกแข็งช้าจะส่งผลให้มีปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงกว่าอิมัลชันที่ใช้อัตราในการทำให้เยือกแข็งสูงในระหว่างการเก็บรักษา 6-12 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กลไกการเกิดอิมัลชัน

ของเหลวทุกชนิดจะมีแรงตึงผิวต่อตัวของมันเอง เมื่อนำของเหลว 2 ชนิด ที่ไม่ผสมกันมาเขย่ารวมกันเพื่อให้เกิดอิมัลชัน แรงตึงผิวจะพยายามทำให้อนุภาคของเหลวรวมตัวเข้าหากันเองและแยกตัวออกจากของเหลวอีกชนิดหนึ่ง เพื่อลดพื้นที่ผิว ให้น้อยที่สุด เพราะเมื่อของเหลวมีอนุภาคใหญ่ขึ้นจะมีพื้นที่ผิวลดลง (นิธิยา, 2549)

การทำอิมัลชันทำให้ของเหลวที่เป็นอนุภาคคอลลอยด์แตกตัวเป็นหยดเล็กๆกระจายตัวอยู่ในตัวกลาง เช่นการเขย่าน้ำมันในน้ำ น้ำมันจะแตกตัวเป็นอนุภาคเล็กๆกระจายตัวอยู่ในน้ำ เมื่อตั้งทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง อนุภาคน้ำมันเล็กๆจะค่อยๆรวมตัวกันเป็นอนุภาคที่ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆและแยกตัวออกจากน้ำทำให้อิมัลชันสลายไป การเกิดอิมัลชันในระยะเวลาสั้นๆเรียกว่าอิมัลชันชั่วคราว การทำให้เกิดความคงตัวสามารถทำได้โดยเติมอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ลงไปเป็น protective coating ให้กับอนุภาคน้ำมัน โดยอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ จะแทรกตัวอยู่ระหว่างผิวของอนุภาคและตัวกลาง อนุภาคคอลลอยด์ จะไม่สามารถรวมตัวกันได้ ทำให้อิมัลชันมีความคงตัว เรียกว่า อิมัลชันถาวร

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอิมัลชัน

ก. อัตราส่วนของเหลวทั้ง 2 ชนิดจะมีผลต่อชนิดของอิมัลชันเช่น ถ้าเอาน้ำมันและน้ำมาเขย่าเข้าด้วยกัน จะเกิดอิมัลชันทั้ง o/w และ w/o อิมัลชัน แต่ชนิดหนึ่งจะคงตัวกว่าอีกชนิดหนึ่ง ถ้ามีน้ำมันน้อยกว่าน้ำ o/w อิมัลชันจะคงตัวกว่า w/o อิมัลชันอย่างไรก็ตามไม่จำเป็นที่ของเหลวปริมาณมากจะต้องเป็นตัวกลางเสมอไป เช่น ครีมเป็น o/w

ข. ส่วนประกอบทางเคมีของอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ สามารถเป็นตัวบ่งชนิดของอิมัลชันที่จะเกิดขึ้นได้เช่น พวก alkali-metal soap ชอบที่จะเกิดอิมัลชันแบบ o/w เพราะมีส่วนที่เป็นไฮโดรฟิลิกมากกว่าไลโพฟิลิก เป็นต้น

ค. วิธีการทำอิมัลชัน โดยการเขย่าเป็นช่วงๆ จะดีกว่าการเขย่าติดต่อกันเพราะขณะหยุดพักเป็นโอกาสให้อนุภาคน้ำมันดูดซับอิมัลซิไฟอิงเอเจนต์ เข้าไปอยู่ที่ผิวของอนุภาคน้ำมัน นอกจากนั้นการทำให้เกิดอิมัลชันที่อุณหภูมิสูงจะดีกว่าที่อุณหภูมิต่ำเพราะที่อุณหภูมิสูงจะช่วยลดความหนืดและแรงตึงผิวให้น้อยลง

ความหนืด และขนาดอนุภาคของ อิมัลชัน มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการกักเก็บของแคปซูล ถ้า อิมัลชันมี ความหนืดที่สูงจะทำให้ได้ขนาดของอนุภาคที่ใหญ่ขึ้นไ ม่เป็นทรงกล มมีผลโดยตรงกับอัตราการทำแห้ง (Rosenberg *et al*., 1990) และขนาดอนุภาคของอิมัลชันมีผลต่อประสิทธิภาพการกักเก็บสารแกนในระหว่างการทำแห้ง โดยขนาดอนุภาคอิมัลชันที่เล็กจะสามารถกักเก็บสารแกนได้ดีกว่าอิมัลชันที่มีขนาดอนุภาคที่ใหญ่ (Soottitantawat *et al*., 2003) Risch and

