



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม

วิทยาศาสตรสิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินวัฏจักรชีวิตน้ำสับประรดและน้ำส้มในประเทศไทย

Life Cycle Assessment of Pineapple and Orange Juice in Thailand

นามผู้วิจัย นางสาวผกาพร ธนปรีสุทธิ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ธีรธนาภรณ์ มั่งคั่ง, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(Associate Professor Shabbir H. Gheewala, D.Eng)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สืบสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินวัฏจักรชีวิตน้ำสับปะรดและน้ำส้มในประเทศไทย

Life Cycle Assessment of Pineapple and Orange Juice in Thailand

โดย

นางสาวผกาพร ธนปริสุทธิ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผกาพร ชนปรีสุทธี 2553: การประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดและน้ำส้มในประเทศไทย
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาเทคโนโลยีและ
การจัดการสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
อาจารย์รัตนาวรรณ มั่งคั่ง, Ph.D. 112 หน้า

การประเมินวัฏจักรชีวิตของน้ำสับปะรดและน้ำส้มในประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลกระทบต่องานสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิต ครอบคลุมตั้งแต่การเพาะปลูก กระบวนการผลิตน้ำผลไม้ (รวมถึงการผลิตภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อ) การกระจายสินค้า การจำหน่าย การบริโภค และการจัดการของเสีย ตลอดจนการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอน เพื่อจำแนกสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมและแนวทางการปรับปรุง รวมทั้งการได้มาซึ่งข้อมูลประกอบการตัดสินใจดำเนินการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยกำหนดให้น้ำสับปะรดและน้ำส้มพร้อมดื่ม ปริมาตร 1 ลิตร เป็นหน่วยในการวิเคราะห์ อาศัยข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกที่รวบรวมจากระยะเวลาการปลูกส้ม 25 ปี และการผลิตประจำปีของโรงงานผลิตน้ำสับปะรด ปี พ.ศ. 2552 ส่วนข้อมูลของการปลูกสับปะรด และกระบวนการผลิตน้ำส้ม รวมทั้งข้อมูลสนับสนุนอื่นๆ เช่น การผลิตไฟฟ้า สารเคมี และปุ๋ยเคมี รวบรวมจากข้อมูลทุติยภูมิ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม บ่งชี้ว่าปริมาณน้ำ ปุ๋ยเคมี และสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ในการปลูกส้ม สูงกว่าการปลูกสับปะรด แต่ใช้พื้นที่น้อยกว่า ส่วนขั้นตอนการผลิต พบว่าปริมาณการใช้พลังงานในการขนส่งส้มไปยังโรงงาน สูงกว่าการขนส่งสับปะรด 5 เท่า และการใช้พลังงานในการผลิตน้ำส้มสูงกว่าการผลิตน้ำสับปะรด 1.5 เท่า ผลการวิเคราะห์ผลกระทบต่องานสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิต บ่งชี้ว่าน้ำส้มมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทุกกลุ่มผลกระทบสูงกว่าน้ำสับปะรด 2-4 เท่า แต่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินต่ำกว่า 4 เท่า เนื่องจากผลผลิตสับปะรดมีปริมาณสูงกว่าส้มเมื่อคิดต่อการพื้นที่และระยะเวลาการเก็บเกี่ยวเท่ากัน หากเปรียบเทียบจากปริมาณน้ำผลไม้ทั้งสองชนิดที่ให้วิตามินซีเท่ากัน พบว่าน้ำส้มมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทุกกลุ่มผลกระทบสูงกว่าน้ำสับปะรด 1.2-2.4 เท่า นอกจากนี้ยังพบว่าภาชนะบรรจุขนาด 200 มิลลิลิตร มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทุกกลุ่มผลกระทบ สูงกว่าภาชนะบรรจุขนาด 1,000 มิลลิลิตร ประมาณ 2 เท่า โดยมีสาเหตุจากการใช้วัตถุดิบและพลังงานในการผลิตภาชนะบรรจุสูงกว่า แนวทางการปรับปรุงสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ อาจทำได้โดยพิจารณาเปลี่ยนเชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตไอน้ำจากน้ำมันเตาเป็นก๊าซธรรมชาติที่มีศักยภาพในการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลง 15-93 เปอร์เซ็นต์ การเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่เหมาะสมจะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการเกษตรกรรม ผลการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตยังสามารถใช้ดำเนินการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 และลดการคาร์บอน เพื่อแสดงข้อมูลให้กับผู้บริโภค โดยแนะนำให้ผู้บริโภคที่ใส่ใจสิ่งแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศ เลือกดื่มน้ำสับปะรดเนื่องจากมีผลกระทบต่อน้ำส้ม

ลายมือชื่อนิติ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Phakaporn Tanapisutti 2010: Life Cycle Assessment of Pineapple and Orange Juice in Thailand.
Master of Science (Environmental Technology and Management), Major Field: Environmental
Technology and Management, Department of Environmental Science. Thesis Advisor: Ms.
Rattanawan Mungkung, Ph.D. 112 pages.

Life cycle assessment of pineapple and orange juice in Thailand has been conducted to evaluate the environmental impacts throughout the supply chain. The scope of study covered agricultural system, juice processing (and aseptic carton production), distribution, sales, consumption and final disposal including related transport at all stages. The objective was to evaluate the environmental profiles for further improvement and to support the product environmental declaration for environmentally-conscious consumption. The functional unit was set as one liter of juice. The inputs and outputs associated with the system boundary were collected; primary data for 25 years of orange cultivation and a pineapple production in the processing plant in 2010, supplemented with the secondary data of pineapple farm and orange juice processing as well as other supporting data such as the production of electricity, chemicals and fertilizers. The results of inventory analysis showed that oranges require more water and higher application rate of fertilizer and pesticides but less land area compared to pineapples. Oranges require five times as much energy for transportation as pineapples. The energy consumption for orange juice production was 1.5 times that of pineapple juice. The potential impacts of orange juice were two to four times higher than pineapple juice, except for land use which for pineapple juice was four times that of orange juice. When the impact indicator values were normalized to the daily requirement of vitamin C (instead of the comparison on a volumetric basis), the results indicated that the environmental impacts of orange juice were 1.2-2.4 times that of pineapple juice for all the categories considered. The impacts from the 200-ml aseptic carton were twice that of the 1,000-ml carton, due mainly to the higher use of energy consumption for filling and packaging material production. For environmental improvement, the change of energy carriers for producing steam from fuel oil to natural gas could potentially reduce the impacts on the GWP by 15-93%. To reduce the impacts on the cultivation stage, organic fertilizer could be used to replace chemical fertilizer at an optimal quantity. The results of LCA could be used for Ecolabelling type III and the GWP result could be used for carbon footprint labelling. Based on the environmental information provided, it was suggested that pineapple juice should be preferred for environmentally-conscious consumers as well as climate conscious consumers.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อ.ดร.รัตนาวรรณ มั่งคั่ง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ รศ.ดร. แชนเบียร์ กิ่วลา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา ชี้แนะ ข้อบกพร่อง ให้ข้อแนะนำต่างๆ ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งคำแนะนำเพิ่มเติมจาก ผศ.ดร.จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์ ประธานการสอบ และดร.หาญพล พึ่งรัมย์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

ขอขอบคุณบริษัท อุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องไทย จำกัด ในการสนับสนุนทุนวิจัยและการเก็บรวบรวมข้อมูล บริษัท เชียงใหม่ธนาธร จำกัด รวมทั้งผู้ประสานงานทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และให้คำปรึกษาที่มีประโยชน์ในการดำเนินการวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ผู้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัยและทุนการศึกษาแก่ผู้วิจัยในการดำเนินการวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยดูแล และสนับสนุนในทุกๆ ด้าน ขอขอบพระคุณอาจารย์ในภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ขอขอบคุณคุณเอกกร สุขอนันต์ และครอบครัว ขอขอบคุณพี่ๆ น้องๆ นิสิตปริญญาโทภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม รวมทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกคนที่ไม่ได้เอ่ยนาม ในการสนับสนุน ให้คำปรึกษา และให้กำลังใจมาโดยตลอด และมีส่วนให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผกาพร ธนปรีสุทธิ

พฤษภาคม 2553

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	35
อุปกรณ์	35
วิธีการ	35
ผลและวิจารณ์	51
สรุปและข้อเสนอแนะ	91
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	96
ภาคผนวก	100
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	112

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 การใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชในไร่สับปะรด	10
2 การใช้ชีววิธีและสารป้องกันกำจัดแมลงและไรศัตรูส้มเขียวหวาน	13
3 การใช้สารกำจัดวัชพืชในสวนส้มเขียวหวาน	15
4 วิธีการคำนวณการปันส่วน (allocation) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงน้ำหนัก	22
5 วิธีการคำนวณการปันส่วน (allocation) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงเศรษฐศาสตร์	23
6 ตัวอย่างกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมพื้นฐานที่ใช้ในการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม	24
7 ตัวอย่างการคำนวณดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มผลกระทบศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน	27
8 ตัวอย่างการคำนวณดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มผลกระทบศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นกรด	28
9 ตัวอย่างการคำนวณดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มผลกระทบศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะขาดอาหารในน้ำ	28
10 ตัวอย่างการคำนวณดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มผลกระทบศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์	29
11 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการปลูกสับปะรด 1 ต้น	51
12 ข้อมูลการขนส่งสับปะรดไปยังโรงงานผู้ผลิตน้ำสับปะรด	53
13 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตน้ำสับปะรด	54
14 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการฆ่าเชื้อและทำให้เย็น	55
15 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการบรรจุน้ำสับปะรดลงภาชนะบรรจุ	56
16 วิธีการคำนวณการปันส่วน (allocation) โดยใช้วิธีการปันส่วนเชิงน้ำหนักในกระบวนการปกปิดเปลือกเจาะแกนสับปะรด	56
17 วิธีการคำนวณการปันส่วน (allocation) โดยใช้วิธีการปันส่วนเชิงน้ำหนักในกระบวนการตัดแต่ง จิกตา และตัดแวน	57

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการจัดจำหน่ายน้ำดิบประด	58
19	ค่าการปล่อยมลพิษจากการฝังกลบของประเทศไทย	59
20	ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการปลูกส้มเขียวหวาน 1 ต้น	60
21	ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการขนส่งส้มเขียวหวานจากไร่ส้มไปยังโรงงานคัดขนาด	63
22	ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการคัดขนาดส้มจำนวน 1 ต้น	63
23	วิธีการคำนวณการปันส่วน (allocation) โดยใช้วิธีการปันส่วนเชิงเศรษฐศาสตร์ในกระบวนการคัดขนาดส้มเขียวหวาน	64
24	ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการขนส่งวัตถุดิบส้มเขียวหวานจากโรงงานคัดขนาดไปยังโรงงานผลิตน้ำส้ม	65
25	ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตน้ำส้ม	65
26	วิธีการคำนวณการปันส่วน (allocation) โดยใช้วิธีการปันส่วนเชิงน้ำหนักในกระบวนการสกัดชิ้นต้น	66
27	วิธีการคำนวณการปันส่วน (allocation) โดยใช้วิธีการปันส่วนเชิงน้ำหนักในกระบวนการกรอง	67
28	ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการขนส่งน้ำส้มจากโรงงานผลิตไปยังโรงงานบรรจุภาชนะบรรจุ	67
29	ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการบรรจุน้ำส้มลงภาชนะบรรจุ	68
30	ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการกระจายสินค้าน้ำส้ม	69
31	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของน้ำดิบประด และน้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์	72
32	ขนาดผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของน้ำดิบประด และน้ำส้มปริมาตร 1 ลิตร ในภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร	77
33	ผลการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการบริโภคน้ำดิบประดและน้ำส้ม	85

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
34 ผลการเปรียบเทียบการประเมินวัฏจักรชีวิตของน้ำส้มในประเทศต่างๆ	86
35 ค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดและน้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อการดำเนินการฉลากสิ่งแวดล้อม	88
36 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรด และน้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ในภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร ที่มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน	89
37 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำส้มเชิงเปรียบเทียบ ของการขนส่ง วัตถุดิบและการกระจายสินค้าในพื้นที่ศึกษาจริง และแบบจำลองการตั้งโรงงาน ในพื้นที่เดียวกับแหล่งปลูกส้ม	90

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1	สับปะรดพันธุ์สับปะรดที่นิยมปลูกในประเทศไทย
2	ส้มเขียวหวานพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย
3	กระบวนการผลิตน้ำสับปะรดพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์
4	กระบวนการผลิตน้ำส้มเขียวหวานพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์
5	กรอบวิธีปฏิบัติและหลักการดำเนินงานการประเมินวัฏจักรชีวิต
6	การจำแนกสารตามประเภทของผลกระทบ
7	ตัวอย่างฉลากสิ่งแวดล้อมในประเทศต่างๆ
8	ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์
9	ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์น้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์
10	ส่วนประกอบหลักของภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อ
11	ภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร
12	สารขาเข้าและสารขาออกในการปลูกสับปะรด
13	สัดส่วนการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตน้ำสับปะรด 1 ลิตรในภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร
14	สัดส่วนการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตน้ำส้ม 1 ลิตร ในภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร

การประเมินวัฏจักรชีวิตน้ำสับปะรดและน้ำส้มในประเทศไทย

Life Cycle Assessment of Pineapple and Orange Juice in Thailand

คำนำ

อุตสาหกรรมน้ำผลไม้ เป็นอุตสาหกรรมที่มีการขยายตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีแนวโน้มว่าจะมีการเติบโตที่ดีขึ้นในอนาคต เนื่องจากปัจจุบันผู้บริโภคมีความใส่ใจในสุขภาพมากขึ้น (บริษัทศูนย์วิจัยกสิกรไทย จำกัด, 2550) โดยตลาดน้ำผลไม้ในประเทศไทยมีอัตราการเติบโตประมาณปีละ 14-20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในปี 2551 ตลาดน้ำผักและผลไม้พร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ในประเทศไทยมีมูลค่าทั้งหมด 7,451 ล้านบาท โดยตลาดน้ำผักและผลไม้ 100 เปอร์เซ็นต์ มีมูลค่าการตลาดสูงสุด คิดเป็น 38 เปอร์เซ็นต์ ของมูลค่าตลาดน้ำผักผลไม้พร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ หรือเท่ากับ 2.8 พันล้านบาท (บมจ. ทิปโก้ฟู้ดส์ (ประเทศไทย), 2551) โดยน้ำส้มเป็นน้ำผลไม้ที่คนไทยบริโภคมากที่สุดคิดเป็น 60-70 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำผลไม้ชนิดอื่นๆ (สมเกียรติ บุญศิริ, 2550) นอกจากนี้ น้ำผลไม้ได้รับความนิยมอีกชนิดหนึ่ง ได้แก่ น้ำสับปะรด เนื่องจากสับปะรดเป็นผลไม้ที่มีการปลูกมากที่สุดในประเทศไทย และนิยมนำมาแปรรูปเป็นน้ำผลไม้สดตลาดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ รวมทั้งน้ำสับปะรดและน้ำส้มเป็นน้ำผลไม้ที่มีการส่งออกเป็นอันดับหนึ่งและอันดับสองของประเทศ โดยมีมูลค่าการส่งออกประมาณ 5,500 ล้านบาท และ 200 ล้านบาท ตามลำดับ (ศูนย์สารสนเทศ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551)

จากการขยายตัวของการผลิตน้ำสับปะรดและน้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้มีการเร่งผลิตสับปะรดและส้มให้ได้ผลผลิตที่มากและคุณภาพดี จึงมีการใช้สารเคมีในการปลูกสูงขึ้น พบว่าการปลูกส้มในพื้นที่ประมาณ 100,000 ไร่ มีปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีมากกว่า 80 ล้านกิโลกรัมต่อปี และมีการใช้สารป้องกันและกำจัดแมลงมากกว่า 15 ชนิด ปริมาณ 600,000 กิโลกรัมต่อปี รวมทั้งมีการใช้สารกำจัดวัชพืชประมาณ 50,000 ลิตรต่อปี (สถาบันชุมชนเกษตรยั่งยืน มูลนิธิพัฒนาศักยภาพชุมชน, 2545) การผลิตปุ๋ยเคมีก่อให้เกิดศักยภาพการก่อให้เกิดโลกร้อน (GWP) จากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide, CO₂) ก๊าซมีเทน (Methane, CH₄) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (Nitrous oxide, N₂O) (อ้างโดย Beccali *et al.*, 2009) นอกจากนี้การใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช เช่น พาราควอต (Paraquat) ไดยูรอน (Diuron) อาร์มีทริน (Ametryn) และโบรมาซิล (Bromacil) เป็นต้น อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมในน้ำ และป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ

รวมทั้งมีผลต่อสุขภาพมนุษย์ เช่น ก่อให้เกิดแผลพุพอง ตาบวมอักเสบ และทำให้ประสิทธิภาพการมองเห็นลดลง (สุชาติ, 2550) หรือสารบางชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง นอกจากนี้สารกำจัดศัตรูพืชหลายชนิดมีการสลายตัวให้สารอันตราย หรือก๊าซเรือนกระจก เช่น สารไดยูรอนสลายตัวเป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ เป็นต้น สำหรับในขั้นตอนการผลิตน้ำผลไม้จะมีการใช้ทรัพยากร พลังงาน และก่อให้เกิดของเสีย ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยพบว่าโรงงานผลิตสับประรดกระป๋องและน้ำสับประรดมีของเสียสูงถึงร้อยละ 35 ของวัตถุดิบ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำเสียที่ปนเปื้อนสารอินทรีย์และกากของเสียประเภทสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย (BOD loading) ที่มากที่สุดของตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดของโรงงานที่ทำการตรวจวัดจากโรงงาน 10 แห่ง พบว่ามีค่าเท่ากับ 16 กิโลกรัมต่อตันผลิตภัณฑ์ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2554) รวมถึงการผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต และการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำ ซึ่งโรงงานส่วนใหญ่ใช้น้ำมันเตาเกรดซี ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ เช่น การเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide, SO₂) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxide, NO₂) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการบริโภคผลิตภัณฑ์ กำลังเป็นที่สนใจในระดับประเทศและระดับนานาชาติ เนื่องจากปัจจุบันการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางการค้า ไม่ได้พิจารณาเพียงประเด็นด้านราคาและคุณภาพเท่านั้น แต่ยังพิจารณาประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมร่วมด้วย เช่น การให้ความสำคัญกับปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการผลิตสินค้าโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ตามนโยบายสินค้าครบวงจร (Integrated Product Policy: IPP) ซึ่งเป็นมาตรการที่ครอบคลุมสินค้าทุกประเภทที่พิจารณาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต โดยพิจารณาตั้งแต่กระบวนการผลิตจนถึงการกำจัดของเสียขั้นสุดท้าย ในขณะเดียวกันผู้บริโภคเริ่มตระหนักถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และมีความต้องการบริโภคสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทำให้มีการพัฒนาฉลากสิ่งแวดล้อมเพื่อใช้เป็นเครื่องมือสื่อสารระหว่างผู้ผลิตกับผู้บริโภคเกี่ยวกับข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ โดยหลักการประเมินวัฏจักรชีวิตนั้นถูกนำมาใช้เป็นเทคนิคในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ในฉลากสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ฉลากสิ่งแวดล้อมประเภท 3 (Eco-Label Type III) และฉลากคาร์บอน (Carbon labelling)

จากบริบทดังกล่าวข้างต้น ทำให้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการวิจัยเพื่อพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์น้ำสับประรด

พร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกเป็นอันดับ 1 ของโลก และน้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นน้ำผลไม้ที่เป็นที่นิยมมากที่สุดของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ สำหรับเป็นข้อมูลให้โรงงานผลิตน้ำสับปะรด และน้ำส้มได้ทราบถึงปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และการปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อม ตลอดจนผลกระทบที่เกิดขึ้นจากทุกขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ อันนำไปสู่จำแนกแนวทางในการปรับปรุงสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อม โดยตลอดห่วงโซ่การผลิต อีกทั้งยังเป็นการได้มาซึ่งข้อมูลพื้นฐานที่จะใช้ในการสนับสนุนการตัดสินใจพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดและน้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ที่ติดฉลากสิ่งแวดล้อม อันเป็นการแสดงความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่สิ่งแวดล้อมและคำนึงถึงผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศ เพื่อสนับสนุนการผลิตและบริโภคที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพัฒนาอย่างยั่งยืนของเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทยต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อจำแนกและประเมินการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ พลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษ และของเสีย รวมทั้งการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำสับประรด และน้ำส้ม โดยตลอดวัฏจักรชีวิต
2. เพื่อจำแนกแนวทางในการปรับปรุงสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำสับประรด และน้ำส้ม
3. เพื่อให้ได้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจดำเนินการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 และลดการคาร์บอน

การตรวจเอกสาร

1. น้ำผลไม้

น้ำผลไม้จัดเป็นเครื่องดื่มที่มีประโยชน์ต่อร่างกายทั้งทางด้านโภชนาการและเสริมสร้างสุขภาพอนามัยต่อผู้บริโภค และเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเพราะมีส่วนประกอบของเกลือแร่และวิตามินต่างๆ โดยเฉพาะวิตามินซี นอกจากนี้ยังประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตประเภทน้ำตาล ได้แก่ กลูโคส ฟรุคโตส และซูโคส เป็นต้น รวมทั้งมีแร่ธาตุอื่นๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียม เหล็ก เป็นต้น โดยทั่วไปน้ำผลไม้มักมีส่วนประกอบของวิตามินซีประมาณ 1-3,000 มิลลิกรัมต่อน้ำผลไม้ 100 กรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและประเภทของน้ำผลไม้ ตลอดจนกระบวนการผลิต การเก็บรักษาและอุณหภูมิที่ใช้ โดยประเภทของน้ำผลไม้แบ่งได้ เป็น 7 ประเภท (จตุชัย, 2547) ดังนี้

1.1 น้ำผลไม้ชนิดใส เป็นน้ำผลไม้ธรรมชาติสกัดโดยการบีบคั้นออกจากเนื้อผลไม้และไม่มี การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบระหว่างการผลิตเป็นน้ำผลไม้พร้อมดื่ม

1.2 น้ำผลไม้ประเภทเครื่องดื่ม เป็นน้ำผลไม้ที่ดื่มได้ทันทีโดยอาจจะต้องมีการเปลี่ยนแปลง องค์ประกอบก่อนที่จะดื่มหรือไม่ก็ได้ ซึ่งจะมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำผลไม้แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับ ชนิดของน้ำผลไม้ที่นำมาเป็นวัตถุดิบและกรรมวิธีการผลิตของผู้ผลิต เช่น น้ำผลไม้พร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ น้ำสับปะรด น้ำส้ม น้ำองุ่น น้ำแอปเปิ้ล ถ้ามีส่วนผสมของน้ำผลไม้ร้อยละ 30-50 เรียกว่า น้ำผลไม้ปรุง (Nectar) เช่น น้ำมะม่วงปรุง หรือถ้ามีส่วนผสมของน้ำผลไม้ร้อยละ 6-30 เรียกว่า Fruit Juice Drink เป็นต้น

1.3 น้ำผลไม้หมัก (Fermentation Juice) เป็นน้ำผลไม้ที่ทำให้เกิดแอลกอฮอล์โดยยีสต์ ผลิตรสชาติที่ได้จะมีแอลกอฮอล์ปนอยู่ ตัวอย่างเช่น ไวน์องุ่น เป็นต้น

1.4 น้ำผลไม้ปั่นเนื้อผลไม้เข้มข้น (Fruit Puree) เป็นผลไม้ที่กรองเอาเนื้อผลไม้ที่บดละเอียด แล้วมารวมด้วย พร้อมกับเติมน้ำตาลเพื่อให้เกิดความหวาน มีลักษณะข้นเหมือนซूप เช่น น้ำปั่นเนื้อ ส้มเข้มข้น ใช้ทำเป็นอาหารเสริมทารก ใช้ในอุตสาหกรรมทำ ขนม ผลิตรสชาตินมและอื่นๆ เป็นต้น

1.5 น้ำผลไม้พร้อมดื่ม ผลิตโดยเอาผลไม้มาคั้นแล้วระเหยน้ำ ออกปั่นให้แห้งเป็นผงแล้วบรรจุอยู่ในภาชนะหรือถุง

1.6 น้ำผลไม้ปรุงแต่งกลิ่น ผลิตโดยใช้น้ำผลไม้มาผสมกับน้ำตาลและกรดมะนาว ใส่วัตถุแต่งกลิ่น มีทั้งชนิดพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ และชนิดที่ทำให้เข้มข้นโดยใช้น้ำตาลซึ่งมีส่วนผสมผลไม้อยู่ระหว่าง 5-10 เปอร์เซ็นต์

1.7 น้ำผลไม้เข้มข้น (Fruit Juice Concentrate) เป็นน้ำผลไม้ซึ่งถูกทำให้เข้มข้นโดยการระเหยเอาน้ำออกไปโดยใช้ความร้อนหรือความเย็น และยังไม่ได้ปรุงแต่ง เมื่อจะบริโภคต้องทำให้เจือจางก่อน น้ำผลไม้ชนิดนี้นิยมทำเพื่อการส่งออก หรือเพื่อใช้ในการเก็บไว้เพื่อผลิตขึ้นต่อไป ซึ่งสะดวกต่อการนำไปใช้และประหยัดค่าขนส่ง ส่วนใหญ่จะใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มต่างๆ เช่น ไอศกรีม โยเกิร์ต น้ำผลไม้พร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ เบเกอรี่ เป็นต้น

2. กระบวนการผลิตน้ำผลไม้พร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์

การผลิตน้ำผลไม้พร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ เริ่มตั้งแต่การเพาะปลูกผลไม้ คือ สับปะรด และส้มเขียวหวานเพื่อให้ได้เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ต่อมาจะขนส่งเข้าสู่โรงงานแปรรูปเพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำผลไม้พร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ และกระบวนการบรรจุในภาชนะบรรจุกล่องต่อไป โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 การผลิตวัตถุดิบผลไม้

2.1.1 การปลูกสับปะรด

ประเทศไทยมีศักยภาพในการปลูกสับปะรด (*Ananas conusus* (L.) Merr.) เนื่องจากมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมแก่การปลูก อีกทั้งการสนับสนุนจากรัฐบาลทั้งการปลูก การบริโภค และการแปรรูปเพื่อการส่งออก ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูก 6 แสนไร่ ในปี 2550 (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) และมีพื้นที่เก็บเกี่ยวสับปะรด 5.8 แสนไร่ มีผลผลิตสับปะรดสดเฉลี่ยประมาณ 2.3 ล้านตันต่อปี คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 3.9 ตันต่อไร่ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) โดยแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญ 5 อันดับแรก ได้แก่ ประจวบคีรีขันธ์ ราชบุรี เพชรบุรี ชลบุรี และ

กาญจนบุรี ซึ่งมีผลผลิตสับปะรดตลอดทั้งปี แต่ช่วงเดือนที่มีการเก็บเกี่ยวสูงสุด ได้แก่ เมษายน พฤษภาคม และพฤศจิกายน

สับปะรดเป็นพืชที่ทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี สามารถปลูกได้แทบทุกพื้นที่ในประเทศไทย สับปะรดจะเจริญได้ดีในอากาศที่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 23.9-29.4 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนอยู่ในช่วง 1,000-1,500 มิลลิเมตรต่อปี แต่ต้องตกกระจายสม่ำเสมอตลอดปี และมีความชื้นในอากาศสูง สับปะรดปลูกได้ในดินแทบทุกชนิดที่ระบายน้ำดี แต่เจริญได้ดีในดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินปนลูกรัง ดินทรายชายทะเล และชอบที่ลาดเท เช่น ที่ลาดเชิงเขา สภาพความเป็นกรด-ด่าง ของดินควรเป็นกรดเล็กน้อย คือ ตั้งแต่ 4.5-5.5 แต่ไม่เกิน 6.0 โดยพันธุ์สับปะรดที่นิยมปลูกมากในประเทศไทย มี 5 พันธุ์ ได้แก่ ปัตตาเวีย อินทรีชิด ขาว ภูเก็ตหรือสวี และนางแลหรือน้ำผึ้ง (ภาพที่ 1) แต่พันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรด คือพันธุ์ปัตตาเวีย หรือสับปะรดศรีราชา หรือที่เรียกกันในชื่ออื่นๆ เช่น ปรานบุรี สามร้อยยอด โดยมีแหล่งปลูกที่สำคัญ คือ ประจวบคีรีขันธ์ ชลบุรี เพชรบุรี ลำปาง ลักษณะทั่วไปของสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย คือ จะมีใบสีเขียวเข้ม และเป็นร่องตรงกลางผิวใบด้านบนเป็นมันเงา ส่วนใต้ใบจะมีสีออกเทาเงิน ตรงบริเวณกลางใบมักมีสีแดงอมน้ำตาล ขอบใบเรียบมีหนามเล็กน้อยบริเวณปลายใบ กลีบดอกสีม่วงอมน้ำเงิน ผลมีขนาดและรูปร่างต่างกันไป มีน้ำหนักผลอยู่ระหว่าง 2-6 กิโลกรัม แต่โดยปกติทั่วไปประมาณ 2.5 กิโลกรัม เปลือกผลเมื่อดิบสีเขียวกด้า เมื่อแก่จัดจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมส้มทางด้านล่างของผลประมาณครึ่งผล ก้านผลสั้นมีใ้ใหญ่เนื้อเหลืองอ่อนแต่จะเปลี่ยนเป็นสีเข้มในฤดูร้อน รสชาติดี



สับปะรดปัตตาเวีย



สับปะรดอินทรีชิด



สับปะรดขาว



สับปะรดภูเก็ต



สับปะรดนางแล

ภาพที่ 1 สับปะรดพันธุ์สับปะรดที่นิยมปลูกในประเทศไทย

การปลูกสับปะรดในประเทศไทยสามารถปลูกได้เกือบตลอดปี ยกเว้นช่วงฝนตกหนักติดต่อกันหลายวัน ซึ่งควรเตรียมดินให้เสร็จในเดือนธันวาคม และปลูกในเดือนมกราคม-

เมษายน ซึ่งมีแสงแดดจ้าและไม่มีฝนชุก แต่ดินยังมีความชุ่มชื้นเพียงพอแก่การเจริญเติบโตในระยะแรกอยู่ การเตรียมดินสำหรับการปลูกสับปะรด ต้องมีการปรับระดับให้เรียบเพื่อป้องกันน้ำท่วมขัง และควรไถดินให้ลึกเพื่อช่วยในการระบายน้ำและอากาศในดิน เนื่องจากสับปะรดเป็นพืชหลายฤดูคาดว่าจะรื้อแปลงปลูกใหม่กินเวลานานถึง 4-5 ปี ซึ่งจะเก็บผลได้ถึง 3 ครั้ง หากเป็นที่เปิดใหม่มักใช้รถไถคันรอกไม่ใหญ่ให้ไถลึกลงมาแล้วจุดไฟเผา หลังจากนั้นไถดินให้มีความลึก 20-30 เซนติเมตร และทำการไถพรวนอีก 2-3 ครั้ง จนซากพืชบริเวณไร่สับปะรดเป็นชั้นเล็กชั้นน้อยและปล่อยให้ย่อยสลายในดิน แล้วจึงปรับระดับให้เรียบเสมอ แล้วจึงไถดินให้ลึกถึงระดับ 40-50 เซนติเมตร เป็นการเปิดหน้าดินให้ลึกเพื่อระบายน้ำและอากาศ หากดินเป็นแปลงสับปะรดเก่า ใช้รถแทรกเตอร์ลากพรวน จานไถกลับไถมาจนดินและใบแหลกเป็นชั้นเล็กชั้นน้อยไถกลับเศษดินและใบสับปะรดนั้นลงในดิน ปล่อยทิ้งไว้ระยะหนึ่งเพื่อให้เน่าเปื่อยเป็นอินทรีย์วัตถุ และเป็นการปรับโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น แล้วจึงไถดินให้ลึก 40-50 เซนติเมตร และใช้พรวนจานไถอีกครั้งเมื่อใกล้ระยะเวลาที่จะปลูก โดยการปลูกสับปะรดในฤดูฝนควรฝังหน่อให้เอียง 45 องศา เพื่อป้องกันน้ำขังในซอก ถ้าปลูกในฤดูแล้งฝังหน่อให้ตั้งตรง หากมีเครื่องมือช่วยปลูกซึ่งเป็นเหล็กคล้ายมีดปลายแหลมช่วยเปิดหลุมจะทำให้สะดวกและรวดเร็วกว่าใช้จอบ การปลูกส่วนใหญ่มักปลูกเป็นแถวคู่ฝังหน่อให้ลึก 15-20 เซนติเมตร ใช้ระยะปลูกแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ สำหรับการปลูกเพื่อส่งโรงงานบรรจุกระป๋อง จะร่นระยะปลูกและเพิ่มจำนวนหน่อพันธุ์ที่ใช้ปลูกให้มากขึ้น เป็นการจำกัดขนาดของสับปะรด และไม่ให้มีส่วนเกินที่ไร้ประโยชน์เพิ่มขึ้น โดยระยะต้นในแถวคู่ห่างกัน 22 เซนติเมตร ระยะแถว 45 เซนติเมตร เว้นทางเดินระหว่างแถวกว้าง 75 เซนติเมตร ซึ่งต้องใช้หน่อพันธุ์มากถึง 12,000-13,000 หน่อต่อไร่

การเตรียมหน่อพันธุ์ก่อนปลูก จะเริ่มจากการคัดขนาดหน่อหรือจุก โดยควรปลูกหน่อหรือจุกที่มีขนาดเท่าๆ กัน ไว้ด้วยกันหรือแปลงเดียวกัน เนื่องจากจะทำให้การเติบโตของต้นสม่ำเสมอทั้งแปลง ส่งผลให้ง่ายต่อการใส่ปุ๋ย ดูแล และบำรุงรักษา รวมทั้งง่ายต่อการประเมินผลผลิตและเก็บเกี่ยว โดยหน่อขนาดกลางที่มีน้ำหนัก 500-700 กรัม และมีความสูง 50-75 เซนติเมตร และจุกขนาดกลางที่มีน้ำหนัก 200-300 กรัม เป็นขนาดหน่อและจุกที่เหมาะสมที่สุดในการปลูก หลังจากทำการคัดเลือกหน่อแล้วจะทำการชุบหน่อหรือจุกด้วยสารเคมีก่อนปลูก เพื่อเป็นการลดอัตราการสูญเสียจากโรคยอดเน่าหรือต้นเน่า โดยสารเคมีกันเชื้อราที่นิยมใช้ในการชุบหน่อคือ แคปตาโฟล (Captafol) เช่น ไดโฟลาแทน (Difolatan) 80 เปอร์เซนต์ ฟอสเอทอล อลูมินัม (Fosetyl-aluminum) เช่น อาลีเอท (Aliette) และเมตาแลกซิล (metalaxyI) เช่น ริโดมิล (Ridomil) หากพบเพลี้ยแป้งมากับหน่อพันธุ์จะมีการผสมสารฆ่าแมลงมาลาไธออนในสารชุบหน่อด้วย

