

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ปาล์มน้ำมัน (Oil palm)

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่ง ซึ่งเหมาะสมกับการปลูกในสภาพอากาศร้อนชื้นบริเวณใกล้เคียงกับเส้นศูนย์สูตร ดังนั้นปาล์มน้ำมันจึงเจริญเติบโตได้ดีในภาคใต้ของประเทศ บริเวณพื้นที่ที่ปลูกมากที่สุด คือจังหวัดสุราษฎร์ธานี กระบี่ ชุมพร สตูล และตรัง โดยจังหวัดสุราษฎร์ธานีปลูกมากที่สุดจำนวน 951,375 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 25.37 และรองลงมาได้แก่จังหวัดกระบี่ 931,125 ไร่ และจังหวัดชุมพร 727,500 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 24.83 และ 19.40 ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากผลตอบแทนการปลูกปาล์มน้ำมันดีกว่าการปลูกพืชชนิดอื่นเช่นยางพาราและการทำนาข้าว จึงเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรขยายพื้นที่ปลูก ประกอบกับมีโครงการเปลี่ยนพื้นที่อื่นๆ เพื่อปลูกปาล์มทั่วประเทศ เช่นพื้นที่นาข้าวร้าง คาดว่าปริมาณความต้องการน้ำมันปาล์มภายในประเทศเพิ่มขึ้นมาก ทั้งนี้เพราะราคาน้ำมันปาล์มในตลาดโลกมีแนวโน้มสูงขึ้น ทำให้ความแตกต่างของราคาภายในและภายนอกประเทศไม่จูงใจให้มีการลักลอบนำเข้าโดยผิดกฎหมาย ด้านการบริโภคทั้งหมดก็มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน



รูปที่ 2.1 ต้นปาล์มน้ำมันที่กำลังให้ผล

(<http://www.palmoilindustryinfo.com>)



รูปที่ 2.2 ผลปาล์มน้ำมัน

(<http://www.palmoilindustryinfo.com>)

การปลูกปาล์มน้ำมันควรกำหนดเวลาให้ตรงกับช่วงฤดูฝน เพราะปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดการอยู่รอด และเจริญเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำมันคือ ความชื้นในดิน ฤดูฝนในภาคใต้ของประเทศไทยจะเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-ตุลาคม แต่ฤดูปลูกที่เหมาะสม อยู่ในระหว่างเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน ซึ่งเป็นช่วงต้นฤดูฝน ควรปลูกเมื่อตกแล้ว เพราะดินมีความชื้นการปลูกในช่วงนี้ทำให้ต้นปาล์มน้ำมันตั้งตัวในแปลงได้ยาวนานก่อนถึงฤดูแล้ง

การคัดเลือกผลปาล์มมาใช้ในกระบวนการบีบน้ำมันนั้น ต้องเลือกผลปาล์มสุกเพราะจะได้ปริมาณน้ำมันมากซึ่งในผลปาล์มน้ำมัน 1 ผล จะประกอบไปด้วยสองส่วนหลักๆ นั่นคือ ส่วนของเนื้อผลที่เป็นเส้นใย (Mesocarp) และอีกส่วนหนึ่งคือส่วนของเมล็ดใน (Nut) ซึ่งส่วนของเมล็ดในนี้สามารถแยกออกไปได้อีกสองส่วน นั่นคือส่วนของกะลา (Kernel shell) และส่วนของเนื้อเมล็ดใน (Seed) ส่วนของเนื้อเมล็ดในนี้สามารถนำไปบีบน้ำมันได้อีกและน้ำมันตรงส่วนนี้จะเป็นน้ำมันที่ใส ไม่มีสี มีปริมาณน้อย และมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง จึงส่งผลทำให้โรงงานที่ผลิตน้ำมันปาล์มเหล่านี้ไม่สนใจที่จะบีบน้ำมันจากส่วนเมล็ดใน เพราะไม่คุ้มค่ากับพลังงานที่ใช้ไปกับการบีบเอาน้ำมันสำหรับผลปาล์ม 1 ผล จะคิดเทียบเป็นร้อยละ 70 สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยกัน ส่วนแรกเป็นส่วนของเมล็ดในคิดเป็นร้อยละ 13 ส่วนที่สองคือส่วนของเส้นใยคิดเป็นร้อยละ 14 และส่วนสุดท้ายคือส่วนของน้ำมันปาล์มดิบ (CPO) คิดเทียบเป็นร้อยละ 43 สำหรับกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบนั้นขั้นแรกเป็นกระบวนการนี้ให้ความร้อนโดยความร้อนที่ใช้จะมีค่าอยู่ที่ 130-135°C ทำการนี้เป็นเวลา 50-75 นาที ใช้ความดันอยู่ที่ 2.5-3 bar เพื่อหยุดยั้งเอนไซม์ต่างๆ ที่จะเข้าไปไฮโดรไลซิสกับสายโซ่ไตรกลีเซอไรด์ซึ่งจะทำให้คุณภาพของน้ำมันปาล์มมีคุณภาพลดลง ขั้นตอนต่อมาเป็นการนวดเพื่อแยกเอาทะลายปาล์มและผลปาล์มออกจากกัน จากนั้นจะนำผลปาล์มเข้าสู่กระบวนการบีบน้ำมันโดยใช้เครื่องบีบแบบเกลียวอัดคู่เมื่อผ่านการอบที่อุณหภูมิ 90-100°C เป็นเวลา 20 นาที ภายในน้ำมันที่บีบได้จะมีเส้นใยและเมล็ดในของปาล์มปนอยู่ จึงต้องเข้าสู่กระบวนการแยกของแข็ง

เหล่านี้ออกจากน้ำมันปาล์มดิบอีกครั้ง ซึ่งน้ำมันปาล์มดิบที่ได้นี้ยังคงมีน้ำปนอยู่จึงต้องเข้าสู่กระบวนการปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกน้ำออกจากน้ำมัน ในระหว่างการปั่นเหวี่ยงนั้นจะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 90°C เพื่อช่วยให้ น้ำระเหยออกจากน้ำมันได้เร็วขึ้น เมื่อเสร็จกระบวนการดังกล่าวจะได้น้ำมันปาล์มดิบที่สะอาดพร้อมที่จะเข้าสู่กระบวนการกลั่นให้น้ำมันมีความบริสุทธิ์มากขึ้น และพร้อมที่จะผลิตออกมาใช้เป็นน้ำมันสำหรับการบริโภคต่อไป จากกระบวนการสกัดปาล์มน้ำมันสามารถแบ่งน้ำมันปาล์มตามวัตถุประสงค์ที่ใช้สกัดเป็น 2 ชนิด คือ น้ำมันปาล์มดิบ และน้ำมันเมล็ดในปาล์ม ซึ่งมีองค์ประกอบกรดไขมันที่แตกต่างกัน โดยน้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์มมีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวต่อกรดไขมันไม่อิ่มตัว ในสัดส่วนประมาณ 50:50 และ 82:18 ตามลำดับ (วิชาการปาล์มน้ำมัน, รู้จักน้ำมันปาล์ม)

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบกรดไขมันของน้ำมันปาล์มดิบ และน้ำมันเมล็ดในปาล์ม

กรดไขมัน	น้ำมันปาล์มดิบ (Crude Palm Oil)	น้ำมันเมล็ดในปาล์ม (Palm Kernel Oil)
กรดไขมันอิ่มตัว	50 %	82 %
C 6:0 (caproic acid)	-	0.1 - 0.5
C 8:0 (caprylic acid)	-	3.4 - 5.9
C10:0 (capric acid)	-	3.3 - 4.4
C12:0 (lauric acid)	0.1 - 0.4	46.3 - 51.1
C14:0 (myristic acid)	1.0 - 1.4	14.3 - 16.8
C16:0 (palmitic acid)	40.9 - 47.5	6.5 - 8.9
C18:0 (stearic acid)	3.8 - 4.8	1.6 - 2.6
C20:0 (arachidic acid)	0 - 0.8	-
กรดไขมันไม่อิ่มตัว	50 %	18 %
C16:1 (palmitoleic acid)	0 - 0.6	-
C18:1 (oleic acid)	36.4 - 41.2	13.2 - 16.4
C18:2 (linoleic acid)	9.2 - 11.6	2.2 - 3.4
C18:3 (linolenic acid)	0 - 0.5	-
Others	-	tr - 0.9