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Reineccius (1988) ทำการศึกษาอายุการเก็บรักษาของแคปซูลน้ำมันส้มพบว่าขนาดอนุภาคอิมัลชันที่เล็กทำให้อายุในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นอีกทั้งยังมีผลต่อการลดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันส้ม Ishido *et al*., (2002) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของขนาดอนุภาคอิมัลชันต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของกรดลิโนเลอิกที่ถูกห่อหุ้มด้วยมอลโตรเดกซ์ตรินพบว่าขนาดอนุภาคอิมัลชันที่เล็กจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันลดลง

2.6 การเปลี่ยนวัฏภาค

คำว่าวัฏภาคคือสถานะของสสารที่มีความสม่ำเสมอเหมือนกันในรูปแบบหรือองค์ประกอบทางเคมี การเปลี่ยนสถานะของสสารบริสุทธิ์ เช่นการหลอมเหลว การกลายเป็นไอและการระเหิด จึงมีลักษณะเป็นวัฏภาคที่อยู่ในสภาวะสมดุล (Roos, 1995)

การเปลี่ยนวัฏภาคคือการเปลี่ยนแปลงของสถานะทางกายภาพที่เกิดการเปลี่ยนอุณหภูมิหรือความดัน โดยทั่วไปการให้ความร้อนแก่อาหารที่เป็นของแข็งมักจะสังเกตอุณหภูมิที่ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพมีการเปลี่ยนแปลงเช่น การเปลี่ยนความจุความร้อน การเปลี่ยนความหนืด การเปลี่ยนลักษณะเนื้อสัมผัส ดังนั้นการเปลี่ยนวัฏภาคสามารถสังเกตได้จากการเปลี่ยนพลังงานภายใน ปริมาตร จำนวนโมเลกุลซึ่งการเปลี่ยนวัฏภาคนี้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนอุณหภูมิหรือความดัน (Roos, 1995)

อิทธิพลของอุณหภูมิการเกิดกลาสทรานซิชันในกระบวนการทำแห้ง

จากวิธีการทำแห้งที่หลากหลายเพื่อที่ต้องการจะเก็บอาหารรักษาไว้ได้นานและลดขนาดของวัตถุดิบง่ายต่อการเก็บรักษาและการขนส่งนั้น การเกิดการพังทลายในโมเลกุลของอาหารในระหว่างการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ความเหนียวหนืบ (sticky) ของแคปซูลผงที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำแห้งแบบพ่นฝอย การเกาะรวมเป็นก้อนของอาหารผงในระหว่างการเก็บรักษา คุณสมบัติเหล่านี้มีความเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิการเกิดกลาสทรานซิชัน (T_g) ซึ่งสามารถนำอุณหภูมิการเกิดกลาสทรานซิชัน มาใช้ประโยชน์ในการพัฒนาสูตรและการเก็บรักษา สามารถทำนายความคงตัวของอาหารในระหว่างการเก็บรักษา โดยวัตถุประสงค์ของการเลือกสภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสมกับอาหารคือ เพื่อลดอัตราการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากการเสื่อมเสียและให้อาหารมีความคงตัวต่อการเก็บรักษา (Bhandari and Howes, 1999)

