

รายงานสัมมนา 1

เรื่อง

คุณสมบัติของ SALATRIM

(Properties of SALATRIM)

โดย

นายไกรสร พิชรเบญจกุล รหัสประจำตัว B3852781

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.สุเวทย์ นิงสานนท์

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา 305 481 (สัมมนา 1)

สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วันที่ 10 สิงหาคม 2541

คำนำ

อาหารที่เราบริโภคส่วนใหญ่ ร่างกายจะใช้เป็นพลังงานในการทำกิจกรรมต่างๆ ประจำวัน โดยสารอาหารที่สามารถใช้เป็นพลังงานได้ คือ คาร์โบไฮเดรต ไขมัน และ โปรตีน และ เนื่องจากพลังงานส่วนเกินในร่างกายไม่สามารถขับออกได้ แต่จะถูกเก็บสะสมไว้ในรูปของไขมัน ซึ่งถ้ามีมากเกินไป อาจเกิดผลเสียต่อสุขภาพได้

ในปัจจุบันค่านิยมเกี่ยวกับความอ้วนเปลี่ยนไป โดยในระยะหลังข้อมูลที่แสดงว่าความอ้วนเป็นอันตรายต่อสุขภาพมีมากขึ้น อัตราการตายจะสูงกว่าปกติสำหรับผู้ที่น้ำหนักตัวสูงกว่าน้ำหนักตัวที่ควรจะเป็น ความอ้วนจึงเป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนา เมื่อโรคอ้วนเกิดขึ้นแล้วจะรักษาให้หายขาดได้ยาก เนื่องจากบริโภคนิสัยที่ทำให้บริโภคพลังงานเกินความต้องการได้เกิดขึ้นแล้ว การเปลี่ยนบริโภคนิสัยเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก การควบคุมน้ำหนักตัวที่ได้ผล จึงต้องเริ่มตั้งแต่วัยหนุ่มสาว

ดังนั้นในการควบคุมน้ำหนักจึงสามารถทำได้หลายวิธีการ ซึ่งการเลือกรับประทานอาหารก็เป็นอีกวิธีหนึ่ง โดยการใช้ทดแทนไขมันที่ให้พลังงานต่ำ เนื่องจากไขมันเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานสูง และ ยังช่วยเพิ่มรสชาติให้กับอาหาร ดังนั้นสำหรับผู้ที่ต้องการบริโภคไขมันจึงสามารถเลือกใช้ SALATRIM แทนไขมันตามปกติได้ โดยรายงานฉบับนี้จะแสดงถึงคุณสมบัติที่สามารถลดพลังงานของ SALATRIM ทางผู้จัดทำหวังว่ารายงานฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้สนใจไม่มากนักน้อย หากมีความผิดพลาดประการใดต้องขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ

นาย ไกรสร พันธ์บุญกุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

ในการศึกษาคุณสมบัติบางประการของ SALATRIM ซึ่งมีโครงสร้างเป็น triacylglyceride ซึ่งประกอบไปด้วยอย่างน้อย 1 short-chain fatty acid และ stearic acid ซึ่งเกิด esterified กับ glycerol backbone ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของ SALATRIM คือ จะมีพลังงานน้อยกว่าไขมันที่พบในธรรมชาติทั่วไป ซึ่งจะให้พลังงานประมาณ 4.5-6 kcal/g ขึ้นอยู่กับกรดไขมันที่ใช้ในการสร้าง SALATRIM โดยมีกรดที่สำคัญคือ stearic acid ที่เป็นโครงสร้างของ SALATRIM จะมีการดูดซึมที่น้อยมาก และ จะถูกขับถ่ายออกจากลำไส้ในรูปของ calcium หรือ magnesium soap นอกจากนี้ในส่วนของ short-chain fatty acid ที่เป็น acetic, propionic, butyric acid ตัวใดตัวหนึ่งหรือรวมกัน โดยจะมีพลังงานต่ำกว่าเมื่อเทียบกับ long-chain และ medium-chain fatty acid ในน้ำหนักที่เท่ากัน โดยจะมีพลังงาน 3.5, 5, และ 6 kcal/g ตามลำดับ ซึ่งจะสามารถลด total caloric value ใน triacylglyceride ได้ การศึกษา caloric availability ของ SALATRIM ในหนู และ คน พบว่าในหนูที่ได้รับ SALATRIM 23SO จะได้พลังงาน 4.2 kcal/g ส่วนคนซึ่งบริโภคน้ำ SALATRIM 23CA จะได้รับพลังงาน 4.9 kcal/g และ จากการศึกษาถึงความปลอดภัยในการบริโภค SALATRIM พบว่าในสัตว์สามารถบริโภคติดต่อกันได้ถึง 13 สัปดาห์ โดยไม่ก่อให้เกิดผลที่เป็นพิษใดๆเกิดขึ้น ซึ่งการศึกษาทางการแพทย์ได้สนับสนุนว่าร่างกายสามารถบริโภคได้ถึง 30 g ในหนึ่งวัน ซึ่ง SALATRIM สามารถนำไปใช้ทดแทนไขมันในได้หลากหลายผลิตภัณฑ์ เช่น คุกกี้, ไอศกรีม

สารบัญ

	หน้า
บทนำ	1
เนื้อเรื่อง	
ความสำคัญของ SALATRIM	2
บทบาทของ SALATRIM	2
การย่อย และ การดูดซึมของ stearic acid ใน SALATRIM	3
Caloric availability ของ SALATRIM ในหนู และ คน	4
การนำ SALATRIM ไปใช้ประโยชน์	10
บทสรุป	12
ข้อเสนอแนะ	12
เอกสารอ้างอิง	13
ตอบคำถามหลังการสัมมนา	14

บทนำ

คนทุกคนปรารถนาที่จะมีสุขภาพร่างกายที่สมบูรณ์แข็งแรง ตลอดจนมีสุขภาพจิตที่ดี ปราศจากโรคภัยไข้เจ็บ ซึ่งคนที่มือน้ำหนักร่างกายเหมาะสมมักจะไม่ค่อยมีโรคภัยไข้เจ็บ เมื่อเทียบกับคนที่มือน้ำหนักร่างกายมาก ดังนั้นจึงมีการให้ความสนใจเกี่ยวกับการบริโภคอาหารมากขึ้น โดยมีการพยายามที่จะลดปริมาณแคลอรีที่ร่างกายได้รับ เนื่องจากเป็นที่ทราบกันดีว่า ถ้าร่างกายได้รับแคลอรีเป็นปริมาณมากเกินไปความจำเป็นจะเกิดการสะสมอยู่ในรูปของไขมัน และการลดปริมาณแคลอรีนั้น การบริโภคอาหารที่มีไขมันต่ำเป็นทางเลือกที่ดีทางหนึ่ง เพราะ แหล่งของแคลอรีที่สูงในอาหารก็คือ ไขมัน ซึ่งจะให้พลังงานถึง 9 kcal/g เมื่อเทียบกับ พลังงานจากโปรตีน และ คาร์โบไฮเดรต ที่มีพลังงานเพียง 4 kcal/g ดังนั้นการควบคุมปริมาณแคลอรีจากไขมัน จึงให้ผลเหมือนการควบคุมปริมาณแคลอรีทั้งหมดที่ร่างกายจะได้รับ แต่แพทย์ทั่วไปได้แนะนำว่าพลังงานไม่น้อยกว่า 30% ควรมาจากไขมัน (U.S. Department of Health and Human Services, 1988) และ ไขมันจะมีผลโดยตรงต่อการรับรู้รสชาติของอาหาร โดยจะช่วยปรับปรุงรสชาติ และ กลิ่นรสของอาหาร เนื่องจากสารให้กลิ่นรสส่วนมากจะละลายในไขมันรวมถึงวิตามินบางชนิด ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงปริมาณไขมันในอาหารจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรสชาติ และ คุณค่าทางอาหารด้วย จึงได้มีการศึกษาวิจัยสมบัติทางกายภาพของไขมันให้สามารถลดปริมาณแคลอรีลงเพื่อ เป็นผลดีต่อผู้บริโภค โดย Nabisco Foods Group สามารถพัฒนาไขมันซึ่งสามารถลดปริมาณของแคลอรีได้ ซึ่งรู้จักกันในชื่อของ SALATRIM

ความสำคัญของ SALATRIM

โปรตีน และ คาร์โบไฮเดรตที่เลียนแบบไขมัน สามารถใช้แทนไขมันได้ดีในอาหารที่มีความชื้นสูง แต่จะมีข้อจำกัดอย่างมากในการใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการอบ หรืออาหารที่มีความชื้นต่ำอื่นๆ นอกจากนี้อาหารที่ใช้โปรตีนหรือคาร์โบไฮเดรตแทนไขมัน จะส่งผลเกี่ยวกับความรู้สึกในปากเกี่ยวกับรสชาติอาหารโดยตรง และ ยังขาดวิตามินที่ละลายได้ในไขมันบางชนิด ซึ่ง Nabisco Foods Group ได้พัฒนาไขมันพลังงานต่ำซึ่งมีชื่อว่า SALATRIM (Short and Long Acyltriglyceride Molecule) ซึ่งเป็นกลุ่มของโครงสร้าง triacylglyceride ซึ่งมีคุณสมบัติทางกายภาพเหมือนไขมัน แต่จะมีพลังงานน้อยกว่าประมาณครึ่งหนึ่งของไขมันในธรรมชาติทั่วไป ซึ่งจะมีพลังงานประมาณ 4.5-6 kcal/g โดยไขมันที่พบในธรรมชาติ จะเป็นสารประกอบของ triacylglycerol ซึ่งมีความแตกต่างกันจากการเกิด ester ของ fatty acid กับ glycerol backbone ที่เป็นลักษณะเฉพาะ ซึ่งจะทำให้สามารถอธิบายถึงความจำเพาะของไขมันนั้นๆ ได้

SALATRIM ประกอบด้วยการผสมกรดไขมันของ long-chain fatty acid และ short-chain fatty acid ซึ่งจะกระจายแบบสุ่มบนตำแหน่งทั้งสามของ glycerol backbone ซึ่งชนิดของ long-chain fatty acid จะประกอบไปด้วย stearic acid จำนวนมาก เช่น hydrogenated soy oil หรือ hydrogenated canola oil สำหรับส่วนที่เป็น short-chain fatty acid จะประกอบไปด้วย acetic, propionic, และ butyric acid อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกัน ซึ่งองค์ประกอบของ SALATRIM จะประกอบด้วย short-chain fatty acid ประมาณ 33-66% ขึ้นกับความสมดุลของปริมาณ stearic acid ของ long-chain fatty acid โดยสถานะของการสังเคราะห์ และการสุ่มตามธรรมชาติของตำแหน่งบน triacylglycerol เช่น SALATRIM 23CA สามารถเตรียมได้จาก ปฏิกิริยา interesterification ของ triacetin, tripropionin, และ hydrogenated canola oil ในอัตราส่วน 11:1:1 และ SALATRIM 23SO สามารถเตรียมได้จาก ปฏิกิริยา interesterification ของ triacetin, tripropionin, และ hydrogenated soy oil ในอัตราส่วน 11:1:1

บทบาทของ SALATRIM

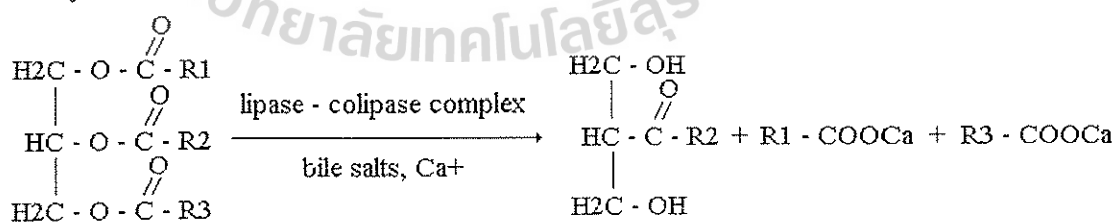
พลังงานของ SALATRIM จะน้อยกว่าไขมันในธรรมชาติทั่วไป ประมาณครึ่งหนึ่ง โดยจะอยู่ระหว่าง 4.5-6 kcal/g สืบเนื่องมาจากข้อดีของ SALATRIM 2 ประการคือ ประการแรก SALATRIM มีองค์ประกอบของ long-chain fatty acid ที่เป็น stearic acid เป็นจำนวนมาก stearic acid เมื่อถูก hydrolyzed ออกจาก triacylglycerol จะมีการดูดซึมในระบบการย่อยอาหารที่น้อยมาก (Finley et al., 1994b) ดังนั้นไขมันที่ประกอบด้วย stearic acid จึงให้พลังงานต่ำ และ ประการที่สอง

ในองค์ประกอบของ SALATRIM ในส่วนที่เป็น short-chain fatty acid จะให้พลังงานน้อยกว่า long-chain และ medium-chain fatty acid เมื่อคิดเทียบโดยน้ำหนักที่เท่ากัน (Finley et al., 1994b) และในส่วนที่เป็น short-chain fatty acid บน SALATRIM จะประกอบไปด้วย acetic acid, propionic, และ butyric acid ตัวใดตัวหนึ่งหรือรวมกัน โดยที่แต่ละตัวจะมีพลังงาน 3.5 kcal/g, 5.0 kcal/g, และ 6.0 kcal/g ตามลำดับ (CRC Handbook, 1992-1993) ซึ่งจะส่งผลให้ total caloric value ของ triacylglycerol ลดลงได้

ใน SALATRIM ได้รวมข้อดีของการให้พลังงานต่ำใน short-chain fatty acid กับการดูดซึมในระบบการย่อยที่น้อยของ stearic acid มารวมกันเป็น triacylglycerol ซึ่งสามารถลดพลังงานแคลอรีได้เมื่อเปรียบเทียบกับไขมันในธรรมชาติทั่วไป เช่น corn oil

การย่อย และ การดูดซึมของ stearic acid ใน SALATRIM

Stearic acid จะมีการดูดซึมไปเป็น free fatty acid ที่น้อยมาก โดย Finley et al. (1994b) ได้พูดถึงการพิสูจน์ที่แสดงให้เห็นว่า stearic acid ที่เกิดปฏิกิริยา esterified บนตำแหน่งที่ 1 และ 3 ของ glycerol backbone จะมีข้อจำกัดทาง bioavailability ส่งผลให้เกิดการ hydrolyzed ที่ตำแหน่ง 1 หรือ 3 ของ glycerol backbone เกิดเป็น free stearic acid ซึ่งจะถูกส่งผ่านไปยัง gastrointestinal tract ซึ่งจะมีการดูดซึมเพียงเล็กน้อยโดยการดูดของ stearic acid ในส่วนของ gastrointestinal tract นั้น triacylglycerol จะถูก hydrolyzed ด้วย pancreatic lipase โดยมี calcium เป็น cofactor และ จะทำงานร่วมกับ colipase และ bile salts ในตำแหน่งที่ 1 และ 3 ของ glycerol backbone (รูปที่ 1) โดยไม่คำนึงว่าเป็น short-chain หรือ long-chain fatty acid เกิดเป็น monostearin, glycerol, free fatty acid, propionic, stearic acid โดย free stearic acid จะมีการดูดซึมที่น้อยมากประมาณ 60-70 % และ จะถูกขับถ่ายออกมาในของเสียที่ออกจากลำไส้ ในรูปของ calcium และ magnesium salts พร้อมกับ free stearate ในรูป insoluble calcium soaps



triacylglyceride

2 - monoacylglycerol

รูปที่ 1: การ Hydrolyzed บนตำแหน่งที่ 1 และ 3 ของ glycerol backbone บริเวณ

gastrointestinal tract

ที่มา: Finley et al. (1994b)

Caloric availability ของ SALATRIM ในหนู และ คน

การศึกษาค่าของ Caloric availability ขององค์ประกอบในอาหาร สามารถจะประมาณได้ โดยอาศัยพื้นฐานของการทำนาย pathways ของการย่อยอาหาร แต่การจะแสดงหลักฐานยืนยันผลของการศึกษา caloric availability นั้นเป็นงานที่หนัก และ ยากมาก ปัญหาที่ Finley et al. (1994b) ได้พัฒนาวิธีการตรวจวิเคราะห์กับตัวอย่างหนู และ คน โดยจะทำการทดสอบค่าโดยประมาณของ caloric availability ของ SALATRIM เปรียบเทียบกับ com oil standard (Mazola Oil CPC, Englewood Cliffs, NJ) ซึ่งอนุมานว่ามีพลังงาน 9 kcal/g โดย Finley et al. ได้ตั้งสมมติฐานไว้ว่า การที่ SALATRIM มีพลังงานต่ำกว่าไขมันในธรรมชาติ นั้น เนื่องมาจากการให้พลังงานต่ำใน short-chain fatty acid กับการดูดซึมในระบบการย่อยที่น้อยของ stearic acid

จากการใช้หนูที่เป็นหนูในวัยเจริญพันธุ์ (Young adult male rats) ซึ่งจะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยจะทำการศึกษาเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ซึ่งอาหารที่ใช้เป็นตัวควบคุมจะเติม SALATRIM 23SO 5, 10, 15 % โดยหนูที่ทดสอบประมาณ 75 % คาดว่าจะมีการบริโภคอาหารอย่างสมบูรณ์ ในแต่ละวันจะทำการรวบรวมของเสียที่ถูกขับถ่ายไปชั่งน้ำหนัก และ แขนงเยือกแข็งเก็บไว้ เพื่อเป็นตัวอย่างในการทดสอบหา stearic acid ต่อไป โดยตัวอย่างจะถูกทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน และ จะนำไปทำการตรวจวัดปริมาณ stearic acid ใน feces ต่อไป ซึ่งจากการศึกษาปริมาณ stearic acid ที่ถ่ายออกมาใน fecal ของหนู สามารถยืนยันสมมติฐานที่ว่า SALATRIM เป็นแหล่งของไขมันพลังงานต่ำได้ เพราะ การดูดซึมที่น้อยของ stearic acid ซึ่งผลการศึกษาในตารางที่: 1 จะแสดงให้เห็นว่า stearic acid ใน fecal ของหนูเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของ SALATRIM ในอาหารเพิ่มขึ้น ค่า caloric availability เฉลี่ยคือ 4.2 kcal/g

ตารางที่ 1: Caloric Value และ ปริมาณ Stearic Acid ใน Fecal rats ของ SALATRIM

Test fat	g of stearic acid consumed/day	g of stearic acid in feces/day	caloric value, kcal/g
10 % corn oil	0	0.04 ± 0.01	9.0
5 % SALATRIM	0.56	0.40 ± 0.12	4.2
10 % SALATRIM	1.03	0.67 ± 0.18	4.3
15 % SAI ATRIM	1.49	1.01 ± 0.10	4.2

ที่มา: Finley et al. (1994b)

สำหรับการศึกษาในคนจะมีผู้ทดสอบ 35 คน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม 18 คน และ กลุ่มผู้ทดสอบ 17 คน (มีหนึ่งคนถูกคัดออกเนื่องจากเหตุผลส่วนบุคคล) ซึ่งผู้ที่ทำการทดสอบจะมีสุขภาพตามธรรมชาติของแต่ละบุคคล โดยอายุของผู้ทดสอบจะอยู่ระหว่าง 21-67 ปี และ ทำการทดสอบเป็นเวลา 23 วัน ซึ่งในระหว่างที่ทำการทดสอบทุกคนจะถูกกำหนดให้ได้รับอาหาร 1800 kcal/day หรือ 2500 kcal/day ขึ้นกับ เพศ, อายุ, และ น้ำหนัก ซึ่งมีความสมดุลในแต่ละวันเป็น 16 %, 47 %, และ 37% ของพลังงาน calories จาก โปรตีน, คาร์โบไฮเดรต, และ ไขมัน ตามลำดับ โดยกลุ่มของผู้ทดสอบที่ได้รับพลังงาน 1800 และ 2500 kcal/day จะได้รับ stearic acid/day โดยประมาณเป็น 1.4 และ 2.0 g ตามลำดับ ซึ่ง fat ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ จะเป็น control coconut oil หรือ SALATRIM 23CA ที่เป็นตัวทดสอบ ในกลุ่มผู้ทดสอบที่ได้รับพลังงาน 1800 kcal/day จะได้รับอาหารที่มี fat ที่เป็นตัวควบคุมหรือตัวทดสอบ 45g/day ส่วนกลุ่มผู้ทดสอบที่ได้รับพลังงาน 2500 kcal/day จะได้รับอาหารที่มี fat ที่เป็นตัวควบคุมหรือตัวทดสอบ 60g/day โดยตารางเวลาที่ใช้ในการทดสอบสามารถแสดงได้ดัง ตารางที่ 2:

ตารางที่ 2: การออกแบบการศึกษา caloric availability ในคน

Day	Control ^b group, 18 subjects	Test ^c group, 17 subjects
1-7	Basal diet + control	Basal diet + control
8-14	Basal diet + control	Basal diet + test
15-23	Basal diet + control	Basal diet + control

^a Fat carrier materials were ice cream, cookies, and bonbons.

^b Control, coconut oil

^c Test, SALATRIM 23CA lot 14

ที่มา: Finley et al. (1994b)

ในการตรวจสอบผลจะทำการเก็บรวบรวมตัวอย่างของเสีย ที่ถูกขับถ่ายของผู้ทดสอบแต่ละคน ในช่วง 3 วันสุดท้ายของแต่ละสัปดาห์ และ จะนำไปทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อที่จะสุ่มไปตรวจสอบวิเคราะห์ต่อไป โดยแต่ละตัวอย่างจะทำการตรวจสอบหาปริมาณ total fat, stearic acid, calcium, magnesium, และ zinc โดยการตรวจสอบหาปริมาณ total fat ใน fecal จะใช้วิธี 922.06 ของ AOAC (1990) ซึ่งจะมีสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวน (CV) 1.74 % การตรวจสอบหาปริมาณ stearic acid จากการวิเคราะห์ fatty acid จะใช้วิธี Ce1-26 (AOAC, 1990) ซึ่งมีค่า CV 3.83 % ให้ผลดังตารางที่ 3 และ 4 การตรวจสอบปริมาณของแร่ธาตุ จะใช้วิธี Inductively coupled plasma atomic emission spectroscope (ICP) 984.27 ของ AOAC (1990) ซึ่งมีค่า CV 1.54 %, 0.75 %, 1.75 % ของ calcium, magnesium, และ zinc ตามลำดับ

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของปริมาณ stearic acid ในสัปดาห์ที่ 2 ของการศึกษาซึ่งเป็นช่วงที่มีการให้ SALATRIM กับกลุ่มผู้ทดสอบ โดยในกลุ่มของผู้ทดสอบที่ได้รับอาหาร 1800 และ 2500 kcal/day จะมี stearic acid เพิ่มขึ้น 7.1 และ 12.4 g/day และมีปริมาณ total fecal fat เพิ่มขึ้น 87 และ 15.8 g/day ตามลำดับ (ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณ fecal fat นั้น ส่วนมากจะมาจากปริมาณของ stearic acid) และ จากการที่ปริมาณของ stearic acid เพิ่มขึ้นนั้นจะสนับสนุนสมมติฐานที่ว่า SALATRIM เป็นแหล่งไขมันพลังงานต่ำ เนื่องจาก stearic acid มีการดูดซึมที่น้อยมากในระบบการย่อยอาหาร

ตารางที่ 3: ปริมาณไขมันทั้งหมด และ Stearic Acid ใน Feces ของคน (กรัม/วัน)

Diet		Week 1	Week 2	Week 3
Control ^a 1800 kcal/day	fat	3.7 ± 1.2	3.3 ± 1.0	3.4 ± 0.6
	stearic	0.4 ± 0.2	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1
Test ^b 1800 kcal/day	fat	3.9 ± 1.0	12.4 ± 4.4	3.4 ± 0.8
	stearic	0.3 ± 0.1	7.6 ± 2.7	0.3 ± 0.2
Control 2500 kcal/day	fat	6.2 ± 1.8	6.3 ± 2.4	7.0 ± 3.7
	stearic	0.9 ± 0.5	0.8 ± 0.6	1.0 ± 0.8
Test 2500 kcal/day	fat	5.6 ± 1.6	21.1 ± 4.3	4.9 ± 1.8
	stearic	0.7 ± 0.4	12.3 ± 3.3	1.0 ± 1.4

^a Control, coconut oil

^b Test, SALATRIM 23CA lot 14

ที่มา: Finley et al. (1994b)

ในตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าในกลุ่มของผู้ทดสอบที่ได้รับอาหาร 1800 และ 2500 kcal/day จะมีการดูดซึม stearic acid 72.4 และ 63.5 % ตามลำดับ จากข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปคำนวณหาค่า caloric availability ของ SALATRIM ได้โดยจะมีค่า 5.1 และ 4.07 kcal/day สำหรับกลุ่มที่ได้รับพลังงาน 1800 และ 2500 kcal/day ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยได้ 4.9 kcal/day ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับ 4.2 kcal/day จากการศึกษาในหนู ซึ่งค่าที่สูงกว่าในการศึกษาของคนเนื่องจาก ในคนมีการดูดซึม stearic acid ที่สูงกว่าในหนู

ตารางที่ 4: การดูดซึม Stearic Acid และ ค่า Caloric Availability ของ SALATRIM 23CA Lot 14

	1800 kcal/day diet	2500 kcal/day diet
SALATRIM fed/day, g	45	60
stearic acid fed/day, g	27.4	34.2
stearic acid in feces/day, g	7.6	12.3
stearic acid absorption, %	72.4	63.5
kcal/g from stearic acid portion ^a	3.90	3.44
kcal/g from non-stearic acid portion	1.23	1.23
kcal/g SALATRIM	5.1	4.7

^a kcal/g stearic acid = % absorption x 9 kcal/g x % stearic acid in SALATRIM

ที่มา: Finley et al. (1994b)

ค่า caloric availability ของส่วนประกอบ fatty acid ใน SALATRIM ซึ่งเตรียมได้จาก hydrogenated canola oil (CA series) และ hydrogenated soy oil (SO series) แสดงในตารางที่ 5 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า caloric value ของ SALATRIM ที่เตรียมจาก hydrogenated soy oil จะมีค่าสูงกว่า เนื่องจากใน hydrogenated soy oil จะมี 9.1 % palmitic acid เป็นองค์ประกอบ ซึ่งจะมีการเกิดกระบวนการเผาผลาญเพื่อให้พลังงานที่สมบูรณ์

ตารางที่ 5: Weight Percent Fatty Acids, S/L Ratio^a, และค่า Caloric Availability ของ SALATRIM ชนิดต่างๆ ที่ได้จากการศึกษากับหนูเป็นเวลา 14 วัน

	SALATRIM ^b (lot no.)				
	4CA (A006)	23CA (A014)	32CA (A015)	23SO (A023)	23SO (A024)
C2:0	0	22.5	1.6	19	19.3
C3:0	0	3.2	30	3.4	3.3
C4:0	34.0	0	0	0	0
C16:0	0.3	3.0	3.3	9.1	9.1
C18:0	58.2	66.3	59.4	67.1	66.8
C18:1	1.7	1.0	2.3	0.4	0.4
C20:0	1.6	2.9	2.5	0.6	0.6
C22:0	0.7	1.1	0.9	0.4	0.4
S/L	1.08	1.61	1.80	1.31	1.33
Pred energy ^c , kcal/g	8.80	8.94	8.75	9.00	8.99
Actual kcal/g	5.4 ± 0.7 ^c	4.5 ± 0.4 ^d	4.6 ± 0.3 ^c	5.7 ± 0.63 ^d	6.0 ± 0.2 ^d

^a S/L ratio determined from fatty acid composition

^b SALATRIM 4CA, butyric/hydrogenated canola ; 23CA, acetic/propionic (11:1)/hydrogenated canola; 32CA, acetic/propionic (1:11)/hydrogenated canola; 23SO, acetic/propionic (11:1)/hydrogenated soy

^c Mean of 13 determinations ± standard deviation

^d Mean of three determinations ± standard deviation

^e Based on *Heat of Fusion of Components CRC Handbook* (1992-1993)

ที่มา: Finley et al. (1994b)

ในการเตรียม SALATRIM จาก fatty acid ซึ่งมีความแตกต่างกันระหว่าง S/L ratio สามารถแสดงได้ในตารางที่ 6 ซึ่งแสดงค่า caloric availability ของ SALATRIM ที่ได้จาก S/L ratio ที่ต่างกัน ผลจากการศึกษา จะแสดงให้เห็นถึงช่วงของ caloric value ของ SALATRIM ที่เตรียมได้จากแหล่งของ short-chain acid ที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถดูได้จากชื่อของ SALATRIM เช่น 234CA โดยตัวเลขจะหมายถึงจำนวนของคาร์บอนอะตอม เช่น 2 คือ acetic acid, 3 คือ propionic acid และ 4 คือ butyric acid ส่วน CA คือ แหล่งของ long-chain acid ซึ่งมาจาก canola oil โดยจะอยู่ในช่วง 4.3

kcal/g สำหรับ SALATRIM 3CA ถึง 5.7 kcal/g สำหรับ SALATRIM 34CA และ 234CA เปรียบเทียบกับ corn oil ซึ่งจะมี caloric value 9 kcal/g

Table 6: ค่า S/L Ratio และ ปริมาณ Caloric Availability ของ SALATRIM ชนิดต่างๆ

SALATRIM type	short-chain source	avail. energy ^b , kcal/g	obsd S/L ratio	caloric avail., kcal/g
3CA ^a	tripropionin	8.91	1.23	4.7
3CA	tripropionin	8.87	1.34	4.3
3CA	tripropionin	8.63	2.16	5.7
34CA	tripropionin	8.81	1.29	4.8
	tributyryn			
34CA	tripropionin	8.75	1.46	4.8
	tributyryn			
34CA	tripropionin	8.64	2.06	5.6
	tributyryn			
234CA	triacetin	8.83	1.45	5.2
	tripropionin			
	tributyryn			
234CA	triacetin	8.78	1.60	5.3
	tripropionin			
	tributyryn			
234CA	triacetin	8.64	2.06	5.7
	tripropionin			
	tributyryn			

^a Hydrogenated canola oil was long-chain fatty acid source for all SALATRIM samples

^b Calculated from *Heat of Fusion of Components CRC Handbook* (1992-1993)

ที่มา: Finley et al. (1994b)

การนำ SALATRIM ไปใช้ประโยชน์

จากการศึกษาวิจัยของ Finley et al. (1994b) ซึ่งได้ทำการหาค่า caloric availability ของ SALATRIM ในหนู และ คนนั้น ตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการศึกษาที่มีองค์ประกอบของ SALATRIM อยู่ มีหลายผลิตภัณฑ์ ทั้งในผลิตภัณฑ์อาหารอบ เช่น คุกกี้ ในผลิตภัณฑ์ dairy เช่น ไอศกรีม, bonbons จากตัวอย่างเหล่านี้จะเห็นได้ว่า SALATRIM สามารถนำไปใช้ทดแทนไขมันตามธรรมชาติได้อย่างหลากหลาย

การเกิดผลกระทบที่เป็นพิษใดๆเกิดขึ้นจากการใช้ SALATRIM เป็นสิ่งที่ไม่คาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้บริโภค ซึ่งได้มีการทำการศึกษา เพื่อทดสอบสมมติฐานของความปลอดภัยในการบริโภค SALATRIMS โดยทำการศึกษาเป็นเวลานาน 13 สัปดาห์ กับตัวอย่างหนู ซึ่งได้รับปริมาณของ SALATRIM 15 % ของปริมาณอาหารที่ได้รับในแต่ละวัน พบว่าไม่มีผลกระทบที่เป็นพิษใดๆเกิดขึ้นกับตัวอย่างหนู นอกจากนี้ Finley et al. (1994a) ยังได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบจากการบริโภค SALATRIM ชนิดต่างๆ ในคน โดยแบ่งผู้ทดสอบเป็น 7 กลุ่ม มีกลุ่มควบคุม 2 กลุ่มซึ่งจะได้รับไขมันจาก soy oil 15 g/day ส่วนกลุ่มที่เหลือจะได้รับไขมันจาก SALATRIM 23SO 30 g/day, 23SO 45g/day, 23SO 60g/day, 4SO 60 g/day และ 43SO 60 g/day ตามลำดับ โดยทำการทดสอบเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ในสัปดาห์ที่ 1 และ 6 ผู้ทดสอบจะได้รับไขมันจาก standard soy oil เพื่อจะดูผลก่อน และ หลังการบริโภค SALATRIM ในสัปดาห์ที่ 2-5 จะเป็นช่วงที่ผู้ทดสอบในกลุ่มที่ 2-7 จะได้รับไขมันจาก SALATRIM โดยจะทำการตรวจอาการปวดท้อง และ อาการคลื่นเหียนอาเจียนที่เกิดขึ้นในกลุ่มผู้ทดสอบ จากการศึกษาข้างต้นให้ผลดังตาราง 7 และ 8

ตารางที่ 7: รายงานการเกิดอาการปวดท้องจากการบริโภค SALATRIM ชนิดต่างๆ ในสัปดาห์ที่ 2-5

Treatment group	Exposure period (28 day)			
	Absent ^a (%)	Annoy ^b (%)	Uncomf ^c (%)	Impair ^d (%)
Control 1, n = 25	97.85	1.86	0.29	0.00
Control 2, n = 24	97.17	1.79	1.04	0.00
23SO 30g, n = 23	91.23	6.17	2.60	0.00
23SO 45g, n = 22	90.65	5.44	2.72	1.19
23SO 60g, n = 23	83.20	14.15	2.64	0.00
4SO 60g, n = 19	80.34	13.80	5.10	0.76
43SO 60g, n = 13	79.40	11.26	8.52	0.82

^aAbsent, stomach cramps not present.

^bAnnoy, stomach cramps present at as annoyance level but do not interfere with normal functioning.

^cUncomf, stomach cramps present and uncomfortable or an embarrassment, impair normal functioning

^dImpair, stomach cramps present and require medical assistance.

ที่มา: Finley et al., 1994a

ตารางที่ 8: รายงานการเกิดอาการคลื่นเหียนอาเจียนจากการบริโภค SALATRIM ในสัปดาห์ที่ 2-5

Treatment group	Exposure period (28 day)			
	Absent ^a (%)	Annoy ^b (%)	Uncomf ^c (%)	Impair ^d (%)
Control 1, n = 25	97.42	1.72	0.72	0.14
Control 2, n = 24	99.85	0.15	0.00	0.00
23SO 30g, n = 23	89.60	8.07	2.33	0.00
23SO 45g, n = 22	89.44	8.01	1.87	0.68
23SO 60g, n = 23	81.18	13.84	4.67	0.31
4SO 60g, n = 19	79.25	15.47	4.53	0.75
43SO 60g, n = 13	75.48	14.88	9.09	0.55

^aAbsent, nausea not present.

^bAnnoy, nausea present at as annoyance level but do not interfere with normal functioning.

^cUncomf, stomach cramps present and uncomfortable or an embarrassment, impair normal functioning

^dImpair, nausea present and require medical assistance.

ที่มา: Finley et al., 1994

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าในกลุ่มผู้ทดสอบที่บริโภค SALATRIM ปริมาณ 60 g/day จะเกิดอาการปวดท้อง และ อาการคลื่นเหียนอาเจียนเกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเทียบกับกลุ่มผู้ทดสอบอื่นๆ ซึ่งในกลุ่มผู้ทดสอบที่บริโภค SALATRIM ปริมาณ 30 และ 45 g/day อาการที่เกิดขึ้นน้อยมากถือว่าไม่มีผลทางสถิติ นอกจากนี้จากการศึกษาทางการแพทย์ถึงผลกระทบที่เป็นพิษจากการบริโภค SALATRIM พบว่าไม่มีอาการอื่นใดนอกจากอาการปวดท้อง และ อาการคลื่นเหียนอาเจียน (Smith et al., 1994) นอกจากนี้ Smith et al (1994) ได้แนะนำว่าสามารถบริโภค

SALATRIM ได้ถึง 30 g ในหนึ่งวันโดยไม่มีผลกระทบบใดๆ เกิดขึ้น ซึ่งสนับสนุนผลการศึกษามากของ Finley et al. ที่แสดงดังข้างต้น

สรุป

SALATRIM เป็นกลุ่มของโครงสร้าง triacylglycerols ซึ่งประกอบไปด้วยอย่างน้อย 1 short-chain fatty acid และ stearic acid ซึ่งเตรียมได้จากปฏิกิริยา interesterification ระหว่าง hydrogenated oil เช่น soy oil, canola oil กับ acetic, propionic, butyric acid ตัวใดตัวหนึ่งหรือรวมกัน ซึ่ง SALATRIM เป็นแหล่งของไขมันพลังงานต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับไขมันที่พบโดยทั่วไปตามธรรมชาติที่มีพลังงาน 9kcal/g ในขณะที่ SALATRIM ให้พลังงานเพียง 4.5-6 kcal/g ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาสร้างเป็น SALATRIM โดยที่ SALATRIM ได้อาศัยข้อดี 2 ประการคือ ประการแรก คือ องค์ประกอบที่เป็น stearic acid จำนวนมากบน long-chain fatty acid ซึ่งเมื่อ stearic acid ถูก hydrolyzed ออกจาก triacylglycerol จะมีการดูดซึมในระบบการย่อยอาหารที่น้อยมากประมาณ 60-70 % จะถูกขับถ่ายจากลำไส้เล็กในรูปของ calcium หรือ magnesium soaps และ ประการที่สอง องค์ประกอบของ SALATRIM ส่วนที่เป็น short-chain fatty acid ซึ่งประกอบไปด้วย acetic acid, propionic, และ butyric acid จะให้พลังงานน้อยกว่า long-chain และ medium-chain fatty acid เมื่อคิดเทียบโดยน้ำหนักที่เท่า โดยที่แต่ละตัวจะมีพลังงาน 3.5 kcal/g, 5.0 kcal/g, และ 6.0 kcal/g ตามลำดับ ซึ่งจะส่งผลให้ total caloric value ของ triacylglyceride ลดลงได้ และจากการศึกษา caloric availability ของ SALATRIM ในหนู และ คน พบว่าในหนูที่ได้รับ SALATRIM 23SO จะได้พลังงาน 4.2 kcal/g ส่วนคนซึ่งบริโภค SALATRIM 23CA จะได้รับพลังงาน 4.9 kcal/g ซึ่งค่าที่สูงกว่าในการศึกษาของคนเนื่องมาจาก ในคนมีการดูดซึม stearic acid ที่สูงกว่าในหนู และ จากการศึกษาดังกล่าวถึงผลของการบริโภค SALATRIM พบว่าสามารถบริโภคได้ถึง 30 g ในหนึ่งวันโดยไม่มีผลกระทบบใดๆ เกิดขึ้น SALATRIM สามารถนำไปใช้ทดแทนไขมันตามธรรมชาติได้อย่างหลากหลายในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เช่น คุกกี้, ไอศกรีม ฯลฯ.

ข้อเสนอแนะ

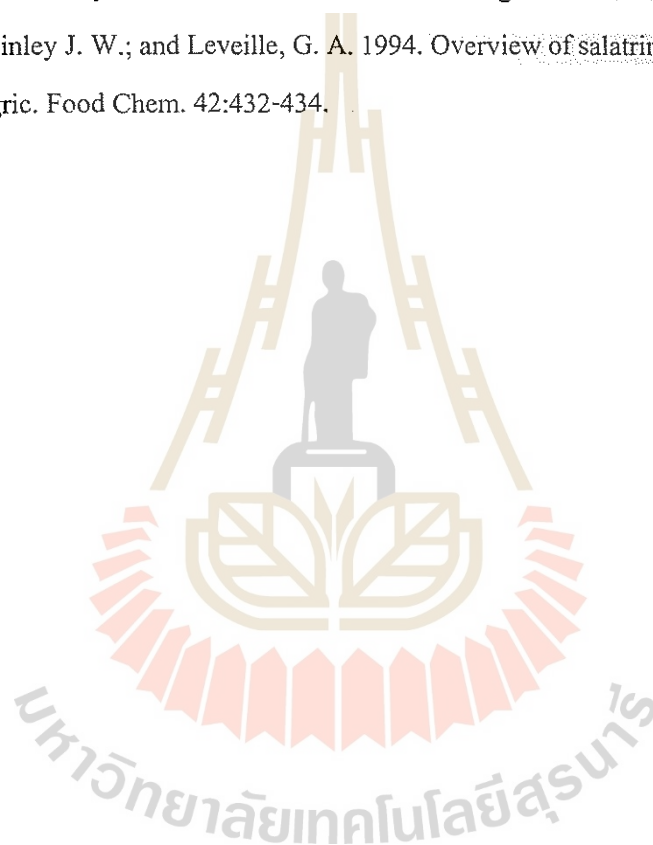
จากการศึกษาสมบัติของ SALATRIM จะเห็นได้ว่า SALATRIM สามารถใช้ทดแทนไขมันได้ โดยที่จะให้พลังงานน้อยกว่าไขมันมาก โดยที่มีคุณสมบัติเหมือนไขมันในธรรมชาติทุกอย่าง ดังนั้นในการควบคุมปริมาณอาหาร หรือ พลังงานในแต่ละวันจึงสามารถเลือกใช้ SALATRIM แทนไขมันซึ่งให้พลังงานสูงได้

เอกสารอ้างอิง

Finley, J. W.; Walchak, C. G.; Sourby, J. C.; and Leveille, G. A. 1994a. A clinical study of the effects of exposure of various salatrim preparations to subjects in a free-living environment. J. Agric. Food Chem 42: 597-604.

Finley, J. W.; Klemann, L. P.; Leveille, G. A.; Otterburn, M. S.; and Walchak, C. G. 1994b. Caloric availability of salatrim in rat and humans. J. Agric. Food Chem. 42: 495-499.

Smith, R. E.; Finley J. W.; and Leveille, G. A. 1994. Overview of salatrim, a family of low-calorie fats. J. Agric. Food Chem. 42:432-434.



ตอบคำถามหลังการสัมมนา

1. จากการศึกษาถึงผลกระทบที่เป็นพิษจากการบริโภค SALATRIM ของ Finley et al. (1994a) สามารถทราบได้อย่างไรว่าระดับใดเป็นพิษ?

ตอบ จากการศึกษาถึงผลกระทบที่เป็นพิษจากการบริโภค SALATRIM ของ Finley et al. (1994a) ได้แยกแยะระดับของอาการที่เป็นพิษไว้ 4 ระดับคือ 1 ไม่มีอาการใดๆ เกิดขึ้น, 2 มีอาการปวดท้อง และ อาการคลื่นเหียนอาเจียน แต่ไม่มีผลต่อหน้าที่การทำงานของอวัยวะตามปกติ, 3 มีอาการปวดท้อง และ อาการคลื่นเหียนอาเจียน และ มีอาการไม่สบายเกิดขึ้น ส่วนในระดับที่ 4 คือ มีอาการปวดท้อง และ อาการคลื่นเหียนอาเจียนอย่างรุนแรง ต้องการแพทย์ดูแล

2. ในหนูสามารถศึกษาอาการของผลกระทบที่เป็นพิษจากการบริโภค SALATRIM ได้อย่างไร?

ตอบ อาการของผลกระทบที่เป็นพิษจากการบริโภค SALATRIM ในหนูไม่ได้มีการวัดถึงระดับของความเป็นพิษที่เกิดขึ้น แต่จะเป็นการดูถึงพฤติกรรม และ อาการที่เกิดขึ้นหลังจากการบริโภค SALATRIM โดยในหนูจะไม่มีอาการผิดปกติเกิดขึ้นหลังจากการบริโภค SALATRIM

3. การใช้ SALATRIM ในอาหารมีผลต่อรสชาติของอาหารแตกต่างจากการใช้ไขมันปกติหรือไม่?

ตอบ การใช้ SALATRIM ในอาหารจะไม่มีผลต่อรสชาติของอาหารแตกต่างจากการใช้ไขมันปกติ เนื่องจาก SALATRIM คือ ไขมัน แต่เป็นไขมันที่มีการพัฒนาให้มีพลังงานต่ำ

4. SALATRIM เตรียมได้อย่างไร?

ตอบ ในการเตรียม SALATRIM นั้นสามารถเตรียมได้จากปฏิกิริยา interesterification ของ hydrogenated vegetable oil กับ acetic acid, propionic acid, และ butyric acid ตัวใดตัวหนึ่งหรือรวมกัน

5. Hydrogenated vegetable oil คืออะไร?

ตอบ hydrogenated vegetable oil คือน้ำมันที่ได้จากพืชผักตามธรรมชาติ เช่น น้ำมันถั่วเหลือง แต่มีการเติมไฮโดรเจนลงไปเพื่อทำให้น้ำมันมีความบริสุทธิ์ยิ่งขึ้น โดยไฮโดรเจนจะไปทำลายพันธะคู่ใน fatty acid ทำให้น้ำมันมีสภาพกึ่งแข็งกึ่งเหลว