นอกจากการค้ำนึ่งถึงขั้นตอนการปลูกปาล์มน้ำมันให้ได้คุณภาพสูงสุดแล้วนั้น คงต้องสนใจในส่วนประกอบต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำมันปาล์มดิบ (CPO) ด้วย เมื่อน้ำมันปาล์มดิบที่ได้จากการสกัดส่งไปยังถังกรองเพื่อแยกน้ำและของแข็งออก จากนั้นนำเข้าสู่เครื่องเหวี่ยงเพื่อทำความสะอาดอีกครั้ง และไล่น้ำออกเพื่อให้แห้ง ส่งเข้าถังเก็บน้ำมันเพื่อรอการกลั่นหรือจำหน่ายต่อไป น้ำมันปาล์มดิบที่ได้แยกเป็นสองส่วนคือ ส่วนบนมีลักษณะเป็นของเหลวสีส้มแดง (crude palm oil olein) ประมาณ 30-50% และส่วนล่างมีลักษณะเป็นไขสีเหลืองส้ม (crude palm oil stearin) ประมาณ 50-70% สำหรับกากผลปาล์มจะถูกนำมาแยกเส้นใยออกจากเมล็ด นำเมล็ดที่ได้มาอบแห้งและทำความสะอาด จากนั้นนำเข้าสู่เครื่องกะเทาะเพื่อแยกกะลาออก และนำเมล็ดในมาอบแห้งให้มีความชื้นไม่เกิน 7% จากนั้นบรรจุกระสอบเพื่อรอจำหน่าย หรือหีบน้ำมันต่อไป น้ำมันปาล์มดิบและน้ำมันเมล็ดในปาล์มที่ได้จากกระบวนการสกัด สามารถส่งเข้าสู่โรงงานเพื่อทำให้บริสุทธิ์หรือจะนำไปแยกส่วน (fractionation) ก่อนก็ได้ ซึ่งจะได้น้ำมันปาล์มที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป น้ำมันปาล์มดิบประกอบด้วย Triglyceride ประมาณ 95% Fatty acids ประมาณ 3-5% และ Minor & Trace component ประมาณ 1% ซึ่งส่วนหลังสุดนี้ประกอบไปด้วย phytonutrient ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงและสารอื่นๆ เช่น carotenoid, tocopherols, tocotrienols, sterols, triterpene alcohols, phospholipids, glycolipids, terpenic hydrocarbons, waxes และ impurities จากการศึกษพบว่าสารแคโรทีนที่ปนอยู่ในน้ำทิ้งนั้นมีค่าความเข้มข้นสูงกว่าสารแคโรทีนที่มีอยู่ในน้ำมันปาล์มดิบ เพราะไม่ได้ถูกทำลายจากความร้อนในขั้นตอนการกลั่นน้ำมันปาล์มดิบให้บริสุทธิ์ ทำให้การปล่อยน้ำทิ้งที่ได้ออกมาจากกระบวนการผลิตเป็นการปล่อยสารที่มีประโยชน์ทิ้งไปด้วย

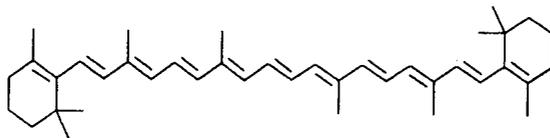
2.1.2 แคโรทีน (Carotenes)

แคโรทีนเป็นสารเคมีที่พบมากในผักผลไม้ที่มีสีแดง ส้ม เหลือง และเขียว หากร่างกายได้รับสารนี้ติดต่อกันเป็นเวลา 2 สัปดาห์จะเกิดการสะสมและทำให้ตับทำงานหนัก เนื่องจากต้องขับสารแคโรทีนออกจากร่างกายอยู่ตลอดเวลา และจะทำให้ผิวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองส้ม โดยเฉพาะที่ฝ่ามือและฝ่าเท้า ป้องกันได้โดยเพียงหยุดรับประทาน ร่างกายก็จะค่อยๆ ปรับสภาพด้วยตนเองและกลับมาเป็นปกติอีกครั้ง

แครอท เป็นพืชกินหัวชนิดหนึ่ง มีลักษณะยาว หัวแครอทมีหลายสี เช่น เหลือง ม่วง ส้ม แต่ที่นิยมรับประทานในปัจจุบันคือสีส้ม เป็นพืชแถบเอเชียตะวันออกและเอเชียกลาง มีหลายขนาด ตั้งแต่ขนาดเล็กเท่าแห่งดินสอ หรือที่เรียกว่าเบบี้แครอท ไปจนถึงขนาดใหญ่ แคโรทีนหรือที่เรียกว่าแคโรทีนอยส์ เป็น โปรวิตามินเอ โดยเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะเปลี่ยนเป็นวิตามินเอ จัดเป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน ประโยชน์ต่อร่างกายจึงจะเหมือนกับวิตามินเอ กล่าวคือ ช่วยในการมองเห็นและ

ปรับสภาพสายตาให้เห็นได้ในที่มืด ช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูกและฟัน ป้องกันอันตรายที่เกิดจากสภาวะแวดล้อมเป็นพิษ สร้างและรักษาเนื้อเยื่อผิวหนัง ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย และช่วยให้ร่างกายเจริญเติบโต อาหารที่อุดมด้วยแคโรทีนจะเป็นอาหารจำพวกพืชผักสีส้มต่างๆ โดยเฉพาะในหัวแครอทมีแคโรทีนมากเป็นอันดับหนึ่ง การบริโภคแคโรทีนร่วมกับอาหารหรือสารที่อุดมด้วยวิตามินเอ ควรบริโภคอย่างระมัดระวัง เนื่องจากอาจส่งผลให้มีการสะสมของวิตามินเอในร่างกายได้

แคโรทีนเป็นสารที่ร่างกายต้องเปลี่ยนไปเป็นวิตามินเอ หรือที่เรียกว่าโปรวิตามินเอ บางทีจะเรียกว่า แคโรทีนอยล์ ซึ่งเป็นสารที่มีสีเป็นสีเหลือง ส้ม แดง และเขียว เป็นวิตามินที่ละลายในไขมัน สามารถละลายได้บ้างในแอลกอฮอล์ ในธรรมชาติจะพบแคโรทีนในหลายรูปแบบ เช่น รูปแบบ แอลฟาแคโรทีน เบต้าแคโรทีน แกมมาแคโรทีน แต่ชนิดที่ร่างกายสามารถเปลี่ยนให้เป็นวิตามินเอได้มากที่สุดคือ เบต้าแคโรทีน ร่างกายสามารถเปลี่ยนแคโรทีนเป็นวิตามินเอ ได้เพียง 1 ใน 3 ของแคโรทีนที่ได้รับเท่านั้น หัวแครอท ผักสีเขียว ผลไม้ที่มีสีอื่น เช่น มะละกอสุก มะม่วงสุก แคนตาลูป เป็นต้น พบว่าผักหรือผลไม้ยังมีสีเขียวยหรือสีมากเท่าไร สารแคโรทีนยิ่งมีมากขึ้นตาม นอกจากนั้นแหล่งที่พบที่สำคัญยังได้แก่ น้ำมันตับปลา ความต้องการแคโรทีนควรบริโภคให้เหมาะสมเนื่องจากการจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นวิตามินเอ ซึ่งต้องระวังเรื่องการบริโภคมากเกินไป เพราะเป็นวิตามินที่ละลายในไขมันสามารถสะสมในร่างกายได้ มีรายงานว่า การรับประทานแคโรทีนปริมาณ 200 มิลลิกรัม เป็นเวลา 6 เดือน ไม่ปรากฏอาการข้างเคียงใดๆ ผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับสายตา ผู้ที่ดื่มสุรา สูบบุหรี่ หรือทำงานในสถานที่ที่มีมลพิษมาก ควรรับประทานอาหารที่มีแคโรทีน ผู้ที่ได้รับแคโรทีนปริมาณมากจะมีการดูดซึมเข้าทางเดียวกับระบบน้ำเหลือง โดยมีการดูดซึมที่ลำไส้เล็ก แล้วเข้าระบบน้ำเหลือง เข้าสู่เส้นเลือดดำ แล้วส่งต่อไปที่ตับ แล้วมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นวิตามินเอ แคโรทีนบางชนิดมีการเปลี่ยนแปลงให้เป็นวิตามินเอ ตั้งแต่ที่การดูดซึมที่ลำไส้เล็ก ใช้เวลาดูดซึมประมาณ 3-5 ชม ในกรณีที่ได้จากผลิตภัณฑ์สัตว์ ในขณะที่ได้รับจากพืชผักจะใช้เวลาประมาณ 6-7 ชม ส่วนที่ไม่ดูดซึมจะมีการขับออกทางอุจจาระ แคโรทีนบริสุทธิ์จะมีผลึกเป็นสีแดงทับทิม (ruby-red crystal) ไม่ละลายในน้ำแต่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์



รูปที่ 2.3 สูตร โครงสร้างทางเคมีของเบต้าแคโรทีน

แคโรทีนจะถูกออกซิไดส์ได้ง่ายโดยออกซิเจนในอากาศแหล่งธรรมชาติของแคโรทีน ได้แก่ พืชผักที่มีสีส้มเหลือง เช่น ฟักทอง และแครอท สาหร่าย เช่น คลอเรลลา (Chlorella) และดูนาเลียเอลลา (Dunaliella) โดยแคโรทีนจะมีบทบาทที่สำคัญคือเป็นรงควัตถุ (เม็ดสี) ในการสังเคราะห์แสง และป้องกันเซลล์จากการเสียหายเนื่องจากแสง

2.1.2.1 เบต้าแคโรทีน (β -Carotene)

เบต้าแคโรทีน เป็นชื่อเรียกทางเคมีของสารชนิดหนึ่ง ที่ถูกค้นพบในพืช หลายชนิด และพบมากในพืชที่มีสีเหลือง และ สีส้ม เช่น หัวแครอท หัวผักกาดแดง มะเขือเทศ ฯลฯ โดยพบว่า เบต้าแคโรทีน ก็คือส่วนประกอบที่เป็นรงควัตถุเม็ดสีเหลือง และ ส้ม ที่ปรากฏให้เห็นในพืช ผัก ในทางวิทยาศาสตร์ พบว่าสูตร โครงสร้างทางเคมีของเบต้าแคโรทีน รูปที่ 2.3 เป็นสูตร โครงสร้างทางเคมีที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ ซึ่งเมื่อเรารับประทานเข้าไปในร่างกาย ตับ (Liver) จะทำหน้าที่เปลี่ยนโมเลกุลของเบต้าแคโรทีนให้กลายเป็น วิตามิน เอ (Vitamin A) และสำหรับเบต้าแคโรทีน 1 โมเลกุล จะสามารถให้วิตามินเอ 2 โมเลกุล

เบต้าแคโรทีน (β -carotene) เป็นสารอาหารชนิดหนึ่งที่ถูกค้นพบว่ามีคุณสมบัติในการทำลายอนุมูลอิสระได้อย่างดี โดยพบว่าเบต้าแคโรทีน จะทำปฏิกิริยาต้านการเกิดออกซิเดชันระหว่างอนุมูลอิสระกับสารสำคัญในเซลล์ที่มีชีวิต โดยจะแข่งขันทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ แล้วขับถ่ายออกไปตามระบบขับถ่ายต่างๆ ของร่างกาย เซลล์ในร่างกายก็จะรอดชีวิตจากขบวนการในการทำลายโดยอนุมูลอิสระเหล่านั้นเรียกขบวนการในการแข่งขันทำปฏิกิริยาของเบต้าแคโรทีนกับอนุมูลอิสระว่า การต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือเอนตีออกซิแด้น (Antioxidants) นั่นเอง

ประโยชน์ของเบต้าแคโรทีน สำหรับผู้ที่ต้องการดูแลผิวพรรณ (Healthy skin concious) พบว่าผิวพรรณจะเป็นส่วนของร่างกายที่ดีที่สุดที่จะทำให้เราทราบว่าอนุมูลอิสระมีผลต่อร่างกายของเราหรือไม่ ผิวพรรณที่เริ่มเหี่ยวช่น ไม่ผ่องใส ขาดความชุ่มชื้น บ่งบอกได้ถึงความเสี่ยงของผิว และถ้าปล่อยปละละเลยต่อไป ก็จะทำให้ยากต่อการฟื้นตัวเมื่อทำการรักษา และอาจจะแสดงผลต่อเนื่องกับอวัยวะที่เกี่ยวข้องอื่นๆ เช่น เส้นผม และ เล็บ อีกด้วย

ในกลุ่มสตรีที่นิยมรับประทานผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร จำพวกกรดไขมันจำเป็น กลุ่ม โอเมก้า 3 หรือ โอเมก้า 6 อยู่เป็นประจำ เป็นระยะเวลาหลายๆ นั้น เราพบว่าอาจส่งผลให้เกิดกระบวนการย่อยสลาย กรดไขมันในปริมาณสูง และพบว่ากระบวนการดังกล่าว อาจส่งผลต่อเนื่องในเรื่องของ กระแส จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของเซลล์ แต่พบว่าหากรับประทานสารต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันร่วมกัน ผลต่อเนื่องดังกล่าวก็จะไม่ปรากฏขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าเบต้าแคโรทีนยังส่งผลให้เซลล์ผิวพรรณที่สร้างขึ้นใหม่มีสุขภาพดีขึ้นด้วย

ในผู้ที่ต้องการลดความเสี่ยงต่อภาวะมะเร็ง (Cancer concious) อนุมูลอิสระมีผลเกี่ยวข้องกับมะเร็ง (Cancers) อย่างแน่นอน การลดปริมาณอนุมูลอิสระ ก็จะเป็นการลดความเสี่ยงของมะเร็ง นอกจากนี้ยังพบว่าเบต้าแคโรทีนสามารถให้ผลกระตุ้นเซลล์ภูมิคุ้มกันด้านทานในร่างกาย ทีเฮลเปอร์เซลล์ (T-helper Cell) ให้มีประสิทธิภาพการทำงานด้านสิ่งแปลกปลอมได้ดีขึ้น จึงให้ผลดีกับผู้ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง

สำหรับผู้ที่ต้องการบำรุงสุขภาพของดวงตา (Healthy Eye Concious) สารเบต้าแคโรทีน เมื่อถูกย่อยสลายที่ตับแล้ว จะได้วิตามินเอ ซึ่งร่างกายนำไปใช้สร้างสารโรดอปซิน (Rhodopsin) ในดวงตา ที่ส่วนของเรตินา (Retina) ทำให้เรามีความสามารถในการมองเห็นในตอนกลางคืนได้ดี นอกจากนี้สารเบต้าแคโรทีนยังช่วยลดความเสี่ยงของเซลล์ของลูกตา (Eye) และลดความเสี่ยงต่อการเป็นต้อกระจก (Cataracts) ด้วย

ในผู้ที่ต้องการชะลอความแก่ (Anti-aging) สารเบต้าแคโรทีนจะให้ผลในการลดความเสี่ยงของเซลล์จากอนุมูลอิสระซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดขบวนการแก่ก่อนวัย ดังนั้นหากเราลดสาเหตุของปัจจัยเสี่ยงก็จะสามารถชะลอความแก่ให้ช้าลงได้ การรับประทานเบต้าแคโรทีนนั้นหากต้องการรับประทานเพื่อบำรุงสุขภาพ ป้องกันความเสี่ยง โดยทั่วไปสามารถรับประทานได้วันละ 4,000-5,000 IUs (International Unit) หากต้องการรับประทานเพื่อการรักษาภาวะความเสี่ยงที่เป็นอยู่ สามารถรับประทานได้ถึง 10,000-20,000 IUs ต่อวัน โดยให้อยู่ภายใต้คำแนะนำของแพทย์หรือเภสัชกร

2.1.2.2 การวิเคราะห์หาปริมาณของสารแคโรทีน

แคโรทีนเป็นสารที่สีเฉพาะตัวเนื่องจากภายในโครงสร้างของสารแคโรทีนนั้นมีการคอนจูเกตกันระหว่างพันธะเดี่ยวกับพันธะคู่ของคาร์บอน ดังนั้นจึงทำให้เกิดคลอโมฟอร์เป็นสีแดงส้มซึ่งมีช่วงการดูดแสงอยู่ที่ 450 nm การวิเคราะห์หาปริมาณแคโรทีนจึงสามารถทำได้โดยการใช้เทคนิค UV-Vis Spectrophotometry ช่วยในการตรวจหาปริมาณของแคโรทีนและนำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้นั้น ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานที่ใช้สาร β -carotene เป็นสารมาตรฐาน นอกจากนี้หากต้องการวิเคราะห์ลึกลงไปอีกระดับนั้นคือการตรวจหาสารเบต้าแคโรทีน สามารถทำได้โดยการใช้เทคนิค HPLC ช่วยในการวิเคราะห์หาสารเบต้าแคโรทีนนั้นและนำพื้นที่ใต้กราฟที่ตรวจวัดได้มาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของสาร β -carotene

การวิเคราะห์หาปริมาณของสารแคโรทีนด้วยเทคนิค UV-Vis Spectrophotometry โดย Hart (1995) ใช้วิธีการนำตัวอย่างที่จะวิเคราะห์หามา 0.5 g โดยไม่มีการกำจัดสารอื่นที่ปะปนอยู่ในสารตัวอย่างออก ละลายสารตัวอย่างด้วยตัวทำละลายผสมระหว่าง acetone 30% และ hexane 70%

ปริมาตร 5 mL จากนั้นทำการเจือจางความเข้มข้นตามความเหมาะสม แล้วนำไปวิเคราะห์โดยตั้งค่าความยาวคลื่นที่ใช้ในการตรวจวัดไว้ที่ 450 nm วิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrometer

การวิเคราะห์หาปริมาณสารเบต้าแคโรทีนด้วยเทคนิค HPLC โดย Ahmad (2008) โดยนำตัวอย่างที่จะวิเคราะห์มา 1 mL ใส่ลงในขวด vial ระบายตัวทำละลายออกโดยการปล่อยแก๊สไนโตรเจนเข้าไปแทนที่จะได้สารตัวอย่างที่แห้งดีข้างขวด จากนั้นนำตัวอย่างที่แห้งไปละลายด้วยตัวทำละลายผสมระหว่าง chloroform 10% และ methanol 90% ปิดฝาขวดพร้อมเขย่าให้สารเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ทำการกรองสารตัวอย่างและใส่ฟองอากาศออกก่อนนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC สำหรับเครื่อง HPLC ที่ใช้วิเคราะห์เป็นเครื่องของ Agilent รุ่น HP1100 คอลัมน์ที่ใช้เป็น Agilent Zorbax SB-C18 (5 μ m ; 150 mm x 4.6 mm) ตั้งอุณหภูมิคอลัมน์ไว้ที่ 40 °C สภาวะที่ใช้คือ Solvent : Acetonitrile/Methanol (70:30 vol/vol), Detector : DAD (SPD-10 UV-Vis) 450 nm, Injection volume : 10 μ L, Flow rate : 1 mL/min

2.2 การสกัดระดับกึ่งอุตสาหกรรม (Pilot scale)

การแยกสารผสมออกจากกันสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การตกผลึก การกรอง การกลั่น การสกัด เป็นต้น แต่ถ้าคำนึงถึงความสิ้นเปลืองพลังงานที่นำมาใช้ในการแยกสารนั้น วิธีที่สามารถแยกสารผสมออกจากกันได้โดยสิ้นเปลืองพลังงานน้อยที่สุด ได้แก่ การกรอง การตกผลึก และการสกัด วิธีการเหล่านี้สามารถนำมาแยกสารผสมออกจากกันได้ สองวิธีแรกเป็นการแยกทางกายภาพ ส่วนการสกัดเป็นการแยกด้วยสารเคมี และนอกจากนี้ด้านประสิทธิภาพในการแยกให้ผลดีมากและเป็นการลงทุนต่ำเมื่อพิจารณาในแง่ของการใช้พลังงาน การสกัดแยกสารเป็นกระบวนการถ่ายเทมวลสารที่สำคัญอย่างหนึ่งในอุตสาหกรรม เป็นวิธีที่ใช้แยกสารออกจากของผสมที่มีลักษณะเป็นของเหลวหรือของแข็งด้วยตัวทำละลายที่เป็นของเหลว กระบวนการสกัดอาจจะแยกออกได้ดังนี้คือ

1. การแยกสกัดสารออกจากของแข็งด้วยของเหลว (Leaching) เป็นการแยกสารที่มีอยู่ในของแข็งด้วยตัวทำละลายที่ไม่ละลายของแข็งที่มีสารที่ต้องการจะแยกออกมา เช่นการแยกสกัดเอาแทนนินออกจากเปลือกไม้โกงกาง เป็นต้น

2. การสกัดสารออกจากของเหลวด้วยของเหลว (Liquid-Liquid Extraction) เป็นการแยกของผสมออกจากของผสมเดิมที่มีลักษณะเป็นของเหลว ใช้ตัวทำละลายที่ไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับสารละลายเดิม และตัวทำละลายต้องมีความสามารถที่จะละลายสารชนิดหนึ่งออกจากของผสมเดิมได้ดี แต่ไม่สามารถละลายกับสารอีกชนิดหนึ่งได้หรือละลายได้น้อยมาก นอกจากนี้วิธีการนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการแยกสารที่ไม่สามารถแยกได้ด้วยวิธีการอื่นๆ เช่น การกลั่นกรดอะซิติกออกจากน้ำซึ่งทำได้ยากเนื่องจากความดันไอสูงใกล้เคียงกัน จึงใช้เอทิลอะซิเตตเป็นตัวทำละลายสกัด

กรดอะซิติกออกจากน้ำ หรือกรณีตัวทำละลายเจือจางมาก การใช้วิธีการกลั่นจะเกิดความสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย เช่นการสกัดกรดเบนโซอิกออกจากน้ำด้วยตัวทำละลายเบนซีน หรือกรณีที่สารมีความแตกต่างกันทางเคมี เช่นการแยกสารอะโรมาติกออกจากสารกลุ่มพาราฟินิก ด้วยตัวทำละลายเช่นไซลเพอร์ไดออกไซด์เป็นตัวทำละลายในการสกัด และที่สำคัญคือการใช้เบนซีนสกัดแอลกอฮอล์ออกจากน้ำ เพื่อให้ได้แอลกอฮอล์ที่มีความบริสุทธิ์สูง เนื่องจากแอลกอฮอล์สร้างเอชไอโพรกับน้ำ จึงไม่สามารถกลั่นแยกแอลกอฮอล์ออกจากน้ำได้

การสกัดอธิบายด้วยระบบที่เป็นของเหลวกับของเหลว กล่าวคือถ้ามีของเหลวที่ไม่ผสมกันสองชนิด แล้วเติมตัวถูกละลายซึ่งละลายได้ในของเหลวทั้งสองชนิดลงไป ตัวถูกละลายจะกระจายลงในวัฏภาคของของเหลวแต่ละชนิดจนกระทั่งอยู่ในภาวะสมดุล การสกัดเป็นกระบวนการที่ต้องการดึงหรือกำจัดองค์ประกอบที่เป็นตัวถูกละลายออกจากสารละลายซึ่งนิยมเรียกว่าราฟฟินेट (raffinate, R) ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดเรียกว่า solvent และตัวทำละลายที่สกัดสารแล้วเรียกว่าเอกซ์แทรค (extract, E) ตัวทำละลายที่ดีควรจะต้องละลายสารที่ต้องการสกัดได้ดีกว่าในราฟฟินेटที่สมดุลจึงมีตัวถูกละลายเหลืออยู่ในราฟฟินेटน้อยกว่าในเอกซ์แทรค ถ้าพิจารณาองค์ประกอบ A ในสองวัฏภาคที่สมดุลกัน อัตราส่วนความเข้มข้นของ A ในแต่ละวัฏภาคคือ

$$K = \frac{C_E}{C_R}$$

เมื่อ K เท่ากับสัมประสิทธิ์ของการกระจาย (distribution coefficient)

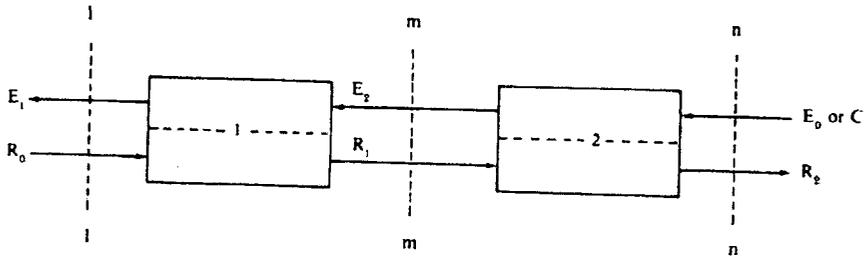
C_E เท่ากับความเข้มข้นของ A ในวัฏภาคเอกซ์แทรค

C_R เท่ากับความเข้มข้นของ A ในวัฏภาคราฟฟินेट

ค่า K แสดงถึงการกระจายตัวของ A ในสองวัฏภาค ขึ้นกับความเข้มข้นและอุณหภูมิ สารละลายที่เจือจางมักมีค่าค่อนข้างคงที่ การสกัดต้องการแยกตัวถูกละลายออกให้ได้ปริมาณเท่าที่ต้องการ ค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายจึงจำเป็นต้องใช้ในการพิจารณาและคำนวณอย่างถี่ถ้วน

สำหรับลักษณะการทำงานของเครื่องสกัดแยกแบบหลายขั้นตอน (Multi stage) ซึ่งส่วนใหญ่จะทำกันในระดับอุตสาหกรรมหรือกึ่งอุตสาหกรรม เป็นเครื่องแยกสกัดตามลักษณะการไหล ในระหว่างทำการสกัด แบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ การไหลแบบไปในทิศทางเดียวกัน (Co-current) การไหลแบบมีการเติมตัวทำละลายไปในแต่ละขั้นตอนของการสกัด (Crosscurrent) และการไหลแบบทิศทางตรงข้ามกันหรือไหลย้อนทาง (Countercurrent) แบบหลังสุดถือได้ว่าเป็นแบบที่มีประสิทธิภาพสูงสุด การอธิบายถึงการสกัดจะพิจารณาจากการละลายของสาร 3 องค์ประกอบ ซึ่งของเหลวทั้งสามชนิดจะอยู่ในสมดุลค่าหนึ่งหลังจากที่มีการสัมผัสกันในช่วงเวลาหนึ่ง ตัวทำละลาย

เอกซ์แทรคยังไม่สามารถละลายตัวถูกละลายออกจากกราฟฟิเนตได้หมดในขั้นตอนเดียว นอกจากนี้สารละลายเอกซ์แทรคยังมีความสามารถในการละลายตัวถูกละลายในสารละลายกราฟฟิเนตที่เข้มข้นกว่าเดิมได้อีกด้วย จึงใช้วิธีการป้อนตัวทำละลายเอกซ์แทรคสวนทางกับสารละลายกราฟฟิเนต ในลักษณะการสกัดเช่นนี้จะทำให้ระบบการสกัดมีมากกว่าหนึ่งหน่วยขึ้นไป (Stage-wise countercurrent extraction) วิธีการนี้ตัวทำละลายเอกซ์แทรคบริสุทธิ์จะสัมผัสกับสารละลายกราฟฟิเนตที่มีความเข้มข้นของตัวถูกละลายเจือจางที่สุดก่อน แล้วสารละลายเอกซ์แทรคจะได้สัมผัสกับสารละลายกราฟฟิเนตที่มีความเข้มข้นมากขึ้นเป็นลำดับ ทำให้เกิดประสิทธิภาพของการสกัดสูงสุด รูปที่ 2.4 แสดงแผนภูมิการไหลของกระแสต่างๆ ในกระบวนการสกัดแบบต่อเนื่องที่มีหน่วยสกัด 2 หน่วย



รูปที่ 2.4 แผนภูมิการไหลของกระแสในกระบวนการสกัดย้อนทางที่มีหน่วยสกัด 2 หน่วย

$l-l$, $m-m$ และ $n-n$ เป็นแมมเบรนสมมติของการถ่ายโอนมวล

(กัญจนา บุญเกียรติ, 2547)

สัญลักษณ์ในรูปที่ 2.4 แทนมวลและส่วนประกอบของแต่ละกระแส เพื่อใช้ในการพิจารณาสมดุลมวลสาร

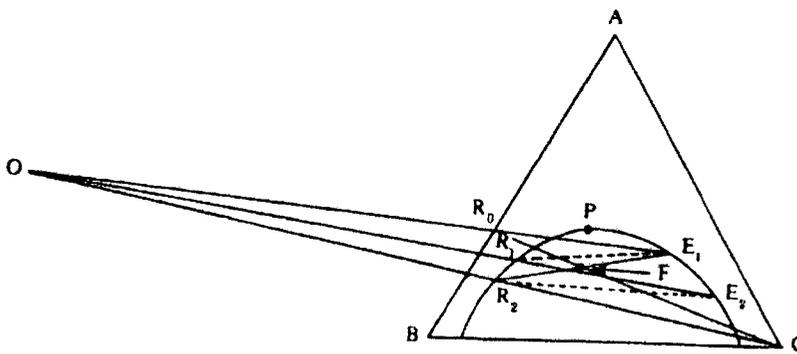
ในหน่วยสกัดที่ 1 มี E_1 และ R_1 เป็นวัฏภาคคอนจูเกตที่ได้จากสมดุลของการผสมสารละลายกราฟฟิเนต R_0 กับสารละลายเอกซ์แทรค, E_2 ที่ได้จากหน่วยสกัดที่ 2

ในหน่วยสกัดที่ 2 มี E_2 และ R_2 เป็นวัฏภาคคอนจูเกตที่ได้จากสมดุลของการผสมสารละลายกราฟฟิเนต R_1 กับสารละลายเอกซ์แทรค, E_0 หรือ C (ตัวทำละลายบริสุทธิ์)

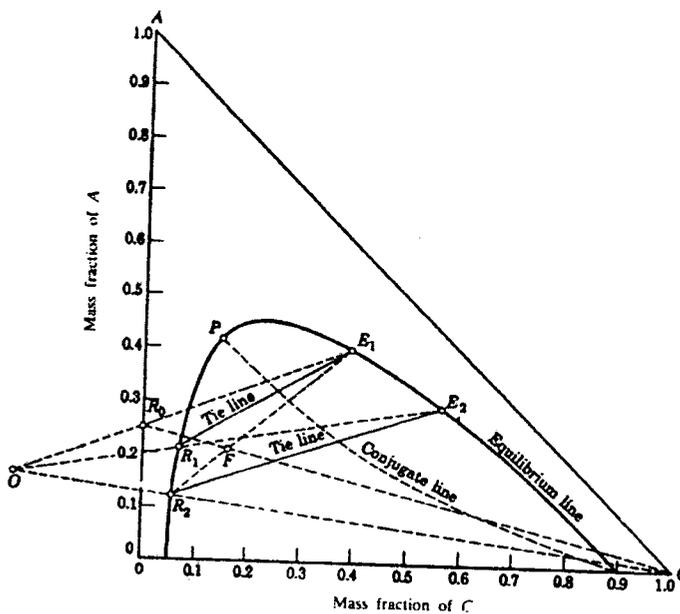
เมื่อแทนสมดุลของหน่วยสกัดทั้งสองหน่วยลงในกราฟสามเหลี่ยมของระบบของเหลวสามชนิด แสดงดังรูปที่ 2.5

จากแผนภูมิจากรูปที่ 2.5 สมดุลของระบบของเหลว 3 องค์ประกอบนั้น A คือตัวถูกละลาย B คือกราฟฟิเนต และ C คือตัวทำละลายหรือเอกซ์แทรค ถ้ามีการผสมสารที่ 3 ส่วนเข้าด้วยกันจนเกิดความสมดุลที่หลายๆ ความเข้มข้น ในเฟสของกราฟฟิเนตจะมีองค์ประกอบของ A และ C ละลายอยู่

และทำนองเดียวกัน ในเฟสของแอกซ์เทรคก็มีองค์ประกอบของ A และ B ละลายอยู่ สัดส่วนของการละลายของสารทั้งสองเฟสนำมาเขียนลงในแผนภูมิสมมูลของระบบของเหลว 3 องค์ประกอบ จะได้กราฟเส้นโค้งภายในสามเหลี่ยม ภายใต้เส้นโค้งคือองค์ประกอบที่มีการแยกออกเป็น 2 เฟส ส่วนนอกเส้นโค้งคือองค์ประกอบที่ทั้ง 3 รวมเป็นเนื้อเดียวกัน จากกราฟเป็นการพิจารณาสมดุลของมวลสาร ซึ่งแสดงแต่ละหน่วยและกระบวนการสกัดรวมว่าทำได้กี่หน่วย กราฟที่ใช้อาจจะทำเป็นสามเหลี่ยมมุมฉากซึ่งจะให้ความสะดวกในการสร้างกราฟมากกว่า แสดงดังรูปที่ 2.6

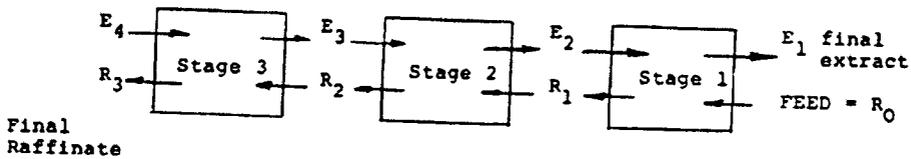
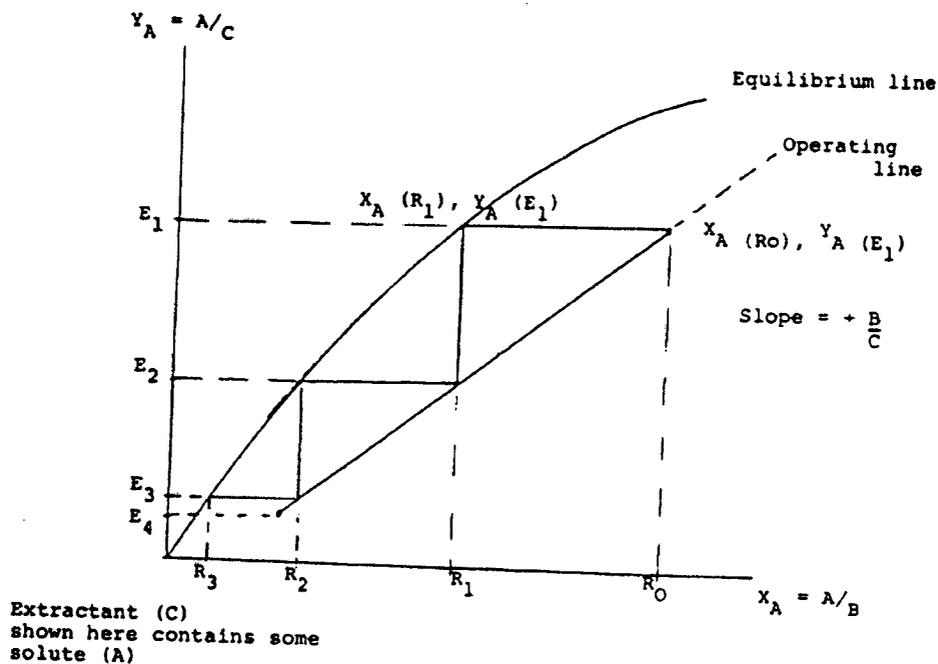


รูปที่ 2.5 แผนภูมิสมมูลของระบบของเหลว 3 องค์ประกอบ ในการสกัดย้อนทางที่มีหน่วยสกัด 2 หน่วย (กัญจนา บุญเกียรติ, 2547)



รูปที่ 2.6 แผนภูมิสมมูลแบบสามเหลี่ยมมุมฉากของระบบของเหลว 3 องค์ประกอบ ในการสกัดย้อนทางที่มีหน่วยสกัด 2 หน่วย (กัญจนา บุญเกียรติ, 2547)

การพิจารณากระบวนการสกัดรวมว่าทำได้กี่หน่วย (Theoretical stage) อีกแนวทางหนึ่งที่ทำได้ง่ายคือการเขียนกราฟสมดุลของการละลายของตัวถูกละลายของทั้งสองเฟส จะได้เส้นที่เรียกว่า equilibrium line จากเส้นนี้จะสามารถสร้างเส้น operating line จากความเข้มข้นของตัวถูกละลายตอนเริ่มต้น (R_0) กับความเข้มข้นของตัวถูกละลายในราฟพิเนต (E_1) เมื่อต่อเส้นกราฟเป็นขั้นบันไดจากรูปที่ 2.7 และเมื่อทราบความเข้มข้นของราฟพิเนตสุดท้ายจากการสกัดก็จะสามารถเปรียบเทียบได้ว่าการสกัดทำได้กี่ขั้นหรือกี่หน่วยการสกัดนั่นเอง



รูปที่ 2.7 แผนภูมิแสดงการหาหน่วยของการสกัดแบบย้อนทางจากเส้นสมดุล

(Phipps, D.A. and Skidmore, R.)

ระบบการสกัดแบบการไหลสวนทางกันของของเหลวเป็นวิธีการที่ให้ผลการสกัดสูง ส่วน Theoretical stage จะบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของการสกัด ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของสารละลาย ค่าการละลาย การเลือกใช้ชนิดของตัวทำละลาย ระบบเครื่องมือที่ใช้ในการสกัดและสภาวะของการสกัดด้วยเครื่องมือต่างๆ

2.3 รายงานการศึกษาแคโรทีน และ POME

POME เป็นน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำมันปาล์ม เป็นน้ำที่มีค่าบีโอดีและปริมาณซีโอดีที่สูงมาก ต้องมีการบำบัดก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติ ความสกปรกของน้ำเสียต่างๆ สามารถทราบได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณบีโอดี และปริมาณซีโอดี บีโอดีเป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณออกซิเจนที่ต้องใช้สลายสารอินทรีย์โดยจุลชีพชนิดแอโรบิกที่อยู่ในน้ำ (น้ำธรรมชาติ หรือน้ำเสีย) การวิเคราะห์ต้องทำที่สภาวะมาตรฐาน โดยการบ่มที่อุณหภูมิ 20°C เป็นเวลา 5 วัน สำหรับการวิเคราะห์หาบีโอดี ต้องพิจารณาถึงความสกปรกของน้ำด้วย ทั้งนี้ถ้าน้ำสกปรกไม่มาก เช่น น้ำธรรมชาติ ก็สามารถทำการวิเคราะห์ได้โดยตรง แต่ถ้าน้ำมีความสกปรกมาก (มีสารอินทรีย์เป็นจำนวนมาก) จำเป็นต้องเจือจางตัวอย่าง ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ แบบไม่เติมหัวเชื้อ (No seeding) และแบบเติมหัวเชื้อ (Seeding) การวิเคราะห์หาซีโอดีเป็นวิธีวิเคราะห์หาความสกปรกของน้ำเสีย โดยวัดปริมาณออกซิเจนทั้งหมดที่ใช้ในการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ของน้ำเสียโดยตัวออกซิไดซ์อย่างแรง (Oxidizing agent) ภายใต้สภาวะที่เป็นกรดเข้มข้นและมีอุณหภูมิสูง เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ได้คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ภายใต้สภาวะการรีฟลักซ์ในสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้นที่อุณหภูมิสูง สารอินทรีย์ในน้ำจะถูกออกซิไดซ์โดยสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตที่ทราบความเข้มข้นและมีปริมาณเกินพอและทราบปริมาณ หลังจากรีฟลักซ์แล้วทำการวัดปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมตที่เหลือ โดยนำไปไทเทรตกับเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous ammonium sulfate) และใช้เฟอร์โรอิน (Ferrouin) เป็นอินดิเคเตอร์

การนำ POME มาใช้ประโยชน์ก็ถือได้ว่ามีส่วนสำคัญมาก Ahmad และคณะ (2008, 2010) ทำการสกัดน้ำมันและแคโรทีนจากน้ำทิ้งในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม (POME) ใช้ตัวทำละลายในการสกัดเอาน้ำมันที่เหลือออกจากน้ำทิ้ง แล้วใช้ column chromatography แยกแคโรทีนออกจากน้ำมันที่สกัดได้ จากการศึกษาการสกัดน้ำมันจากน้ำทิ้ง โดยใช้ Petroleum ether เป็นตัวทำละลาย พบว่าได้ปริมาณน้ำมันเท่ากับ 1,710 mg/L และเมื่อใช้ hexane เป็นตัวทำละลาย พบว่าได้ปริมาณน้ำมันเท่ากับ 3,280 mg/L ในการสกัดแคโรทีนจากน้ำมันที่สกัดได้แคโรทีนมีความเข้มข้น 400 ppm เมื่อทำการแยกแคโรทีนออกจากน้ำมันด้วย column chromatography แคโรทีนมีความเข้มข้น 1,450 ppm ในน้ำมันที่สกัดได้จากน้ำทิ้งจะมี β -carotene เป็นองค์ประกอบหลักคล้ายกับในน้ำมันปาล์มดิบ ในการสกัดจะใช้ตัวอย่างน้ำทิ้ง 200 mL ผสมกับตัวทำละลายในอัตราส่วน 1:0.6 ทำการกวนผสมเป็นเวลา 10 นาที ด้วยความเร็วรอบ 150 rpm จากนั้นเทสารผสมลงในกรวยแยกและทำการสกัดเป็นเวลา 5 นาที นำส่วนของ hexane ไปคูดน้ำออกด้วย Na_2SO_4 แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของแคโรทีนในน้ำมันตัวอย่างด้วย HPLC ใช้ SPA-10A UV-Vis detector สำหรับคอลัมน์ (150 mm \times 4.6 mm) 5 μm ODS-3 สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ตั้งค่าการดูดกลืนแสงที่ 450 nm ตั้งอุณหภูมิของ

คอลัมน์ไว้ที่ 40 °C mobile phase ใช้ Acetonitrile/ethanol (7:3, vol/vol) ที่อัตราการไหล 1 mL/min ใช้เวลาในการวิเคราะห์ 25 นาทีต่อ 1 ตัวอย่าง นอกจากนี้ Baharin และคณะ (2001) แสดงการสกัดแคโรทีนออกจากน้ำมันปาล์มดิบด้วยการใช้ตัวดูดซับ โดยนำน้ำมันปาล์มดิบมาละลายใน Isopropyl alcohol (IPA) เมื่อให้น้ำมันปาล์มดิบผสมกับเรซินที่เป็นสารดูดซับแคโรทีนแล้ว จึงแยกสารดูดซับเพื่อทำการสกัดแคโรทีนออกจากสารดูดซับด้วยตัวทำละลายเฮกเซน การวิเคราะห์ปริมาณแคโรทีนรวมทำได้โดยการนำแคโรทีนมาเจือจางด้วย hexane แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 446 nm ด้วย Shimadzu UV-1601 สำหรับการวิเคราะห์แคโรทีนด้วย HPLC ใช้คอลัมน์ที่ฉาบด้วย C₁₈SMLC-01-250465 (250 mm × 4.6 mm) mobile phase ใช้ Acetonitrile/dichloromethane (8:2, vol/vol) flow rate 1 mL/min และค่าการดูดกลืนแสงของแคโรทีนอยู่ที่ 446 nm การวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันปาล์มดิบจะวิเคราะห์ค่าต่างๆ ดังนี้ Free fatty acid, moisture, impurities, peroxide value (PV), aniside value (AV), iodine value (IV), carotene content, color and tocopherol content ซึ่งวิธีการวิเคราะห์สามารถปฏิบัติตามวิธีการทดสอบของ PORIM Chiu และคณะในปี 2009 ได้รายงานการใช้เทคโนโลยีแมมเบรนในการกรองเอทิลเอสเทอร์ที่ผลิตจากน้ำมันปาล์มดิบ วิธีการนี้สามารถแยกสารเบต้าแคโรทีนออกได้ถึง 75% โดยไม่มีการเติมสารเคมีใดๆ ในปี 1998 Batistella และ Maciel ได้รายงานการการแยกสารแคโรทีนโดยการกลั่นแบบ molecular distillation ทำให้ได้สารแคโรทีนที่มีความเข้มข้นถึง 30,000 ppm ในปี 2006 Chuang และคณะ รายงานการสกัด minor component จากน้ำมันปาล์มดิบสามารถสกัดได้ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต สำหรับองค์ประกอบหลักในน้ำมันปาล์มดิบ คือ Triglyceride วัตถุดิบที่ใช้ คือ น้ำมันปาล์มดิบซึ่งมีกรดไขมันอิสระเข้มข้น 600 ppm และแคโรทีนมีความเข้มข้น 500 ppm ซึ่งกรดไขมันอิสระจะถูกแยกออกมาก่อนเป็นอันดับแรก แล้วนำน้ำมันปาล์มดิบไปทำปฏิกิริยากับ methanol โดยมี KOH เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในกระบวนการ transesterification ในระดับกึ่งอุตสาหกรรมเป็นการสกัดแบบ counter-current โดยทำการสกัดที่อุณหภูมิ 60°C, 140 bar โดยป้อนคาร์บอนไดออกไซด์ในอัตรา 20 kg/h ซึ่งเป็นการสกัด 3 ขั้นตอน ทำให้แคโรทีนมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นถึง 200 เท่า การวิเคราะห์แคโรทีนสามารถทำได้โดยนำแคโรทีนมาละลายและเจือจางในตัวทำละลายระหว่าง 30% Acetone กับ 70% Hexane แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วย UV-Vis spectrometer ที่ความยาวคลื่น 450 nm และสามารถคำนวณความเข้มข้นของแคโรทีนได้โดยใช้ calibration curve ทำให้ทราบความเข้มข้นของ β -carotene ได้ด้วย Harrison และคณะ ในปี 2008 รายงานการสกัดเส้นใยปาล์มที่ผ่านการบีบน้ำมันแล้วด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤตที่ 40°C ปรับความดันโดยแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นแรกที่มีความดัน 10 MPa สกัดได้น้ำมันที่มีองค์ประกอบหลัก คือ วิตามินอีและสเตอรอลความเข้มข้นสูง ขั้นที่สองที่มีความดัน 20 MPa ส่วนใหญ่เป็นไตรกลีเซอไรด์ และขั้นสุดท้ายที่ความดัน 30 MPa ได้น้ำมันที่มี

ส่วนประกอบของแคโรทีนความเข้มข้นสูง สำหรับแอสควีนูคอสักค้อออกมาพร้อมกันกับวิตามินอี ส่วนใหญ่ของสเตอรอลจะถูกสกัดออกมาในช่วงท้าย สารทั้งสี่ชนิดที่ทำการศึกษาก็จะถูกสกัดได้มากกว่าร้อยละ 90 ด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤติแบบต่อเนื่อง ซึ่งวิธีการนี้สามารถแยกวิตามินอีและแอสควีนออกจากแคโรทีนได้เป็นอย่างดี ในปี 1997 Lietz และ Henry แสดงให้เห็นว่าการใช้วิธี enzymatic hydrolysis แทนการใช้วิธี Saponification ด้วยด่าง เป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นมาใหม่เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สารแคโรทีนในน้ำมันปลาล์มดิบ ซึ่งการวิเคราะห์ด้วย HPLC เป็นวิธีที่ดีที่สุดที่จะบอกถึงปริมาณ Provitamin A, Carotenoids และไอโซเมอร์ชนิดต่างๆ ในน้ำมันปลาล์มดิบ สำหรับการวิเคราะห์ Carotenoids และ Tocopherols จะต้องกำจัดไขมันออกก่อนเพื่อจะได้ไม่มีผลกระทบต่อการใช้ HPLC การวิเคราะห์แคโรทีนด้วย HPLC จะตั้งค่าความยาวคลื่นไว้ที่ 450 nm ใช้ UV/Vis detector สำหรับฟีกของ tocopherols ตรวจสอบได้โดยตั้งค่าความยาวคลื่นไว้ที่ 298 และ 328 nm ใช้ fluorescence detector และ mobile phase ใช้ chloroform/methanol (50:50, v/v) และ methanol ในการล้างคอลัมน์ ในปี 2005 Sanagi และคณะ รายงานการสกัดเส้นใยปลาล์มที่ผ่านการบีบน้ำมันแล้ว โดยใช้ของเหลวความดันสูง (PLE) และตรวจวัดด้วยโครมาโทกราฟีของเหลวชนิดนอร์มัลเฟส (NPLC) ซึ่งเป็นวิธีการนำเสนอวิธีใหม่ที่สามารถตรวจวัดเบต้าแคโรทีนและไอโซเมอร์ต่างๆ ของวิตามินอีในน้ำมัน วิธีนี้ให้ประสิทธิภาพการสกัดเทียบเท่ากับการสกัดด้วยวิธีซ็อกเล็ท (Soxhlet) โดยมีเงื่อนไขการสกัดดังนี้คือ ตัวอย่าง 5 g อุณหภูมิ 80°C ความดัน 1500 psi เวลา 2x10 นาที สำหรับไอโซเมอร์ต่างๆ ของวิตามินอีและเบต้าแคโรทีน มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 3.7-4.0 mg/mL และ 3.3-3.5 mg/mL ตามลำดับ จุดเด่นของวิธีนี้ที่ทำให้มีสมรรถนะสูง คือ ใช้เวลาในการสกัดสั้น ใช้ปริมาณตัวทำละลายน้อย ได้ความเข้มข้นของเบต้าแคโรทีนและวิตามินอีสูง

การศึกษาการนำ POME มาใช้ประโยชน์นั้น รายงานของ Ahmad และคณะ (2003) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าโรงงานน้ำมันปลาล์มในประเทศมาเลเซียเจริญเติบโตมาจากอุตสาหกรรมการเกษตรและคิดเป็นร้อยละ 52 ของผลิตภัณฑ์ส่งออกซึ่งทำเงินให้กับประเทศมาเลเซียสูงมาก ด้วยการเพาะปลูกปลาล์มที่เพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้เกิดปัญหาเรื่องการใช้ยาฆ่าแมลงในด้านการบำบัดของเสียที่เกิดขึ้นจากโรงงานน้ำมันปลาล์มเป็นหลัก น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำมันปลาล์มเป็นมลพิษเพราะมีสารอินทรีย์อยู่ปริมาณมาก น้ำมันที่มีอยู่ในน้ำทิ้งของโรงงานน้ำมันปลาล์มที่ปล่อยลงสู่ม้าน้ำมีปริมาณสูงถึง 4,000 mg/L ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่สูงกว่าที่กฎหมายด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศมาเลเซียกำหนดซึ่งเท่ากับ 50 mg/L จากการวิจัยการแยกน้ำมันออกจากน้ำทิ้งของโรงงานน้ำมันปลาล์มสามารถทำได้โดยใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย ซึ่งตัวทำละลายที่นำมาใช้เป็นสารอินทรีย์ทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ *n*-hexane, *n*-heptane, benzene, petroleum ether, pentane and petroleum benzene ซึ่งตัวทำละลายทุกตัวที่นำมาใช้จะมีผลของอัตราส่วนของตัวทำละลาย เวลาในการสกัด ความเร็วในการกวนสกัด

ค่าพีเอช เข้ามาเกี่ยวข้องและเพื่อใช้ในการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการสกัดแล้วได้ปริมาณน้ำมันออกมาสูงสุด ผลปรากฏว่า *n*-hexane ให้ผลในการสกัดน้ำมันออกมาจากน้ำทิ้งของโรงงานน้ำมันปาล์มได้ดีที่สุดในอัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายต่อปริมาณน้ำทิ้งของโรงงาน เท่ากับ 6:10 จะได้ปริมาณน้ำมันออกมาก 0.54 กรัมต่อลิตร และสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด คือ ใช้ความเร็วในการกวนสกัดอยู่ที่ 200 รอบต่อนาที เวลาในการสกัด คือ 20 นาที และมีค่าพีเอชอยู่ที่เท่ากับ 9 การรายงานถึงการศึกษา POME ยังประกอบด้วย Hameed และคณะ (2003) อธิบายว่ามลพิษที่เกิดจากน้ำเสียที่มีไขมันปนอยู่ถือว่าเป็นปัญหาสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้โรงงานน้ำมันปาล์มในประเทศมาเลเซียต้องมีการพัฒนาให้ค่าน้ำเสียที่ออกมาจากโรงงานเป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมาย โดยใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสมซึ่งถือว่าเป็นตัวดึงเอาไขมันออกจากน้ำเสียของโรงงาน ผลต่างของตัวทำละลายขึ้นอยู่กับเวลาในการสกัด อัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายต่อปริมาณน้ำทิ้งของโรงงาน และอัตราการผสม ซึ่งจะบอกถึงประสิทธิภาพในการสกัด โดยตัวทำละลายที่ใช้ ได้แก่ *n*-hexane, *n*-pentane และ *n*-heptane ร้อยละของไขมันที่สกัดได้ขึ้นอยู่กับสภาวะที่ใช้ดังนี้ คือ เวลาในการสกัดมีค่าเท่ากับ 10 นาที อัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายต่อปริมาณน้ำทิ้งของโรงงานเท่ากับ 1:1 ความเร็วในการกวนสกัดเท่ากับ 200 รอบต่อนาที ผลปรากฏว่าใช้ *n*-pentane, *n*-hexane และ *n*-heptane ได้ร้อยละของไขมันที่สกัดได้เท่ากับ 58, 63 และ 65 ตามลำดับ ของการสกัดแบบ single stage สำหรับการสกัดแบบ multi stage ได้ร้อยละของไขมันที่สกัดได้สูงจนถึงร้อยละ 97 ของไขมันที่เหลือในน้ำทิ้งของโรงงานน้ำมันปาล์ม

จะเห็นได้ว่า POME จากกระบวนการสกัดน้ำมันปาล์มในประเทศไทยซึ่งมีปริมาณมากและกำลังเพิ่มมากขึ้นในอนาคตเนื่องจากการส่งเสริมการผลิตน้ำมันปาล์มในประเทศตามนโยบายแผนพัฒนาอุตสาหกรรมปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มนั้น การศึกษาการสกัดไขมันจาก POME ในระดับกิ่งอุตสาหกรรมซึ่งมีประสิทธิภาพสูง และการแยกสารแคโรทีนให้มีความเข้มข้นสูงขึ้นจนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ จะเป็นการสร้างอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากการผลิตน้ำมันปาล์มต่อไป