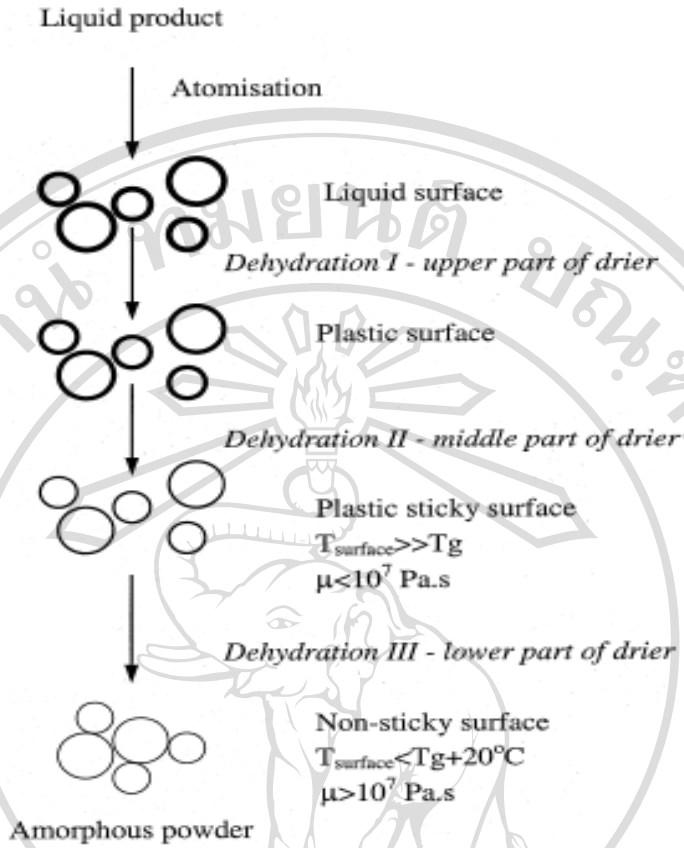
ในการอบแห้งแบบพ่นฝอยมักพบปัญหาของการเกิดความเหนียวหนืบในระหว่างการอบแห้งแบบพ่นฝอยของอาหารประเภท sugar-rich เช่น น้ำผลไม้ น้ำผึ้งและสตาร์ชดัดแปร (กลูโคสไซรัป, มอลโตรเดกซ์ตรินที่มีค่า DE สูง) ในระหว่างการอบแห้งวัตถุดิบเหล่านี้ถ้าเกิดการเหนียว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หนืบจะไปติดอยู่ในผนังห้องหรือช่องว่างของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยทำให้การจัดการเก็บผลผลิตที่ยากและได้ปริมาณผลผลิตลดลง การเหนียวหนืบถือเป็นปัญหาหลักในผลิตภัณฑ์จำพวกน้ำตาลทำให้มีผลต่อสมบัติทางด้านกายภาพมีคุณภาพที่ลดลงและไม่ที่ต้องการของผู้บริโภค (Aguilera *et al*., 1995) ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่ต่ำกว่าอุณหภูมิการเกิดกลาสทรานซิชัน (Roos, 1995) รูปที่ 2.3 อธิบายกระบวนหลักในการเกิดลักษณะเหนียวหนืบในระหว่างการอบแห้งแบบพ่นฝอยของผลิตภัณฑ์จำพวก sugar-rich ขั้นตอนแรกคือการพ่นสารละลายให้มีอนุภาคเล็กลงไปในถังลมร้อนขนาดของอนุภาคสามารถกำหนดได้จากแรงหมุนเหวี่ยงของหัวฉีด (Master, 1991) เมื่อละอองอยู่ในถังลมร้อนจะเข้าสู่สภาวะสมดุลเกิดการระเหยของน้ำหรือตัวทำละลายทำให้ผลิตภัณฑ์มีความเข้มข้นของตัวถูกละลายสูงขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงของลักษณะทางกายภาพคือจากของเหลวกลายเป็นของแข็ง ถ้าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความหนืดที่ต่ำกว่า 10^7 Pa.s ก็ยังคงเป็นลักษณะที่ข้นหนืดที่ระดับความชื้นต่ำและทำให้เกิดการไหลของสารละลาย การเกิดได้นั้นจะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะองค์ประกอบของวัตถุดิบและการทำแห้งภายใต้สภาวะเงื่อนไขที่กำหนดปริมาณน้ำที่เพียงพอสามารถไหลและสร้างสะพานเชื่อมระหว่างอนุภาคต่ออนุภาคได้ ทำให้เกิดการเชื่อมกันระหว่างอนุภาคและเกิดการเกาะกลุ่มขึ้นมีผลต่อเนื่องทำให้เกิดการเหนียวติด ผลที่ได้คือผลิตภัณฑ์จะไปติดที่ผนังของถังลมร้อนและจะได้ผลิตภัณฑ์ที่สุดท้ายที่มีโครงสร้างภายในที่มีรูปร่างไม่แน่นอนแคปซูลผงไม่สามารถกักเก็บสารแกนได้ดีเกิดการปลดปล่อยของสารแกนมีลักษณะของการเกาะรวมเป็นก้อน เป็นต้น (Bhandari and Howes, 1999)