หลังจากทำการปลูกหน่อพันธุ์จะต้องใส่ธาตุอาหารที่จำเป็น และมีการใช้ปุ๋ยเคมี โดยสับปะรดเป็นพืชที่ต้องการธาตุไนโตรเจน และโพแทสเซียมสูง ถ้าขาดไนโตรเจนจะทำให้ผลผลิตลดลงมาก และส่งผลให้ไม่เกิดหน่อและตะเกียง ซึ่งปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นแหล่งไนโตรเจนที่หาได้ง่ายและราคาไม่แพงนัก และถ้าสับปะรดขาดโพแทสเซียม ปลายใบจะไหม้ จะมีจุดไหม้ที่ใบแก่ ต่อมาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและเหี่ยวแห้งไป ผลมีขนาดเล็กสุกช้า และมีปริมาณกรดในเนื้อสับปะรดน้อยมาก โดยธาตุโพแทสเซียมนี้ได้จากปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตเป็นส่วนใหญ่ ความต้องการธาตุฟอสฟอรัสในสับปะรดนับว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับธาตุอาหารหลักทั้งสอง เพราะส่วนใหญ่ในดินมีฟอสฟอรัสเพียงพออยู่แล้ว แต่ถ้าในดินขาดธาตุฟอสฟอรัสแล้วจะทำให้ต้นไม่แข็งแรง หน่อและตะเกียงจะลดจำนวนลงมาก นอกจากนี้สับปะรดยังต้องการธาตุอาหารอื่นๆ เช่น เหล็ก ทองแดง และสังกะสี การป้องกันการขาดธาตุอาหารทั้งสามชนิด ทำได้โดยใช้สารละลาย เหล็กซัลเฟต สังกะสีซัลเฟตและทองแดงซัลเฟตฉีดพ่นให้ทั่วทั้งต้นและใบ นอกจากนี้ยังมีการใช้สารเคมีเร่งการออกดอกในสับปะรดเพื่อให้สับปะรดออกดอกเร็วและสม่ำเสมอ โดยสารเคมีที่ใช้เร่งดอกสับปะรดที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ เอทธิฟอน และ แคลเซียมคาร์ไบด์

ในการปลูกสับปะรดจะมีการควบคุมและกำจัดวัชพืช ซึ่งหากทำการควบคุมวัชพืชได้ดีผลผลิตจะเพิ่มมากขึ้นจากเดิมเป็น 4 เท่าตัว ในปัจจุบันนิยมใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชมากกว่าใช้แรงงานเพราะประหยัดและรวดเร็วกว่า โดยสารเคมีกำจัดวัชพืชที่นิยมใช้ในแปลงสับปะรด ได้แก่ ไดยูรอน (Diuron) เช่น คาร์แมกซ์ (Karmex) ซึ่งเป็นสารเคมีคุมวัชพืชใบกว้าง ได้ผลดี ใช้ฉีดพ่นก่อนวัชพืชจะงอก และ โบรมาซิล (Bromacil) เช่น โบรมิกซ์ (Bromix) ซึ่งเป็นสารเคมีฆ่าวัชพืชใบแคบได้ผลดีใช้ฉีดพ่นในแปลงสับปะรด เมื่อมีวัชพืชงอกขึ้นมาแล้วหรือจะใช้ทั้ง 2 ชนิดผสมกันโดยใช้โบรมาซิล 363 กรัม และไดยูรอน 363 กรัม ผสมน้ำฉีดพ่นในเนื้อที่ 1 ไร่ ฉีดทันทีหลังจากปลูกสับปะรดแล้ว สามารถควบคุมวัชพืชทั้งชนิดใบแคบและใบกว้างอื่น ๆ ได้นานถึง 4 เดือน (กิสณะ, 2551) ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การใช้สารกำจัดวัชพืชในไร่สับปะรด

วัชพืช	สารกำจัดวัชพืช ¹	อัตราการใช้ต่อไร่	วิธีการใช้/ข้อควรระวัง
วัชพืชฤดูเดียว - พาราควอต (27.6% คับบลิวดี)		300-600 มิลลิลิตร	พ่นก่อนการเตรียมดิน หรือ เมื่อมี วัชพืชขึ้นหนาแน่น ก่อนปลูกสับปะรด 5-7 วัน
- โบรมาซัล (80% คับบลิวดี)		500-600 กรัม	พ่นหลังปลูกก่อนวัชพืช
- ไดยูรอน (80% คับบลิวดี)		500-600 กรัม	งอก หรือวัชพืชมี 4-6 ใบ เมื่อดินมีความชื้น
วัชพืชฤดูเดียว - โบรมาซัล (80% คับบลิวดี) + อาร์มีทริน (80% คับบลิวดี) สัดส่วน 1:1		400-600 กรัม	พ่นหลังปลูกตั้งแต่วัชพืช งอก จนถึงออกดอก เมื่อ ดินมีความชื้น
วัชพืชข้ามปี - ไกลโฟเสท (48% คับบลิวดี)		600- 800 มิลลิลิตร	เมื่อวัชพืชขึ้นหนาแน่น พ่น ก่อนการเตรียมดินหรือ ปลูกสับปะรด 10-15 วัน

หมายเหตุ: ¹ ในวงเล็บ คือ เปอร์เซ็นต์สารออกฤทธิ์ และสูตรของสารกำจัดโรคพืช

ที่มา: กรมส่งเสริมการเกษตร (2551)

2.1.2 การปลูกส้ม

การปลูกส้มในประเทศไทยจะเน้นไปที่กลุ่มของส้มเขียวหวาน (Tangerine, *Citrus reticulata* Blanco.) เป็นสำคัญ เนื่องจากเป็นกลุ่มที่ตลาดมีความต้องการสูง และเป็นกลุ่มที่มีการเพาะปลูกในประเทศไทยมากที่สุด รวมทั้งเป็นพันธุ์ที่คนไทยนิยมบริโภคกันโดยทั่วไป (สิราภรณ์, 2549)

ส้มเขียวหวาน คือ ส้มเปลือกอ่อนชนิดหนึ่งในกลุ่มส้มแมนดาริน (Mandarins) สามารถปลูกในทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะภาคเหนือซึ่งมีอากาศหนาวเย็นจะช่วยให้ผิวของผลส้มมีสีเหลืองส้มมากขึ้น ซึ่งมีการปลูกมากในจังหวัดเชียงใหม่ กำแพงเพชร สุโขทัย เชียงราย และแพร่ ลักษณะทั่วของส้มเขียวหวานไปมีทรงพุ่มขนาดเล็ก ต้นสูงประมาณ 2.5-3 เมตร ชอบดินที่มี

สภาพความป็นกรด-ด่าง ประมาณ 5.7-6.9 โดยส้มเขียวหวานจะเริ่มให้ผลผลิตเมื่ออายุ 3 ปี และถ้ามีการดูแลรักษาอย่างดีจะให้ผลผลิตไม่ต่ำกว่า 15 ปี ระยะเก็บเกี่ยวของส้มเขียวหวานตั้งแต่ดอกบานถึงผลแก่จะประมาณ 8 เดือน ต้นส้มอายุ 10 ปี จะให้ผลผลิตประมาณ 150-180 กิโลกรัมต่อต้นต่อปี จำนวนเฉลี่ยของผลใน 1 กิโลกรัมจะมีประมาณ 8 ผล ปัจจุบันมีพื้นที่ให้ผลผลิต 2.7 แสนไร่ มีผลผลิตส้มเขียวหวานสดเฉลี่ยประมาณ 6.5 แสนตันต่อปีผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 2.4 ตันต่อไร่ ผลผลิตส้มเขียวหวานในประเทศไทยมีตลอดทั้งปี แต่ช่วงที่ให้ผลผลิตมากจะอยู่ระหว่างเดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) โดยพันธุ์ที่นิยมปลูก ได้แก่ (ภาพที่ 2)



ส้มเขียวหวานแหลมทอง



ส้มบางมด



ส้มโชกุน

ภาพที่ 2 ส้มเขียวหวานพันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทย

ก. ส้มเขียวหวานแหลมทอง เป็นสายพันธุ์ที่ปลูกกันอยู่เดิมในเขตจังหวัดราชบุรี มีรสชาติหวานจัดทรงพุ่มใหญ่ ออกดอกติดผลค่อนข้างยาก ผลขนาดปานกลาง

ข. ส้มบางมด เป็นพันธุ์ส้มเขียวหวานสายพันธุ์ที่ปลูกได้ทั่วไป โดยปลูกกันมาแต่เดิมในเขตบางมด บางขุนเทียน รสชาติหวานอมเปรี้ยวผลขนาดปานกลางทรงผลค่อนข้างกลมถึงแป้นเล็กน้อย ผิวสีเขียวอมเหลือง หรือเหลืองเข้ม (เมื่อปลูกทางภาคเหนือ) เนื้อผลสีส้ม ขานนึ่ง เป็นพันธุ์ที่ติดผลดก ปัจจุบันมีผู้นำไปปลูกในเขตอื่นแล้วเรียกชื่อต่างกันไป เช่น ส้มผิวทอง ส้มสีทอง เป็นต้น

ค. ส้มโชกุน ซึ่งเป็นพันธุ์ส้มเปลือกอ่อนที่กำลังได้รับความนิยม อาจรู้จักในนามของส้มสายน้ำผึ้ง หรือส้มเพชรยะลา เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะทรงต้นและขนาดต้นใกล้เคียงกับส้มเขียวหวาน แต่ทรงพุ่มค่อนข้างจะหนาแน่นกว่า ลักษณะกิ่งและใบตั้งชันมากกว่า ในขณะที่ส้มเขียวหวานลักษณะของกิ่งและใบจะห้อยลง ใบส้มโชกุนจะมีขนาดเล็กกว่าแต่สีเขียวเข้มกว่า ลักษณะผลจะใกล้เคียงกับส้มเขียวหวานแต่ผลจะมีสะดือเป็นเอกลักษณ์พิเศษ เนื้อมีลักษณะแน่น

ขานน้ำและให้น้ำสัปดาห์ เหมาะที่จะปลูกในภาคใต้ แต่ถ้าจะปลูกในภาคอื่น ควรมีการจัดการดิน และน้ำที่ดี ไม่ควรปลูกในดินเหนียว ซึ่งจะมีปัญหาการแตกของผลสูงมาก

การปลูกส้มเขียวหวาน เริ่มต้นจากการเตรียมพื้นที่ โดยถ้าเป็นพื้นที่ดอนจะทำการไถดินจำนวน 3 ครั้ง และปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของดินโดยใช้ปูนขาว จำนวน 1-2 ครั้ง ซึ่งในแต่ละครั้งจะมีการตากดิน 7-14 วัน จากนั้นปรับพื้นที่ให้เรียบและคราดเก็บเศษซาก รวงแห้ง วัชพืชออกจากแปลง ต่อมาจะทำการขึ้นแปลงเป็นลอนลูกฟูกตามแนวทิศเหนือ-ใต้ ขนาดกว้าง 3-4 เมตร สูง 50-70 เซนติเมตร ความยาวขึ้นกับพื้นที่ ระยะห่างระหว่างลอนลูกฟูก 2 เมตร โดยกำหนดระยะปลูกระหว่างต้น 4 เมตร และระหว่างแถว 6 เมตร สำหรับพื้นที่ลุ่ม จะทำการเตรียมพื้นที่โดยทำการยกร่องให้อยู่ในแนวทิศเหนือ-ใต้ โดยมีสันร่องกว้างประมาณ 6 เมตร และทำคูน้ำหรือร่องน้ำ กว้าง 1.5 เมตร ลึก 1.5 เมตร ก้นร่องกว้าง 70 เซนติเมตร และหลังร่องควรสูงจากระดับผิวน้ำอย่างน้อย 70 เซนติเมตร และทำการกำหนดระยะปลูกให้มีระยะห่างระหว่างต้น 3-4 เมตร

การเตรียมดินพันธุ์ ควรใช้ดินแม่ที่ปลอดโรค แข็งแรง เจริญเติบโตดี และให้ผลผลิตสูงสม่ำเสมอ หรือดินที่ได้จากการคดดา และควรเลือกชนิดดินต่อให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ปลูก และปลูกในช่วงต้นของฤดูฝน โดยขุดหลุมปลูกให้มีขนาดประมาณ $50 \times 50 \times 50$ เซนติเมตร ผสมดินด้วยปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยคอกจำนวน 10 กิโลกรัม และปุ๋ยหินฟอสเฟตจำนวน 500 กรัม และปุ๋ยสูตร 15-15-15 จำนวน 100 กรัม เข้าด้วยกัน แล้วใส่กลบลงในหลุม ทำการตากดินไว้ระยะหนึ่งจนดินยุบตัวลงที่ แล้วเติมดินลงไปอีกจนเต็มเสมอปากหลุม หลังจากนั้นใช้มือบีบวัสดุปลูกจนแตก กรีดดูออก และสัสดินที่ติดรากออกให้หมด วางพันธุ์โดยให้รากกระจายออกรอบข้าง แล้วทำการขุดดินมากลบรากจนมิดรอยต่อระหว่างรากกับลำต้น โดยกลบดินให้อยู่ในลักษณะลาดเอียงออกไปในรอบรัศมีประมาณ 1 เมตร (รูปกะทะคว่ำ) และทำการผูกต้นให้ติดกับไม้หลักเพื่อป้องกันลมโยก รดน้ำให้ชุ่ม ใช้วัสดุคลุมดินบริเวณโคนต้น เช่น ฟางข้าว หญ้าแห้ง ควรทำร่มเงาเพื่อช่วยพรางแสงแดด (ประพนธ์, 2551)

การดูแลรักษาด้านส้ม ควรหมั่นตัดแต่งกิ่งตั้งแต่เริ่มปลูกจนกระทั่งให้ผลผลิต และหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วต้องมีการตัดแต่งกิ่งส้มเขียวหวาน โดยตัดกิ่งแขนงที่รกทึบ ด้านล่างและกลางลำต้น ตัดกิ่งปลายยอดที่ห้อยลงชิดดินทิ้ง และตัดแต่งกิ่งที่อ่อนแอ กิ่งน้ำค้างออก และภายหลังตัดแต่งกิ่งให้ทาแผลด้วยคอปเปอร์ออกไซด์คลอไรด์ ปูนแดง หรือปูนขาวเพื่อป้องกันเชื้อรา นอกจากการตัดแต่งกิ่งแล้ว การให้น้ำต้นส้ม ควรให้น้ำ 20-40 ลิตรต่อต้นทันทีหลังการปลูก และ

ให้น้ำห่างจากครั้งแรก 2-3 วัน หลังจากนั้นให้น้ำทุก 2-5 วัน จนกว่าต้นส้มจะตั้งตัว และไม่ควรให้ต้นส้มขาดน้ำจนมีอาการเหี่ยว

การปลูกส้มให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการ จำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดิน โดยจะทำการวิเคราะห์ดินเพื่อให้ปุ๋ยตามอัตราที่เหมาะสม จะทำการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ต้นละ 10-20 กิโลกรัมสำหรับปีแรก และ 20-50 กิโลกรัม สำหรับปีที่ 2-4 โดยใส่ปีละครั้งในฤดูฝน และมีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-10-10 หรือ 25-7-7 หรือ 15-15-15 ผสม 46-0-0 (1:1) ปริมาณ 0.5-1 กิโลกรัมต่อต้นในปีแรก โดยแบ่งใส่ 4-6 เดือนต่อครั้ง และอัตรา 1-2 กิโลกรัมต่อต้น ในปีที่ 2-4 โดยใส่ปีละครั้งในช่วงปลายฤดูฝน สำหรับต้นส้มที่อายุ 4 ปี ขึ้นไป หรือเริ่มให้ผลผลิต จะมีการให้ปุ๋ยดังนี้คือ ก่อนออกดอก ให้ปุ๋ยสูตร 12-24-12 อัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น และพ่นปุ๋ยทางใบเพื่อเพิ่มธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม ระยะติดผล ให้ปุ๋ยธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมทางใบ ช่วงใกล้เก็บเกี่ยว ให้ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 1-2 กิโลกรัมต่อต้น และการให้ปุ๋ยหลังเก็บเกี่ยวจะให้ปุ๋ยสูตร 25-7-7 หรือ 15-15-15 ร่วมกับ 46-0-0 (1:1) ปริมาณ 1-3 กิโลกรัมต่อต้นพร้อมพ่นปุ๋ยทางใบ และให้ปุ๋ยอินทรีย์ 20-50 กิโลกรัมต่อต้น

นอกจากนี้ในการปลูกส้ม ต้องมีการใช้สารเคมีในป้องกันและกำจัดศัตรูพืช เพื่อกำจัดแมลงศัตรูพืชและวัชพืชต่างๆ โดยสารเคมีที่ใช้ เช่น อิมิดาโคลพริด (Imidacloprid) เมททามิโดฟอส (Methamidophos) คาร์บาริล (Carbaryl) คาร์โบซัลแฟน (Carbosulfan) โฟซาโลน (Phosalone) และมาลาไธออน (Malathion) เป็นต้น โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 การใช้ชีวอินทรีย์และสารป้องกันกำจัดแมลงและไรศัตรูส้มเขียวหวาน

แมลง/ไรศัตรูพืช	ชีวอินทรีย์/สารป้องกันกำจัดแมลงและไร	อัตราที่ใช้ ต่อน้ำ 20 ลิตร	วิธีการใช้/ข้อควรระวัง	หยุดใช้สารก่อน การเก็บเกี่ยว (วัน)
หนอนชอนใบส้ม	ฟลูเฟนอกซุรอน (5% อีซี)	6 มิลลิลิตร	สุ่มสำรวจยอดอ่อน 5	14
	อิมิดาโคลพริด (10% เอเอส)	8 มิลลิลิตร	ยอด/ต้น จำนวน 20 ต้น พ่นเมื่อพบการทำลาย เกิน 50%	

ตารางที่ 2 (ต่อ)

แมลง/ไรศัตรูพืช	ชีวภัณฑ์/สารป้องกันกำจัดแมลงและไร	อัตราที่ใช้ ต่อน้ำ 20 ลิตร	วิธีการใช้/ข้อควรระวัง	หยุดใช้สารก่อน การเก็บเกี่ยว (วัน)
เพลี้ยไฟพริก	อิมิดาโคลพริก (10% เอส)	10 มิลลิลิตร	สุมยอดอ่อนและผลอ่อน	14
	ฟิซาโลน (35% อีซี)	60 มิลลิลิตร	พ่นเมื่อพบการทำลายเกิน 20%	
เพลี้ยไก่แจ้	อิมิดาโคลพริก (10% เอส)	8 มิลลิลิตร	สุมยอดอ่อน เมื่อพบตัวเต็มวัยและตัวอ่อนลงทำลาย	
หนอนเจาะสมอฝ้าย	เชื้อแบคทีเรีย บาซิลลัส	60-80 กรัม	สุมสำรวจดอกตูมหรือยอดอ่อน พ่นเมื่อพบถูกทำลายเกิน 10%	1
	ทูลิงเจนซิส ชนิดผง			
	เชื้อไวรัส เอ็นพีวี	40 มิลลิลิตร		
	คลอร์ฟลูอาซูรอน (5% อีซี)	20 มิลลิลิตร		14
เพลี้ยอ่อน	คาโบซัลเฟน (20% อีซี)	40-50 มิลลิลิตร	สุมยอดอ่อนและใบอ่อน พ่นเมื่อพบถูกทำลายมากกว่า 30%	14
ไรแดงแอฟริกัน	โพพาร์โกด์ (30% คับบลิวพี)	30 กรัม	สุมสำรวจยอดส้ม 1-3	15
ไรเหลืองส้ม	อามีทราซ (20% อีซี)	30 มิลลิลิตร	ยอด/ต้น รอบนอกทรงพุ่ม พ่นเมื่อใบถูกทำลายมากเกิน 60% หรือผลอ่อนมากกว่า 20% ไม่ควรใช้สารฆ่าไรชนิด	
	โบโรโมโพโรไฟเลต (25% อีซี)			
	เฮกซีโทอะซอกซ์ (1.8% อีซี)	40 มิลลิลิตร		
ไรสนิมส้ม	กำมะถัน (80% คับบลิวพี)	60 กรัม		
	โพพาร์โกด์ (30% คับบลิวพี)	30 กรัม	ควรใช้สารฆ่าไรชนิด	
	อามีทราซ (20% อีซี)	30 มิลลิลิตร	เดี่ยวติดต่อกันนาน ควรใช้สลับเพื่อมิให้ไรสร้าง	
	ไพริดาเบน (20% คับบลิวพี)	10-15 กรัม	ความต้านทานต่อสารฆ่าไรเร็วเกินไป	

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2551)

ตารางที่ 3 การใช้สารกำจัดวัชพืชในสวนส้มเขียวหวาน

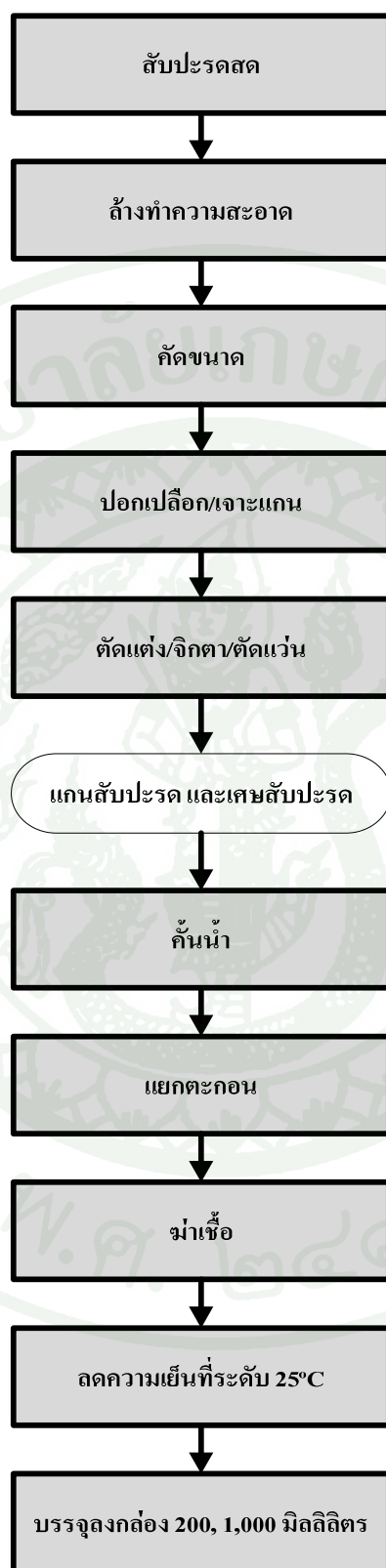
วัชพืช	สารกำจัดวัชพืช	อัตราการใช้น้ำ 20 ลิตร ¹	วิธีการใช้/ข้อควรระวัง
วัชพืชฤดูเดียว	พาราควอท (27.6% เอสแอล)	75-150 มิลลิลิตร	พ่นขณะวัชพืชเจริญเติบโตเต็มที่
วัชพืชข้ามปี	ไกลโฟเสท (48% เอสแอล)	125-150 มิลลิลิตร	และก่อนวัชพืชออกดอก ระวัง
	กลูโฟซิเนต		ละอองสารสัมผัสใบ และต้น
	แอมโมเนียม (15% เอสแอล)	400-500 มิลลิลิตร	ส้มเขียวหวาน

หมายเหตุ: ¹ จิตพ่นในอัตรา 80 ลิตรต่อพื้นที่ 1 ไร่

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2551)

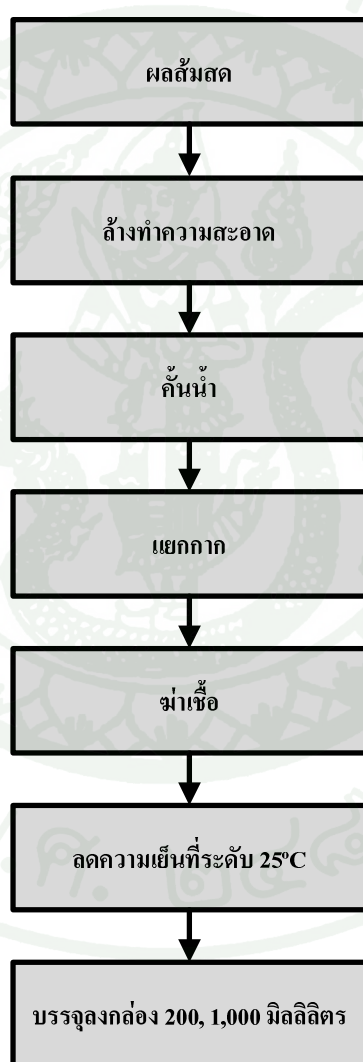
2.2 กระบวนการผลิตน้ำผลไม้

การผลิตน้ำสับประรดพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ เริ่มตั้งแต่รับสับประรดสดเข้าสู่โรงงาน โดยสับประรดจะถูกเทลงอ่างน้ำเพื่อล้างทำความสะอาด และลำเลียงต่อไปเพื่อทำการคัดขนาดผล สับประรด จากนั้นสับประรดจะถูกลำเลียงเข้าสู่เครื่องปอกเปลือกและเจาะแกน ซึ่งในขั้นตอนนี้จะได้น้ำสับประรดที่จะลำเลียงต่อไปยังขั้นตอนตัดแต่ง จิกตา และหั่นแว่น เพื่อทำการจิกตา หรือเปลือก สับประรดที่ยังติดค้างอยู่ในเนื้อสับประรด แกนและเศษที่แตกจากเปลือกสับประรด และเปลือกสับประรด หลังจากได้วัตถุดิบในการผลิตน้ำสับประรด ซึ่งได้แก่ แกนและเศษสับประรดที่ได้จากขั้นตอนการ ปอกเปลือกและเจาะแกน และเศษสับประรดที่ได้จากขั้นตอนการตัดแต่ง จิกตา และเจาะแว่น จะนำ วัตถุดิบที่ได้มาทำการคั้นน้ำโดยใช้สายพานคั้นน้ำ น้ำสับประรดที่ได้จะผ่านกระบวนการตกตะกอน เพื่อให้ได้น้ำสับประรดที่ปราศจากกากสับประรด ต่อมาจะทำการฆ่าเชื้อน้ำสับประรดโดยใช้ระบบ สเตอริไลเซชัน (Sterilization) และลดอุณหภูมิที่ระดับ 25 องศาเซลเซียส และทำการบรรจุ น้ำ สับประรดลงภาชนะบรรจุขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร (ภาพที่ 3)



ภาพที่ 3 กระบวนการผลิตน้ำสับปรีดพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการผลิตส้มเขียวหวานพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ จะเริ่มตั้งแต่การรับส้มเข้าสู่โรงงาน จากนั้นทำการล้างทำความสะอาดส้มโดยใช้น้ำยาฆ่าเชื้อ และน้ำสบู่วางกับการใช้แปรงขัดผลส้ม เพื่อดึงคราบสกปรก รวมทั้งสารตกค้างบนเปลือกส้ม ต่อมานำผลส้มที่ผ่านการล้างทำความสะอาดเข้าสู่กระบวนการคั้นน้ำส้ม ซึ่งเป็นการคั้นโดยไม่มีการปอกเปลือก น้ำส้มที่ได้เข้าสู่กระบวนการกรองเพื่อแยกกากส้มออกจากน้ำส้ม จากนั้นทำการฆ่าเชื้อโดยใช้ระบบสเตอริไลเซชัน และลดอุณหภูมิลงที่ระดับ 25 องศาเซลเซียส ขั้นสุดท้ายเป็นการบรรจุน้ำส้มลงภาชนะบรรจุขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 กระบวนการผลิตน้ำส้มเขียวหวานพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์

3. ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตน้ำสับปะรด และน้ำส้มเขียวหวาน

3.1 ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการเกษตรกรรม

การเกษตรกรรมที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการใช้ทรัพยากรน้ำและปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น ซึ่งการผลิตปุ๋ยเคมีก่อให้เกิดศักยภาพการก่อให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential) โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และก๊าซไนตรัสออกไซด์ นอกจากนี้การใช้ปุ๋ยเคมีเป็นสาเหตุของการปล่อยไนโตรเจน ในรูปของแอมโมเนียและไนโตรเจนไดออกไซด์ รวมทั้งการปนเปื้อนของไนเตรท โพแทสเซียม และฟอสฟอรัสลงสู่แหล่งน้ำ (อ้างโดย Beccali *et al.*, 2009)

3.1.1 สับปะรด

ในช่วงปี 2546-2550 การผลิตสับปะรดทั่วโลกเพิ่มขึ้นจาก 16.14 ล้านตันเป็น 18.36 ล้านตัน ประเทศบราซิลมีผลผลิตมากที่สุด 2.67 ล้านตัน คิดเป็น ร้อยละ 14.54 ประเทศไทยมีผลผลิตมากเป็นอันดับที่สอง คิดเป็น 2.3 ล้านตัน ในปี 2551 โดยมีพื้นที่เพาะปลูก 6 แสนไร่ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) ในปี 2550 ในการเพาะปลูกสับปะรด จำเป็นต้องใช้สารเคมีเป็นจำนวนมาก ตั้งแต่การขุดหน่อด้วยสารป้องกันเชื้อรา การใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (Nitrous oxide, N_2O) การใช้สารเอทิลฟอน (Ethylfon) เพื่อบังคับการออกดอก รวมทั้งการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช เช่น พาราควอต (Paraquat) ไดยูรอน (Diuron) อาร์มีทริน (Ametryn) และโบรมาซิล (Bromacil) โดยสารพาราควอตเป็นสารที่มีอันตรายร้ายแรงและละลายน้ำได้ดี ซึ่งสามารถปนเปื้อนไปสู่แหล่งน้ำ สาธารณะได้ง่าย ซึ่งอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมในน้ำ และถ้ามีผลต่อสุขภาพมนุษย์ โดยอาจก่อให้เกิดแผลพุพอง ตาบวมอักเสบ และทำให้ประสิทธิภาพการมองเห็นลดลง (สุชาติ, 2550) สารไดยูรอนส่งผลต่อสุขภาพมนุษย์โดยเป็นสารก่อมะเร็ง หากกลืนกินจะเป็นอันตรายและก่อให้เกิดผลเสียอย่างร้ายแรงต่อสุขภาพจากการได้รับสารเป็นเวลานาน รวมทั้งเป็นพิษอย่างมากต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อระยะยาวต่อสิ่งแวดล้อมในน้ำ นอกจากนี้ยังสลายตัวให้สารอันตรายได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจนคลอไรด์ และก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ สารอาร์มีทรินเมื่อสลายตัวจะก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ นอกจากนี้ยังสลายตัวเป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และไนโตรเจนออกไซด์ ซึ่งเป็นมลพิษทางอากาศ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) นอกจากนี้ยังมี

ประเด็นปัญหาเกี่ยวกับฝุ่นควันจากการเผาไร่สับปะรดหลังจากทำการเก็บเกี่ยวเพื่อเตรียมพื้นที่ในการปลูกในรอบต่อไป

3.1.2 สัมเขี้ยวหวาน

ในสิบปีที่ผ่านมาการผลิตส้มจากทั่วโลก มีการเติบโตจากประมาณ 60 ล้านตันต่อปี ในปี 1982 เป็น 103 ล้านตันต่อปี ในปี 2002 (อ้างโดย Beccali *et al.*, 2009) โดยประเทศบราซิลเป็นประเทศที่เพาะปลูกส้มมากที่สุดในโลก คิดเป็นประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ ของทั่วโลก ใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกทั้งสิ้นมากกว่า 8.2 แสนเฮกแตร์ และในประเทศไทยมีพื้นที่การเพาะปลูกส้มประมาณ 4.2 แสนไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550) การเพาะปลูกส้มจะมีการใช้น้ำมาก โดยเฉพาะในหน้าแล้งและส่งผลกระทบต่อพื้นที่ที่ขาดแคลนน้ำ ก่อให้เกิดการลดลงของทรัพยากรน้ำ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการลดลงของความหลากหลายทางชีวภาพ การเปลี่ยนแปลงความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิต และการลดลงของทรัพยากรในระบบนิเวศ นอกจากนี้ ความต้องการผลผลิตส้มที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้มีการใช้ปุ๋ยเคมี และสารกำจัดศัตรูพืชต่างๆ เพิ่มขึ้นเพื่อให้ได้ผลผลิตตามที่ต้องการ ซึ่งการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชส่งผลให้มีจำนวนของสิ่งมีชีวิตลดลง เนื่องจากเกิดการปนเปื้อนสารเคมีสู่สิ่งแวดล้อม (กองสุขาภิบาลชุมชนและประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ, 2547) และผลกระทบต่อสุขภาพที่เกิดจากการใช้สารเคมีในสวนส้ม โดยจะมีอาการของโรค 3 ระบบ คือ กลุ่มโรคระบบทางเดินหายใจ โรคระบบทางเดินอาหาร และโรคระบบกล้ามเนื้อและโรคผิวหนัง เช่น แสบจมูก หายใจขัดและถี่ คอแห้ง หนักตากระตุก มีตุ่ม ผื่นแดง ผื่นหนองและผิวหนังแตกสะเก็ด หมดสติ และเจ็บหลอด เป็นตะคริว รวมทั้งอาการแพ้ลูก และคลอดก่อนกำหนด (สถาบันชุมชนเกษตรกรรมยั่งยืน มูลนิธิพัฒนาศักยภาพชุมชน, 2549)

3.2 ประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตน้ำผลไม้

การผลิตน้ำผลไม้ส่งผลให้มีการใช้ทรัพยากร พลังงาน เพิ่มขึ้น และก่อให้เกิดของเสียมากขึ้นตามลำดับ โดยพบว่า โรงงานผลิตสับปะรดกระป๋องและน้ำสับปะรดมีของเสียสูงถึงร้อยละ 35 ของวัตถุดิบ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นน้ำเสียที่ปนเปื้อนสารอินทรีย์ และกากของเสียประเภทสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ และโดยค่าภาระความสกปรกของน้ำเสีย (BOD loading) ที่มากที่สุดของตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัดของโรงงานที่ทำการตรวจวัดจากโรงงาน 10 แห่ง พบว่ามีค่าเท่ากับ 16 กิโลกรัมต่อตันผลิตภัณฑ์ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2544) การผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในกระบวนการผลิต และการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อไอน้ำ ซึ่งโรงงานส่วนใหญ่ใช้

น้ำมันเตาเกรดซี ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ เช่น การเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide, SO_2) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (Nitrogen dioxide, NO_2) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide, CO_2)

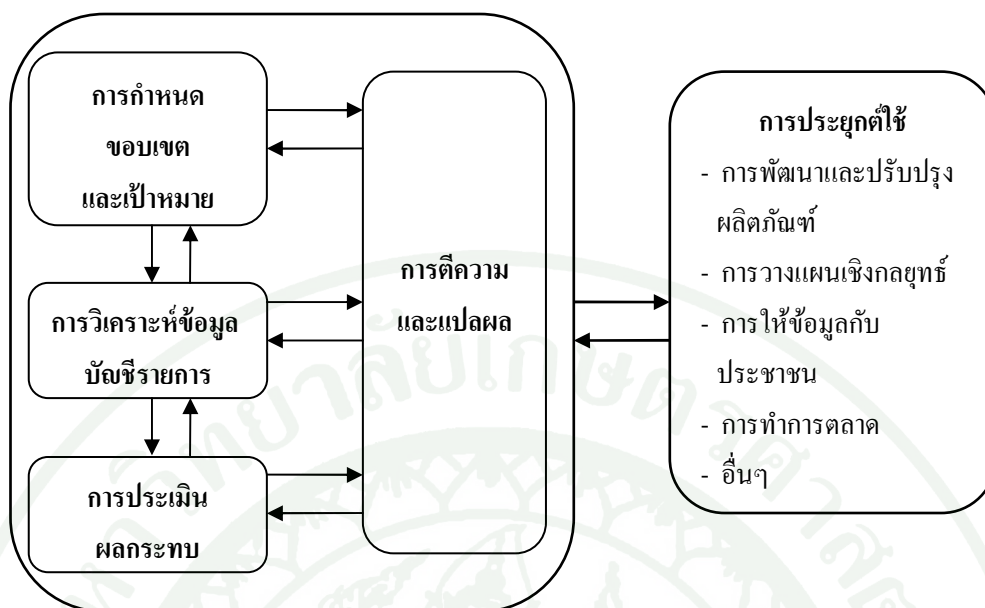
4. การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment)

การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment, LCA) คือ เครื่องมือในการจัดการสิ่งแวดล้อม เป็นการวิเคราะห์และประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเชิงของผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต หรือตั้งแต่เกิดจนตาย (cradle-to-grave) ครอบคลุมตั้งแต่ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า การจำหน่าย การใช้งานและการบำรุงรักษา การใช้ซ้ำและนำกลับมาใช้ใหม่ การจัดการของเสีย รวมทั้งการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอน โดยเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณวัตถุดิบ ทรัพยากร พลังงาน และสารเคมีที่ใช้ รวมทั้งปริมาณของเสียและมลพิษที่เกิดขึ้นโดยตลอดห่วงโซ่การผลิต เพื่อให้ทราบถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในทุกกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง และสามารถจำแนกหาแนวทางในการปรับปรุงสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา

ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยกรอบการดำเนินการวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (ภาพที่ 5) ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก (ISO 14040, 2006) คือ การกำหนดขอบเขตและวัตถุประสงค์การศึกษา การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการตีความและแปลผลการศึกษา โดยมีรายละเอียดการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนดังนี้

4.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and scope definition)

การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาเป็นขั้นตอนแรกในการประเมินวัฏจักรชีวิต โดยการกำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษา และระบุขอบเขตการศึกษาอย่างชัดเจน ซึ่งครอบคลุมทุกขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา ได้แก่ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ การผลิต การกระจายสินค้า การจำหน่าย การใช้งานและการบำรุงรักษา การใช้ซ้ำและนำกลับมาใช้ใหม่ การจัดการของเสีย รวมทั้งการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอน และมีการกำหนดหน่วยหน้าที่การทำงาน (Functional unit) โดยดูจากหน้าที่การใช้งานหลักของผลิตภัณฑ์ เพื่อเป็นปริมาณอ้างอิงสำหรับการวางแผนการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม และการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 5 กรอบวิธีปฏิบัติและหลักการดำเนินการประเมินวัฏจักรชีวิต

ที่มา: ISO 14040 (2006)

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory Analysis, LCI)

การวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม เป็นการรวบรวมและคำนวณข้อมูลที่ได้จากกระบวนการต่างๆ ตามที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา เริ่มจากการสร้างผังการไหลในทุกๆ ขั้นตอนของการผลิตผลิตภัณฑ์ จากนั้นจำแนกข้อมูลการใช้วัตถุดิบและพลังงาน รวมทั้งของเสียและมลพิษที่ปล่อยจากกิจกรรมการผลิตและขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอน เพื่อนำไปสู่การวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ต้องการใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นทำการตรวจสอบปริมาณของมวลสารขาเข้า-ขาออก และสมดุลของมวลสาร (Mass balance) โดยบันทึกข้อมูลในแผ่นตารางรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ซึ่งข้อมูลจากการจัดทำบัญชีรายการจะนำไปใช้ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนต่อไป

4.3 การปันส่วน (allocation)

การปันส่วนจะเกิดขึ้นเมื่อกระบวนการผลิตใดๆ มีผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 ชนิด เป็นการแบ่งส่วนปริมาณวัตถุดิบ พลังงาน รวมทั้งการปล่อยของเสียและมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมให้แก่ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ซึ่งผลรวมขาเข้าและสารขาออกที่ปันส่วนให้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ต้องเท่ากับสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการนั้นๆ ก่อนการปันส่วน โดยกฎการปันส่วนมีดังนี้

4.3.1 หลักเลียงการปันส่วน โดยแบ่งระบบผลิตภัณฑ์ที่ต้องการปันส่วนออกเป็น 2 กระบวนการย่อย ตามชนิดของผลิตภัณฑ์หลักและผลิตภัณฑ์ร่วม จากนั้นรวบรวมข้อมูลสารขาเข้าและสารขาออกที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการย่อยๆ เหล่านั้น หรือใช้วิธีการขยายระบบผลิตภัณฑ์เพื่อรวมผลิตภัณฑ์ร่วม (co-product) ให้อยู่ในขอบเขตผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา

4.3.2 ในกรณีที่ไม่สามารถหลักเลียงการปันส่วนได้ ให้ทำการปันส่วนสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการแก่ผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยพิจารณาความสัมพันธ์ทางกายภาพ และวัดออกมาในเชิงปริมาณ

4.3.3 ในกรณีที่ไม่สามารถปันส่วนโดยใช้ความสัมพันธ์ทางกายภาพได้ ให้ปันส่วนสารขาเข้าและสารขาออกของกระบวนการ โดยใช้ความสัมพันธ์อื่นๆ ระหว่างผลิตภัณฑ์ เช่น การปันส่วนโดยใช้ราคา

ตารางที่ 4 วิธีการคำนวณการปันส่วน (allocation) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงน้ำหนัก

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ	เปอร์เซ็นต์การปันส่วน
X	A	$\left[\frac{A}{A+B} \right] \times 100$
Y	B	$\left[\frac{B}{A+B} \right] \times 100$

ตารางที่ 5 วิธีการคำนวณการปันส่วน (allocation) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงเศรษฐศาสตร์

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ	ราคา	เปอร์เซ็นต์การปันส่วน
X	a	A	$\left[\frac{aA}{aA + bB} \right] \times 100$
Y	b	B	$\left[\frac{bB}{aA + bB} \right] \times 100$

4.4 การประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Impact Assessment, LCIA)

ขั้นตอนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม จะเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม มาคำนวณค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเริ่มจากการคัดเลือกกลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (ตารางที่ 5) ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา จากนั้นทำการจำแนกข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมให้เข้ากลุ่มผลกระทบที่ทำการคัดเลือก (Classification) แล้วทำการประเมินผลกระทบเชิงปริมาณโดยให้อยู่ในรูปของดัชนีชี้วัด เพื่อนำไปเทียบค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าวกับสารอ้างอิงพื้นฐาน (Equivalent or Characterization factors) นอกจากนี้ยังมีขั้นตอนการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เป็นทางเลือกให้ศึกษาเพิ่มเติม ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการศึกษา คือ การเทียบหน่วย (Normalization) เพื่อให้ทราบว่าผลิตภัณฑ์หรือกิจกรรมที่ศึกษาส่งผลกระทบในระดับโลก ระดับทวีป หรือระดับประเทศ เป็นค่าเท่าใด การจัดกลุ่ม (Grouping) เพื่อให้ทราบว่ากลุ่มผลกระทบใดมีความสำคัญหรือรุนแรงที่สุด การให้น้ำหนักความสำคัญ (Weighting) เพื่อให้ทราบว่ากลุ่มผลกระทบใดส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดหรือกลุ่มใดมีความสำคัญที่สุด และการวิเคราะห์คุณภาพของข้อมูล (Data quality analysis) เพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่สามารถเชื่อถือได้

ตารางที่ 6 ตัวอย่างกลุ่มผลกระทบต่องสิ่งแวดล้อมพื้นฐานที่ใช้ในการประเมินผลกระทบ
สิ่งแวดล้อม

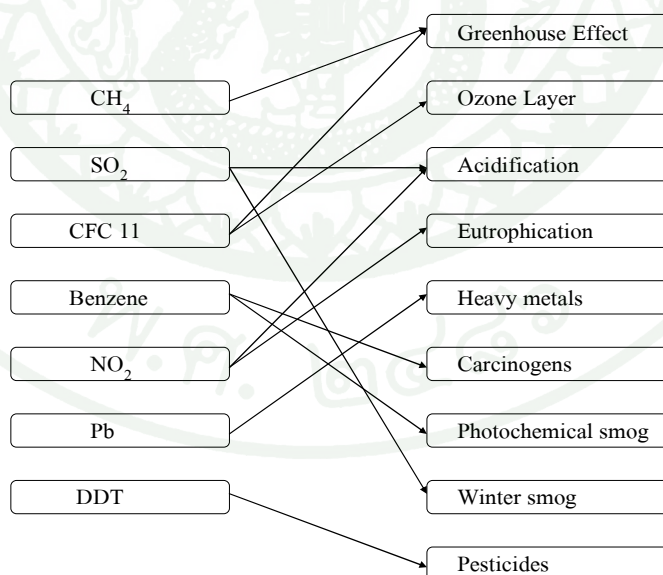
กลุ่มผลกระทบต่องสิ่งแวดล้อม	คำอธิบาย
ศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติประเภท ที่ไม่สามารถทดแทนได้ลดลง (Abiotic Depletion Potential)	การได้มาซึ่งวัตถุดิบประเภทที่ไม่สามารถทดแทนได้
ศักยภาพที่ทำให้ทรัพยากรพลังงานลดลง (Energy Depletion Potential)	การได้มาซึ่งแหล่งพลังงาน
ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential)	การดูดซับรังสีอินฟราเรดในบรรยากาศที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน
ศักยภาพในการทำให้โอโซนในชั้นบรรยากาศลดลง (Ozone Depletion Potential)	การลดลงของโอโซนในชั้นบรรยากาศ stratosphere ที่ทำให้อินฟราเรดต้องผ่านมายังโลกของเรามากขึ้น
ศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human Toxicity Potential)	การสัมผัสกับสารมลพิษทางน้ำ อากาศ และ ดิน ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์
การก่อให้เกิดความเป็นพิษทางบกและทางน้ำ (Aquatic/Terrestrial Ecotoxicity)	การสัมผัสกับสารมลพิษทางน้ำ อากาศ และ ดิน ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อพืชและสัตว์บนบกและในน้ำ
ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด (Acidification Potential)	การเกิดฝนที่มีสภาวะเป็นกรด
การออกซิเดชันที่เกิดจากปฏิกิริยาแสงเคมี (Photo-chemical Oxidation)	การก่อให้เกิดโอโซนในชั้นบรรยากาศ troposphere ที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ photochemical smog
การเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหาร (Eutrophication Potential)	การเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารในน้ำที่ทำให้ปรากฏการณ์เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืชนำไปสู่การลดลงของออกซิเจนในน้ำ

ที่มา: สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติและ
สำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (2549)

รายละเอียดวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์
ออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

4.4.1 การจำแนกข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Classification)

เป็นการจำแนกสารขาเข้าและสารขาออกในข้อมูลบัญชีรายการ
สิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ให้เข้ากลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ทำการคัดเลือกไว้ แต่สารบางชนิด
สามารถเป็นสาเหตุให้เกิดผลกระทบมากกว่า 1 ประเภท ก็จำเป็นต้องจำแนกสู่ทุกกลุ่มผลกระทบที่
สารนั้นก่อให้เกิด โดยกลไกการเกิดผลกระทบแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ ผลกระทบแบบคู่ขนาน
หมายถึง การที่สารก่อให้เกิดผลกระทบมากกว่า 1 ประเภท ขึ้นพร้อมๆ กัน เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ได
ออกไซด์ (SO_2) จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ และก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด และ
ผลกระทบแบบอนุกรมหรือแบบต่อเนื่อง หมายถึง การที่สารก่อให้เกิดผลกระทบมากกว่า 1
ประเภทขึ้นไป แต่ผลกระทบที่เกิดขึ้นไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมกัน แต่เกิดต่อเนื่องกันไป เช่น ก๊าซ
ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ก่อให้เกิดผลกระทบด้านการเกิดโอโซนในระดับพื้นดิน (Ground-level
ozone formation) ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ จากนั้นเมื่อระเหยขึ้นไปบนชั้นบรรยากาศ จะ
ก่อให้เกิดผลกระทบการเกิดโอโซนระดับชั้นบรรยากาศ และภาวะความเป็นกรด (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 การจำแนกสารตามประเภทของผลกระทบ

ที่มา: Goedkoop (1996)

4.4.2 การแปลงข้อมูลให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม (Characterization)

ขั้นตอนนี้เป็น การนำข้อมูลในการแสดงประเภทของผลกระทบให้อยู่ในเทอมของตัวบ่งชี้ (Indicator) โดยทำการแปลงข้อมูลปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกในการทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มเดียวกัน และทำการรวมค่าทั้งหมดของแต่ละผลกระทบสิ่งแวดล้อมของสารดังกล่าวกับสารอ้างอิงพื้นฐาน โดยคำนวณจากโมเดลที่อธิบายกลไกทางฟิสิกส์-เคมีและวิถีทางของสารมลพิษในสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ธรรมชาติที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล

โดยดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เลือกพิจารณาสามารถคำนวณได้ดัง
สมการ

$$EP_j = \sum (Q_i \times EF_{ij})$$

โดยที่ EP_j (environmental impact potential) คือ ค่าศักยภาพของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสำหรับผลกระทบประเภท j ใดๆ (kg substance equivalent)

Q_i (quantity of substance) คือ ปริมาณสารมลพิษ i ที่ปลดปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม (kg substance j)

EF_{ij} (equivalent factor) คือ ค่าเทียบเท่าของสาร i ที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม j (kg substance equivalent/kg substance j)

ตัวอย่างสมการที่ใช้คำนวณดัชนีชี้วัดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ใช้ในการพิจารณาครั้งนี้ ได้แก่ ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential) พิจารณาจากปริมาณก๊าซที่ดูดซับรังสีอินฟราเรดในชั้นบรรยากาศที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน คลอโรฟลูออโรคาร์บอนในตรัสออกไซด์ โดยมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นสารอ้างอิง คำนวณดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Global Warming Potential} = \sum_i GWP_i \times m_i$$

เมื่อ m_i คือ ปริมาณสารมลพิษ i ที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม (กิโลกรัม)

GWP_i คือ ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของสาร i (กิโกลกรัม, เทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์)

ตารางที่ 7 ตัวอย่างการคำนวณดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มผลกระทบศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน

ปริมาณที่ได้จากการ วิเคราะห์บัญชีรายการ	Characterization factors (e _{k,j}) (GWP ₁₀₀)	Global Warming Potential (E _k) (g CO ₂ eq)	
CO ₂ 0.15 กรัม	1	0.15 × 1	= 0.15
CH ₄ 0.005 กรัม	21	0.005 × 21	= 0.105
N ₂ O 0.14 กรัม	310	0.14 × 310	= 43.4
ผลรวมการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของผลิตภัณฑ์			= 43.7

ศักยภาพในการก่อให้เกิดความเป็นกรด (Acidification Potential) เป็นดัชนีที่ใช้บ่งชี้การเกิดฝนที่มีสภาวะเป็นกรด โดยพิจารณาจากปริมาณสารมลพิษที่มีอยู่ในอากาศ ได้แก่ สารซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรสออกไซด์และแอมโมเนีย ภาวะความเป็นกรดประเินจากความเป็กรดของสารโดยใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ซึ่งเป็นสารอ้างอิง โดยระดับความรุนแรงของความเป็นกรดขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบภาวะความเป็นกรดมีวิธีการคำนวณแสดงดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Acidification} = \sum i \text{ AP}_i \times m_i$$

เมื่อ m_i คือ ปริมาณสารมลพิษ i ที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม (กิโกลกรัม)

AP_i คือ ศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นกรดของสาร i (กิโกลกรัม, เทียบเท่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์)

ตารางที่ 8 ตัวอย่างการคำนวณดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มผลกระทบศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นกรด

ปริมาณที่ได้จากการ วิเคราะห์บัญชีรายการ	Characterization factors ($e_{k,j}$)	Acidification Potential (E_k) (g SO ₂ eq)	
SO ₂ 15 กรัม	1	15×1	= 15
NH ₃ 35 กรัม	1.6	35×1.6	= 56
NO ₂ 2 กรัม	0.5	2×0.5	= 1
ผลรวมการก่อให้เกิดความเป็นกรดของผลิตภัณฑ์			= 72

ศักยภาพในการก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ (Eutrophication Potential) เกิดขึ้นจากการที่ในแหล่งน้ำมีปริมาณธาตุอาหารสูง โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ภาวะดังกล่าวนี้ทำให้จำนวนสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำมีการเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนลดระดับลงอย่างรวดเร็ว ภาวะธาตุอาหารในน้ำเกินสมดุล ใช้ฟอสเฟต (Phosphate; PO₄³⁻) เป็นสารอ้างอิง โดยแสดงวิธีการคำนวณดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Eutrophication} = \sum_i E_{Pi} \times m_i$$

เมื่อ m_i คือ ปริมาณสารมลพิษ i ที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม (กิโลกรัม)

E_{Pi} คือ ศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะธาตุอาหารในน้ำเกินสมดุล ของสาร i (กิโลกรัม, เทียบเท่าฟอสเฟต)

ตารางที่ 9 ตัวอย่างการคำนวณดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มผลกระทบศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะธาตุอาหารในน้ำ

ปริมาณที่ได้จากการ วิเคราะห์บัญชีรายการ	Characterization factors ($e_{k,j}$)	Eutrophication Potential (E_k) (g PO ₄ ³⁻ eq)	
P 9 กรัม	1	9×1	= 9
N 35 กรัม	0.42	35×0.42	= 14.7
BOD 55 กรัม	0.00185	55×0.00185	= 0.1
ผลรวมการก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำของผลิตภัณฑ์			= 23.8

ศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human Toxicity Potential : HTP) คือ การสัมผัสกับสารมลพิษทางน้ำ อากาศ และดิน ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ เช่น สารดีดีที โทลูอิน เบนซีน โดยการอ้างอิงคิดเทียบกับปริมาณสารไดคลอโรเบนซีน 1 กิโลกรัม (1 kg-1,4 – dichlorobenzene equivalent)

$$HTP = \sum_i HTP_i \times m_i$$

เมื่อ m_i คือ ปริมาณสารมลพิษ i ที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม (กิโลกรัม)
 HTP_i คือ ศักยภาพในการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ของสาร i (กิโลกรัม, เทียบเท่า 1,4-ไดคลอโรเบนซีน)

ตารางที่ 10 ตัวอย่างการคำนวณดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มผลกระทบศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์

ปริมาณที่ได้จากการ วิเคราะห์บัญชีรายการ	Characterization factors ($e_{k,j}$)	Eutrophication Potential (E_k) (g PO_4^{3-} eq)	
ดีดีที 44 กิโลกรัม	110	44×110	= 4,840
โทลูอิน 545 กิโลกรัม	0.33	545×0.33	= 179.85
เบนซีน 0.78 กิโลกรัม	1,900	$0.78 \times 1,900$	= 1,482
ผลรวมการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ ของผลิตภัณฑ์			= 6,501.85

การประเมินผลกระทบการใช้ที่ดิน (Land Use) เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการการใช้ที่ดินทั้งหมด มีหน่วยเป็น $m^2 \cdot year$ โดยแสดงวิธีการคำนวณดังสมการต่อไปนี้

$$Land\ Use = a \times t$$

เมื่อ a คือ พื้นที่ดินที่ถูกใช้ไป (ตารางเมตร)
 t คือ ระยะเวลา (ปี)

4.4.3 วิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม

หลังจากการจำแนกข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ให้เข้ากลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่ทำการคัดเลือกไว้ จะทำการเลือกวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม โดยวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามลักษณะของผลกระทบที่ทำการประเมิน คือ ผลกระทบขั้นกลาง (Mid-point impact) และผลกระทบปลายทาง (End-point impact) โดยวิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมมีหลายวิธี ยกตัวอย่างเช่น

ก. วิธี CML 2 Baseline 2000

วิธีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม CML 2 Baseline 2000 เป็นวิธีการประเมินผลกระทบในภาพรวมโดยมีหลักการสำคัญ คือ การคำนึงถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบขั้นกลางจากการคำนวณผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการปล่อยสารต่างๆ แล้วนำมารวมเป็นโอกาสที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในแต่ละกลุ่มผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ กลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่นำมาพิจารณา ได้แก่ ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด (Acidification Potential, AP) ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ (Eutrophication Potential, EP) ศักยภาพในการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human Toxicity Potential, HTP) ศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ (Total Toxicity Potential, TTP) และการประ โยชน์ใช้ที่ที่ดิน (Land Use)

ข. วิธี Cumulative Energy Demand

การประเมินผลกระทบการใช้พลังงานด้วยวิธี Cumulative Energy Demand เป็นการประเมินผลกระทบจากการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งรวมถึงการใช้พลังงานทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การใช้พลังงานในการผลิตวัตถุดิบหรือพลังงานในการก่อสร้าง โดยกลุ่มผลกระทบของวิธีนี้แบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ การใช้ทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไปไม่สามารถทดแทนได้ (Non-renewable resource) และทรัพยากรที่เกิดขึ้นใหม่ได้ (Renewable resource) กลุ่มผลกระทบของวิธีนี้ ได้แก่

- 1) พลังงานชีวมวล พลังงานลม แสงอาทิตย์ และพลังงานน้ำ

- 2) พลังงานฟอสซิล เช่น ถ่านหิน น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ
- 3) พลังงานนิวเคลียร์ เช่น ยูเรเนียม
- 4) พลังงานชีวมวล เช่น ไม้ ผลิตภัณฑ์อาหาร ชีวมวลจากภาคเกษตรกรรม
- 5) พลังงานลม แสงอาทิตย์ ได้พิภพ เช่น พลังงานลม พลังงานอาทิตย์

ก. วิธี Eco-indicator

วิธี Eco-indicator เป็นการประเมินผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ระบบนิเวศ และการร่อยหรอของทรัพยากร โดยอาศัยการคูณปริมาณสารมลพิษที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมกับสัมประสิทธิ์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบสิ่งแวดล้อมเทียบกับสาอ้างอิงพื้นฐาน และทำการเทียบกับข้อมูลเฉลี่ยของยุโรปเพื่อหาค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมดังกล่าว จากนั้นเป็นการให้น้ำหนักความสำคัญเพื่อประเมินการก่อให้เกิดผลกระทบในแต่ละกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ง. วิธี Environmental Product System

วิธี Environmental Product System เป็นวิธีการหาขนาดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยการประเมินขนาดผลกระทบในแต่ละประเภทให้อยู่ในรูปหน่วยผลกระทบ (Unit effect) จากนั้นแปลงค่าหน่วยผลกระทบให้เป็นความเต็มใจในการจ่ายเงิน (Willingness to pay) เพื่อป้องกันปัญหาสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากหน่วยผลกระทบนั้นๆ

4.3 การแปลผลและตีความหมาย (Interpretation)

เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินผลกระทบ มาตีความและแปลผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะช่วยให้ทราบถึงขั้นตอนที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ขนาดและประเภทของผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงสามารถระบุแหล่งที่มาของประเด็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมนั้นได้ เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อมอย่างมีประสิทธิภาพ

5. งานวิจัยการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้

ประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตส้มแบบผสมผสานในประเทศสเปน โดยหน่วยน้ำหนักคือ ส้ม 1 กิโลกรัม พบว่าการผลิตปุ๋ยก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรดมากที่สุด 86 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการปล่อยของแอมโมเนียในการผลิตแอมโมเนียในเตา และทำให้ทรัพยากรธรรมชาติประเภทที่ไม่สามารถทดแทนได้ลดลง 84 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การผลิตปุ๋ยยังก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน และการออกซิเดชันที่เกิดจากปฏิกิริยาแสง-เคมี เท่ากับ 52 และ 42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีสาเหตุหลักจากกระบวนการเผาไหม้ รวมทั้งก่อให้เกิดการลดลงของโอโซน 25 เปอร์เซ็นต์ มีสาเหตุหลักมาจากการสร้างฮาโลน (Halon) 301 ระหว่างกระบวนการเผาไหม้ที่มีฟลูออไรด์และโบรมีน ในส่วนการผลิตและการใช้พลังงานสำหรับการรดน้ำและเครื่องจักรการเกษตรยังก่อให้เกิดการออกซิเดชันที่เกิดจากปฏิกิริยาแสง-เคมี และการลดลงของโอโซนคิดเป็น 33 และ 41 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สำหรับในขั้นตอนการปลูกส้มก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารมากที่สุด 99.9 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการปนเปื้อนของไนเตรทจากปุ๋ยเคมีลงสู่แหล่งน้ำ และก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์และความเป็นพิษทางบกคิดเป็น 96 และ 85 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยมีสาเหตุสำคัญมาจากการใช้ทองแดงในสารฆ่าเชื้อรา (Sanjuán *et al.*, 2003)

การประเมินการใช้ทรัพยากร พลังงาน และสารเคมีของการผลิตส้มที่นิยมปลูกเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้มเข้มข้นแช่แข็ง (Frozen concentrated orange juice, FCOL) ระหว่างปี 2002-2003 บริเวณพื้นที่ปลูกส้มหลักสองแห่งในประเทศบราซิล คือ ภาคเหนือและภาคใต้ของรัฐ Sao Paulo โดยเก็บข้อมูลจากไร่ส้ม จำนวน 23 แห่ง พบว่า มีการใช้พื้นที่ในการปลูกส้มตั้งแต่ 22-7,000 เฮกเตอร์ ความหนาแน่นในการปลูกระหว่าง 170-500 ต้นต่อเฮกเตอร์ และผลผลิตเฉลี่ยคิดเป็น 30,500 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ โดยขึ้นอยู่กับพื้นที่เพาะปลูก การผลิตส้ม 1,000 กิโลกรัม ต้องใช้พลังงาน 120-4,400 เมกะจูลส์ ใช้น้ำมันดีเซล 0.3-36 กิโลกรัม ใช้น้ำสำหรับการเพาะปลูก 1,100-54,500 กิโลกรัม ใช้ปุ๋ยเคมี (NPK) 0.3-65 กิโลกรัม ใช้สารกำจัดศัตรูพืช 0.1-13.5 กิโลกรัม และใช้สารปรับปรุงดิน 8-650 กิโลกรัม ซึ่งพบว่า มีเพียง 5 ฟาร์ม หรือคิดเป็น 21 เปอร์เซ็นต์ ของการปลูกส้มที่เป็นการปลูกส้มที่ดีมีคุณภาพ เช่น การใช้สารกำจัดศัตรูพืช ปุ๋ยเคมีและสารปรับปรุงดินน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าเฉลี่ย และมีการใช้ที่ดินมากกว่าค่าเฉลี่ยของการปลูกส้มในประเทศบราซิล (Coltro *et al.*, 2009)

การประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์จากส้มในประเทศอิตาลี โดยใช้มุมมอง “cradle-to-gate” เพื่อที่จะประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำส้ม และน้ำมะนาว พบว่าน้ำส้มมีความต้องการพลังงาน คิดเป็น 14 MJeq ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดโลกร้อน เท่ากับ 1 kg CO₂eq ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด เท่ากับ 9.4 g SO₂eq ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ เท่ากับ 2.3 g PO₄³⁻eq และ ค่าการทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ เท่ากับ 0.3 kg CFC-11eq สำหรับผลการประเมินวัฏจักรชีวิตน้ำมะนาว พบว่าค่าความต้องการพลังงานสูงขึ้น คิดเป็น 9.8 MJeq ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดโลกร้อน เท่ากับ 0.7 kg CO₂eq ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด เท่ากับ 7.6 g SO₂eq ค่าศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ เท่ากับ 1.4 g PO₄³⁻eq และ ค่าการทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ เท่ากับ 0.3 kg CFC-11eq (Beccali *et al.*, 2009)

การประเมินวัฏจักรชีวิตของแอปเปิ้ลในประเทศนอร์เวย์ พบว่าการใช้พลังงานในการเพาะปลูกแอปเปิ้ลแบบอินทรีย์มีค่าสูงกว่าการปลูกแอปเปิ้ลแบบผสมผสานในประเทศนอร์เวย์แลนด์ (Milà *et al.*, 2003) นอกจากนี้การผลิตแอปเปิ้ลภายในประเทศของสหภาพยุโรประหว่างฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อนมีการใช้พลังงานปฏิกิริยาเคมีใกล้เคียงกับแอปเปิ้ลที่นำเข้ามาจากประเทศนอร์เวย์แลนด์ และอเมริกาใต้ แต่ระหว่างฤดูใบไม้ร่วงและฤดูหนาว การใช้พลังงานปฏิกิริยาเคมีของแอปเปิ้ลที่นำเข้ามาจากประเทศนอร์เวย์แลนด์ และอเมริกาใต้สูงกว่าการผลิตแอปเปิ้ลภายในประเทศของสหภาพยุโรป (Milà *et al.*, 2007) สำหรับก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนในการปลูกแอปเปิ้ล มีค่าอยู่ระหว่าง 40 ถึงมากกว่า 100 g CO₂e/kg โดยสาเหตุหลักมาจากปริมาณ N₂O ที่มาจากการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกแอปเปิ้ลที่แตกต่างกัน

6. ฉลากสิ่งแวดล้อม

ฉลากสิ่งแวดล้อม (Eco-labelling หรือ Environmental Labelling) หมายถึง ข้อมูลที่แสดงบนผลิตภัณฑ์หรือภาชนะบรรจุที่แสดงข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมแก่ผู้บริโภค เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่เป็นส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า และเป็นการกระตุ้นให้เกิดการปรับปรุงสมรรถนะทางสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ โดยประเภทของฉลากสิ่งแวดล้อมตามที่กำหนดในมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม อนุกรม 14020 สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทได้แก่

6.1 ฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 1 (ISO 14020: Type I Environmental Labelling) หมายถึง ฉลากสิ่งแวดล้อมที่บ่งบอกความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ในรูปของตราสัญลักษณ์หรือตราที่ให้กับผลิตภัณฑ์ที่สอดคล้องกับเกณฑ์ข้อกำหนดที่ออกโดยหน่วยงานที่ไม่มีส่วนได้ส่วนเสีย (Third Party) และครอบคลุมเกณฑ์มากกว่าหนึ่งอย่างที่คำนึงถึงการพิจารณาโดยตลอดวัฏจักรชีวิต (Life cycle Consideration)

6.2 ฉลากสิ่งแวดล้อม ประเภทที่ 2 (ISO 14021: Type II Environmental Labelling – Self-Declared Environmental Claims) เป็นฉลากประเภทที่มีการประกาศด้วยตนเองเพื่อกล่าวอ้างว่าเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทนี้มักกล่าวอ้างความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในรูปของข้อความหรือตราโดยผู้ผลิต ผู้จัดจำหน่าย ผู้ค้า รวมทั้งผู้ส่งออก

6.3 ฉลากสิ่งแวดล้อม ประเภทที่ 3 (ISO 14025: Type III Environmental Declaration) เป็นการแสดงข้อมูลสิ่งแวดล้อมโดยรวม (Environmental Profile) ในรูปของตารางแสดงข้อมูลสิ่งแวดล้อมโดยละเอียดที่ได้มาจากการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life cycle assessment, LCA) ที่กำหนดไว้ในมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม อนุกรม 14040 ว่าด้วยการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ฉลากประเภทนี้ ยกตัวอย่างเช่น ฉลากคาร์บอน (Carbon labelling) เป็นต้น ซึ่งฉลากคาร์บอนเป็นการแสดงข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon footprint) ตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยแสดงผลอยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 equivalent)



ภาพที่ 7 ตัวอย่างฉลากสิ่งแวดล้อมในประเทศต่างๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินโครงการวิทยานิพนธ์นี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลตัวอย่างภาคสนาม

1.1 แผ่นตารางเก็บรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม

1.2 เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิต

2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์

2.2 โปรแกรมพร้อมดัดที่ใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิต (SimaPro, Version 7.1.8)

วิธีการ

วิธีการดำเนินการวิจัยอาศัยเทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นเครื่องมือวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเชิงปริมาณอย่างเป็นระบบโดยตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนามจากการสัมภาษณ์ผู้ผลิตและผู้ที่เกี่ยวข้องโดยตรงตลอดโซ่อุปทาน การตรวจวัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมเพื่อรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม โดยมีรายละเอียดการดำเนินการในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Goal and scope definition)

1.1 เป้าหมายและวัตถุประสงค์

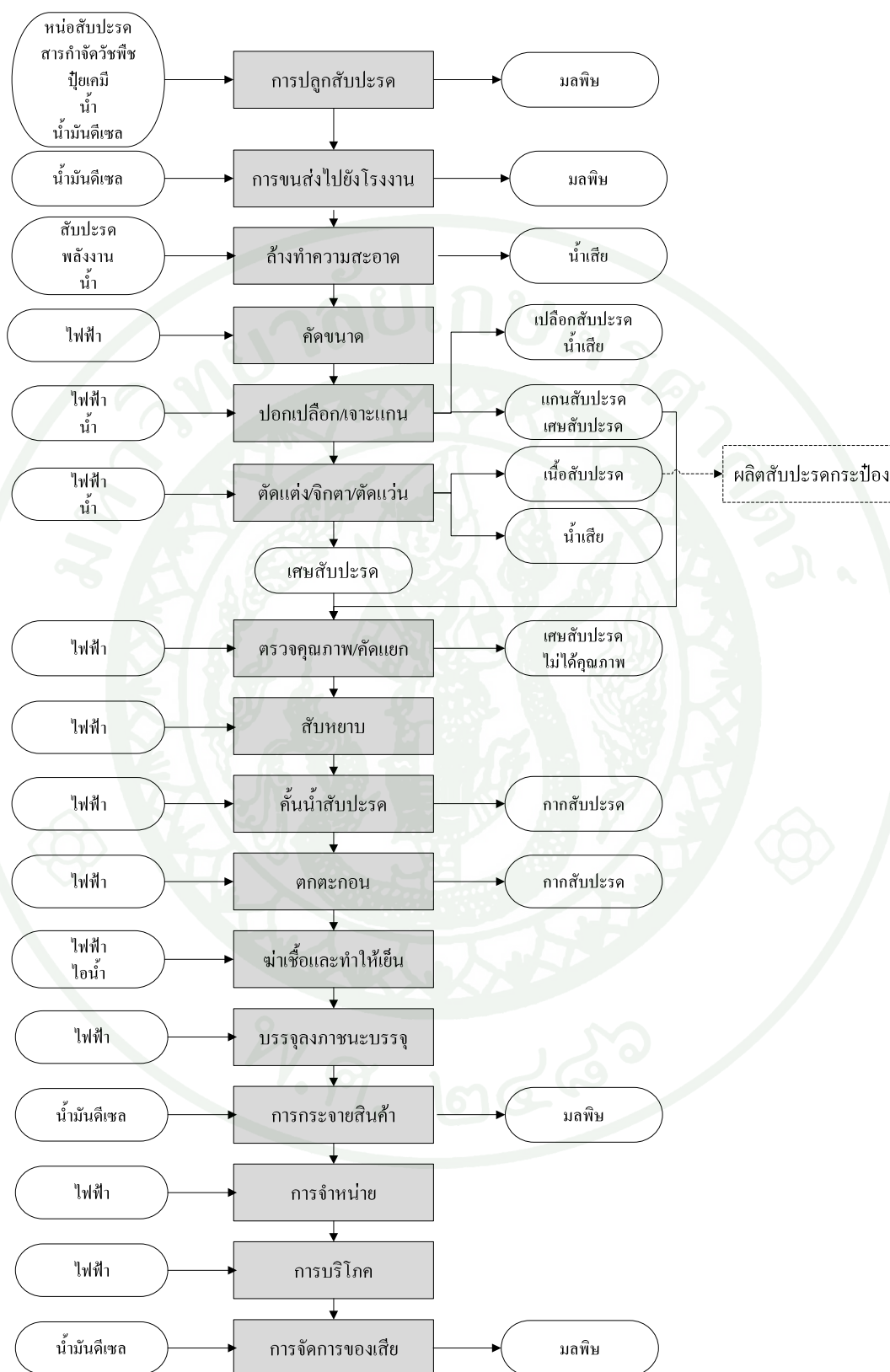
โครงการวิทยานิพนธ์นี้ มีเป้าหมายในการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเชิงปริมาณอย่างเป็นระบบ โดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรด และน้ำส้มเขียวหวาน พร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ในภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อขนาด 200 มิลลิลิตร และ 1,000 มิลลิลิตร โดยเป็นขนาดบรรจุที่มีจำหน่ายจริงและเป็นขนาดที่บริษัทผู้ผลิตน้ำผลไม้ นิยมผลิต เนื่องจากน้ำสับปะรดเป็นน้ำผลไม้ที่มีประเทศไทยส่งออกสูงสุดและน้ำส้มเขียวหวานเป็นน้ำผลไม้ที่มีการบริโภคสูงสุดในประเทศไทย และการขยายตัวของการผลิตน้ำสับปะรดและน้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ จึงมีการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และสารเคมีในการปลูกสูงและการผลิตสูงขึ้น ส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพมนุษย์สูงขึ้น โดยผลจากการวิจัยจะใช้เป็นข้อมูลสำหรับให้โรงงานผลิตน้ำสับปะรด และน้ำส้มได้ทราบถึงปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และการปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อม ตลอดจนผลกระทบที่เกิดขึ้นจากทุกขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ เพื่อจำแนกแนวทางในการปรับปรุงสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรด และน้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ โดยตลอดห่วงโซ่การผลิต เพื่อสนับสนุนการผลิตและบริโภคที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถจำแนกวัตถุประสงค์การศึกษาได้ดังนี้

1.1.1 เพื่อจำแนกและประเมินการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ พลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษและของเสีย รวมทั้งการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรด และผลิตภัณฑ์น้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 1 ลิตร ในภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อ ขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร และ 1,000 มิลลิลิตร โดยตลอดวัฏจักรชีวิต

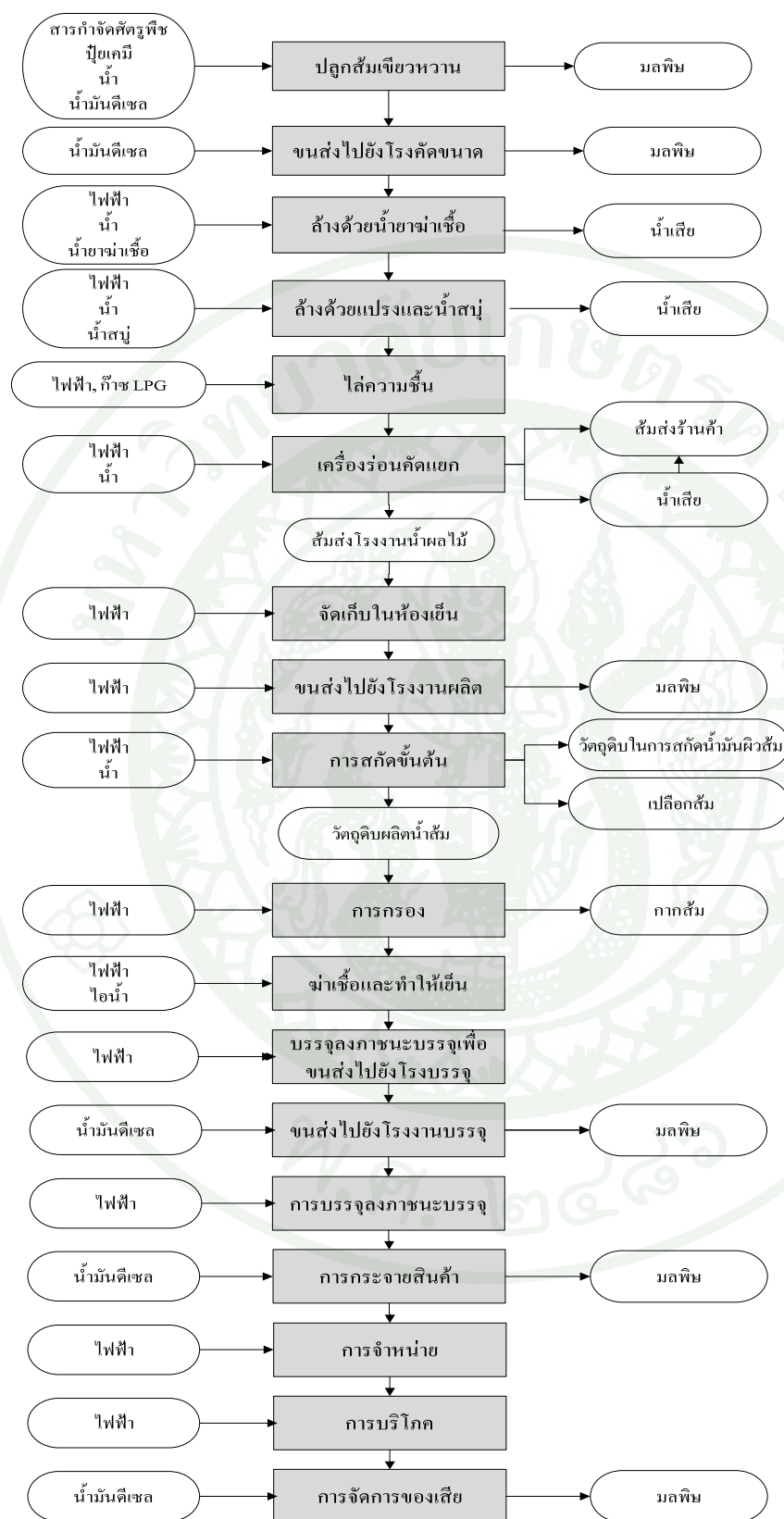
1.1.2 เพื่อประเมินและเปรียบเทียบผลกระทบเชิงสิ่งแวดล้อม ตลอดจนจำแนกแนวทางในการปรับปรุงสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรด และผลิตภัณฑ์น้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 1 ลิตร ในภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อ ขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร และ 1,000 มิลลิลิตร

1.2 ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต ครอบคลุมกิจกรรมการผลิตและบริโภค โดยตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรด และน้ำส้มเขียวหวาน ตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูก กระบวนการผลิตน้ำผลไม้ การผลิตภาชนะบรรจุเพื่อใช้ในการบรรจุและภาชนะบรรจุเพื่อการขนส่ง การบรรจุผลิตภัณฑ์ ตลอดจนการกระจายสินค้า การจัดจำหน่าย การบริโภค และการกำจัดขั้นสุดท้าย รวมถึงการผลิตปัจจัยการผลิตและการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอน (ภาพที่ 8 และ 9)



ภาพที่ 8 ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 9 ขอบเขตการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์น้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์

1.3 หน่วยหน้าที่การใช้งาน

ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดหน่วยหน้าที่การใช้งาน (Functional unit) คือ น้ำสับปะรด และน้ำส้มเขียวหวาน พร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 ลิตร

1.4 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการ

จากการกำหนดขอบเขตการศึกษาข้างต้น สามารถจำแนกข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการใช้ในการประเมินวัฏจักรชีวิต ได้แก่

1.4.1 ปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงาน ในขั้นตอนการปลูกสับปะรด และ ส้มเขียวหวาน

1.4.2 ปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการเกิดมลพิษจากการขนส่งวัตถุดิบ สับปะรด และส้มเขียวหวานไปยังโรงงานผลิตน้ำผลไม้

1.4.3 ปริมาณการใช้วัตถุดิบ และพลังงาน รวมทั้งปริมาณการเกิดมลพิษ และของเสีย ในขั้นตอนการผลิตน้ำสับปะรด และน้ำส้มเขียวหวาน ในภาชนะบรรจุกล่อง ขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร และ 1,000 มิลลิลิตร

1.4.4 ปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการเกิดมลพิษจากการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำ สับปะรด และผลิตภัณฑ์น้ำส้มเขียวหวาน ในภาชนะบรรจุกล่อง ขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร และ 1,000 มิลลิลิตร จากโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ไปยังร้านค้า

1.4.5 ปริมาณการใช้พลังงานและปริมาณการเกิดมลพิษจากการขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำ สับปะรด และผลิตภัณฑ์น้ำส้มเขียวหวาน ในภาชนะบรรจุกล่อง ขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร และ 1,000 มิลลิลิตร จากร้านค้าไปยังผู้บริโภค

1.4.6 ปริมาณการใช้วัตถุดิบ และพลังงาน ในระหว่างการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำ สับปะรด และน้ำส้มเขียวหวาน ในภาชนะบรรจุกล่อง ขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร และ 1,000 มิลลิลิตร

1.5 กลุ่มการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่พิจารณา

จากขั้นตอนการวิเคราะห์บัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อม จะทำให้ทราบรายละเอียดของการใช้ทรัพยากร พลังงาน สารเคมี และการปล่อยมลพิษทางสิ่งแวดล้อมทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการผลิตผลิตภัณฑ์ เพื่ออธิบายความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และทำให้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างระบบผลิตภัณฑ์กับผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้น การศึกษานี้กำหนดให้ใช้การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยวิธี CML 2 Baseline 2000 (Version 2.04) ซึ่งเป็นวิธีการประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการปล่อยมลพิษจากแหล่งผลิตสู่สิ่งแวดล้อม โดยเป็นการวิเคราะห์ผลกระทบขั้นกลาง (midpoint approach) เนื่องจากเป็นวิธีการประเมินผลกระทบในภาพรวม และมีการคำนึงถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากการปล่อยมลพิษ นอกจากนี้ทำการประเมินการใช้พลังงานโดยวิธี Cumulative Energy Demand (Version 1.05) โดยดัชนีชี้วัดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่นำมาใช้ประเมิน ได้แก่

1.5.1 ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential, GWP) เป็นดัชนีที่ใช้บ่งชี้ศักยภาพก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยพิจารณาปริมาณก๊าซที่ดูดซับรังสีอินฟราเรดในชั้นบรรยากาศที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน คลอโรฟลูออโรคาร์บอน ไนตรัสออกไซด์ มีหน่วยเป็น $\text{kg CO}_2\text{eq}$

1.5.2 ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด (Acidification Potential, AP) เป็นดัชนีที่ใช้บ่งชี้การเกิดฝนที่มีสภาวะเป็นกรด โดยพิจารณาจากปริมาณสารมลพิษที่มีอยู่ในอากาศ ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนตรัสออกไซด์ และแอมโมเนีย มีหน่วยเป็น $\text{kg SO}_2\text{eq}$

1.5.3 ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ (Eutrophication Potential, EP) เป็นดัชนีที่ใช้บ่งชี้การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำที่ทำให้ปรากฏการณ์เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืชนำไปสู่การลดลงของออกซิเจนในน้ำ โดยพิจารณาจากปริมาณสารมลพิษที่มีอยู่ในน้ำ ได้แก่ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และสารอินทรีย์ มีหน่วยเป็น $\text{kg PO}_4^{3-}\text{eq}$

1.5.4 ศักยภาพในการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human Toxicity Potential, HTP) การสัมผัสกับสารมลพิษทางน้ำ อากาศ และ ดิน ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ มีหน่วยเป็น kg 1,4-DBeq

1.5.5 ศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ (Total Toxicity Potential, TTP) การสัมผัสกับสารมลพิษทางน้ำ อากาศ และ ดิน ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อพืชและสัตว์บนบก และในน้ำ มีหน่วยเป็น kg 1,4-DBeq

1.5.6 การใช้ที่ดิน (Land Use) เป็นดัชนีที่ใช้อ้างอิงปริมาณการใช้พื้นที่ดิน มีหน่วยเป็น $m^2 \cdot year$

1.5.7 การใช้พลังงาน (Energy Use) โดยวิธี Cumulative Energy Demand โดยพิจารณาจากการคำนวณหาพลังงานที่ใช้ในการสกัดทรัพยากรพลังงานปฐมภูมิ มีหน่วยเป็น MJeq

2 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม (Life Cycle Inventory Data)

รวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม เริ่มจากการศึกษาค้นคว้า และทบทวนเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปลูกสับปะรดและส้ม การคั้นน้ำสับปะรดและน้ำส้ม ชนิดภาชนะบรรจุ และการบรรจุ หลังจากนั้นทำการสร้างผังการไหลของกระบวนการผลิต และออกแบบแผ่นรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม โดยแหล่งที่มาของข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลปฐมภูมิ และข้อมูลทุติยภูมิ

ข้อมูลปฐมภูมิสามารถรวบรวมได้จากระบบบันทึกข้อมูลหรือการสัมภาษณ์สอบถามจากเจ้าหน้าที่ของโรงงานผลิตและบริษัทผู้ค้าปัจจัยการผลิตที่สามารถเข้าถึงได้ รวมทั้งการตรวจวัดพลังงาน เช่น ข้อมูลการใช้ทรัพยากร พลังงาน และสารเคมี ในการเพาะปลูกส้มเขียวหวาน หรือ ข้อมูลการใช้วัตถุดิบและพลังงาน และปริมาณการเกิดของเสียจากกระบวนการผลิตน้ำสับปะรด เป็นต้น ส่วนข้อมูลทุติยภูมิ ได้จากข้อมูลที่มาจากฐานข้อมูลของประเทศไทย (National LCI databases) เช่น ฐานข้อมูลการปลูกสับปะรด (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553) หรือมาจากการรวบรวมข้อมูลงานวิจัยหรือบทความวิชาการที่ได้ตีพิมพ์ในวารสารที่เชื่อถือได้และเป็นที่ยอมรับ เช่น ข้อมูลการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2553) และข้อมูลการผลิตน้ำส้ม รวมทั้งฐานข้อมูลจากโปรแกรมสำเร็จรูป (SimaPro Version 7.1.8) เช่น ข้อมูลการผลิตวัตถุดิบต่างๆ (Buwal 250, 1996; Ecoinvent, 2008) และข้อมูลการจัดการของเสีย หลังจากนั้นทำการตรวจสอบปริมาณของมวลสารขาเข้า-ขาออก และสมดุลของมวลสาร (Mass balance) โดยรายละเอียดการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการศึกษา เป็นดังนี้

2.1 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์

2.1.1 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการปลูกสับปะรด

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการในขั้นตอนการปลูกสับปะรด ได้แก่ ได้แก่ ปริมาณสารขาเข้า และสารขาออกของการผลิต ตั้งแต่เมล็ดพันธุ์ การเตรียมดิน การเพาะปลูก การใส่ปุ๋ยและสารกำจัดศัตรูพืชตลอดระยะเวลาการเพาะปลูก และการใช้พลังงานในการเก็บเกี่ยวผลผลิต อ้างอิงจากฐานข้อมูลการปลูกสับปะรดของประเทศไทย (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2553) โดยข้อมูลการผลิตปุ๋ยเคมี สารกำจัดศัตรูพืช ใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล Ecoinvent (Frischknecht *et al.*, 2008) และน้ำมันดีเซลใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล Buwal 250 (Verpackungen, 1996)

2.1.2 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบสับปะรดจากไร่สับปะรดมายังโรงงานผลิตน้ำสับปะรด

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการในขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบสับปะรดจากไร่สับปะรดมายังโรงงานผลิตน้ำสับปะรด ได้แก่ ปริมาณการใช้พลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษจากการขนส่งวัตถุดิบสับปะรดไปยังโรงงานผลิตน้ำสับปะรดได้จากระบบจัดเก็บและรวบรวมข้อมูลของโรงงานผลิตน้ำสับปะรด โดยข้อมูลที่ทำกรเก็บรวบรวม ได้แก่ ชนิดยานพาหนะที่ทำการขนส่ง แหล่งที่มาของวัตถุดิบสับปะรด ซึ่งระยะทางการขนส่งในประเทศคำนวณโดยอาศัยข้อมูลจากกรมทางหลวง (<http://map-server.doh.go.th>) ส่วนข้อมูลชนิดและปริมาณมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นจากการขนส่ง อาศัยข้อมูลจากฐานข้อมูล Buwal 250 (Verpackungen, 1996)

2.1.3 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการผลิตน้ำสับปะรด

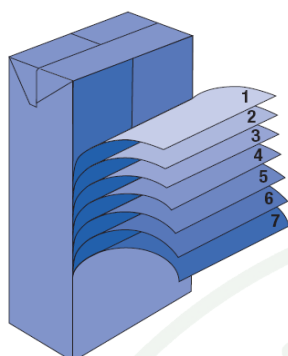
การผลิตน้ำสับปะรดเริ่มตั้งแต่การล้างทำความสะอาดสับปะรด และทำการคัดขนาด จากนั้นทำการปอกเปลือกและเจาะแกน แล้วเข้าสู่ขั้นตอนการตัดแต่ง จิกตา และตัดแวน ซึ่งเศษสับปะรดที่ได้จากขั้นตอนการปอกเปลือกและเจาะแกน และขั้นตอนการตัดแต่ง จิกตา และตัดแวน คือ วัตถุดิบที่นำมาผลิตน้ำสับปะรด โดยจะนำเศษสับปะรดที่ได้เข้าสู่ขั้นตอนการตรวจคุณภาพ และคัดแยกเศษสับปะรดที่ไม่ได้คุณภาพทิ้งไป จากนั้นจะนำเศษสับปะรดที่ผ่านขั้นตอนการตรวจ

คุณภาพและคัดแยกแล้วเข้าสู่ขั้นตอนการสับหยาบเพื่อให้ได้สับปะรดที่มีขนาดเล็ก สม่่าเสมอ และเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นจะเข้าสู่ขั้นตอนการคั้นน้ำสับปะรด และทำการแยกกากสับปะรดออก ต่อมา น้ำสับปะรดที่ได้จะทำการตกตะกอนเพื่อกำจัดกากสับปะรดที่ยังเจือปนอยู่ในน้ำสับปะรด จากนั้นจะ นำน้ำสับปะรดที่ได้มาทำการฆ่าเชื้อ โดยกระบวนการสเตอริไลเซชัน และทำให้เย็น และทำการบรรจุ ลงภาชนะบรรจุ และทำการเก็บรวบรวมเพื่อรอการขนส่งเพื่อกระจายสินค้าต่อไป

การรวบรวมปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษและของเสีย ในโรงงานผลิตน้ำสับปะรด จากระบบจัดเก็บและรวบรวมข้อมูลของโรงงานผลิตน้ำสับปะรด และการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต โดยข้อมูลที่ทำกรเก็บรวบรวม ได้แก่ ปริมาณการใช้สับปะรด ทรัพยากรน้ำ พลังงาน และสารเคมี ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษา และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ปริมาณของเสียที่เกิดขึ้น รวมทั้งปริมาณน้ำเสียและคุณภาพน้ำทิ้ง สำหรับข้อมูลในขั้นตอนการฆ่าเชื้อ การทำให้เย็น และการบรรจุลงภาชนะบรรจุ อาศัยข้อมูลทุติยภูมิจากการ ข้อมูลใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรที่ใช้ฆ่าเชื้อ และบรรจุ ข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย อาศัยข้อมูลทุติยภูมิจากรายงานประจำปี 2552 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2553) ข้อมูลการผลิตวัตถุดิบและสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ อาศัยฐานข้อมูล Buwal 250 (Verpackungen, 1996) และ Ecoinvent (Frischknecht *et al.*, 2008)

2.1.4 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ น้ำสับปะรด ขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร

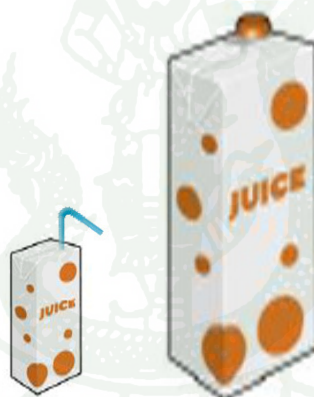
ภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อ มีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ กระดาษแข็ง แผ่นอลูมิเนียม และแผ่นพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ (Low Density Polyethylene, LDPE) ซึ่งผลิตโดยวิธีอัดรีด (Extrusion) และประกบเข้าด้วยกันโดยวิธีลามิเนต (Lamination) โดยแบ่งเป็นชั้นต่างๆ แสดงในภาพที่ 10



1. พอลิเอทิลีน สำหรับป้องกันของเหลว
2. พอลิเอทิลีน ชั้นพसान
3. แผ่นอลูมิเนียม สำหรับป้องกันออกซิเจน กลิ่น และแสง
4. พอลิเอทิลีน ชั้นพसान
5. กระดาษแข็ง สำหรับความคงตัวและความแข็งแรงของภาชนะ
6. ชั้นหมึกพิมพ์
7. พอลิเอทิลีน สำหรับป้องกันความชื้นจากภายนอก

ภาพที่ 10 ส่วนประกอบหลักของภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อ

ที่มา: Tetra Pak (2006)



ภาพที่ 11 ภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร

ที่มา: Tetra Pak (2006)

ปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษและของเสีย ในผลิตภาชนะบรรจุน้ำสับประค ขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร อาศัยข้อมูลวัตถุดิบของบริษัท Tetra Pak ที่รายงานโดย Jelse *et al.* (2009) และข้อมูลที่รายงานโดย Banar and Cokaygil (2008) ปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษและของเสีย ในผลิตภาชนะบรรจุวัตถุดิบเพื่อการขนส่ง อาศัยข้อมูลที่รายงานโดย Ongmongkolkul *et al.* (2002) และอาศัยฐานข้อมูลในโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อช่วยคำนวณในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (SimaPro, version 7.1.8)

2.1.5 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมในขั้นตอนการกระจายสินค้า
ผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมที่ต้องการ ได้แก่ ปริมาณการใช้พลังงาน และ
ปริมาณการเกิดมลพิษจากการจัดจำหน่ายน้ำสับปะรดไปยังศูนย์กระจายสินค้าได้ระบบรวบรวม
ข้อมูลของโรงงานผลิตน้ำสับปะรด โดยข้อมูลที่ทำกรเก็บรวบรวม ได้แก่ ชนิดยานพาหนะที่ทำการ
ขนส่ง และระยะทางไปยังศูนย์กระจายสินค้า ซึ่งระยะทางการขนส่งในประเทศคำนวณโดยอาศัย
ข้อมูลจากกรมทางหลวง (<http://map-server.doh.go.th>) ส่วนข้อมูลชนิดและปริมาณมลพิษอากาศที่
เกิดขึ้นจากการขนส่ง อาศัยข้อมูลจากฐานข้อมูล Buwal 250 (Verpackungen, 1996)

2.1.6 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมในขั้นตอนการจัดจำหน่าย
ผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรด ขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร และ 1,000 มิลลิลิตร

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมที่ต้องการ ได้แก่ ปริมาณการใช้วัตถุดิบ
พลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษและของเสียจากการจัดจำหน่ายน้ำสับปะรด โดยตั้งสมมติฐาน
ว่าน้ำสับปะรดแช่ในตู้แช่ในร้านค้าปลีกเป็นเวลา 2 วัน โดยคำนวณการใช้พลังงานจากการค่าการใช้
ไฟฟ้าของตู้แช่เครื่องดื่ม สำหรับข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย อาศัยข้อมูลทุก
ฎมิจาการงานประจำปี 2552 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่ง
ประเทศไทย, 2553)

2.1.7 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมในขั้นตอนการบริโภค
ผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรด ขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร และ 1,000 มิลลิลิตร

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมที่ต้องการ ได้แก่ ปริมาณการใช้วัตถุดิบ
พลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษและของเสียจากการบริโภคน้ำสับปะรด โดยตั้งสมมติฐานว่าน้ำ
สับปะรดแช่ในตู้เย็นเป็นเวลา 2 วัน อาศัยการคำนวณการใช้พลังงานจากการค่าการใช้ไฟฟ้าของ
ตู้เย็น โดยข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย อาศัยข้อมูลทุกฎมิจาการงานประจำปี
2552 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2553)
นอกจากนี้ทำการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดลอมในขั้นตอนการบริโภค แม้ว่าน้ำสับปะรด
พร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ผ่านการฆ่าเชื้อโดยระบบสเตอริไลซ์ ซึ่งไม่จำเป็นต้องแช่เย็นก่อนการ

บริโศก แต่การบริโศกน้ำผลไม้ของผู้บริโศกนิยมดื่มแบบแช่เย็น และบางกรณีมีการเติมน้ำแข็งก่อนการบริโศก จึงตั้งแบบจำลองสถานการณ์ของวิธีการบริโศก 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 การแช่เย็นน้ำสับประดในตู้เย็นเป็นเวลา 2 วันก่อนบริโศก กรณีที่ 2 การบริโศกน้ำสับประดที่ไม่แช่เย็นแต่ได้น้ำแข็ง กรณีที่ 3 การแช่เย็นน้ำสับประดเป็นเวลา 2 วัน และใส่น้ำแข็งปริมาณ 250 กรัมต่อลิตรก่อนบริโศก

2.1.8 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการจัดการของเสีย ภาชนะบรรจุ

ของเสียจากผลิตภัณฑ์น้ำสับประดพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ในภาชนะบรรจุ 200 และ 1,000 มิลลิลิตร คือ ภาชนะบรรจุน้ำสับประดหลังจากการบริโศก โดยตั้งสมมติฐานการจัดการของเสียในประเทศไทยเป็นการฝังกลบ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยข้อมูลการฝังกลบของประเทศไทย อาศัยข้อมูลทุติยภูมิจากรายงานประจำปี 2552 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

2.2 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำส้มเขียวหวานพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์

2.2.1 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการปลูกส้มเขียวหวาน

การปลูกส้มเขียวหวาน เริ่มตั้งแต่การเตรียมดินโดยการไถพรวนดิน และปรับสภาพดินให้เหมาะสมสำหรับการปลูกส้ม หลังจากนั้นจะนำต้นส้มที่ได้จากการติดตา หรือเสียบยอดแล้วมาปลูกในหลุมที่เตรียมไว้ หลังจากปลูกเป็นเวลา 4 ปี ต้นส้มจะให้ผลผลิต โดยที่อายุของต้นส้มขึ้นอยู่กับ การดูแลรักษา โดยทำการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในการปลูกส้มเป็นระยะเวลา 25 ปี เนื่องจากสวนส้มที่ทำการรวบรวมข้อมูลมีอายุ 25 ปี แต่การปลูกส้มจะให้ผลผลิตในปีที่ 4 ดังนั้นจึงต้องคำนวณสารขาเข้าและสารขาออกจากการปลูกทั้ง 25 ปี ซึ่งในระยะเวลาที่ปลูกจะมีการบำรุงรักษาต้นส้มอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอทุกปีโดยการให้ปุ๋ยและสารกำจัดวัชพืชต่างๆ การเก็บเกี่ยวส้มเขียวหวานจะใช้แรงงานคน โดยอายุการเก็บเกี่ยวของส้มเขียวหวานเท่ากับ 10 เดือน หลังจากเก็บเกี่ยวแล้วจะทำการขนส่งส้มไปยังโรงคัดขนาดส้ม เพื่อคัดขนาดส้มที่ต้องการเพื่อนำไปผลิตน้ำส้ม ในการศึกษาครั้งนี้ ดำเนินการรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมดังนี้

ก. รวบรวมปริมาณการใช้ทรัพยากรที่ดิน น้ำ พลังงาน ปุ๋ยเคมี สารบำรุงดิน สารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้ในการปลูกส้ม (ภาพที่ 11) จากแหล่งปลูกส้มเขียวหวานของบริษัท เชียงใหม่ธนาธร อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ โดยการสัมภาษณ์ และสอบถามข้อมูลที่ทางบริษัททำการบันทึกไว้ สำหรับข้อมูลการผลิตปุ๋ย สารกำจัดวัชพืช และน้ำมันเชื้อเพลิง ใช้ฐานข้อมูล Ecoinvent (Frischknecht *et al.*, 2008) และ Buwal 250 (Verpackungen, 1996)

ข. ขั้นตอนการขนส่งส้มเขียวหวานจากแหล่งผลิตมายังโรงงานคัดขนาด รวบรวมปริมาณการใช้พลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษจากการขนส่งส้มเขียวหวานจากไร่ส้มไปยังโรงงานคัดขนาดได้จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ของบริษัท โดยข้อมูลที่ทำการเก็บรวบรวม ได้แก่ ชนิดยานพาหนะที่ทำการขนส่ง และระยะทางการขนส่ง ซึ่งระยะทางการขนส่งในประเทศคำนวณโดยอาศัยข้อมูลจากกรมทางหลวง (<http://map-server.doh.go.th>) ส่วนข้อมูลชนิดและปริมาณมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นจากการขนส่ง อาศัยข้อมูลจากฐานข้อมูล Buwal 250 (Verpackungen, 1996)

ค. รวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของขั้นตอนการคัดขนาด โดยการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ฝ่ายพลังงานและควบคุมคุณภาพของโรงคัดขนาดส้ม โดยขั้นตอนการคัดขนาดส้มเขียวหวาน เริ่มตั้งแต่การขนย้ายส้มเข้าสู่กระบวนการคัดแยก โดยขั้นแรกเป็นการล้างทำความสะอาดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ จากนั้นล้างด้วยน้ำสบู่และขัดด้วยแปรง แล้วทำการไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส ต่อมาทำการร่อนคัดเกรดส้ม บรรจุลงตะกร้า และจัดเก็บในห้องเย็นเพื่อรอการขนส่งไปยังโรงงานผลิตน้ำส้มต่อไป (ภาพที่ 12)

2.2.2 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบส้มเขียวหวานจากแหล่งผลิตมายังโรงงานผลิตน้ำส้ม

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการ ได้แก่ ปริมาณการใช้พลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษจากการขนส่งวัตถุดิบส้มเขียวหวานไปยังโรงงานผลิตน้ำส้ม ได้จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ของบริษัทผลิตวัตถุดิบส้มเขียวหวาน โดยข้อมูลที่ทำการเก็บรวบรวม ได้แก่ ชนิดยานพาหนะที่ทำการขนส่ง และระยะทางการขนส่ง ซึ่งระยะทางการขนส่งในประเทศคำนวณโดยอาศัยข้อมูลจากกรมทางหลวง (<http://map-server.doh.go.th>) ส่วนข้อมูลชนิดและปริมาณมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นจากการขนส่ง อาศัยข้อมูลจากฐานข้อมูล Buwal 250 (Verpackungen, 1996)

2.2.3 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการผลิตน้ำส้ม

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการ ได้แก่ ปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษและของเสียในการผลิตน้ำส้ม อาศัยข้อมูลทุติยภูมิที่รายงานโดย Beccali *et al.* (2009) สำหรับข้อมูลในขั้นตอนการฆ่าเชื้อ การทำให้เย็น และการบรรจุลงภาชนะบรรจุ อาศัยข้อมูลทุติยภูมิจากการข้อมูลใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรที่ใช้ฆ่าเชื้อ และบรรจุ การรวบรวมปริมาณการใช้พลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษจากการขนส่งน้ำส้มจากโรงงานผลิตไปยังโรงงานบรรจุภาชนะบรรจุ ได้จากการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ของบริษัทผลิตน้ำส้ม โดยข้อมูลที่ทำให้การเก็บรวบรวม ได้แก่ ชนิดยานพาหนะที่ทำการขนส่ง และระยะทางการขนส่ง ซึ่งระยะทางการขนส่งในประเทศคำนวณโดยอาศัยข้อมูลจากกรมทางหลวง (<http://map-server.doh.go.th>) ส่วนข้อมูลชนิดและปริมาณมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นจากการขนส่ง อาศัยข้อมูลจากฐานข้อมูล Buwal 250 (Verpackungen, 1996) ในโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อช่วยคำนวณในการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิต (SimaPro, version 7.1.8) ข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย อาศัยข้อมูลทุติยภูมิจากรายงานประจำปี 2552 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และข้อมูลการผลิตวัตถุดิบและสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตน้ำส้ม จากฐานข้อมูล Ecoinvent (2008)

2.2.4 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อ ขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร

ปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษและของเสีย ในผลิตภาชนะบรรจุน้ำส้ม ขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร อาศัยข้อมูลทุติยภูมิของบริษัท Tetra Pak ที่รายงานโดย Jelse *et al.* (2009) และข้อมูลที่รายงานโดย Banar and Cokaygil (2008) ปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษและของเสีย ในผลิตภาชนะบรรจุทุติยภูมิเพื่อการขนส่ง อาศัยข้อมูลที่รายงานโดย Ongmongkolkul *et al.* (2004)

2.2.5 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการกระจายสินค้าผลิตภัณฑ์น้ำส้ม ขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการ ได้แก่ ปริมาณการใช้พลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษจากการจัดจำหน่ายน้ำส้มไปยังศูนย์กระจายสินค้าได้จากการสัมภาษณ์

เจ้าหน้าที่ของโรงงานผลิตน้ำสับปะรด โดยข้อมูลทำการเก็บรวบรวม ได้แก่ ชนิดยานพาหนะที่ทำการขนส่ง และศูนย์กระจายสินค้า ซึ่งระยะทางการขนส่งในประเทศคำนวณโดยอาศัยข้อมูลจากกรมทางหลวง (<http://map-server.doh.go.th>) ส่วนข้อมูลชนิดและปริมาณมลพิษอากาศที่เกิดขึ้นจากการขนส่ง อาศัยข้อมูลจากฐานข้อมูล Buwal 250 (Verpackungen, 1996)

2.2.6 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์น้ำส้มขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร และ 1,000 มิลลิลิตร

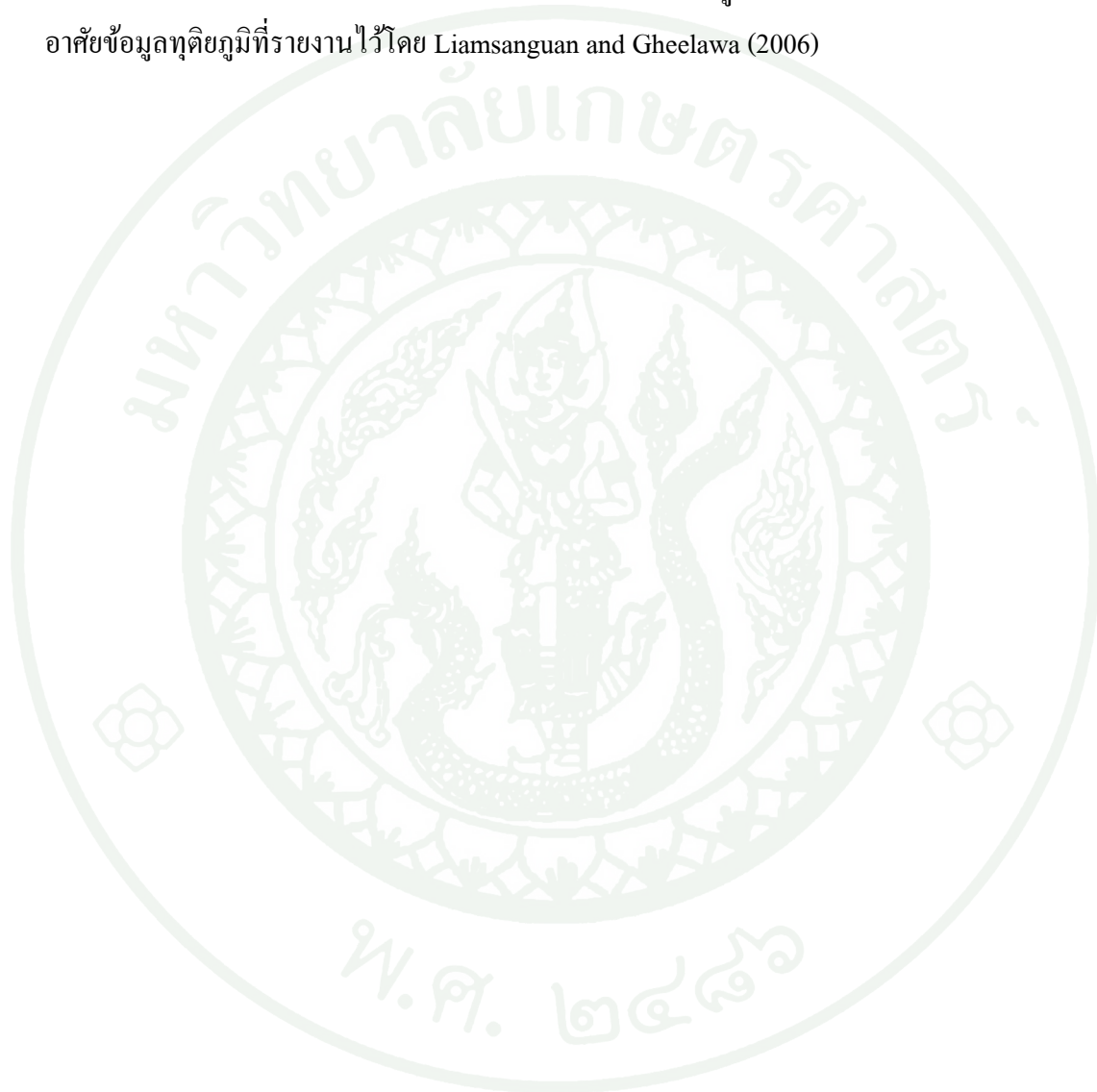
ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการ ได้แก่ ปริมาณการใช้วัตถุดิบพลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษและของเสียจากการจัดจำหน่ายน้ำส้ม โดยตั้งสมมติฐานว่า น้ำส้มแช่ในตู้แช่ในร้านปลีกเป็นเวลา 2 วัน อาศัยการคำนวณการใช้พลังงานจากการค่าการใช้ไฟฟ้าของตู้แช่เครื่องดื่ม โดยข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย อาศัยข้อมูลทศกัญมิจากรายงานประจำปี 2552 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2553)

2.2.7 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการบริโภคน้ำส้มขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร และ 1,000 มิลลิลิตร

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการ ได้แก่ ปริมาณการใช้วัตถุดิบพลังงาน และปริมาณการเกิดมลพิษและของเสียจากการบริโภคน้ำส้ม โดยตั้งสมมติฐานว่า น้ำส้มแช่ในตู้เย็นเป็นเวลา 2 วัน อาศัยการคำนวณการใช้พลังงานจากการค่าการใช้ไฟฟ้าของตู้เย็น โดยข้อมูลการผลิตพลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย อาศัยข้อมูลทศกัญมิจากรายงานประจำปี 2552 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2553) นอกจากนี้ทำการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการบริโภค เมื่อตั้งแบบจำลองสถานการณ์ของวิธีการบริโภค 3 กรณี คือ กรณีที่ 1 การแช่เย็นน้ำส้มในตู้เย็นเป็นเวลา 2 วันก่อนบริโภค กรณีที่ 2 การบริโภคน้ำส้มที่ใส่น้ำแข็ง กรณีที่ 3 การแช่เย็นน้ำส้มเป็นเวลา 2 วัน และใส่น้ำแข็งปริมาณ 250 กรัมต่อลิตรก่อนบริโภค

2.2.8 การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการจัดการของเสีย

ของเสียจากผลิตภัณฑ์น้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ในภาชนะบรรจุขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร คือ ภาชนะบรรจุน้ำส้มหลังจากการบริโภค โดยตั้งสมมติฐานการจัดการของเสียในประเทศไทยเป็นการฝังกลบ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยข้อมูลการฝังกลบของประเทศไทยอาศัยข้อมูลทุติยภูมิที่รายงานไว้โดย Liamsanguan and Gheelawa (2006)



ผลและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรด และน้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ในภาชนะบรรจุ 200 และ 1,000 มิลลิลิตร ซึ่งครอบคลุมขอบเขตตั้งแต่การปลูกพืชวัตถุดิบ การคั้นน้ำ การบรรจุ การกระจายสินค้า การจำหน่าย การบริโภค และการจัดการของเสีย รวมทั้งการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม

1.1 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์

1.1.1 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการปลูกสับปะรด

ข้อมูลการปลูกสับปะรดจากฐานข้อมูลของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งทำการเก็บรวบรวมปริมาณการใช้วัตถุดิบ สารเคมี และพลังงานที่ใช้ในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ การปลูก และการเก็บเกี่ยว และปริมาณผลผลิตที่ได้ โดยทำการคำนวณเป็นการใช้ทรัพยากรต่างๆ ในการผลิตสับปะรดจำนวน 1 ตัน (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการปลูกสับปะรด 1 ตัน

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
หน่อพันธุ์	802	หน่อ	สับปะรดสด	1	ตัน
ปุ๋ยสูตร 21-0-0	16.8	กิโลกรัม			
ปุ๋ยสูตร 15-15-15	10.9	กิโลกรัม			
ปุ๋ยสูตร 13-13-21	0.2	กิโลกรัม			
ปุ๋ยสูตร 13-3-43	0.3	กิโลกรัม			
ปุ๋ยสูตร 46-0-0	0.9	กิโลกรัม			
ปุ๋ยสูตร 0-0-60	4.6	กิโลกรัม			

ตารางที่ 11 (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
สารกำจัดวัชพืชไกลโฟเสท (Glyphosate)	33	มิลลิลิตร			
สารกำจัดวัชพืชพาราควอต (Paraquat)	2	มิลลิลิตร			
สารกำจัดวัชพืชโบรมาซิล (Bromacil)	126	กรัม			
สารกำจัดวัชพืชไดูรอน (Diuron)	244	กรัม			
สารกำจัดวัชพืชอะมีทรีน (Ametryn)	83	กรัม			
สารกำจัดวัชพืชโบรมาเท็กซ์ (Bromatex)	6	กรัม			
สารกำจัดวัชพืชไฮวาร์ เอ็กซ์ (Hyvar-X)	6	กรัม			
สารกำจัดวัชพืชไซแอมการ์ด (Siamguard)	7	กรัม			
แคลเซียมคาร์ไบด์ (CaC ₂)	450	กรัม			
สารบังคับออกผลเอธิฟอน (Ethephon)	666	มิลลิลิตร			
น้ำมันดีเซล	1.3	ลิตร			

ที่มา: กรมโรงงานอุตสาหกรรม (2553)

1.1.2 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบสับปะรดไปยังโรงงานผลิตน้ำสับปะรด

โรงงานผลิตน้ำสับปะรดมีการรับสับปะรดจากทุกภาคทั่วประเทศ แต่ส่วนใหญ่จะมาจากภาคตะวันตก โดยเฉพาะจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และเพชรบุรี โดยยานพาหนะที่ใช้ขนส่งสับปะรดใช้รถกระบะ รถบรรทุก 6 ล้อ และรถบรรทุก 10 ล้อ กิโลเมตร เป็นการบรรทุกเต็มน้ำหนัก และจากสถิติเปล่า โดยได้คำนวณระยะทางเฉลี่ยในแต่ละภาค และสัดส่วนการใช้ยานพาหนะชนิดต่างๆ แสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ข้อมูลการขนส่งสับปะรดไปยังโรงงานผู้ผลิตน้ำสับปะรด

ยานพาหนะ	ระยะทางการขนส่งเฉลี่ย (km)	สัดส่วนการขนส่ง (เปอร์เซ็นต์)
<u>ภาคเหนือ</u>		
รถกระบะ	675	5.72
รถบรรทุก 6 ล้อ 11 ตัน	675	7.15
รถบรรทุก 10 ล้อ 16 ตัน	675	1.43
<u>ภาคตะวันตก</u>		
รถกระบะ	73	33.62
รถบรรทุก 6 ล้อ	73	42.03
รถบรรทุก 10 ล้อ	73	8.41
<u>ภาคตะวันออก</u>		
รถกระบะ	381	0.33
รถบรรทุก 6 ล้อ	381	0.41
รถบรรทุก 10 ล้อ	381	0.08
<u>ภาคใต้</u>		
รถกระบะ	249	0.33
รถบรรทุก 6 ล้อ	249	0.41
รถบรรทุก 10 ล้อ	249	0.08
รวม		100.00

1.1.3 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการผลิตน้ำสับปะรด

การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการผลิตน้ำสับปะรด จะมีการรวบรวมในสองส่วนการผลิต คือ ส่วนแรก เป็นส่วนการผลิตวัตถุดิบของการผลิตน้ำสับปะรด ได้แก่ เศษและแกนสับปะรด ซึ่งมีกระบวนการร่วมกับการผลิตสับปะรดแปรรูป ตั้งแต่กระบวนการล้างทำความสะอาดถึงขั้นตอนการคัดแต่งจิกจาและตัดแวน ดังนั้นจึงต้องมีการปันส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในส่วนนี้ ส่วนที่สองเป็นส่วนของการผลิตน้ำสับปะรดพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ คือ ขั้นตอนการตรวจคุณภาพและคัดแยกถึงขั้นตอนการตกตะกอน (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตน้ำสับปะรด

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
<u>การล้างทำความสะอาด</u>					
สับปะรดสด	62.34	ตัน	สับปะรดสะอาด	62.34	ตัน
น้ำบาดาล	10	ลูกบาศก์เมตร	น้ำเสีย	10	ลูกบาศก์เมตร
พลังงานไฟฟ้า	153	กิโลวัตต์-ชั่วโมง			
<u>การคัดขนาด</u>					
สับปะรดสะอาด	62.34	ตัน	สับปะรดคัดขนาด	62.34	ตัน
พลังงานไฟฟ้า	6.6	กิโลวัตต์-ชั่วโมง			
<u>การปอกเปลือกและเจาะแกน</u>					
สับปะรดคัดขนาด	62.34	ตัน	เนื้อสับปะรด	15.7	ตัน
พลังงานไฟฟ้า	26	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	เปลือกสับปะรด	20.68	ตัน
น้ำบาดาล	43	ลูกบาศก์เมตร	แกนและเศษ		
			สับปะรด	25.96	ตัน
			น้ำเสีย	43	ลูกบาศก์เมตร
<u>ตัดแต่ง/จิกตา/ตัดแวน</u>					
เนื้อสับปะรด	15.7	ตัน	สับปะรดหั่นแวน	14.99	ตัน
พลังงานไฟฟ้า	685	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	เศษสับปะรด	0.71	ตัน
น้ำบาดาล	41	ลูกบาศก์เมตร	น้ำเสีย	41	ลูกบาศก์เมตร
<u>ตรวจคุณภาพและคัดแยก</u>					
			วัตถุดิบผลิตน้ำ		
แกนและเศษสับปะรด	26.67	ตัน	สับปะรด	26.28	ตัน
พลังงานไฟฟ้า	21	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	เศษสับปะรด	0.39	ตัน
<u>การสับหยาบ</u>					
วัตถุดิบผลิตน้ำสับปะรด	26.28	ตัน	สับปะรดสับหยาบ	26.28	ตัน
พลังงานไฟฟ้า	110	กิโลวัตต์-ชั่วโมง			

ตารางที่ 13 (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
<u>การคั้นน้ำสับปะรด</u>					
สับปะรดสับหยาบ	26.28	ตัน	น้ำสับปะรด	23.94	ตัน
พลังงานไฟฟ้า	524	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	กากสับปะรด	2.34	ตัน
<u>ตกตะกอน</u>					
น้ำสับปะรด	23.94	ตัน	น้ำสับปะรด	21.55	ตัน
พลังงานไฟฟ้า	338	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	กากสับปะรด	2.39	ตัน

หลังจากกระบวนการผลิตน้ำสับปะรด จะมีขั้นตอนการฆ่าเชื้อและทำให้เย็น จากนั้นเป็นขั้นตอนการบรรจุน้ำสับปะรดลงกล่องปลอดเชื้อ โดยข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมใน ขั้นตอนการฆ่าเชื้อและทำให้เย็น อาศัยข้อมูลจากการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าและไอน้ำจาก เครื่องสเตอริไรเซชันที่สามารถฆ่าเชื่อน้ำสับปะรดได้ 10 ตันต่อชั่วโมง โดยมีกำลังไฟฟ้า 7 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้ไอน้ำเท่ากับ 1200 กิโลกรัมไอน้ำต่อชั่วโมง โดยการผลิตไอน้ำ 1 ตัน ใช้น้ำ 1 ลูกบาศก์เมตร และน้ำมันเตา 72 ลิตร (ตารางที่ 14) สำหรับข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมใน ขั้นตอนการบรรจุน้ำสับปะรดลงกล่องปลอดเชื้อ คำนวณจากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่อง บรรจุน้ำผลไม้ โดยการบรรจุน้ำสับปะรดลงภาชนะบรรจุมีกำลังไฟฟ้า 50 กิโลวัตต์ สามารถบรรจุ น้ำส้มและปิดผนึกกล่องขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร ได้ 21,000 และ 7,000 กล่องต่อชั่วโมง (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 14 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการฆ่าเชื้อและทำให้เย็น

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
น้ำสับปะรด	21.55	ตัน	น้ำสับปะรดผ่านการฆ่าเชื้อ	21.55	ตัน
ไฟฟ้า	15	กิโลวัตต์-ชั่วโมง			
ไอน้ำ	2.6	ตัน			
น้ำหล่อเย็น	8594	ลิตร			

ตารางที่ 15 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการบรรจุน้ำสับประรดลงภาชนะบรรจุ

พารามิเตอร์	หน่วย	ภาชนะบรรจุ 1 ลิตร	ภาชนะบรรจุ 200 มิลลิลิตร
<u>สารขาเข้า</u>			
น้ำสับประรด	กิโลกรัม	21,550	21,550
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	154	257
<u>สารขาออก</u>			
ผลิตภัณฑ์น้ำสับประรด	กล่อง	20,524	102,619

การปันส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำสับประรด มีการคำนวณจากสองขั้นตอน คือ ขั้นตอนการปอกเปลือกและเจาะแกน และขั้นตอนการตัดแต่ง จิกตา และตัดแวน เนื่องจากวัตถุดิบในการผลิตน้ำสับประรดได้มาจากสองขั้นตอนนี้ โดยเป็นการปันส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงน้ำหนัก เนื่องจากการปันส่วนผลิตภัณฑ์ขั้นกลาง (Intermediate product) ที่มีการผลิตภายในโรงงานเดียวกัน ประกอบกับเปลือก แกน และเศษสับประรด น่าจะมีราคาค่อนข้างต่ำ จึงไม่มีการประเมินราคาภายในของโรงงาน (ตารางที่ 16 และ 17) ผลจากการคำนวณการปันส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น จากทั้งสองขั้นตอนจะนำไปคำนวณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในส่วนการผลิตวัตถุดิบของการผลิตน้ำสับประรด

ตารางที่ 16 วิธีการคำนวณการปันส่วน (allocation) โดยใช้วิธีการปันส่วนเชิงน้ำหนักในกระบวนการปอกเปลือกเจาะแกนสับประรด

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ (ตัน)	เปอร์เซ็นต์การปันส่วน
เนื้อสับประรด	15.7	$\left[\frac{15.7}{62.34} \right] \times 100 = 25\%$
เปลือกสับประรด	20.68	$\left[\frac{20.68}{62.34} \right] \times 100 = 33\%$
แกนและเศษสับประรด (วัตถุดิบผลิตน้ำสับประรด)	25.96	$\left[\frac{25.96}{62.34} \right] \times 100 = 42\%$

ตารางที่ 17 วิธีการคำนวณการปันส่วน (allocation) โดยใช้วิธีการปันส่วนเชิงน้ำหนักใน
กระบวนการตัดแต่ง จิกตา และตัดแวน

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ (ตัน)	เปอร์เซ็นต์การปันส่วน
สับประรดหั่นแวน	14.99	$\left[\frac{14.99}{15.7} \right] \times 100 = 95\%$
เศษสับประรด	0.71	$\left[\frac{0.71}{15.7} \right] \times 100 = 5\%$

1.1.4 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมในขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุน้ำสับประรด ขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร

ภาชนะบรรจุน้ำสับประรดประเภทกล่องปลอดเชื้อขนาดบรรจุ 1 ลิตร มีน้ำหนัก 31.70 กรัม โดยเป็นส่วนของตัวกล่อง 30.88 กรัม และส่วนของฝาที่ทำจากพลาสติกพอลิพรอพิลีน (Polypropylene, PP) 1.12 กรัม สำหรับกล่องปลอดเชื้อขนาด 200 มิลลิลิตร มีน้ำหนัก 10.98 กรัม คิดเป็นน้ำหนักตัวกล่อง 10.59 กรัม น้ำหนักหลอดดูดพลาสติกพอลิพรอพิลีน 0.37 กรัม และน้ำหนักของพลาสติกพอลิพรอพิลีน (Oriented Polypropylene, OPP) ที่ใช้บรรจุหลอดดูด 0.02 กรัม ซึ่งกล่องน้ำผลไม้แบบปลอดเชื้อ ประกอบด้วยกระดาษ 76.1 เปอร์เซ็นต์ พลาสติกโพลีเอทิลีน 19 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นอลูมิเนียม 4.8 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) สำหรับภาชนะบรรจุเพื่อการขนส่งได้แก่ กล่องกระดาษกระดาษลูกฟูก 2 ชั้น โดยกล่องกระดาษที่ใช้บรรจุน้ำส้มขนาด 1 ลิตร จำนวน 12 กล่อง มีขนาดบรรจุ $31.0 \times 22.6 \times 26.5$ ซม. = 4,242 ลบ.ซม. และกล่องกระดาษที่ใช้บรรจุน้ำส้มขนาด 200 มิลลิลิตร จำนวน 24 กล่อง มีขนาดบรรจุ $31.7 \times 17.6 \times 13.2$ ซม. = 2,417.36 ลบ.ซม. เมื่อนำมาคำนวณเทียบกับข้อมูลกล่องกระดาษลูกฟูก 2 ชั้น ที่รายงานโดย Ongmongkolkul *et al.* (2002) ที่มีขนาดบรรจุ $40 \times 30 \times 20$ ซม. = 5,200 ลบ.ซม. บรรจุได้ 21 ลิตร น้ำหนัก 0.66 กิโลกรัม ที่สามารถใช้งานได้ 10 ครั้ง พบว่าน้ำหนักกล่องกระดาษลูกฟูกที่ใช้ขนส่งน้ำส้มขนาด 200 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 30.72 กรัมต่อ 24 กล่อง และน้ำหนักกล่องกระดาษที่ใช้ขนส่งน้ำส้มขนาด 1,000 มิลลิลิตร เท่ากับ 53.88 กรัมต่อ 12 กล่อง

1.1.5 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการกระจายสินค้าผลิตภัณฑ์น้ำ สับปะรด

การจัดจำหน่ายน้ำสับปะรดจากโรงงานผลิตน้ำสับปะรด อ.ปรางบุรี จ. ประจวบคีรีขันธ์ ไปยังศูนย์กระจายสินค้า เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร ระยะทาง 77 กิโลเมตร เป็นการขนส่งโดยรถบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุก 16 ตัน เป็นการบรรทุกเต็มน้ำหนัก และขากลับ บรรทุกสินค้าอื่น (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการจัดจำหน่ายน้ำสับปะรด

เส้นทางการขนส่ง	ยานพาหนะ	ระยะทาง
อ.ปรางบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์ – เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร	รถบรรทุก 10 ล้อ	77 กิโลเมตร

1.1.6 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการจำหน่ายผลิตภัณฑ์น้ำ สับปะรดขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร

การใช้พลังงานในขั้นตอนการจำหน่ายสินค้า คำนวณจากปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้าของตู้แช่เย็น โดยตู้แช่เย็นมีการใช้ไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ขนาดของตู้แช่ คือ $75 \times 187.5 \times 186$ เซนติเมตร สามารถบรรจุน้ำสับปะรดขนาด 200 มิลลิลิตร ได้จำนวน 2,592 กล่องต่อตู้ และสามารถบรรจุน้ำสับปะรดขนาด 1,000 มิลลิลิตร ได้จำนวน 520 กล่องต่อตู้ โดยตั้งสมมติฐานว่า ทำการแช่เย็นเป็นเวลา 2 วัน ดังนั้น การแช่เย็นน้ำสับปะรดขนาด 200 มิลลิลิตร จำนวน 5 กล่อง และ 1,000 มิลลิลิตร จำนวน 1 กล่อง ใช้ไฟฟ้าเท่ากัน เท่ากับ 0.07 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

1.1.7 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการบริโภคน้ำสับปะรด ขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร

การใช้พลังงานในขั้นตอนการบริโภคน้ำสับปะรด คำนวณจากปริมาณการ ใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้เย็น โดยตู้เย็นขนาด 7 คิวบิกฟุต กำลังไฟฟ้า 70 วัตต์ (การไฟฟ้านครหลวง, 2553) โดยตั้งสมมติฐานว่าตู้เย็นมีการใช้งาน 80 เปอร์เซ็นต์ของความจุ โดยน้ำสับปะรด 1 ลิตร คิด เป็น 1 เปอร์เซ็นต์ของความจุตู้เย็น และทำการแช่เย็นเป็นเวลา 2 วัน ดังนั้น การแช่เย็นน้ำสับปะรด

ขนาด 200 มิลลิลิตร จำนวน 5 ถัง และ 1,000 มิลลิลิตร จำนวน 1 ถัง ใช้ไฟฟ้าเท่ากัน เท่ากับ 0.05 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

1.1.8 รวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการในขั้นตอนการจัดการของเสียจากผลิตภัณฑ์น้ำสับปรดในภาชนะบรรจุกล่องพลาสติกขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร

ของเสียภาชนะบรรจุน้ำสับปรดหลังจากการบริโภค ขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร 1 ถัง มีน้ำหนักรวม เท่ากับ 12.26 กรัม และขนาดบรรจุ 1,000 มิลลิลิตร 1 ถัง มีน้ำหนักรวม เท่ากับ 36.19 กรัม โดยค่าการปล่อยมลพิษจากการฝังกลบขยะทั่วไป (Mixed waste) ของประเทศไทยแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ค่าการปล่อยมลพิษจากการฝังกลบของประเทศไทย

มลพิษ	ปริมาณการปล่อย (กิโลกรัม/ตันขยะ)
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ฟอสซิล) (CO ₂)	2.067
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	0.010
ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N ₂ O)	0.00005
สารอินทรีย์ระเหยง่ายที่มีไฮโดรคาร์บอน (NMVOC)	0.035
ก๊าซมีเทน (CH ₄)	0.016
ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	56.720

ที่มา: ดัดแปลงจาก Liamsanguan and Gheelawa (2006)

1.2 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำส้มเขียวหวานพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์

1.2.1 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการปลูกส้มเขียวหวาน

การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมจากสวนส้มธรรมชาติ อ.ฝาง จ. เชียงใหม่ ในพื้นที่การเพาะปลูกส้มเขียวหวาน จำนวน 700 ไร่ ปลูกส้ม 58 ต้นต่อไร่ ให้ผลผลิต ประมาณ 125 กิโลกรัมต่อปี การปลูกส้มเขียวหวาน 1 ต้น ต้องใช้ปุ๋ยเคมี 133 กิโลกรัม สารกำจัด

ศัตรูพืช 7 กิโลกรัม รายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการปลูกส้มเขียวหวานแสดงในตารางที่ 20 โดยการใส่ปุ๋ยต้นส้มจะมี 4 ระยะ ได้แก่

ก. ระยะหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต มีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 สูตร 16-16-16 สูตร 25-7-7 และสูตร 46-0-0 อัตรา 0.2-1 กิโลกรัมต่อต้นต่อครั้ง โดยจะใส่ปุ๋ยทุก 1-2 เดือน ซึ่งการใส่ปุ๋ยจะดูอายุพืชและผลการวิเคราะห์ดินประกอบด้วย นอกจากนี้มีการใส่ปุ๋ย 15-0-0 อัตรา 50-150 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นที่ใบให้ทั่วต้น 1-2 ครั้งต่อปี

ข. ระยะสะสมอาหารหรือระยะเตรียมการออกดอก มีการใส่ปุ๋ยสูตร 0-52-34 อัตรา 50-150 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตรพ่นที่ใบให้ทั่วต้น 1-2 ครั้งต่อปี โดยการใส่ปุ๋ยดังกล่าวยังช่วยป้องกันโรครากเน่า-โคนเน่าด้วย

ค. ระยะติดผลเล็ก-ใหญ่ หรือระยะสร้างเนื้อ-ขยายลูก มีการใส่ปุ๋ยสูตร 25-7-7 สูตร 15-15-15 สูตร 16-16-16 ปุ๋ยสูตร 1-2-4 และสูตร 14-9-20s อัตรา 0.5-1 กิโลกรัมต่อต้นต่อครั้ง ตั้งแต่ผลส้มมีอายุ 3-4 เดือนเป็นต้นไป โดยใส่ปุ๋ยทุกๆ 1-2 เดือน ซึ่งจะดูผลการวิเคราะห์ดินประกอบด้วย นอกจากนี้ มีการใส่ปุ๋ยสูตร 13-0-46 และสูตร 15-0-0 อัตรา 50-150 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นที่ใบช่วงผลส้มอายุ 4-5 เดือน โดยฉีดทุกๆ เดือน เพื่อเร่งให้ผลใหญ่และป้องกันผลแตก

ง. ระยะปรับปรุงคุณภาพหรือระยะเข้าสี มีการใส่ปุ๋ยสูตร 14-9-20s อัตรา 0.5-1 กิโลกรัมต่อต้นต่อครั้ง เมื่อผลส้มอายุ 7-8 เดือน ใส่ปุ๋ยทุกๆ เดือน และในช่วงใกล้เก็บเกี่ยวให้ปุ๋ยสูตร 13-13-21 และสูตร 13-3-43

ตารางที่ 20 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการปลูกส้มเขียวหวาน 1 ต้น

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
ปุ๋ยสูตร 0-52-34	1.19	กิโลกรัม	ส้มเขียวหวานสด	1	ตัน
ปุ๋ยสูตร 1-2-4	0.68	กิโลกรัม			
ปุ๋ยสูตร 13-0-46	1.05	กิโลกรัม			
ปุ๋ยสูตร 13-3-43	0.91	กิโลกรัม			
ปุ๋ยสูตร 16-0-0	1.80	กิโลกรัม			
ปุ๋ยสูตร 46-0-0	1.13	กิโลกรัม			

ตารางที่ 20 (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
ปุ๋ยสูตร 15-15-15	0.50	กิโลกรัม			
ปุ๋ยสูตร 14-9-20s	11.09	กิโลกรัม			
ปุ๋ยสูตร 15-0-0B	26.82	กิโลกรัม			
ปุ๋ยสูตร 13-13-21	10.91	กิโลกรัม			
ปุ๋ยสูตร 25-7-7	0.13	กิโลกรัม			
ปุ๋ยสูตร 46-0-0	14.54	กิโลกรัม			
ปุ๋ยสูตร 16-16-16	15.13	กิโลกรัม			
ปุ๋ยไฮแมกซ์บี (Hymax B)	7.26	กิโลกรัม			
โดโลไมท์ (Dolomite)	40.18	กิโลกรัม			
เตตราไดฟอน (Tetradifon)	0.14	กิโลกรัม			
เบรคทรู (Break true)	0.06	กิโลกรัม			
เมทาวิน (Methavin)	0.11	กิโลกรัม			
เรโซลิน (Rasolin)	0.07	กิโลกรัม			
เอฟโฟเรีย (Eforia)	0.16	กิโลกรัม			
แซนไมท์ (Sanmite)	0.15	กิโลกรัม			
แมกนีเซียม (Mg)	0.14	กิโลกรัม			
แมกนีซัล ($\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	0.14	กิโลกรัม			
แมงกานีส (Mn)	0.03	กิโลกรัม			
แมนโคเซบ (Mancozeb)	0.32	กิโลกรัม			
โกลท็อป (Goal top)	0.05	กิโลกรัม			
ไทรโค-แมกซ์ (Tricho-Max)	0.14	กิโลกรัม			
โปรวาโด (Provado)	0.05	กิโลกรัม			
โฟแม็กซ์สังกะสี+แมงกานีส (Phomax Zn+Mn)	0.05	กิโลกรัม			
ไซเปอร์เมทริน (Cypermethrin)	0.03	กิโลกรัม			
ไดโครโฟล์ (Dicofol)	0.16	กิโลกรัม			
ไมแทค (Mitac)	0.29	กิโลกรัม			
ไฮบริด (Hybrid)	0.77	กิโลกรัม			

ตารางที่ 20 (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
กรัมม็อกโซน (Gramoxone)	0.17	กิโลกรัม			
กำมะถัน (Sulfur)	1.77	กิโลกรัม			
คอนฟิโดร์ (Confidor)	0.31	กิโลกรัม			
คอปเปอร์แดง (Cu ₂ O)	0.20	กิโลกรัม			
คาร์เบนดาซิม (Carbendazim)	0.05	กิโลกรัม			
คาร์บาริล (Carbaryl)	0.23	กิโลกรัม			
คาราเต้ (Karate)	0.11	กิโลกรัม			
คิวพลัส (Q-Pluss)	0.46	กิโลกรัม			
ซิงค์ซัลเฟต (ZnSO ₄ ·7H ₂ O)	0.55	กิโลกรัม			
ซูเปอร์ครอน (Supercron)	0.44	กิโลกรัม			
นุเรลดี (Nureldee)	0.29	กิโลกรัม			
พอสซ์ (Posse)	0.52	กิโลกรัม			
ฟลอริเจน (Florigen)	0.60	กิโลกรัม			
ฟิกเซอร์ (Fixer)	0.01	กิโลกรัม			
โนโวฟิกซ์ (Novofix)	0.03	กิโลกรัม			
ออทุส (Autus)	0.05	กิโลกรัม			
อีดีทีเอ แมงกานีส (EDTA-Mn)	0.08	กิโลกรัม			
อีดีทีเอ สังกะสี (EDTA-Zn)	0.05	กิโลกรัม			

ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการขนส่งส้มเขียวหวานจากไร่ส้มไปยังโรงงานคัดขนาดของบริษัทผู้ผลิต ทำการขนส่งจาก อ.แม่อาว ไปยัง อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ คิดเป็นระยะทาง 20 กิโลเมตร โดยใช้รถบรรทุก 6 ล้อ น้ำหนักบรรทุก 8.5 ตัน เป็นการบรรทุกเต็มน้ำหนัก และจากลำปำดำ ในการขนส่ง (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมของการขนส่งสัมเขี้ยวหวานจากไร่ส้มไปยังโรงงานคัดขนาด

เส้นทาง การขนส่ง	ยานพาหนะ	ระยะทาง (กิโลเมตร)
อ.แม่เอย – อ.ฝาง จ.เชียงใหม่	รถบรรทุก 6 ล้อ	20

การรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมในขั้นตอนการคัดขนาด สัมเขี้ยวหวาน พบว่า มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก เนื่องจากใช้เครื่องจักรในการคัดขนาด และมีการใช้แก๊สหุงต้ม (LPG) เพื่อให้ความร้อนในขั้นตอนการไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส สำหรับวัตถุดิบที่ใช้จะมีการใช้น้ำบาดาล น้ำขมาเชื้อ และน้ำสบูเพื่อทำความสะอาดผลสัม รายละเอียดแสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมของการคัดขนาดส้มจำนวน 1 ตัน

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย	ราคา
<u>การขนย้ายส้ม</u>						
ไฟฟ้า	3.67	กิโลวัตต์-ชั่วโมง				
สัมเขี้ยวหวาน	1250.00	กิโลกรัม				
<u>การล้างด้วยน้ำขมาเชื้อ</u>						
ไฟฟ้า	0.16	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	น้ำเสีย	187.50	ลิตร	
น้ำบาดาล	187.50	ลิตร				
น้ำขมาเชื้อ	1.25	มิลลิลิตร				
<u>การล้างด้วยแปรงและน้ำสบู</u>						
ไฟฟ้า	0.27	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	น้ำเสีย	210.00	ลิตร	
น้ำบาดาล	210.00	ลิตร				
น้ำสบู	3.13	มิลลิลิตร				
<u>ไล่ความชื้น</u>						
ไฟฟ้า	0.24	กิโลวัตต์-ชั่วโมง				
แก๊สหุงต้ม (LPG)	0.94	กิโลกรัม				
<u>การร่อนคัดเกรด</u>						
ไฟฟ้า	0.26	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	ส้มส่งขายโรงงาน	1000.00	กิโลกรัม	10.50 บาท/กิโลกรัม
			ส้มส่งขายร้านค้า	248.75	กิโลกรัม	14.50 บาท/กิโลกรัม
			ส้มเสีย	1.25	กิโลกรัม	

ตารางที่ 22 (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย	ราคา
การจัดเก็บในห้องเย็น						
ไฟฟ้า	175.78	กิโลวัตต์-ชั่วโมง				

ในขั้นตอนการคัดขนาด ส้มที่ผ่านการคัดขนาดมี 2 ประเภท ได้แก่ ส้มส่งขายโรงงาน และส้มส่งขายร้านค้า โดยส้มส่งขายโรงงานมีราคาเฉลี่ย 10.50 บาทต่อกิโลกรัม และส้มส่งขายร้านค้ามีราคาเฉลี่ย 14.50 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้นจึงต้องมีการปันส่วนปริมาณการใช้ทรัพยากร วัตถุดิบ และมลพิษที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการคัดขนาด โดยใช้วิธีการปันส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงเศรษฐศาสตร์ เนื่องจากราคาของผลิตภัณฑ์จะเป็นตัวกำหนดความต้องการในการผลิตสินค้าของโรงงาน ดังนั้นจึงควรให้สัดส่วนน้ำหนักการคำนวณผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ที่มีราคาสูงกว่ามากกว่าผลิตภัณฑ์ที่มีราคาต่ำกว่า การปันส่วนผลกระทบเชิงเศรษฐศาสตร์ของขั้นตอนการคัดขนาดแสดงในตารางที่ 23

ตารางที่ 23 วิธีการคำนวณการปันส่วน (allocation) โดยใช้วิธีการปันส่วนเชิงเศรษฐศาสตร์ในกระบวนการคัดขนาดส้มเขียวหวาน

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ (ตัน)	ราคา (บาท/กิโลกรัม)	เปอร์เซ็นต์การปันส่วน
ส้มส่งขายโรงงาน	1000.00	10.50	$\left[\frac{1000 \times 10.50}{(1000 \times 10.50) + (248.75 \times 14.50)} \right] \times 100 = 74\%$
ส้มส่งขายร้านค้า	248.75	14.50	$\left[\frac{248.75 \times 14.50}{(1000 \times 10.50) + (248.75 \times 14.50)} \right] \times 100 = 26\%$

1.2.2 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบส้มเขียวหวานไปยังโรงงานผลิตน้ำส้ม

การขนส่งส้มเขียวหวานจากโรงงานคัดขนาดของบริษัทผู้ผลิตส้มไปยังโรงงานผลิตน้ำส้ม เป็นการขนส่งจาก อ.ปาง จ.เชียงใหม่ ไปยัง อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์คิดเป็นระยะทาง 1,090 กิโลเมตร โดยใช้รถบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุก 16 ตัน เป็นการบรรทุกเต็มน้ำหนัก และจากล้งติเปลา่ ในการขนส่ง (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 24 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของการขนส่งวัตถุดิบส้มเขียวหวานจากโรงงานคัดขนาดไปยังโรงงานผลิตน้ำส้ม

เส้นทางของการขนส่ง	ยานพาหนะ	ระยะทาง
อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ – อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์	รถบรรทุก 10 ล้อ	1,090 กิโลเมตร

1.2.3 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการผลิตน้ำส้ม

จากข้อมูลการผลิตน้ำส้มที่รายงานโดย Beccali *et al.* (2009) พบว่า การผลิตน้ำส้ม มีผลิตภัณฑ์ร่วม ได้แก่ น้ำมันผิวส้ม น้ำส้มธรรมชาติ และน้ำส้มเข้มข้น โดยในการผลิตน้ำส้ม จะมีการใช้วัตถุดิบหลัก ได้แก่ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานไอน้ำ โดยการผลิตไอน้ำ 1 ตัน ใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน 137 กิโลกรัม น้ำมันเตา 65 ลิตร และพลังงานไฟฟ้า 15 กิโลวัตต์-ชั่วโมง รายละเอียดแสดงในตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของกระบวนการผลิตน้ำส้ม

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
<u>การสกัดขั้นต้น</u>					
ส้มเขียวหวานสด	10,507,430	กิโลกรัม	วัตถุดิบผลิตน้ำส้ม	3,677,600	กิโลกรัม
			วัตถุดิบในการสกัด		
ไฟฟ้า	26,577	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	น้ำมันผิวส้ม	1,553,731	กิโลกรัม
น้ำ	1,313,908	ลิตร	เปลือกส้ม	6,490,465	กิโลกรัม
			น้ำเสีย	99,542	ลิตร
			BOD	210	กิโลกรัม
<u>การกรอง</u>					
วัตถุดิบผลิตน้ำส้ม	3,677,600	กิโลกรัม	น้ำส้ม	3,309,840	กิโลกรัม
ไฟฟ้า	8,065	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	เชื้อส้ม	367,760	กิโลกรัม

ตารางที่ 25 (ต่อ)

สารขาเข้า	ปริมาณ	หน่วย	สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
<u>การฆ่าเชื้อและทำให้เย็น</u>					
น้ำส้ม	3,309,840	กิโลกรัม	น้ำส้มผ่านการฆ่าเชื้อ	3,309,840	กิโลกรัม
ไฟฟ้า	2,318	กิโลวัตต์-ชั่วโมง			
ไอน้ำ	397,795	กิโลกรัม			
น้ำ	1,320,000	ลิตร			

ที่มา: Beccali *et al.* (2009)

ในขั้นตอนการผลิตน้ำส้ม นอกจากผลิตภัณฑ์น้ำส้มยังมีผลิตภัณฑ์ร่วม (co-product) คือ น้ำมันผิวส้ม รวมทั้งเปลือกและเยื่อส้มที่สามารถขายเพื่อนำไปผลิตอาหารสัตว์หรือผลิตปุ๋ย ดังนั้นจึงต้องมีการปันส่วนปริมาณการใช้ทรัพยากร วัตถุดิบ และมลพิษที่เกิดขึ้นใน 2 กระบวนการ คือ กระบวนการสกัดชิ้นต้น และกระบวนการกรอง โดยใช้วิธีการปันส่วนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเชิงน้ำหนัก เนื่องจากเป็นการปันส่วนผลิตภัณฑ์ขั้นกลาง (Intermediate product) ที่มีการผลิตภายในโรงงานเดียวกัน ประกอบกับเปลือก และเยื่อส้มน่าจะมีราคาค่อนข้างต่ำ จึงไม่มีการประเมินราคาภายในของโรงงาน (ตารางที่ 26 และ 27)

ตารางที่ 26 วิธีการคำนวณการปันส่วน (allocation) โดยใช้วิธีการปันส่วนเชิงน้ำหนักในกระบวนการสกัดชิ้นต้น

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ (กิโลกรัม)	เปอร์เซ็นต์การปันส่วน
วัตถุดิบผลิตน้ำส้ม	3,677,600	$\left[\frac{3,677,600}{10,507,430} \right] \times 100 = 35\%$
วัตถุดิบเริ่มต้นในการสกัดน้ำมันผิวส้ม	339,365	$\left[\frac{339,365}{10,507,430} \right] \times 100 = 3\%$
เปลือกส้ม	6,490,465	$\left[\frac{6,490,465}{10,507,430} \right] \times 100 = 62\%$

ตารางที่ 27 วิธีการคำนวณการปันส่วน (allocation) โดยใช้วิธีการปันส่วนเชิงน้ำหนักใน
กระบวนการกรอง

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณ (กิโลกรัม)	เปอร์เซ็นต์การปันส่วน
น้ำส้ม	3,309,840	$\left[\frac{3,309,840}{3,677,600} \right] \times 100 = 90\%$
เยื่อส้ม	367,760	$\left[\frac{367,760}{3,677,600} \right] \times 100 = 10\%$

หลังจากขั้นตอนการผลิตน้ำส้ม ทางโรงงานผู้ผลิตจะดำเนินการส่งน้ำส้มจาก อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์ ไปยังโรงงานบรรจุภาชนะบรรจุ อ.วังน้อย จ.อยุธยา คิดเป็นระยะทาง 345 กิโลเมตร โดยใช้รถบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุก 16 ตัน เป็นการบรรทุกเต็มน้ำหนัก และจากถับบรรทุกสินค้าอื่น ในการขนส่ง (ตารางที่ 28)

ตารางที่ 28 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมในขั้นตอนการขนส่งน้ำส้มจากโรงงานผลิตไปยัง
โรงงานบรรจุภาชนะบรรจุ

เส้นทางการขนส่ง	ยานพาหนะ	ระยะทาง (กิโลเมตร)
อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์ - อ.วังน้อย จ.อยุธยา	รถบรรทุก 10 ล้อ	345

น้ำส้มที่ขนส่งมาจากโรงงานผลิตน้ำส้ม จะถูกบรรจุลงกล่องปิดดเชื้อ โดยมีกระบวนการฆ่าเชื้อ ทำให้เย็น และปิดภาชนะบรรจุ ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมในขั้นตอนการบรรจุน้ำส้มลงภาชนะบรรจุ ได้แก่ การใช้พลังงานในขั้นตอนการบรรจุน้ำส้มลงภาชนะบรรจุ ได้อาศัยข้อมูลจากการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องบรรจุน้ำผลไม้ โดยการบรรจุน้ำส้มลงภาชนะบรรจุมีการใช้พลังงานไฟฟ้า 50 กิโลวัตต์-ชั่วโมง สามารถบรรจุน้ำส้มและปิดผนึกกล่องขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร ได้ 21,000 และ 7,000 กล่องต่อชั่วโมง (ตารางที่ 29)

ตารางที่ 29 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมในขั้นตอนการบรรจุน้ำส้มลงภาชนะบรรจุ

พารามิเตอร์	หน่วย	ภาชนะบรรจุ 1 ลิตร	ภาชนะบรรจุ 200 มิลลิลิตร
<u>สารขาเข้า</u>			
น้ำส้ม	กิโลกรัม	3,309,840	3,309,840
ไฟฟ้า	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	11,821	19,701
<u>สารขาออก</u>			
น้ำส้มบรรจุกล่อง	กล่อง	3,309,840	16,549,200

1.2.4 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดลอมในขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุน้ำส้ม

ขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร

ภาชนะบรรจุน้ำส้มประเภทกล่องปลอดเชื้อขนาดบรรจุ 1 ลิตร มีน้ำหนัก 31.70 กรัม โดยเป็นส่วนของตัวกล่อง 30.88 กรัม และส่วนของฝาที่ทำจากพลาสติกโพลีพรอพิลีน 1.12 กรัม สำหรับกล่องปลอดเชื้อขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร มีน้ำหนัก 10.98 กรัม คิดเป็นน้ำหนักตัวกล่อง 10.59 กรัม น้ำหนักหลอดดูดพลาสติกพอลิพรอพิลีน (Polypropylene, PP) 0.37 กรัม และน้ำหนักของพลาสติกพอลิพรอพิลีน (Oriented Polypropylene, OPP) ที่ใช้บรรจุหลอดดูด 0.02 กรัม ซึ่งกล่องน้ำผลไม้แบบปลอดเชื้อ ประกอบด้วยกระดาษ 76.1 เปอร์เซ็นต์ พลาสติกโพลีเอทิลีน 19 เปอร์เซ็นต์ และแผ่นอลูมิเนียม 4.8 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนัก) สำหรับภาชนะบรรจุเพื่อการขนส่ง ได้แก่ กล่องกระดาษกระดาษลูกฟูก 2 ชั้น โดยกล่องกระดาษที่ใช้บรรจุน้ำส้มขนาด 1 ลิตร จำนวน 12 กล่อง มีขนาดบรรจุ $31.0 \times 22.6 \times 26.5$ ซม. = 4,242 ลบ.ซม. และกล่องกระดาษที่ใช้บรรจุน้ำส้มขนาด 200 มิลลิลิตร จำนวน 24 กล่อง มีขนาดบรรจุ $31.7 \times 17.6 \times 13.2$ ซม. = 2,417.36 ลบ.ซม. เมื่อนำมาคำนวณเทียบกับข้อมูลกล่องกระดาษลูกฟูก 2 ชั้น ที่รายงานโดย Ongmongkolkul *et al.* (2002) ที่มีขนาดบรรจุ $40 \times 30 \times 20$ ซม. = 5,200 ลบ.ซม. บรรจุได้ 21 ลิตร น้ำหนัก 0.66 กิโลกรัม ที่สามารถใช้งานได้ 10 ครั้ง พบว่าน้ำหนักกล่องกระดาษลูกฟูกที่ใช้ขนส่งน้ำส้มขนาด 200 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 30.72 กรัมต่อ 24 กล่อง และน้ำหนักกล่องกระดาษที่ใช้ขนส่งน้ำส้มขนาด 1,000 มิลลิลิตร เท่ากับ 53.88 กรัมต่อ 12 กล่อง

1.2.5 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการกระจายสินค้าน้ำส้ม

การจัดจำหน่ายน้ำส้มจากโรงงานบรรจุน้ำสับปะรด อ.วังน้อย จ.อยุธยา ไปยังศูนย์กระจายสินค้า เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร ระยะทาง 60 กิโลเมตร เป็นการขนส่งโดยรถบรรทุก 10 ล้อ น้ำหนักบรรทุก 16 ตัน เป็นการบรรทุกเต็มน้ำหนัก และจากกลับบรรทุกสินค้าอื่น (ตารางที่ 30)

ตารางที่ 30 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการกระจายสินค้าน้ำส้ม

เส้นทางการขนส่ง	ยานพาหนะ	ระยะทาง
อ.วังน้อย จ.อยุธยา – เขตพญาไท กรุงเทพมหานคร	รถบรรทุก 10 ล้อ	60 กิโลเมตร

1.2.6 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการจำหน่ายน้ำส้มขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร

การใช้พลังงานในขั้นตอนการจำหน่ายสินค้า คำนวณจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้แช่เย็น โดยตู้แช่เย็นมีการใช้ไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ขนาดของตู้แช่ คือ $75 \times 188 \times 186$ เซนติเมตร สามารถบรรจุน้ำสับปะรดขนาด 200 มิลลิลิตร ได้จำนวน 2,592 ถังต่อตู้ และสามารถบรรจุน้ำสับปะรดขนาด 1,000 มิลลิลิตร ได้จำนวน 520 ถังต่อตู้ โดยตั้งสมมติฐานว่าทำการแช่เย็นเป็นเวลา 2 วัน ดังนั้น การแช่เย็นน้ำสับปะรดขนาด 200 มิลลิลิตร จำนวน 5 ถัง และ 1,000 มิลลิลิตร จำนวน 1 ถัง ใช้ไฟฟ้าเท่ากับ เท่ากับ 0.07 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

1.2.7 ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการบริโภคน้ำส้ม ขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร

การใช้พลังงานในขั้นตอนการบริโภคน้ำสับปะรด คำนวณจากปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้เย็น โดยตู้เย็นขนาด 7 คิวบิกฟุต กำลังไฟฟ้า 70 วัตต์ โดยตั้งสมมติฐานว่าตู้เย็นมีการใช้งาน 80 เปอร์เซ็นต์ของความจุ โดยน้ำสับปะรด 1 ลิตร คิดเป็น 1 เปอร์เซ็นต์ของความจุตู้เย็น และทำการแช่เย็นเป็นเวลา 2 วัน ดังนั้น การแช่เย็นน้ำสับปะรดขนาด 200 มิลลิลิตร จำนวน 5 ถัง และ 1,000 มิลลิลิตร จำนวน 1 ถัง ใช้ไฟฟ้าเท่ากับ เท่ากับ 0.05 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

1.2.8 รวบรวมข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมที่ต้องการในขั้นตอนการจัดการของเสียจากผลิตภัณฑ์น้ำส้มในภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร

ของเสียภาชนะบรรจุน้ำส้มหลังจากการบริโภค ขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร 1 กล่อง มีน้ำหนักรวม เท่ากับ 12.26 กรัม และขนาดบรรจุ 1,000 มิลลิลิตร 1 กล่อง มีน้ำหนักรวม เท่ากับ 36.19 กรัม โดยค่าการปล่อยมลพิษจากการฝังกลบของประเทศไทยแสดงในตารางที่ 13

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของน้ำสับปะรด และน้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ 1 ลิตร พบว่า ขั้นตอนหลักที่มีการใช้ทรัพยากรพลังงานปฏุมภูมิ และปล่อยมลพิษ ได้แก่ ขั้นตอนการผลิตน้ำสับปะรด และขั้นตอนการปลูกสับปะรด โดยการผลิตน้ำสับปะรด 1 ลิตร ในขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร มีปริมาณการใช้ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันดิบ เท่ากับ 7.47 กรัม 16.59 ลิตร และ 10.40 กรัม รวมทั้งมีการปล่อยมลพิษทางอากาศและทางน้ำ ซึ่งได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน นิกเกิล และ แบโรท์ เท่ากับ 72.04 กรัม 205.55 มิลลิกรัม 252.95 ไมโครกรัม และ 2.64 มิลลิกรัม ตามลำดับ สำหรับ การผลิตน้ำสับปะรด 1 ลิตร ในขนาดบรรจุ 1,000 มิลลิลิตร มีปริมาณการใช้ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันดิบ เท่ากับ 6.91กรัม 15.27ลิตร 10.39 กรัม รวมทั้งมีการปล่อยมลพิษทางอากาศและทางน้ำ ซึ่งได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน นิกเกิล และ แบโรท์ เท่ากับ 68.43 กรัม 190.19 มิลลิกรัม 252.84 ไมโครกรัม และ 2.62 มิลลิกรัม ในส่วนขั้นตอนการปลูกสับปะรดมีปริมาณการใช้ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันดิบ เท่ากับ 10.67 กรัม 20.57 ลิตร และ 11.64 กรัม รวมทั้งมีการปล่อยมลพิษทางอากาศและทางน้ำที่สำคัญ ได้แก่ อาร์เซนิก คาร์บอนไดออกไซด์ ไครเมียม (+6) ไนตรัสออกไซด์ แบโรท์ (BaSO_4) และฟอสเฟต เท่ากับ 26.44 ไมโครกรัม 90.05 กรัม 3.75 ไมโครกรัม 95.63 มิลลิกรัม 7.87 มิลลิกรัม และ 205.83 มิลลิกรัม ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์น้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ 1 ลิตร พบว่า ขั้นตอนหลักที่มีการใช้ทรัพยากรพลังงานปฏุมภูมิ และปล่อยมลพิษ ได้แก่ ขั้นตอนการผลิตน้ำส้ม และขั้นตอนการปลูกส้ม โดยการผลิตน้ำส้ม 1 ลิตร ในขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร มีปริมาณการใช้ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันดิบ เท่ากับ 7.82 กรัม 7.41 ลิตร และ 10.28 กรัม รวมทั้งมีการปล่อยมลพิษทางอากาศและทางน้ำ ซึ่งได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน

นิกเกิล และ แบโรท์ เท่ากับ 59.12 กรัม 91.78 มิลลิกรัม 152.81 ไมโครกรัม และ 2.16 มิลลิกรัม ตามลำดับ สำหรับการผลิตน้ำส้ม 1 ลิตร ในขนาดบรรจุ 1,000 มิลลิลิตร มีปริมาณการใช้ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันดิบ เท่ากับ 6.82 กรัม 6.61 ลิตร 10.18 กรัม รวมทั้งมีการปล่อยมลพิษทางอากาศและทางน้ำ ซึ่งได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน นิกเกิล และ แบโรท์ เท่ากับ 55.56 กรัม 83.29 มิลลิกรัม 152.75 ไมโครกรัม และ 2.14 มิลลิกรัม ในส่วนขั้นตอนการปลูกส้ม มีปริมาณการใช้ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันดิบ เท่ากับ 26.72 กรัม 58.21 ลิตร และ 27.88 กรัม รวมทั้งมีการปล่อยมลพิษทางอากาศและทางน้ำที่สำคัญ ได้แก่ อาร์เซนิก คาร์บอนไดออกไซด์ ไครเมียม (6+) ในไตรออกไซด์ แบโรท์ (BaSO_4) และฟอสเฟต เท่ากับ 69.95 ไมโครกรัม 194.42 กรัม 6.32 ไมโครกรัม 286.99 มิลลิกรัม 14.14 มิลลิกรัม และ 664.05 มิลลิกรัม ตามลำดับ

สำหรับปริมาณการใช้วัตถุดิบ พลังงาน สารเคมี และการปล่อยมลพิษและของเสียของน้ำ ล้างประด และน้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ในขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ การจำหน่าย การบริโภค และการจัดการของเสียมีปริมาณเท่ากัน เนื่องจากมีการใช้ภาชนะบรรจุประเภทเดียวกัน ได้แก่ ภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร โดยในขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ พบว่าภาชนะบรรจุขนาด 200 มิลลิลิตร มีปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงานสูงกว่าภาชนะบรรจุขนาด 1,000 มิลลิลิตร ประมาณ 1.7 เท่า โดยภาชนะบรรจุขนาด 200 มิลลิลิตร ใช้พลังงานปฏิกิริยา ได้แก่ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันดิบ เท่ากับ 9.44 กรัม 12.57 ลิตร และ 11.47 กรัม โดยมีการปล่อยมลพิษทางอากาศและทางน้ำที่สำคัญ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ นิกเกิล ออกไซด์ของไนโตรเจน แบเรียม และ โพธิโซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน เท่ากับ 27.64 กรัม 50.30 ไมโครกรัม 267.36 มิลลิกรัม 1.53 มิลลิกรัม และ 47.85 ไมโครกรัม ตามลำดับ ในส่วนภาชนะบรรจุขนาด 1,000 มิลลิลิตร มีปริมาณการใช้พลังงานปฏิกิริยา ได้แก่ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันดิบ เท่ากับ 6.33 กรัม 8.70 ลิตร และ 5.69 กรัม โดยมีการปล่อยมลพิษทางอากาศและทางน้ำที่สำคัญ ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ นิกเกิล ออกไซด์ของไนโตรเจน แบเรียม และ โพธิโซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน เท่ากับ 43.15 กรัม 30.61 ไมโครกรัม 161.42 มิลลิกรัม 0.86 มิลลิกรัม และ 27.57 ไมโครกรัม (ตารางที่ 31)

ตารางที่ 31 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของน้ำสับประรด และ น้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์

พารามิเตอร์	หน่วย	น้ำสับประรด		น้ำส้ม	
		ภาชนะบรรจุ	ภาชนะบรรจุ	ภาชนะบรรจุ	ภาชนะบรรจุ
		200 มิลลิลิตร	1,000 มิลลิลิตร	1,000 มิลลิลิตร	200 มิลลิลิตร
ขั้นตอนการปลูกพืชวัตถุดิบ					
วัตถุดิบ					
ถ่านหิน	กรัม	10.67	10.67	26.72	26.72
ก๊าซธรรมชาติ	ลิตร	20.57	20.57	58.21	58.21
น้ำมันดิบ	กรัม	11.64	11.64	27.88	27.88
มลพิษทางอากาศ					
อาร์เซนิก	ไมโครกรัม	26.44	26.44	69.95	69.95
คาร์บอนไดออกไซด์	กรัม	90.05	90.05	194.42	194.42
โครเมียม	ไมโครกรัม	3.75	3.75	6.32	6.32
ไนตรัสออกไซด์	มิลลิกรัม	95.63	95.63	286.99	286.99
โพลีไซคลิก อะโรมาติก	ไมโครกรัม	14.06	14.06	29.29	29.29
ไฮโดรคาร์บอน					
ออกไซด์ของซัลเฟอร์	มิลลิกรัม	275.74	275.74	170.26	170.26
วานาเดียม	มิลลิกรัม	0.40	0.40	1.49	1.49
มลพิษทางน้ำ					
แบคทีเรีย	มิลลิกรัม	7.87	7.87	14.14	14.14
นิกเกิล	มิลลิกรัม	1.12	1.12	2.69	2.69
ฟอสเฟต	มิลลิกรัม	205.83	205.83	664.05	664.05
การขนส่งวัตถุดิบ					
วัตถุดิบ					
ถ่านหิน	กรัม	0.64	0.64	2.63	2.63
ก๊าซธรรมชาติ	ลิตร	1.46	1.46	7.09	7.09
น้ำมันดิบ	กรัม	26.11	26.11	140.85	140.85

ตารางที่ 31 (ต่อ)

พารามิเตอร์	หน่วย	น้ำสับปะรด		น้ำส้ม	
		ภาษาณะบรรจุ	ภาษาณะบรรจุ	ภาษาณะบรรจุ	ภาษาณะบรรจุ
		200 มิลลิลิตร	1,000 มิลลิลิตร	1,000 มิลลิลิตร	200 มิลลิลิตร
มลพิษทางอากาศ					
เบนซีน	มิลลิกรัม	3.36	3.36	16.67	16.67
คาร์บอนไดออกไซด์	กรัม	86.42	86.42	463.90	463.90
ออกไซด์ของไนโตรเจน	กรัม	1.06	1.06	8.35	8.35
นิกเกิล	ไมโครกรัม	52.52	52.52	223.55	223.55
โพลีไซคลิก อะโรมาติก					
ไฮโดรคาร์บอน	ไมโครกรัม	0.75	0.75	3.50	3.50
ออกไซด์ของซัลเฟอร์	มิลลิกรัม	133.96	133.96	699.08	699.08
มลพิษทางน้ำ					
แบเรียม	มิลลิกรัม	3.32	3.32	17.83	17.83
การผลิต					
วัตถุดิบ					
ถ่านหิน	กรัม	7.47	6.91	7.82	6.82
ก๊าซธรรมชาติ	ลิตร	16.59	15.27	7.41	6.61
น้ำมันดิบ	กรัม	10.40	10.39	10.28	10.18
มลพิษทางอากาศ					
คาร์บอนไดออกไซด์	กรัม	72.04	68.43	59.12	55.56
มีเทน	มิลลิกรัม	205.55	190.19	91.78	83.29
นิกเกิล	ไมโครกรัม	252.95	252.84	152.81	152.75
ไนโตรเจนออกไซด์	มิลลิกรัม	105.25	101.03	144.17	132.43
วานาเดียม	ไมโครกรัม	994.23	994.06	288.27	288.16
มลพิษทางน้ำ					
แบไรท์	มิลลิกรัม	2.64	2.62	2.16	2.14
แบเรียม	ไมโครกรัม	866.97	844.17	5.33	4.61
การผลิตภาษาณะบรรจุ					
วัตถุดิบ					
ถ่านหิน	กรัม	9.44	6.33	9.44	6.33
ก๊าซธรรมชาติ	กรัม	12.57	8.70	12.57	8.70
น้ำมันดิบ	กรัม	11.47	5.69	11.47	5.69

ตารางที่ 31 (ต่อ)

พารามิเตอร์	หน่วย	น้ำสับปะรด		น้ำส้ม	
		ภาษาณะบรรจุ	ภาษาณะบรรจุ	ภาษาณะบรรจุ	ภาษาณะบรรจุ
		200 มิลลิลิตร	1,000 มิลลิลิตร	1,000 มิลลิลิตร	200 มิลลิลิตร
มลพิษทางอากาศ					
คาร์บอนไดออกไซด์	กรัม	27.64	43.15	27.64	43.15
นิกเกิล	ไมโครกรัม	50.30	30.61	50.30	30.61
ออกไซด์ของไนโตรเจน	มิลลิกรัม	267.36	161.42	267.36	161.42
ออกไซด์ของซัลเฟอร์	มิลลิกรัม	765.47	513.34	765.47	513.34
โพลีไซคลิก อะโรมาติก					
ไฮโดรคาร์บอน	ไมโครกรัม	102.62	59.07	102.62	59.07
มลพิษทางน้ำ					
แบเรียม	มิลลิกรัม	1.53	0.86	1.53	0.86
โพลีไซคลิก อะโรมาติก					
ไฮโดรคาร์บอน	ไมโครกรัม	47.85	27.57	47.85	27.57
การกระจายสินค้า					
วัตถุดิบ					
ถ่านหิน	มิลลิกรัม	133.70	130.68	133.70	130.68
ก๊าซธรรมชาติ	ลูกบาศก์เมตร	361.22	353.06	361.22	353.06
น้ำมันดิบ	กรัม	7.17	7.01	7.17	7.01
มลพิษทางอากาศ					
เบนซีน	ไมโครกรัม	848.78	829.60	848.78	829.60
คาร์บอนไดออกไซด์	กรัม	23.62	23.09	23.62	23.09
ออกไซด์ของไนโตรเจน	ไมโครกรัม	11.38	11.13	11.38	11.13
โพลีไซคลิก อะโรมาติก					
ไฮโดรคาร์บอน	กรัม	425.05	415.44	425.05	415.44
นิกเกิล	นาโนกรัม	178.31	174.28	178.31	174.28
ออกไซด์ของซัลเฟอร์	มิลลิกรัม	35.60	34.79	35.60	34.79
มลพิษทางน้ำ					
แบเรียม	ไมโครกรัม	908.00	887.48	908.00	887.48
การจำหน่าย					
วัตถุดิบ					
ถ่านหิน	กรัม	8.13	8.13	8.13	8.13
ก๊าซธรรมชาติ	ลิตร	19.13	19.13	19.13	19.13

ตารางที่ 31 (ต่อ)

พารามิเตอร์	หน่วย	น้ำสับปะรด		น้ำส้ม	
		ภาชนะบรรจุ	ภาชนะบรรจุ	ภาชนะบรรจุ	ภาชนะบรรจุ
		200 มิลลิลิตร	1,000 มิลลิลิตร	1,000 มิลลิลิตร	200 มิลลิลิตร
น้ำมันดิบ	มิลลิกรัม	189.22	189.22	189.22	189.22
<i>มลพิษทางอากาศ</i>					
คาร์บอนไดออกไซด์	กรัม	45.97	45.97	45.97	45.97
ออกไซด์ของไนโตรเจน	มิลลิกรัม	61.03	61.03	61.03	61.03
ออกไซด์ของซัลเฟอร์	ไมโครกรัม	50.32	50.32	50.32	50.32
โพลิไซคลิก อะโรมาติก					
ไฮโดรคาร์บอน	ไมโครกรัม	4.85	4.85	4.85	4.85
<i>มลพิษทางน้ำ</i>					
แบเรียม	ไมโครกรัม	330.23	330.23	330.23	330.23
วานาเดียม	ไมโครกรัม	69.32	69.32	69.32	69.32
<u>การบริโภค</u>					
<i>วัตถุดิบ</i>					
ถ่านหิน	กรัม	5.89	5.89	5.89	5.89
ก๊าซธรรมชาติ	ลิตร	13.86	13.86	13.86	13.86
น้ำมันดิบ	มิลลิกรัม	137.12	137.12	137.12	137.12
<i>มลพิษทางอากาศ</i>					
คาร์บอนไดออกไซด์	กรัม	33.31	33.31	33.31	33.31
ออกไซด์ของไนโตรเจน	มิลลิกรัม	44.23	44.23	44.23	44.23
โพลิไซคลิก อะโรมาติก					
ไฮโดรคาร์บอน	ไมโครกรัม	3.51	3.51	3.51	3.51
ออกไซด์ของซัลเฟอร์	ไมโครกรัม	36.46	36.46	36.46	36.46
<i>มลพิษทางน้ำ</i>					
แบเรียม	ไมโครกรัม	239.30	239.30	239.30	239.30
วานาเดียม	ไมโครกรัม	50.23	50.23	50.23	50.23
<u>การจัดการของเสีย</u>					
<i>วัตถุดิบ</i>					
น้ำมันดิบ	มิลลิกรัม	133.46	226.06	133.46	226.06
<i>มลพิษทางอากาศ</i>					
เบนซีน	ไมโครกรัม	15.79	26.75	15.79	26.75
คาร์บอนไดออกไซด์	มิลลิกรัม	514.36	871.24	514.36	871.24

ตารางที่ 31 (ต่อ)

พารามิเตอร์	หน่วย	น้ำสับปะรด		น้ำส้ม	
		ภาชนะบรรจุ	ภาชนะบรรจุ	ภาชนะบรรจุ	ภาชนะบรรจุ
		200 มิลลิลิตร	1,000 มิลลิลิตร	1,000 มิลลิลิตร	200 มิลลิลิตร
ออกไซด์ของไนโตรเจน มลพิษทางน้ำ	มิลลิกรัม	7.91	13.40	7.91	13.40
แบเรียม	ไมโครกรัม	16.90	28.62	16.90	28.62
โพลิไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน	นาโนกรัม	87.42	148.08	87.42	148.08

3. ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

หลังจากที่ทำการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม ขั้นตอนต่อมาเป็นขั้นตอนการจำแนกข้อมูลเข้าสู่กลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมและทำการแปลงค่าข้อมูลสิ่งแวดล้อมให้เป็นค่าความสามารถในการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยวิธี CML 2 Baseline 2000 (Version 2.04) ซึ่งเป็นวิธีการประเมินการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในชั้นกลาง โดยกลุ่มผลกระทบสิ่งแวดล้อมเลือกพิจารณา ได้แก่ ศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด (Acidification potential; AP) ศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ (Eutrophication potential; EP) ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global warming potential; GWP) ศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ (Human toxicity potential หรือ HTP) และ ศักยภาพในการก่อให้เกิดความเป็นพิษทางบกและทางน้ำ (Aquatic/Terrestrial Ecotoxicity Potential; TTP) นอกจากนี้ยังทำการประเมินกลุ่มผลกระทบการใช้พลังงาน โดยวิธี Cumulative Energy Demand (CED) (Version 1.05) รายละเอียดผลการศึกษาโดยภาพรวมดังตารางที่ 32

ตารางที่ 32 ขนาดผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของน้ำสับปะรดและน้ำส้มปริมาตร 1 ลิตร
ในภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร

กลุ่มผลกระทบ สิ่งแวดล้อม	หน่วย	ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม			
		น้ำสับปะรด		น้ำส้ม	
		ขนาดบรรจุ 1,000 มิลลิลิตร	ขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร	ขนาดบรรจุ 1,000 มิลลิลิตร	ขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร
AP	g SO ₂ eq	2.77	3.15	8.44	8.87
EP	g PO ₄ ³⁻ eq	0.54	0.57	2.04	2.08
GWP	g CO ₂ eq	499.58	568.05	1048.62	1119.77
HTP	g 1,4-DB eq	158.41	189.84	290.99	324.87
TTP	kg 1,4-DB eq	49.02	53.29	87.19	91.91
CED	MJ eq	7.24	8.23	14.71	15.74
Land use	m ² .a	0.80	0.80	0.22	0.22

3.1 ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของน้ำสับปะรด 1 ลิตร ในภาชนะบรรจุขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร

กลุ่มผลกระทบศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด (AP) พบว่า มีสาเหตุหลักมาจากการปล่อย NO_x และ SO_x จากการใช้พลังงานในการผลิตไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าในการผลิตน้ำสับปะรด และการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่งวัตถุดิบสับปะรดมายังโรงงานผลิตในขั้นตอนการผลิตน้ำสับปะรด รวมทั้งจากการใช้พลังงานในการสกัด การขนส่งวัตถุดิบในการผลิตฟิล์มพลาสติกโพลีเอทิลีนที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อ และการใช้พลังงานในการผลิตและขนส่งภาชนะบรรจุกล่องเพื่อการขนส่ง ในขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ โดยน้ำสับปะรดขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร เกิดผลกระทบสูงสุดในขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ มีค่าผลกระทบเท่ากับ 1.14 g SO₂eq คิดเป็น 36 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นขั้นตอนการผลิตน้ำสับปะรด มีค่าผลกระทบเท่ากับ 1.03 g SO₂eq คิดเป็น 33 เปอร์เซ็นต์ สำหรับน้ำสับปะรดขนาดบรรจุ 1,000 มิลลิลิตร เกิดผลกระทบสูงสุดในขั้นตอนการผลิตน้ำสับปะรด มีค่าผลกระทบเท่ากับ 1.02 g SO₂eq คิดเป็น 37 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ มีค่าผลกระทบเท่ากับ 0.79 g SO₂eq คิดเป็น 28 เปอร์เซ็นต์

กลุ่มผลกระทบศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ (EP) พบว่า มีสาเหตุหลักมาจากการปนเปื้อนของปุ๋ยเคมีลงสู่แหล่งน้ำ ในขั้นตอนการปลูกสับปะรด โดยน้ำสับปะรดขนาดบรรจุ 200 และ 1,000 มิลลิลิตร มีค่าผลกระทบเท่ากัน เท่ากับ $0.25 \text{ g PO}_4^{3-} \text{ eq}$ คิดเป็น 44 และ 47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาเป็นขั้นตอนการผลิตน้ำสับปะรด มีค่าผลกระทบเท่ากัน เท่ากับ $0.16 \text{ PO}_4^{3-} \text{ eq}$ คิดเป็น 28 และ 29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีสาเหตุหลักมาจากการปนเปื้อนของเศษสับปะรดในน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำสับปะรด

กลุ่มผลกระทบศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) พบว่า มีสาเหตุหลักจากการปล่อย NO_x และ SO_x จากการใช้พลังงานในการผลิตไอน้ำและพลังงานไฟฟ้า ในขั้นตอนการผลิตน้ำสับปะรด และจากการใช้พลังงานในการขนส่ง โดยน้ำสับปะรดขนาดบรรจุ 200 และ 1,000 มิลลิลิตร มีค่าผลกระทบเท่ากับ $168.22 \text{ g CO}_2 \text{ eq}$ และ $164.71 \text{ g CO}_2 \text{ eq}$ คิดเป็น 30 และ 33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาเป็นขั้นตอนปลูกสับปะรด มีค่าผลกระทบเท่ากัน เท่ากับ $123.18 \text{ g CO}_2 \text{ eq}$ คิดเป็น 22 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีสาเหตุหลักมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในการสกัดแร่ และการขนส่งวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการเพาะปลูกสับปะรด

กลุ่มผลกระทบศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ (HTP) พบว่า น้ำสับปะรดขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร เกิดผลกระทบสูงสุดในขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ มีค่าผลกระทบเท่ากับ 78.32 g 1,4-DBeq คิดเป็น 41 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการปล่อยสารพอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbon หรือ PAH) ในขั้นตอนการผลิตแผ่นอูมิเนียมซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อ รองลงมาเป็นขั้นตอนการปลูกสับปะรด มีค่าผลกระทบเท่ากับ 54.73 g 1,4-DBeq คิดเป็น 29 เปอร์เซ็นต์ มีสาเหตุหลักจากการปล่อยไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (hydrogen fluoride) โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (polycyclic aromatic hydrocarbons: PAH) นิกเกิล และโคบอลต์ (6+) ในขั้นตอนผลิตปุ๋ยเคมีโดยเฉพาะปุ๋ยยูเรียที่ใช้ในขั้นตอนการปลูกสับปะรด สำหรับน้ำสับปะรดขนาดบรรจุ 1,000 มิลลิลิตร เกิดผลกระทบสูงสุดในขั้นตอนการปลูกสับปะรด มีค่าผลกระทบเท่ากับ 54.73 g 1,4-DBeq คิดเป็น 35 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ มีค่าผลกระทบเท่ากับ 43.67 g 1,4-DBeq คิดเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุที่ผลกระทบในขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรด ขนาด 200 มิลลิลิตร มีค่าผลกระทบมากกว่าการผลิตภาชนะบรรจุขนาด 1,000 มิลลิลิตร เนื่องจากเมื่อคิดปริมาณแผ่นอูมิเนียมที่เป็นสาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบในกลุ่มนี้ พบว่า การใช้แผ่นอูมิเนียมเพื่อผลิต

ภาชนะบรรจุขนาด 200 มิลลิลิตร จำนวน 5 กล่อง มีปริมาณสูงกว่าการใช้แผ่นอูมิเนียมเพื่อผลิตภาชนะบรรจุขนาด 1,000 มิลลิลิตร จำนวน 1 กล่อง ประมาณ 1.7 เท่า

กลุ่มผลกระทบศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ (TTP) มีสาเหตุหลักจากการใช้พลังงานเพื่อการผลิตไอน้ำในขั้นตอนการผลิตน้ำสับปะรด โดยน้ำสับปะรดขนาดบรรจุ 200 และ 1,000 มิลลิลิตร มีค่าผลกระทบเท่ากับ 21.75 kg 1,4-DBeq และ 21.50 kg 1,4-DBeq คิดเป็น 41 และ 44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาเป็นขั้นตอนการปลูกสับปะรด ค่าผลกระทบเท่ากัน เท่ากับ 19.28 kg 1,4-DBeq คิดเป็น 36 และ 39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีสาเหตุหลักมาจากการใช้พลังงานในการสกัดและขนส่งปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการปลูกสับปะรด

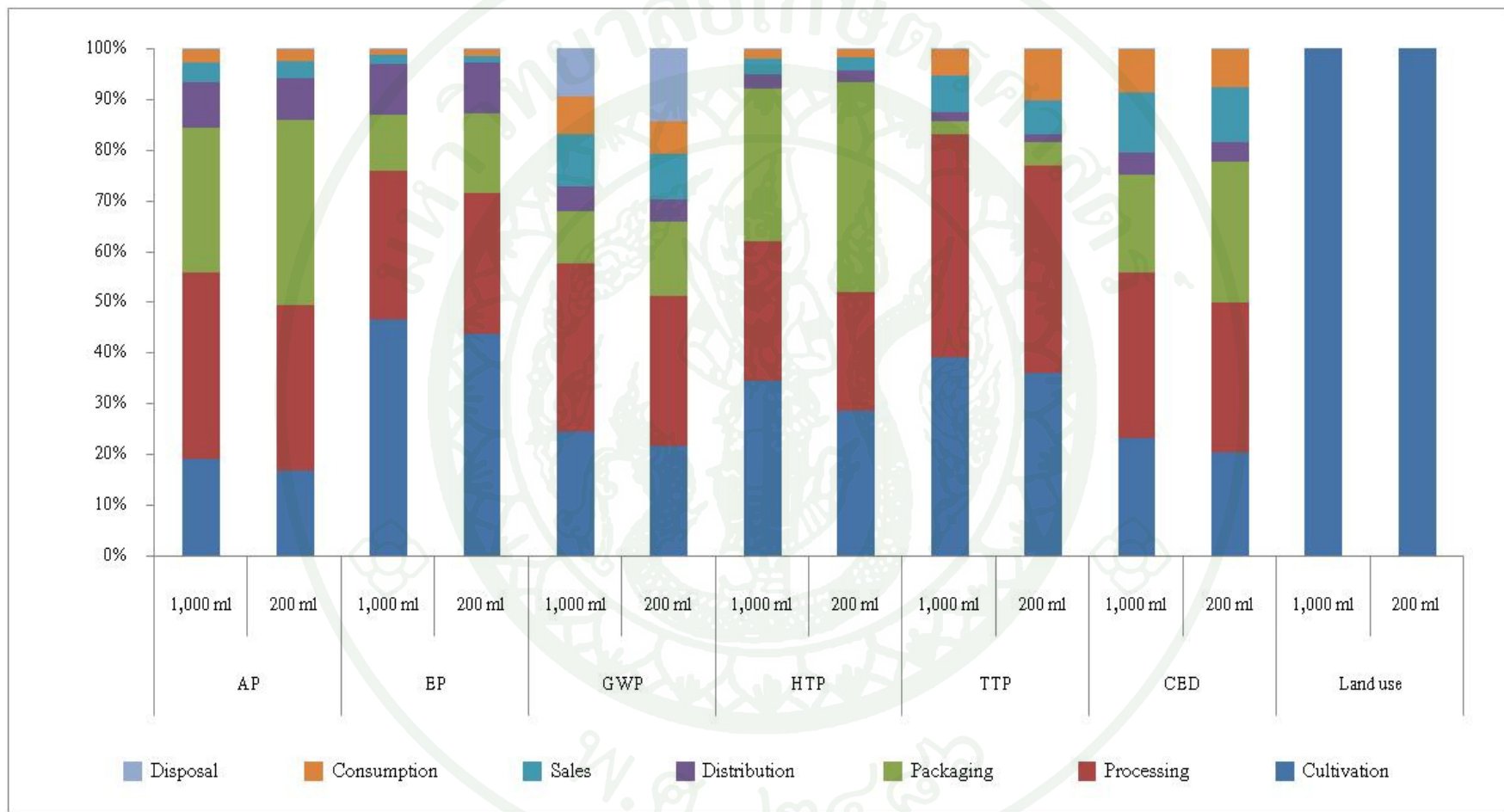
กลุ่มผลกระทบการใช้พลังงาน (CED) พบว่า น้ำสับปะรดในภาชนะบรรจุขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร เกิดผลกระทบสูงสุดในขั้นตอนการผลิตน้ำสับปะรด มีค่าผลกระทบเท่ากับ 2.42 MJeq และ 2.36 MJeq คิดเป็น 29 และ 33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีสาเหตุหลักมาจากการใช้พลังงานในการขนส่งวัตถุดิบสับปะรดไปยังโรงงานผลิตน้ำสับปะรด และการใช้พลังงานน้ำมันเตาในการผลิตไอน้ำ และการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตน้ำสับปะรด ขั้นตอนที่ทำให้เกิดผลกระทบรองลงมาของน้ำสับปะรดในขนาดบรรจุขนาด 200 มิลลิลิตร คือ ขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุ มีค่าผลกระทบเท่ากับ 2.28 MJeq คิดเป็น 28 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสาเหตุจากการใช้พลังงานในขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบของการผลิตกล่องกระดาษปลอดเชื้อ และขั้นตอนที่ทำให้เกิดผลกระทบรองลงมาของน้ำสับปะรดในขนาดบรรจุขนาด 1,000 มิลลิลิตร คือ ขั้นตอนการปลูกสับปะรด มีค่าผลกระทบเท่ากับ 1.70 MJeq คิดเป็น 23 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการใช้พลังงานในการสกัดและขนส่งวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการปลูกสับปะรด

กลุ่มผลกระทบการใช้ที่ดิน (Land use) การผลิตน้ำสับปะรด 1 ลิตร ต้องใช้ที่ดินทั้งหมดเท่ากับ 0.8 ตารางเมตรต่อปี

จากการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิต พบว่า น้ำสับปะรดที่บรรจุในภาชนะบรรจุขนาด 200 มิลลิลิตร มีผลกระทบสูงกว่าน้ำสับปะรดที่บรรจุในภาชนะบรรจุขนาด 1,000 มิลลิลิตร ทุกกลุ่มผลกระทบ 6-20 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้น การใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีค่าผลกระทบเท่ากัน เนื่องจากน้ำสับปะรดที่บรรจุในภาชนะบรรจุ 200 มิลลิลิตร มีการใช้วัตถุดิบและพลังงานสูงกว่า ในขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุและขั้นตอนการบรรจุ พบว่า ภาชนะ

บรรจุขนาด 200 มิลลิลิตร มีปริมาณการใช้วัตถุพิษและพลังงานสูงกว่าภาชนะบรรจุขนาด 1,000 มิลลิลิตร 1.7 เท่า





ภาพที่ 12 สัดส่วนการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตน้ำสับประรด 1 ลิตรในภาชนะบรรจุกล่องพลาสติกขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร

3.2 ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิตของน้ำส้ม 1 ลิตร ใน ภาชนะบรรจุขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร

กลุ่มผลกระทบศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด (AP) มีสาเหตุหลักมาจากการปล่อย NO_x และ SO_x จากการใช้พลังงานในการขนส่งวัตถุดิบส้มไปยังโรงงานผลิตน้ำส้ม และการใช้พลังงานในการผลิตไอน้ำและพลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการผลิตน้ำส้ม โดยน้ำส้มขนาดบรรจุ 200 และ 1,000 มิลลิลิตร มีค่าผลกระทบเท่ากับ 5.61 g SO_2eq และ 5.59 g SO_2eq คิดเป็น 63 และ 66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาเป็นขั้นตอนการปลูกส้ม มีค่าผลกระทบเท่ากัน เท่ากับ 1.70 g SO_2eq คิดเป็น 19 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีสาเหตุหลักมาจากการปล่อย SO_x และ NO_x จากการใช้พลังงานในการสกัดแร่ และการขนส่งวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการปลูกส้ม

กลุ่มผลกระทบศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ (EP) มีสาเหตุหลักมาจากการปล่อยไนโตรสออกไซด์จากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่ง และจากการปนเปื้อนของเศษส้มในน้ำเสียของโรงงานผลิตน้ำส้มจากในขั้นตอนการผลิต โดยน้ำส้มขนาดบรรจุ 200 และ 1,000 มิลลิลิตร มีค่าผลกระทบเท่ากับ 1.13 g $\text{PO}_4^{3-}\text{eq}$ และ 1.12 g $\text{PO}_4^{3-}\text{eq}$ คิดเป็น 54 และ 55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาเป็นขั้นตอนการปลูกส้มมีค่าผลกระทบเท่ากัน เท่ากับ 0.80 g $\text{PO}_4^{3-}\text{eq}$ คิดเป็น 39 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการปนเปื้อนของปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการปลูกส้มลงสู่แหล่งน้ำ

กลุ่มผลกระทบศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (GWP) มีสาเหตุหลักจากการปล่อย NO_x และ SO_x จากการใช้พลังงานในการขนส่งวัตถุดิบส้มไปยังโรงงานผลิตน้ำส้ม ขนส่ง โดยน้ำส้มขนาดบรรจุ 200 และ 1,000 มิลลิลิตร มีค่าผลกระทบเท่ากับ 542.72 g CO_2eq และ 538.92 g CO_2eq คิดเป็น 49 และ 51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาเป็นขั้นตอนการปลูกส้มมีค่าผลกระทบเท่ากัน เท่ากับ 303.92 g CO_2eq คิดเป็น 27 และ 29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีสาเหตุหลักมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในการสกัดแร่ และการขนส่งวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการเพาะปลูกส้ม

กลุ่มผลกระทบศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ (HTP) มีสาเหตุหลักมาจากปล่อยไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (hydrogen fluoride) โพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (polycyclic aromatic hydrocarbons: PAH) นิกเกิล และโครเมียม (6+) ในขั้นตอนผลิตปุ๋ยเคมี โดยเฉพาะปุ๋ยยูเรียที่ใช้ในขั้นตอนการปลูกส้ม โดยน้ำส้มขนาดบรรจุ 200 และ 1,000 มิลลิลิตร มีค่าผลกระทบเท่ากัน เท่ากับ 123.23 g 1,4-DBeq คิดเป็น 38 และ 42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือ

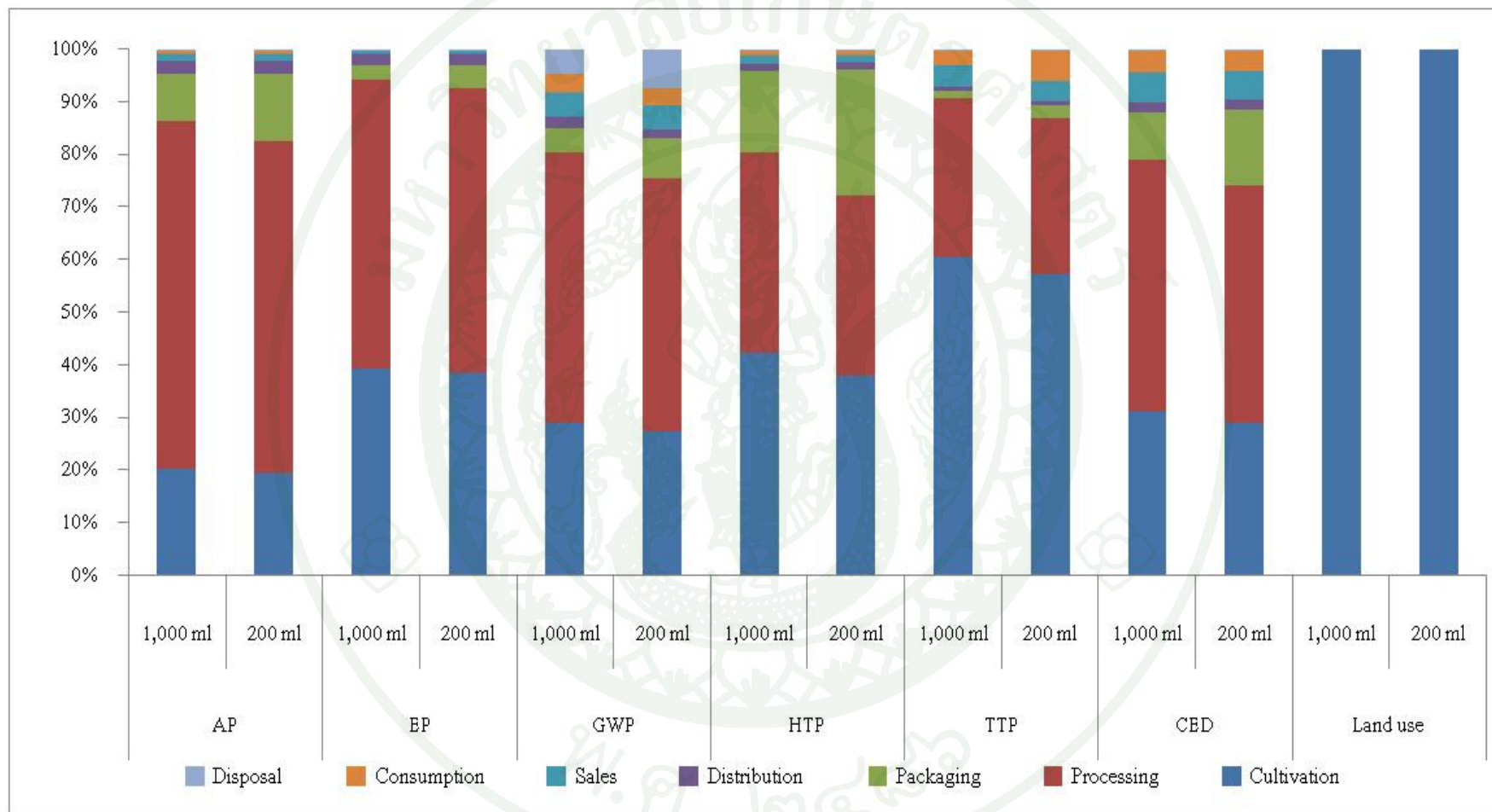
ขั้นตอนการผลิตน้ำสับปะรด มีค่าผลกระทบเท่ากับ 111.18 และ 110.66 g 1,4-DBeq คิดเป็น 35 และ 38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีสาเหตุหลักมาจากการปล่อยโพลีไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (polycyclic aromatic hydrocarbons: PAH) จากการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำ

กลุ่มผลกระทบสุขภาพการก่อให้เกิดขึ้นความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ (TTP) มีสาเหตุหลักจากการใช้พลังงานในการสกัดและขนส่งปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการปลูกส้ม โดยน้ำส้มขนาดบรรจุ 200 และ 1,000 มิลลิลิตร มีค่าผลกระทบเท่ากัน เท่ากับ 52.71 kg 1,4-DBeq คิดเป็น 57 และ 61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาเป็นขั้นตอนการผลิตน้ำสับปะรด มีค่าผลกระทบเท่ากับ 27.06 kg 1,4-DBeq และ 26.42 kg 1,4-DBeq คิดเป็น 29 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีสาเหตุหลักมาจากการใช้พลังงานเพื่อการผลิตไอน้ำใน

กลุ่มผลกระทบการใช้พลังงาน (CED) มีสาเหตุหลักจากการใช้พลังงานในการขนส่งวัตถุดิบส้มไปยังโรงงานผลิตน้ำส้ม และการใช้พลังงานในการผลิตไอน้ำ และการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตน้ำส้ม โดยน้ำส้มขนาดบรรจุ 200 และ 1,000 มิลลิลิตร มีค่าผลกระทบเท่ากับ 7.12 MJeq และ 7.08 MJeq คิดเป็น 45 และ 48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาเป็นขั้นตอนการปลูกส้ม มีค่าผลกระทบเท่ากัน เท่ากับ 4.55 MJeq คิดเป็น 29 และ 31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากการใช้พลังงานในการสกัดและขนส่งวัตถุดิบในการผลิตปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการปลูกส้ม

กลุ่มผลกระทบการใช้ที่ดิน (Land use) การผลิตน้ำส้มเขียวหวาน 1 ลิตร ต้องใช้ที่ดินทั้งหมดเท่ากับ 0.22 ตารางเมตรต่อปี

จากการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิต พบว่า น้ำสับปะรดที่บรรจุในภาชนะบรรจุขนาด 200 มิลลิลิตร มีผลกระทบสูงกว่าน้ำสับปะรดที่บรรจุในภาชนะบรรจุขนาด 1,000 มิลลิลิตร ทุกกลุ่มผลกระทบ 2-12 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้น การใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีค่าผลกระทบเท่ากัน เนื่องจากน้ำสับปะรดที่บรรจุในภาชนะบรรจุ 200 มิลลิลิตร มีการใช้วัตถุดิบและพลังงานสูงกว่า ในขั้นตอนการผลิตภาชนะบรรจุและขั้นตอนการบรรจุ พบว่า ภาชนะบรรจุขนาด 200 มิลลิลิตร มีปริมาณการใช้วัตถุดิบและพลังงานสูงกว่าภาชนะบรรจุขนาด 1,000 มิลลิลิตร 1.7 เท่า



ภาพที่ 13 สัดส่วนการก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตน้ำดื่ม 1 ลิตร ในภาชนะบรรจุกล่องพลาสติกขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร

4. การเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของแบบจำลองการบริโภค

จากการศึกษาพบว่า แบบจำลองสถานการณ์วิธีการบริโภคในกรณีที่ 3 น้ำผลไม้แช่เย็นและใส่น้ำแข็ง ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงสุดในทุกกลุ่มผลกระทบ โดยมีค่าสูงกว่าแบบจำลองสถานการณ์วิธีการบริโภคในกรณีที่ 2 น้ำผลไม้ใส่น้ำแข็ง ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่ำสุดในทุกกลุ่มผลกระทบ เท่ากับ 7-33 เปอร์เซ็นต์ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 33

ตารางที่ 33 ผลการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการบริโภคน้ำสับปะรดและน้ำส้ม

กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	น้ำผลไม้แช่เย็น	น้ำผลไม้ใส่น้ำแข็ง	น้ำผลไม้แช่เย็นและใส่น้ำแข็ง
AP	g SO ₂ eq	0.100	0.008	0.108
EP	g PO ₄ ³⁻ eq	0.008	0.002	0.010
GWP	g CO ₂ eq	49.413	10.523	59.936
HTP	g 1,4-DBeq	4.452	2.220	6.672
TTP	kg 1,4-DBeq	3.466	0.326	3.791
CED	MJeq	0.838	0.138	0.976

5. การเปรียบเทียบผลการศึกษากับการศึกษาก่อนหน้านี้

การเปรียบเทียบผลกระทบของน้ำส้ม 1 ลิตร ในการศึกษาครั้งนี้ กับการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตน้ำส้มที่ประเทศอิตาลี (Beccali *et al.*, 2009) โดยมีขอบเขตตั้งแต่การปลูกส้มจนถึงโรงงานการผลิตน้ำส้ม พบว่า ในขั้นตอนการปลูกส้ม ประเทศไทยมีการใช้ปุ๋ยเคมีสูงกว่าการปลูกส้มในประเทศอิตาลีประมาณ 7.5 เท่า โดยประเทศไทยมีอัตราการใช้ปุ๋ยเคมี 0.15 กิโลกรัมต่อลิตร และประเทศอิตาลีมีอัตราการใช้ปุ๋ยเคมี 0.02 กิโลกรัมต่อลิตร ในขั้นตอนการผลิตน้ำส้ม น้ำส้มของประเทศไทยมีการใช้พลังงานสูงกว่าในกระบวนการฆ่าเชื้อ เนื่องจากในกระบวนการนี้โรงงานในประเทศไทยมีการใช้พลังงานไฟฟ้า และพลังงานไอน้ำ ในการฆ่าเชื้อซึ่งพลังงานไอน้ำของโรงงานที่ทำการศึกษามาจากน้ำมันเตาเป็นหลัก ส่วนจากการศึกษาในประเทศอิตาลีกระบวนการฆ่าเชื้อจะใช้พลังงานจากไฟฟ้า ก๊าซมีเทน และไอน้ำซึ่งมีการผลิตมาจากเชื้อเพลิงก๊าซมีเทน ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทุกกลุ่มต่ำกว่าน้ำมันเตา 5-10 เท่า แต่ในกระบวนการการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ น้ำส้มของประเทศไทยมีการใช้พลังงานต่ำกว่าน้ำส้มของประเทศอิตาลี เนื่องจากน้ำส้มของประเทศไทยใช้ระบบการฆ่า

เชื้อแบบสเตอริไลเซชัน จึงไม่ต้องเก็บรักษาโดยการแช่เย็น สามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องได้ ส่วนน้ำส้มของประเทอิตาลีใช้ระบบการฆ่าเชื้อแบบพาสเจอร์ไรซ์เช่นกัน จึงต้องเก็บรักษาน้ำส้มที่อุณหภูมิต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียส คิดเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อการเก็บรักษาน้ำส้ม 1 ลิตร ประมาณ 0.02 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ในขั้นตอนการกระจายสินค้า พบว่า การกระจายสินค้าน้ำส้มในประเทศไทยเป็นการขนส่งทางถนนภายในประเทศโดยใช้รถบรรทุก 10 ล้อ ซึ่งมีระยะทางการกระจายสินค้าน้อยกว่าประเทศอิตาลี เนื่องจากการกระจายสินค้าน้ำส้มของประเทศไทยเป็นการกระจายสินค้าภายในประเทศและภายนอกประเทศ โดยมีการกระจายสินค้าโดยใช้รถบรรทุกควบคุมอุณหภูมิภายในประเทศอิตาลี และประเทศต่างๆ ในทวีปยุโรป โดยผ่านการขนส่งทางบก และการกระจายสินค้าโดยใช้เรือขนส่งที่มีการควบคุมอุณหภูมิไปยังประเทศญี่ปุ่น และประเทศสหรัฐอเมริกา จากรายละเอียดข้างต้น ถึงแม้ว่าน้ำส้มในประเทศไทยจะมีการใช้ปุ๋ยเคมีและสารกำจัดศัตรูพืช รวมทั้งการใช้พลังงานในขั้นตอนการฆ่าเชื้อสูงกว่าน้ำส้มของประเทอิตาลี แต่มีการใช้พลังงานต่ำกว่าในขั้นตอนการผลิตและการกระจายสินค้า จึงทำให้ค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมีค่าใกล้เคียงกัน

นอกจากนี้ยังมีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มผลกระทบศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนในน้ำส้มของประเทอังกฤษ และเกาหลีใต้ พบว่า ค่าที่ได้อยู่ระหว่าง 0.5-1.4 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า สาเหตุที่ค่าผลกระทบแตกต่างกันเนื่องจากประเภทของภาชนะบรรจุแตกต่างกัน เช่น กล่องพลาสติก หรือขวดพลาสติก เป็นต้น วัตถุดิบที่นำมาผลิตน้ำส้มพร้อมดื่ม เช่น ส้มสด หรือน้ำส้มเข้มข้น สัดส่วนของน้ำส้มที่ผสม เช่น 100 เปอร์เซ็นต์ หรือ 50 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันตามชนิดของผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำส้มพาสเจอร์ไรซ์ ต้องแช่เย็นเพื่อรักษาคุณภาพ หรือน้ำส้มสเตอริไลซ์ ที่สามารถอยู่ในอุณหภูมิปกติได้ (ตารางที่ 34)

ตารางที่ 34 ผลการเปรียบเทียบการประเมินวัฏจักรชีวิตของน้ำส้มในประเทศต่างๆ

กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	น้ำส้ม 1 ลิตร			
		ประเทศไทย	ประเทศอิตาลี	ประเทศอังกฤษ	ประเทศเกาหลีใต้
AP	g SO ₂ eq	8.4-8.9	9.87		
EP	g PO ₄ ³⁻ eq	2.0-2.1	2.42		
GWP	kg CO ₂ eq	1.05-1.12	1.05	1.0-1.4	0.5-0.8
CED	MJeq	14.7-15.7	14.7		

6. การประยุกต์ใช้ผลการศึกษาในการดำเนินการฉลากสิ่งแวดล้อม

ผลการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์น้ำสับประรด และน้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการดำเนินการฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 (Ecolabel Type III) และฉลากคาร์บอน (Carbon footprint label) ดังนี้

การดำเนินการฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 ใช้ข้อมูลผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในกลุ่มของศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด ศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน และผลกระทบด้านการใช้พลังงาน โดยน้ำสับประรดพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ในภาชนะบรรจุขนาด 200 และ 1,000 มิลลิตร มีค่าเท่ากับ $3.15 \text{ g SO}_2\text{eq}$ $0.57 \text{ g PO}_4^{3-}\text{eq}$ $568.05 \text{ g CO}_2\text{eq}$ 8.23 MJeq และ $2.77 \text{ g SO}_2\text{eq}$ $0.54 \text{ g PO}_4^{3-}\text{eq}$ $499.58 \text{ g CO}_2\text{eq}$ 7.24 MJeq ตามลำดับ สำหรับค่ากลุ่มผลกระทบในการดำเนินการฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 ของน้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ในภาชนะบรรจุขนาด 200 และ 1,000 มิลลิตร มีค่าเท่ากับ $8.79 \text{ g SO}_2\text{eq}$ $2.00 \text{ g PO}_4^{3-}\text{eq}$ $1117.40 \text{ g CO}_2\text{eq}$ 15.64 MJeq และ $8.09 \text{ g SO}_2\text{eq}$ $1.95 \text{ g PO}_4^{3-}\text{eq}$ $1008.27 \text{ g CO}_2\text{eq}$ 14.15 MJeq ตามลำดับ (ตารางที่ 35)

ตารางที่ 35 ค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดและน้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อการดำเนินการฉลากสิ่งแวดล้อม

กลุ่มผลกระทบ	หน่วย	ค่าผลกระทบ			
		น้ำสับปะรด		น้ำส้ม	
		ขนาดบรรจุ 200 มิลลิตร	ขนาดบรรจุ 1,000 มิลลิตร	ขนาดบรรจุ 200 มิลลิตร	ขนาดบรรจุ 1,000 มิลลิตร
AP	g SO ₂ eq	3.15	2.77	8.79	8.09
EP	g PO ₄ ³⁻ eq	0.57	0.54	2.00	1.95
GWP	g CO ₂ eq	568.05	499.58	1117.40	1008.27
CED	MJeq	8.23	7.24	15.64	14.15

การดำเนินการฉลากคาร์บอน เป็นการนำค่าผลกระทบในกลุ่มของศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน โดยน้ำสับปะรดพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ในภาชนะบรรจุขนาด 200 และ 1,000 มิลลิตร มีค่าเท่ากับ 568.05 g CO₂ eq และ 499.58 CO₂ eq สำหรับส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ในภาชนะบรรจุขนาด 200 และ 1,000 มิลลิตร มีค่าเท่ากับ 1117.40 g CO₂ eq และ 1008.27 g CO₂ eq (ตารางที่ 35)

7. การเปรียบเทียบผลกระทบสิ่งแวดล้อมผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรด และน้ำส้มที่มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน

เนื่องจากส้มและสับปะรดเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกของแหล่งอาหารที่มีวิตามินซีสูง จึงทำการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของน้ำสับปะรดและน้ำส้มที่มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน หรือเท่ากับ 60 มิลลิกรัมต่อวัน (เสาวนีย์, 2542) โดยในน้ำผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 27.33 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิตร และผลิตภัณฑ์น้ำส้มมีปริมาณวิตามินซีเท่ากับ 41.07 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิตร (จินตนา, 2543) ดังนั้น เมื่อต้องการให้ร่างกายได้รับวิตามินซีเท่ากับปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวันต้องดื่มน้ำสับปะรดเท่ากับ 220 มิลลิตร หรือน้ำส้มเท่ากับ 150 มิลลิตร พบว่า น้ำส้มมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าน้ำสับปะรด 1-2 เท่า ในทุกกลุ่มผลกระทบ (ตารางที่ 36)

ตารางที่ 36 ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรด และน้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์
ในภาชนะบรรจุกล่องปลอดเชื้อขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร ที่มีปริมาณวิตามินซี
เท่ากับปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน

กลุ่มผลกระทบ ต่อสิ่งแวดล้อม	หน่วย	ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม			
		น้ำสับปะรด		น้ำส้ม	
		ขนาดบรรจุ 1,000 มิลลิลิตร	ขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร	ขนาดบรรจุ 1,000 มิลลิลิตร	ขนาดบรรจุ 200 มิลลิลิตร
AP	g SO ₂ eq	0.61	0.69	1.27	1.33
EP	g PO ₄ ³⁻ eq	0.12	0.13	0.31	0.31
GWP	g CO ₂ eq	109.91	124.97	157.29	167.97
HTP	g 1,4-DB eq	34.85	41.76	43.65	48.73
TTP	kg 1,4-DB eq	10.78	11.72	13.08	13.79
CED	MJ eq	1.59	1.81	2.21	2.36

8. ผลการวิเคราะห์อ่อนไหวของประเด็นปัญหาสิ่งแวดล้อม (Sensitivity analysis of environment impacts)

การขนส่งวัตถุดิบส้มไปยังโรงงานผลิตน้ำส้ม ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงสุดในกลุ่มศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด ศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน และผลกระทบด้านการใช้พลังงาน เนื่องจากโรงงานตั้งอยู่ห่างไกลจากแหล่งปลูกส้ม โดยมีระยะทางขนส่ง 1,090 กิโลเมตร จากอ.ฝาง จ.เชียงใหม่ไปยัง อ.เมือง จ.ประจวบคีรีขันธ์ และมีระยะทางระหว่างโรงงานผลิตน้ำส้มกับโรงงานบรรจุลงภาชนะบรรจุใน อ.วังน้อย จ.พระนครศรีอยุธยา 345 กิโลเมตร จึงได้ทำการสร้างแบบจำลองโดยให้โรงงานอยู่ในพื้นที่เดียวกับแหล่งปลูกส้มใน จ.เชียงใหม่ โดยมีระยะทางการขนส่งวัตถุดิบเท่ากับ 200 กิโลเมตร และหลังจากผลิตน้ำส้มจะทำการขนส่งไปยังโรงงานบรรจุภาชนะบรรจุซึ่งคิดเป็นระยะทาง 661 กิโลเมตร ซึ่งพบว่า เมื่อโรงงานผลิตน้ำส้มตั้งอยู่ในพื้นที่เดียวกับแหล่งปลูกส้มจะส่งผลให้ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในทุกกลุ่มผลกระทบลดลง 40 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 37)

ตารางที่ 37 ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำส้มเชิงเปรียบเทียบ ของการขนส่งวัตถุดิบและการกระจายสินค้าในพื้นที่ศึกษาจริง และแบบจำลองการตั้งโรงงานในพื้นที่เดียวกับแหล่งปลูกส้ม

กลุ่มผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	หน่วย	ค่าผลกระทบสิ่งแวดล้อม	
		พื้นที่ศึกษาจริง	แบบจำลอง
AP	g SO ₂ eq	4.94	2.97
EP	g PO ₄ ³⁻ eq	1.08	0.65
GWP	g CO ₂ eq	477.67	286.60
HTP	g 1,4-DB eq	90.64	54.39
TTP	kg 1,4-DB eq	16.03	19.62
CED	MJ eq	6.25	3.75

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดและน้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 ลิตร มีขอบเขตตั้งแต่การปลูกพืชวัตถุดิบ การผลิตน้ำสับปะรดและน้ำส้ม การผลิตภาชนะบรรจุ การกระจายสินค้า การจำหน่าย การบริโภค และการจัดการของเสีย รวมทั้งการขนส่งที่เกี่ยวข้องในทุกขั้นตอน โดยประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยวิธี CML2 Baseline 2000 (Version 2.04) และ Cumulative Energy Demand (Version 1.05) สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อม และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ของน้ำสับปะรดและน้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรด พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ 1 ลิตร ใช้สับปะรดสดในการผลิต 3 กิโลกรัม โดยในขั้นตอนการปลูกสับปะรด มีการใช้ปุ๋ยเคมี 0.1 กิโลกรัม สารกำจัดศัตรูพืช 1.5 กรัม และน้ำ 0.71 ลิตร โดยมีระยะทางการขนส่งสับปะรดสดไปยังโรงงานผลิตน้ำสับปะรด 219 กิโลกรัม ในขั้นตอนการผลิตน้ำสับปะรดมีปริมาณการใช้น้ำ และน้ำมันเตาสำหรับการผลิตไอน้ำ 5.13 ลิตร และ 0.009 ลิตร รวมทั้งมีปริมาณไฟฟ้า 0.104 และ 0.99 กิโลวัตต์-ชั่วโมง สำหรับน้ำสับปะรดในภาชนะบรรจุขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้ำสับปะรดพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ในภาชนะบรรจุขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร พบว่า มีค่าผลกระทบศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด ศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ ศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ ผลกระทบด้านการใช้พลังงาน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน เท่ากับ 3.15 g SO₂eq 0.57 g PO₄³⁻eq 568.05 g CO₂eq 189.84 g 1,4-DBeq 53.29 kg 1,4-DBeq 8.23 MJeq 0.80 m²a และ 2.77 g SO₂eq 0.54 g PO₄³⁻eq 499.58 g CO₂eq 158.41 g 1,4-DBeq 49.02 kg 1,4-DBeq 7.24 MJ eq 0.80 m²a ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลบัญชีรายการสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำส้ม พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ 1 ลิตร ใช้ส้มเขียวหวานสดในการผลิต 3.33 กิโลกรัม โดยต้องใช้ปุ๋ยเคมีและสารกำจัดศัตรูพืชในการปลูก 0.45 กิโลกรัม และ 17.41 กรัม รวมทั้งมีปริมาณการใช้น้ำ 21.7 ลิตร โดยมีระยะทางการขนส่งส้มสดไปยังโรงงานผลิตน้ำส้ม 1,110 กิโลกรัม ในขั้นตอนการผลิตน้ำส้มมีปริมาณการใช้น้ำ 2.3 ลิตร น้ำมันเตาและถ่านหินในการผลิตไอน้ำ 0.008 ลิตร และ 0.017 กิโลกรัม

รวมทั้งมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการผลิตทั้งสิ้น 0.038 และ 0.033 กิโลวัตต์ชั่วโมงสำหรับน้ำ
 สับปะรดในภาชนะบรรจุขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
 น้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ในภาชนะบรรจุขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร พบว่า มีค่าผลกระทบ
 ศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด ศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารใน
 น้ำ ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ ศักยภาพการ
 ก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ ผลกระทบด้านการใช้พลังงาน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน
 เท่ากับ 8.79 g SO₂eq 2.00 g PO₄³⁻eq 1117.40 g CO₂eq 318.85 g 1,4-DBeq 94.58 kg 1,4-DBeq 15.64
 MJeq 0.22 m²a และ 8.09 g SO₂eq 1.95 g PO₄³⁻eq 1008.27 g CO₂eq 279.80 g 1,4-DBeq 83.45 kg
 1,4-DBeq 14.15 MJeq 0.22 m²a ตามลำดับ

จากการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยตลอดวัฏจักรชีวิต พบว่า ภาชนะบรรจุขนาด
 200 มิลลิลิตร มีผลกระทบสูงกว่าในภาชนะบรรจุขนาด 1,000 มิลลิลิตร ทุกกลุ่มผลกระทบ 1.7-2 เท่า
 เนื่องจากภาชนะบรรจุ 200 มิลลิลิตร มีการใช้วัตถุดิบและพลังงานสูงกว่า มีปริมาณการใช้วัตถุดิบและ
 พลังงานสูงกว่าภาชนะบรรจุขนาด 1,000 มิลลิลิตร 1.7 เท่า

ผลการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดและน้ำส้มพร้อมดื่ม
 100 เปอร์เซ็นต์ ในภาชนะบรรจุขนาดเดียวกัน พบว่าน้ำส้มมีค่าผลกระทบในทุกกลุ่มผลกระทบ
 มากกว่าน้ำสับปะรด เนื่องจากการปลูกส้มให้ได้ผลผลิตเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำส้ม 1 ลิตร มีการ
 ใช้ปุ๋ยเคมีและสารกำจัดวัชพืชสูงกว่าการปลูกสับปะรด คิดเป็น 4.5 และ 11.6 เท่า เนื่องจาก สับปะรด
 เป็นพืชที่มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม และมีศัตรูพืชน้อย จึงใช้ปุ๋ยเคมีและสารกำจัดศัตรูพืชน้อย
 กว่าส้มซึ่งเป็นพืชที่มีการระบาดของโรคพืชและมีศัตรูพืชจำนวนมาก ในส่วนขั้นตอนการผลิตน้ำส้ม
 พบว่ามีการใช้พลังงานในการขนส่งวัตถุดิบส้มไปยังโรงงาน และพลังงานในการผลิตสูงกว่าน้ำ
 สับปะรด โดยเฉพาะการใช้พลังงานในการขนส่งวัตถุดิบส้มมีค่าสูงกว่าการขนส่งวัตถุดิบสับปะรดมี
 ค่าสูงกว่าประมาณ 5 เท่า นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของน้ำสับปะรดและ
 น้ำส้มที่มีปริมาณวิตามินซีเท่ากับปริมาณที่แนะนำให้บริโภคต่อวัน หรือเท่ากับน้ำสับปะรด 220
 มิลลิลิตร และน้ำส้มเท่ากับ 150 มิลลิลิตร พบว่าน้ำส้มมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงกว่าน้ำสับปะรด
 1-2 เท่า ในทุกกลุ่มผลกระทบ

2. การจำแนกแนวทางในการปรับปรุงสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรด และ น้ำส้ม

ขั้นตอนหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรดพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ คือ ขั้นตอนการผลิตน้ำสับปะรด โดยก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมสูงสุด ในกลุ่มศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน และศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ ซึ่งมีสาเหตุมาจากการใช้พลังงานในการผลิตไอน้ำ นอกจากนี้ ขั้นตอนการปลูกสับปะรด เป็นอีกขั้นตอนหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีค่าผลกระทบสูงสุดในกลุ่มศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ เนื่องจากการปนเปื้อนสารไนเตรด และฟอสเฟตลงสู่แหล่งน้ำจากการใช้ปุ๋ยเคมีในการปลูกสับปะรด การปรับปรุงสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำสับปะรด ในขั้นตอนการผลิตน้ำสับปะรด อาจทำได้โดยการลดการสูญเสียของพลังงานไอน้ำในกระบวนการผลิต โดยการหุ้มฉนวนระบบผลิตและระบบส่งจ่ายไอน้ำ การนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ใหม่ และการป้องกันการรั่วไหลของไอน้ำโดยการตรวจสอบและซ่อมแซมจุดที่มีการรั่วไหล นอกจากนี้ การเปลี่ยนเชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตไอน้ำจากน้ำมันเตาเป็นก๊าซธรรมชาติ จะช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมลง 15-93 เปอร์เซ็นต์ในทุกกลุ่มผลกระทบ โดยเฉพาะกลุ่มผลกระทบศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด ศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ ศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ และศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ จะมีผลกระทบลดลงอย่างน้อย 80 เปอร์เซ็นต์ ในขั้นตอนการปลูกสับปะรด การเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยคอก ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี ส่งผลให้ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการผลิตและการใช้ปุ๋ยเคมีลดลง

ขั้นตอนหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ คือ ขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบส้มไปยังโรงงานผลิตน้ำส้ม โดยมีค่าผลกระทบสูงสุดในกลุ่มศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด ศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน และผลกระทบด้านการใช้พลังงาน เนื่องจากโรงงานตั้งอยู่ห่างไกลจากแหล่งปลูกส้ม นอกจากนี้ ขั้นตอนการปลูกส้มเป็นอีกขั้นตอนหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีค่าผลกระทบสูงสุดในกลุ่มศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ และศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อระบบนิเวศ ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากการปล่อยไฮโดรเจนฟลูออไรด์ โพลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน นิกเกิล และโคลเมียม (+6) ในขั้นตอนผลิตปุ๋ยเคมี การปรับปรุงสมรรถนะเชิงสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์น้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ทำได้โดยการรับซื้อส้มสดจากพื้นที่ปลูกที่อยู่ใกล้เคียงกับโรงงานผลิตน้ำส้มจะช่วยลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ในทุกกลุ่มผลกระทบ หรือการใช้รถขนส่งวัตถุดิบที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ แทนเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล จะลดผลกระทบในกลุ่มศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด ศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ศักยภาพการก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อมนุษย์ และผลกระทบด้านการใช้พลังงาน เท่ากับ 94 97 18 40 และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับผลกระทบจากการผลิตและการใช้ปุ๋ยเคมีในขั้นตอนการปลูกส้ม มีแนวทางแก้ไขเช่นเดียวกับการปลูกสับปะรด

3. การใช้ข้อมูลในการดำเนินการฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 และฉลากคาร์บอน

ผลการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตในกลุ่มผลกระทบมีค่าผลกระทบศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด ศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน และผลกระทบด้านการใช้พลังงาน สามารถนำไปเป็นข้อมูลสนับสนุนการดำเนินการฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 โดยใช้ค่าผลกระทบในกลุ่มศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะความเป็นกรด ศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในน้ำ ศักยภาพในการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน และผลกระทบด้านการใช้พลังงาน ซึ่งน้ำสับปะรดพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ในภาชนะบรรจุขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 3.15 g SO₂eq 0.57 g PO₄³⁻eq 568.05 g CO₂eq 8.23 MJeq และ 2.77 g SO₂eq 0.54 g PO₄³⁻eq 499.58 g CO₂eq 7.24 MJ eq ตามลำดับ สำหรับค่ากลุ่มผลกระทบในการดำเนินการฉลากสิ่งแวดล้อมประเภทที่ 3 ของน้ำส้มพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ในภาชนะบรรจุขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 8.79 g SO₂eq 2.00 g PO₄³⁻eq 1117 g CO₂eq 15.64 MJeq และ 8.09 g SO₂eq 1.95 g PO₄³⁻eq 1008.27 g CO₂eq 14.15 MJeq ตามลำดับ นอกจากนี้ ค่าผลกระทบของกลุ่มศักยภาพการก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนสามารถนำไปเป็นข้อมูลสนับสนุนการดำเนินการฉลากคาร์บอน ซึ่งพบว่าน้ำสับปะรดพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ในภาชนะบรรจุขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร มีค่าศักยภาพการก่อให้เกิดโลกร้อนเท่ากับ 568.05 g CO₂eq และ 499.58 g CO₂eq และน้ำพร้อมดื่ม 100 เปอร์เซ็นต์ ในภาชนะบรรจุขนาด 200 และ 1,000 มิลลิลิตร มีค่าเท่ากับ 1117 g CO₂eq และ 1008 g CO₂eq ตามลำดับ สำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสิ่งแวดล้อมและสภาพภูมิอากาศ แนะนำให้เลือกดื่มน้ำสับปะรด

ข้อเสนอแนะในการเลือกซื้อน้ำผลไม้สำหรับผู้บริโภค สำหรับผู้ที่ดื่มน้ำผลไม้เพื่อเสริมปริมาณวิตามินซีที่ควรได้รับต่อวัน ควรเลือกบริโภคน้ำสับปะรด เนื่องจากมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าน้ำส้มที่มีปริมาณวิตามินซีที่ได้เท่ากัน แต่สำหรับผู้ที่ยินยดื่มน้ำผลไม้ชนิดใดชนิดหนึ่ง ควร

เลือกน้ำผลไม้ที่บรรจุในภาชนะบรรจุขนาด 1,000 มิลลิลิตร เนื่องจากเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่า
ภาชนะบรรจุขนาด 200 มิลลิลิตร



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม. 2553. **แนวปฏิบัติในการจัดทำฐานข้อมูลวัฏจักร**

ชีวิตผลิตภัณฑ์: อุตสาหกรรมสับประรดกระป๋อง. บริษัท ออบิโทรกราฟฟิค จำกัด, กรุงเทพฯ.

กองสุขาภิบาลชุมชนและประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. 2547.

การประเมินผลกระทบต่อสุขภาพจากการปลูกพืชเศรษฐกิจ กรณีสวนส้ม จังหวัด

กำแพงเพชร. กองสุขาภิบาลชุมชนและประเมินผลกระทบต่อสุขภาพ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. แหล่งที่มา: http://san.anamai.moph.go.th/kpi/kpi48/kpi4/1/kpi4_1_1.doc, 1 กรกฎาคม 2552.

การไฟฟ้านครหลวง. 2553. **หลักในการเลือกซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้า.** แหล่งที่มา:

<http://www.mea.or.th/apd/5/main.htm>, 3 มีนาคม 2553.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2553. **รายงานประจำปี 2552.** 168 น.

กิสณะ ดันเจริญ, ผู้เรียบเรียง. 2551. **คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร, สับประรด.** พิมพ์ครั้งที่ 1.

สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.

จตุชัย กาวีจันทร์. 2547. **โครงสร้างตลาด พฤติกรรม และทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อน้ำผลไม้ 40**

เปอร์เซ็นต์ ในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จินตนา ดำรงนุกูล. 2543. **การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินซีในน้ำผลไม้สำเร็จรูป.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิจศิริ เรืองรังษี. 2534. **เครื่องเทศ.** โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. **อ้างอิง** บุญยัติ สุขศรี

งาม. 2527. เครื่องเทศที่ใช้เป็นสมุนไพร. เล่ม 2. บุรพาสาสน์, กรุงเทพฯ.

บริษัท ทิปโก้ฟู้ดส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน). 2551. **รายงานประจำปี 2551.** 105 น.

บริษัท ศูนย์วิจัยกสิกรไทย จก. 2550. **น้ำผัก-ผลไม้เติบโตต่อเนื่องในปีกุน'50**. กรุงเทพฯ. 29 มกราคม 2550.

ประชา เต็งศิริวัฒนา. 2541. **การศึกษาแนวทางการตลาดของอุตสาหกรรมน้ำผลไม้ขนาดเล็ก**.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต.

ประพนธ์ ไทยวานิช, ผู้เรียบเรียง. 2551. **คู่มือนักวิชาการส่งเสริมการเกษตร, สัมภาษณ์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ศูนย์สารสนเทศ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. **ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2551**. 97 น.

สถาบันชุมชนเกษตรกรรมยั่งยืน มูลนิธิพัฒนาศักยภาพชุมชน. 2549. **การกำหนดขอบเขตและแนวทางการประเมินผลกระทบทางสุขภาพจากการทำพืชเศรษฐกิจขนาดใหญ่ในลุ่มน้ำฝางจังหวัดเชียงใหม่. คลังข้อมูลและความรู้ระบบสุขภาพของสถาบันวิจัยระบบสาธารณสุข**. Accession no. hs 1298.

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติและสำนักงานคณะกรรมการการพัฒนากิจการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2549. **การประเมินวัฏจักรชีวิตและการออกแบบเชิงนิเวศเศรษฐกิจ**. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

สมเกียรติ บุญศิริ. 2550. “ต้น ภาสกรนที กับการต่อสู้ครั้งสุดท้าย.” **วารสารผู้จัดการ (Online)**.
<http://www.gotomanager.com>, 5 เมษายน 2550.

สิราภรณ์ อุ๋นเสรี. 2549. **การวิเคราะห์การตอบสนองอุปทานส้มเขียวหวานในประเทศไทย**.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุชาดา ชินะจิตร. 2550. **พาราควอต**. ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี. แหล่งที่มา:
<http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=1&ID=52>, 1 มิถุนายน 2552.

เสาวนีย์ จักรพิทักษ์. 2523. **เคมีประยุกต์ในคหกรรมศาสตร์**. ไทยวัฒนาพานิชย์, กรุงเทพฯ. 154 น.
สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2550. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2549**. 169 น.

สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม. 2545. **หลักปฏิบัติเพื่อป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา พืช ผักและผลไม้บรรจุภาชนะที่ผนึก : สับปะรดกระป๋อง**. 144 น.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2551. **สถานการณ์และแนวโน้มสินค้าเกษตรที่สำคัญ ปี 2551**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร.

หน่วยข้อสนเทศวัตถุอันตรายและความปลอดภัย ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม และของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2546. **ฐานข้อมูลอ้างอิงบัญชีวัตถุอันตราย : รายการสารเคมี พร้อมรหัสอ้างอิง**. ฐานความรู้เรื่องความปลอดภัยด้านสารเคมี. แหล่งที่มา: <http://www.chemtrack.org/Chem.asp>, 20 มิถุนายน 2552.

Barnar, M. and Z. Cokaygil. 2008. A Comparative Life Cycle Analysis of Two Different Juice Packages. **Environmental Engineering Science** 25 (4): 549-555.

Beccali M., M. Cellura, M. Iudicello, M. Mistretta. 2009. Resource Consumption and Environment Impact of the Agrofood Sector: **Life Cycle Assessment of Italian Citrus-Based Products**. **Environmental Management** 2009 (43): 707-724.

Canals, L.M., G.M. Burnip, D.M. Suckling and S.J. Cowell. 2003. **Sources of Site-Dependency and Importance of Energy Consumption in Agricultural LCA: Apple Production in New Zealand**, pp. 236-242. In Niels Halberg, ed. International conference Life Cycle Assessment in the Agri-food sector the 4th. Danish Institute of Agriculture Sciences, Bygholm.

Canals, L.M., S.J. Cowell, S. Sim and L. Basson. 2007. Comparing Domestic versus Imported Apples: A Focus on Energy Use. **Env Sci Pollut Res** 14 (5): 338-344.

Coltro, L., A.L. Mourad, R.M. Kletecke, T.A. Mendonca, S.P.M. Gerner. 2009. Assessing the environmental profile of orange production in Brazil. **Int J Life Cycle Assess.**

- Frischknecht R., N. Jungbluth, H. Althaus, D. Gabor, T. Heck, S. Hellweg, R. Hirschier, T. Nemecek, G. Rebitzer, M. Spielmann and G. Wernet. 2008. **Overview and Methodology. ecoin-vent report No. 1. 18-12-2007.** 68 p.
- Goedkoop, M., M. Demmers and M. Collignon. 1996. **The Eco-indicator 95.** Pre' consultant & Duijf Consultancy BV.
- ISO 14040. 2006. **Environmental management –Life Cycle Assessment- Principles and framework.** International Organisation for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Jelse, K., E. Eriksson and E. Einarson. 2009. **Life Cycle Assessment of consumer packaging for liquid food.** 160.
- Liamsanguan, C. and S.H. Gheewala. 2006. Environmental Assessment of Energy Production from Municipal Solid Waste Incineration. **Int J LCA** 12 (7): 529 – 536.
- Ongmongkolkul, A., P.H. Nielsen and M.M. Nazhad. 2002. Life Cycle Assessment of Paperboard Packaging Produced in Thailand, pp. 330-339. **In First National Environmental Conference, Environmental Engineering Association of Thailand (EEAT).** Chiang Mai.
- Verpackungen, Ö. 1996. **Schriftenreihe Umwelt Nr. 250/1+2, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft,** Bern, Switzerland. 553 p.
- Sanjuán, N., G. Clemente and L. Úbeda. 2003. LCA of the integrated production of oranges in the Comunidad Valenciana (Spain), pp. 210-213. **In** Niels Halberg, ed. **International conference Life Cycle Assessment in the Agri-food sector the 4th.** Danish Institute of Agriculture Sciences, Bygholm.
- Tetra Pak. 2006. **UK Sustainability Update 2006.** 20 p.



แผ่นเก็บข้อมูลรายการสารขาเข้า/ออก ของกระบวนการผลิตสับปะรดกระป๋อง

ขั้นตอนการผลิต	รายการสารขาเข้า	รายการสารขาออก	ปริมาณ	วิธีการเก็บ/ ผู้ให้ข้อมูล
ล้างทำความสะอาด	ปริมาณสับปะรดที่เข้า กระบวนการล้าง (ลบ.ม/วัน)	สับปะรด		
	ปริมาณน้ำที่ใช้ (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)			
	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชม)			
		ปริมาณสับปะรดที่ทำความสะอาดสำเร็จ (ตัน/วัน)		
		น้ำ wash up		
คัดขนาด	ปริมาณสับปะรดคัดขนาด (ตัน/วัน)	สับปะรด		
	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชม)			
		สับปะรดเสีย (ตัน/วัน)		
		ปริมาณสับปะรดที่คัดขนาดสำเร็จ (ตัน/วัน)		
ปอกเปลือก/ เจาะแกน	ปริมาณสับปะรดที่ปอกเปลือก (ตัน/วัน)			
	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชม)			
	ปริมาณน้ำที่ใช้ (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)			
		เปลือก/แกนสับปะรด (ตัน/วัน)		
		ปริมาณสับปะรดที่ปอกเปลือกสำเร็จ (ตัน/วัน)		
ตัดแต่ง/จิกตา/ ตัดแว่น	ปริมาณสับปะรดที่เจาะแกน (ตัน/วัน)			
	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชม)			
	ปริมาณน้ำที่ใช้ (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)			
		เศษสับปะรด (ตัน/วัน)		
		สับปะรดตกแต่งสำเร็จ (ตัน/วัน)		

แผ่นเก็บข้อมูลรายการสารขาเข้า/ออก ของกระบวนการผลิตน้ำสับปะรด

ขั้นตอนการผลิต	รายการสารขาเข้า	รายการสารขาออก	ปริมาณ	วิธีการเก็บ/ ผู้ให้ข้อมูล
ตรวจคุณภาพ/ คัดแยก	ปริมาณการใช้แกน และเศษเนื้อ (ตัน/วัน)			
	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชม)			
		เศษสับปะรดที่ไม่ได้คุณภาพ		
สับหยาบ	เศษสับปะรดที่ผ่านการคัด คุณภาพ			
	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชม)			
		สับปะรดที่ผ่านเครื่องสับหยาบ (ตัน/วัน)		
เครื่องคั้นน้ำ สับปะรด	สับปะรดที่ผ่านเครื่องตีเหล็ก (ตัน/วัน)			
	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชม)			
		น้ำสับปะรดที่ผ่านเครื่องคั้นน้ำ (ตัน/วัน)		
		กากสับปะรด (ตัน/วัน) (ขอราคาที่ขายทำอาหารสัตว์ (บาท/กก.)		
ตกตะกอน	น้ำสับปะรดที่ผ่านเครื่องคั้น น้ำเหล็ก (ตัน/วัน)			
	พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชม)			
		น้ำสับปะรดที่ผ่านการตกตะกอน (ตัน/วัน)		
		กากสับปะรด (ตัน/วัน)		

แบบสอบถาม การรวบรวมข้อมูลการเพาะปลูกส้ม

1. ชื่อ.....นามสกุล.....
2. ที่อยู่.....ตำบล.....อำเภอ.....
จังหวัด.....เบอร์โทรศัพท์.....
3. พื้นที่การเพาะปลูกส้มทั้งหมด.....ไร่
4. ผลผลิตต่อไร่ต่อปี.....ตัน
5. ระยะเวลาตั้งแต่ปลูกจนเริ่มออกผล.....ปี
6. ระยะเวลาตั้งแต่ปลูกจนรื้อถอน.....ปี
7. ผลผลิต ☐ ขายให้โรงงาน ปริมาณ.....ตัน/ปี
☐ ขายตลาด/พ่อค้า/แม่ค้า ปริมาณ.....ตัน/ปี
8. วิธีการเตรียมแปลงก่อนเริ่มปลูกส้มโดยใช้รถไถ.....ชั่วโมงต่อไร่
9. วิธีการเตรียมแปลงก่อนเริ่มปลูกส้มใช้รถไถกลบ.....ชั่วโมงต่อไร่ ใช้น้ำมัน.....ลิตร/ไร่
10. ใช้วิธีการเผาก่อนการไถกลบหรือไม่
☐ ไม่เผา ☐ เผา โดยใช้ระยะเวลา.....ชั่วโมงต่อไร่
11. จำนวนต้นที่ปลูกต่อไร่ จำนวน.....ต้น
12. ชนิดของปุ๋ยที่ใช้
☐ ปุ๋ยหินฟอสเฟต ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง.....กิโลกรัม/ไร่
ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่.....กิโลกรัม/ไร่
ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่
☐ 15-15-15 ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง.....กิโลกรัม/ไร่
ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่.....กิโลกรัม/ไร่
ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่

- ☐ ปุ๋ยอินทรีย์ ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่
- ☐ ปุ๋ยน้ำชีวภาพ (EM) ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่
- ☐ ปุ๋ยขาว/ปุ๋ยมาร์ล ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่
- ☐ ธาตุแคลเซียม ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่
- ☐ ธาตุแมกนีเซียม ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่

☐ ธาตุเหล็ก ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่

☐ ธาตุสังกะสี ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่

☐ ธาตุทองแดง ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่

☐ ธาตุโบรอน ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่

13. สารป้องกันกำจัดโรคของส้มเขียวหวาน

☐ เมทาแลกซิล ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่

- ☐ ฟอสฟอรัส-ออร์โทเฟส ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่
- ☐ ฟอสฟอรัส-แอซิค ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่
- ☐ คอปเปอร์ออกไซด์ ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่
- ☐ บอร์โดมิกเจอร์ ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่
- ☐ คอปเปอร์ไฮดรอกไซด์ ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่

- ☐ คอปเปอร์ซัลเฟต ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่
- ☐ ฟลูเฟนอกซุรอน ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่
- ☐ อิมิดาโคลพริค ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่
- ☐ โฟซาโลน ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่
- ☐ คลอร์ฟลูอาซอรอน ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่

- ☐ คาโบซัลเฟน ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่
- ☐ โฟฟาไกด์ ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่
- ☐ อามีทราซ ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่
- ☐ โบรโมโพราไฟเลต ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่
- ☐ เฮกซีไทอะซอกซ์ ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่

☐ กำมะถัน ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่

☐ ไพรดาเบน ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่

14. ยาม่าหญ้าที่ใช้

☐ ไกลโฟเสท ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....ลิตร/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... ลิตร/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....ลิตร/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... ลิตร/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....ลิตร/ไร่

☐ พาราควอท ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....ลิตร/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... ลิตร/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....ลิตร/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... ลิตร/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....ลิตร/ไร่

☐ แอมโมเนีย ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....ลิตร/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... ลิตร/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....ลิตร/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... ลิตร/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....ลิตร/ไร่

- ☐ อื่นๆ
- ปริมาณที่ใช้ในปีแรก.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สอง..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สาม.....กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ในปีที่สี่..... กิโลกรัม/ไร่
 ปริมาณที่ใช้ตั้งแต่ปีที่ห้าเป็นต้นไป.....กิโลกรัม/ไร่

15. ปริมาณการใช้น้ำในการปลูกส้ม

ปริมาณน้ำที่ใช้.....ลิตรต่อไร่ รดน้ำวันละ.....ครั้งต่อวัน
 รดน้ำเดือนละ.....วัน รดน้ำปีละ.....เดือน
 จำนวนเครื่องสูบน้ำ.....เครื่อง กำลัง.....แรงม้า สูบน้ำครั้งละ.....ชั่วโมงต่อครั้ง

16. การขนส่งน้ำ

- ☐ น้ำชลประทาน ☐ น้ำบาดาล ☐ น้ำประปา ☐ น้ำฝน
- ☐ รถขนน้ำ ขนน้ำเป็นระยะทาง.....กิโลเมตร จำนวนการขนน้ำต่อวัน.....วัน
- จำนวนวันที่ขนน้ำต่อเดือน.....วัน
- ชนิดรถบรรทุกน้ำ ☐ รถบรรทุก 10 ล้อ ☐ รถบรรทุก 6 ล้อ ☐ รถกระบะ

17. การขนส่งมายังโรงคัดคุณภาพ

จำนวน.....กิโลกรัมต่อปี

ชนิดรถที่ใช้ขนส่ง ☐ รถบรรทุก 10 ล้อ ☐ รถบรรทุก 6 ล้อ ☐ รถกระบะ

ลงชื่อ.....

วันที่.....

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวผกาพร ชนปรีสุทธิ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	30 ตุลาคม 2523
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ.วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งปัจจุบัน	นักวิจัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านกลยุทธ์ธุรกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	กองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โครงการทุน “เชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย (Window I)” และบริษัท อุตสาหกรรมสับประรดกระป๋องไทย จำกัด