ปริมาณความชื้นที่อยู่ในแคปซูลผงมีผลต่อความเสถียรภาพทางกายภาพเคมี และจุลชีววิทยาเช่น ลักษณะของการเกาะรวมเป็นก้อนของแคปซูล มีกลิ่นไม่พึงประสงค์ซึ่งเกิดจากเกิดการปลดปล่อยของสารสำคัญทำให้คุณภาพของแคปซูลลดลง แคปซูลผงที่มีปริมาณความชื้นที่ต่ำสามารถนำไปเก็บรักษาได้ใต้สภาวะที่แห้งและเย็นและคงรักษาเสถียรภาพได้ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและปริมาณความชื้นในระหว่างการเก็บรักษามีผลอย่างนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของแคปซูลผง ความรู้และความเข้าใจของผลกระทบของอุณหภูมิและปริมาณความชื้นต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและการแพร่ของสารแกนสามารถที่จะช่วยทำนายความเสถียรภาพของแคปซูลผงได้เป็นอย่างดี (Bhandari and Howes, 1999)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.3 กระบวนการเกิดลักษณะเหนียวหนืบในระหว่างการอบแห้งแบบพ่นฝอย

ที่มา: Bhandari and Howes (1999)

ในขั้นตอนกระบวนการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งนั้นจะนำผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปของเหลวไปทำแช่เยือกแข็งหลังจากนั้นจะนำมาดึงน้ำออกที่ใต้สภาวะสุญญากาศ วิธีการทำแห้งนี้ใช้อุณหภูมิต่ำทำให้ได้คุณภาพที่ดีกว่าวิธีการทำแห้งแบบอื่นเช่น รสชาติ กลิ่น เป็นต้น ซึ่งในระหว่างการระเหิดน้ำออกจากสารละลายนั้นผลิตภัณฑ์จะกลายเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุนและเป็นของแข็ง ถ้าอุณหภูมิในระหว่างการดึงน้ำออกของสารละลายสูงกว่าอุณหภูมิการเกิดกลาสทรานซิชัน ความหนืดของสารละลายที่เป็นของแข็งอาจจะไม่เพียงพอต่อการพยุงโครงสร้างทำให้เกิดการพังทลาย (collpapse) หรือการหดตัว (shrinkage) ในโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ (To and Flink, 1978) ในการรักษาโครงสร้างของผลิตภัณฑ์นั้นควรควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งให้ต่ำกว่าอุณหภูมิการเกิดกลาสทรานซิชัน หรืออาจกล่าวได้ว่าอัตราการพังทลายของผลิตภัณฑ์จะเพิ่มขึ้นก็ต่อเมื่อความหนืดลดลงต่ำกว่า 10^7 Pa.s และอุณหภูมิในระหว่างการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งสูงกว่าอุณหภูมิการเกิดกลาสทรานซิชันของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลิตภัณฑ์นั้น ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถกักเก็บกลิ่นได้ดีเกิดการปลดปล่อยสารสำคัญและมีคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ไม่ร่วนพรุน ระดับอุณหภูมิของการพังทลายของผลิตภัณฑ์ในระหว่างการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะอยู่ในช่วงระหว่าง -5 และ -60 องศาเซลเซียส ขึ้นอยู่องค์ประของอาหารนั้น (Bellows and King, 1973) อาหารที่ประกอบไปด้วยน้ำตาลเช่น น้ำผลไม้ จะมีอุณหภูมิในการพังทลายที่ต่ำเพราะฉะนั้นความสำคัญของการรู้ถึงอุณหภูมิในการพังทลายในระหว่างการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจะช่วยลดการสูญเสียคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้ Tsourousflis *et al.* (1976) ศึกษาการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งของสารละลายน้ำตาลที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่าอุณหภูมิการในการพังทลายสามารถเพิ่มขึ้นได้โดยการเติมวัตถุดิบที่มีมวลโมเลกุลสูงลงไปจะช่วยเพิ่มอุณหภูมิการพังทลายและยังสอดคล้องกับกับเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิการเกิดกลาสทรานซิชันด้วย โดยที่โพลีเมอร์ (ซูโครส) และโมโนเมอร์ (ฟรุกโตส) ที่มีน้ำหนักมวลโมเลกุลต่ำจะมีอุณหภูมิการเกิดกลาสทรานซิชันที่ต่ำตรงกันข้ามกับสายพันธะโมเลกุลที่ยาวจะมีอุณหภูมิการเกิดกลาสทรานซิชันที่สูงดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 อุณหภูมิการเกิดกลาสทรานซิชันของวัตถุดิบต่างๆ

วัตถุดิบ	น้ำหนักมวลโมเลกุล	T_g
ฟรุกโตส	180	5
กลูโคส	180	31
กาแลกโตส	180	32
ซูโครส	342	62
มอลโตส	342	87
แลกโตส	342	101
มอลโตรเดกซ์ตริน		
DE 36	500	100
DE 25	720	121
DE 20	900	141
DE 10	1800	160
DE 5	3600	188
สตาร์ช์	-	243

ที่มา: Roos (1993)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved