บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เครื่องปรุงรส

เครื่องปรุงรสไม่ได้จัดเป็นอาหารที่นำมาบริโภคโดยตรง แต่จัดเตรียมไว้เพื่อการปรุงแต่งขณะที่ทำการหุงต้มให้ได้รสชาติตามความนิยมของผู้บริโภคที่คุ้นเคย จึงทำให้เครื่องปรุงรสมีบทบาทที่สำคัญต่อวงการธุรกิจอาหารเกือบทุกประเภท ตั้งแต่การเตรียมการจำหน่ายปลีกให้กับแม่บ้านได้นำมาใช้ในการปรุงแต่งอาหารเองในครอบครัวเรือนหรือผลิตให้กับภัตตาคารและโรงงานอุตสาหกรรมอาหารสำเร็จรูป ความสำคัญของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสมีดังนี้ (สายสนม, 2540)

1. ทำให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการหุงต้มอาหารและให้รสชาติที่สม่ำเสมอตามความนิยมของผู้บริโภค

2. มีคุณสมบัติที่เป็นอาหารกึ่งยาสมุนไพร เนื่องจากเครื่องปรุงรสจะมีองค์ประกอบของเครื่องเทศทั้งหลาย นอกจากจะให้กลิ่นกับอาหารแล้วยังมีผลทางยาที่ช่วยส่งเสริมสร้างสุขภาพด้วย การจัดกลุ่มอาหารประเภทนี้ว่า Nutraceutical food ซึ่งหมายถึง อาหารและเครื่องดื่มที่บริโภคแล้วมีผลทางยาที่มีผลต่อสุขภาพได้ด้วย

3. ช่วยเพิ่มมูลค่าผลิตผลจากพืชเครื่องเทศที่สามารถผลิตได้ภายในประเทศ

ประเภทของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรส (สายสนม, 2540)

จำแนกโดยอาศัยหลักความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เครื่องปรุงรสได้ 3 ประเภทคือ

1. เครื่องปรุงรสที่อยู่ในรูปผง เป็นเครื่องปรุงรสที่ผลิตได้ง่ายโดยการนำเครื่องเทศชนิดต่างๆมาผสมกันเพื่อจำหน่ายในรูปขายปลีกที่บางครั้งผู้ใช้คิดว่าเป็นส่วนประกอบของอาหารโดยไม่ทราบว่ามาจากส่วนผสมใด

2. เครื่องปรุงรสที่อยู่ในรูปของข้นหนืด (paste) จัดเป็นเครื่องปรุงรสที่มีการพัฒนารูปแบบที่มีความเหมาะสมต่อการขนถ่าย จึงมักเติมน้ำมันหรือของเหลวบางอย่างเพื่อปรับให้มีลักษณะจับตัวกันเป็นก้อนสี่เหลี่ยม สะดวกต่อการบรรจุ การใช้ เช่น ซุปก้อน เป็นต้น

3. เครื่องปรุงรสที่เป็นของเหลว ตัวอย่างเครื่องปรุงรสเหล่านี้ ได้แก่ ซอสหอยนางรม ซีอิ้ว น้ำปลา ซอสพริก เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผงชูรส

ผงชูรสเป็นเกลือของกรดกลูตามิคซึ่งเป็นกรดอะมิโนชนิดหนึ่ง พบในธรรมชาติ เช่น ในพืชทะเล ถั่วเหลือง หัวบีท เป็นสารประกอบทางเคมีที่มีชื่อว่า โมโนโซเดียม – แอล – กลูตาเมท (monosodium – L - glutamate) ชื่อย่อคือ MSG กลูตาเมทมี 2 รูปคือ ดี – กลูตาเมท (D-Glutamate) และ แอล –กลูตาเมท (L - Glutamate) สำหรับรูปที่นำมาใช้ชูรสอาหาร คือ แอล – กลูตาเมท ซึ่งโดยคุณสมบัติแล้วไม่ได้เป็นตัวให้รสแก่อาหารโดยตรง แต่จะไปเน้นรสชาติในอาหารให้เด่นขึ้นด้วยการกระตุ้นหรือเพิ่มความไวของประสาทรับความรู้สึกของลิ้นต่อการกระตุ้นของอาหาร โดยมีสูตรโครงสร้างดังนี้

$$HOOC - CH_2 - CH_2 - \underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}} - COONa$$

ภาพที่ 2.1 สูตรโครงสร้างของแอล –กลูตาเมท (L - Glutamate)
ที่มา : The National Academy of Science

ผงชูรสมีสีขาว ใส ไม่มีกลิ่น มีรสหวานหรือเค็มเล็กน้อย (The National Academy of Science, 1981) เป็นผงถ้าปราศจากน้ำและจะเป็นผลึกเมื่อมีน้ำรวมอยู่ด้วย ทั้งนี้แบบผลึกรูปเข็มมีเนื้อแท้ๆ ของโมโนโซเดียม – แอล – กลูตาเมทน้อยกว่าแบบผงเพราะรวมเอาน้ำหนักของน้ำเข้าไปด้วย (พิชัยและนพ, 2528)

การผลิตผงชูรสทำได้จากวิธีดังต่อไปนี้

1. วิธีการย่อยสลาย เป็นวิธีการสกัดจากวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ พืชที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบ สามารถสกัดได้โดยการใช้กรด ด่าง หรือเอนไซม์

2. วิธีการสังเคราะห์ การผลิตโดยวิธีนี้ใช้สารเคมีเป็นวัตถุดิบ

3. วิธีการหมัก วิธีนี้เป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน โดยการใช้จุลินทรีย์เพื่อเปลี่ยนวัตถุดิบให้ได้ผลผลิตเป็นกรดกลูตามิคซึ่งนำไปใช้ในการผลิตผงชูรส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ประโยชน์และคุณสมบัติในการเสริมรสของผงชูรส

ผงชูรสคือกรดอะมิโนที่ทำหน้าที่เป็นสารเคมีที่ช่วยส่งสัญญาณสื่อสารในหมู่เซลล์สมอง ในการเสริมรสนั้นผงชูรสจะกระตุ้นประสาทในปากและลำคอ จึงทำให้รู้สึกอาหารอร่อยขึ้นโดยจะเกิดความรู้สึกซ่าเล็กน้อยและทำให้รสต่างๆ สามารถค้างอยู่ในปากและลำคอได้เป็นเวลานาน ผงชูรสจะช่วยเสริมรสชาติของอาหารได้ดีในอาหารจำพวกอาหารคาว เช่น ช่วยให้ไก่มีรสชาติมากขึ้น ช่วยให้รสของผักเหมือนผักสด เน้นรสหวานของเนื้อเค็ม นอกจากนี้ยังทำให้ความรู้สึกทางด้านรสชาติบางอย่างลดน้อยลง เช่น ความฉุนของหัวหอม กลิ่นคาวของเนื้อสัตว์ดิบ และกลิ่นของผักดิบ กลิ่นเปลือกและกลิ่นดินในผัก (The National Academy of Science, 1981)

ปัญหาและอันตรายอันเนื่องจากผงชูรส

1. อันตรายเนื่องจากการปลอมปน ผงชูรสที่มีจำหน่ายในท้องตลาดแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ผงชูรสแท้ และ ผงชูรสเทียม เนื่องจากผงชูรสนิยมใช้อย่างแพร่หลายจึงมีผู้นำสารที่มีลักษณะคล้ายกันกับผงชูรสมาปลอมปน แต่ต้องมีปริมาณโมโนโซเดียม – แอล – กลูตาเมทไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 และไม่ถึงร้อยละ 98 ของน้ำหนักผงชูรส (วีณะ, 2520) ซึ่งสารดังกล่าวอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค สารดังกล่าวได้แก่

(1) Sodium metaphosphate ($NaPO_3$) สารนี้มีคุณสมบัติเป็นด่างและออกฤทธิ์เป็นยาระบายอย่างแรง ปกติใช้ในการต้มล้างหม้อน้ำขนาดใหญ่

(2) บอแรกซ์ หรือน้ำประสานทอง มีลักษณะเป็นผงก้อนเล็กๆ ถ้าได้รับมากเกินไปจะทำให้เกิดอาการ อาเจียน ท้องร่วง ช็อก และอาจตายได้

2. อันตรายที่เกิดจากผงชูรสเอง ผงชูรสอาจก่อให้เกิดอาการแพ้ที่เรียกว่า Chinese Restaurant Syndrome (CRS) ซึ่งเกิดขึ้นในกลุ่มคนที่มีความไวต่อผงชูรส

นอกจากนี้ยังพบว่าผงชูรสสามารถทำลายสมองส่วนหน้าที่เรียกว่าไฮโปทาลามัส ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโต และระบบสืบพันธุ์ของร่างกาย ทำให้การเจริญเติบโตช้า ปัญญาอ่อน ระบบสืบพันธุ์ผิดปกติ เป็นหมัน อวัยวะสืบพันธุ์เล็กลงทั้งในเรื่องขนาดและน้ำหนัก (Olney, 1969; เสริมศรีและคณะ, 2537) ทำลายกระดูกและไขกระดูก ซึ่งเป็นส่วนที่ผลิตเม็ดเลือดแดงในร่างกายอาจทำให้เกิดโรคโลหิตจางได้ (Dhindsa, 1978)

ผงชูรสส่งผลให้วิตามินในร่างกายลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งวิตามินบี-6 จะทำให้ร่างกายผิดปกติและเป็นโรคผิวหนังได้ง่าย ทำให้เกิดโรคมะเร็ง ผงชูรสที่ผ่านความร้อนเช่น การ ปิ้ง ย่าง เผา จะเปลี่ยนโครงสร้างทางเคมีเป็นสารก่อมะเร็งที่เรียกว่า กลูพี 1 และกลูพี 2 โดยสามารถทำอันตราย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ต่ออวัยวะภายในได้หลายแห่ง เช่น ลำไส้ใหญ่ ตับ และสมอง เป็นต้น (Gomez-Fabre, 2000) ทำลายระบบประสาทส่วนกลาง (Central Nervous System) (Nakayama, 2003) เปลี่ยนแปลงโครโมโซมในร่างกายในสตรีมีครรภ์ถ้ารับประทานมากจะผ่านเยื่อกั้นระหว่างรกภายในร่างกายของผู้เป็นมารดาไปสู่ทารกในครรภ์ได้ ทำให้ทารกในครรภ์ได้รับผลกระทบจากผงชูรสโดยร่างกายจะเกิดการผิดรูปหรือผิดปกติ เช่นปากแหว่ง หูแหว่ง จมูกวิ่น แขนขาพิการ (Imbert, 1996; Olney, 1969; เสริมศรีและคณะ, 2537) นอกจากนี้ผู้บริโภคยังได้รับโซเดียมมากเกินความจำเป็น เพิ่มภาระแก่ไตอาจทำให้ไตวายได้ (ผู้จัดการออนไลน์, 2546)

องค์การอนามัยโลก ได้แนะนำการใช้ผงชูรสอย่างปลอดภัย โดยกำหนดให้รับประทานผงชูรสได้ไม่เกินวันละ 120 มิลลิกรัม ต่อ น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม และไม่ควรใช้กับเด็กทารกที่อายุต่ำกว่า 12 สัปดาห์ (กลุ่มนิติการ, 2537)

ส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตเครื่องปรุงรสจากผัก

เห็ดหอม (Shitake mushroom)

ภาพที่ 2.2 เห็ดหอม (Shitake mushroom)
ที่มา : http://www.biosfera.cz/images/shitake1.jpg.

มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lentinus edodes*

ชาวญี่ปุ่นเรียกเห็ดหอมว่า Shitake และนิยมทานเห็ดหอมกันมาก เพราะมีกลิ่นหอม รสชาติอร่อย คุณค่าทางอาหารดี นอกจากนี้ในเห็ดหอมยังพบสารอาหารหลายชนิด (ตารางที่ 2.1) ปัจจุบันมีการปลูกมากในประเทศญี่ปุ่น ไต้หวันและสาธารณรัฐประชาชนจีน ได้มีการศึกษาค้นคว้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เกี่ยวกับสาร ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในเห็ดหอมกันมาก พบว่าเห็ดหอมเป็นเห็ดที่มีประโยชน์มากทั้งในด้านอาหารและยา ส่วนใหญ่ใช้เห็ดหอมในการปรุงแต่งกลิ่นรสของอาหารเพราะเห็ดหอมมีทั้งกลิ่นหอมและรสหวาน เนื่องจากองค์ประกอบในรูปโปรตีนและน้ำตาลหลายชนิด

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบหลักของเห็ดหอมต่อน้ำหนัก 100 กรัม (พรเทพ , 2539)

น้ำ	92.40 กรัม	เถ้า	0.652 กรัม
ไขมัน	0.043 กรัม	แคลเซียม	2.30 มิลลิกรัม
คาร์โบไฮเดรต	26.23 กรัม	เหล็ก	2.22 มิลลิกรัม
โปรตีน	2.34 กรัม	ฟอสฟอรัส	58.59 มิลลิกรัม
เส้นใย	1.308 กรัม	วิตามิน B2	0.24 มิลลิกรัม

แม้ว่าเห็ดหอมจะเป็นเห็ดที่มีโปรตีนต่ำกว่าเห็ดอื่น ๆ แต่ก็มีมากกว่าพืชผักหลายชนิด ยกเว้นพืชประเภทถั่ว เห็ดหอมมีกรดอะมิโนอยู่ถึง 21 ชนิด โดยพบว่ากรดอะมิโนที่มีมากที่สุดคือ กรดกลูตามิค (Kobayashi, 2000) ซึ่งเป็นสารที่สำคัญต่อรสชาติของเห็ดหอม ซึ่งในเห็ดหอมจะมีกรดกลูตามิคในปริมาณ 355 มิลลิกรัมต่อน้ำหนัก 100 กรัมของเห็ดสด (Mattila, 2002) สารประเภทน้ำตาลที่มีในเห็ดหอม ได้แก่ ทรีฮาโลส (Trehalose) ดี-แมนนิทอล (D-Mannitol) ดี-อะราบิทอล (D-Arabitol) และกลูโคส (Glucose) นอกจากโปรตีนและน้ำตาลชนิดต่าง ๆ แล้วยังมีกรดอินทรีย์หลายชนิด เช่น กรดมาลิก ฟูมาริก ไพโรกลูตามิค และกรดซิตริค เป็นต้น เห็ดหอมเป็นเห็ดชนิดเดียวที่มีวิตามินดี และวิตามินดี 2 อยู่สูงมาก โดยในเห็ดหอม 100 กรัมจะมีวิตามินดี 76.9 มิลลิกรัม (พรรณี, 2526)

ชาวเอเชียเชื่อกันมาแต่โบราณแล้วว่าเห็ดหอมเป็นยาอายุวัฒนะ ทำให้ร่างกายแข็งแรง ช่วยชะลอความชราได้ ความเชื่อดังกล่าวมิใช่เป็นเรื่องกล่าวอ้าง นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่นได้ทำการวิจัยค้นคว้าเรื่องเห็ดหอมอย่างกว้างขวาง และมีหลักฐานสนับสนุนว่าเห็ดหอมมีประโยชน์มากเมื่อร่างกายคนเรามีอายุมากขึ้น เส้นเลือดจะแข็งขึ้นเรื่อยๆ และแคบเข้า เนื่องจากสารจำพวกไขมันที่เรียกว่า คลอเลสเตอรอลในเลือดมีส่วนทำให้เส้นเลือดแข็งและอุดตัน ในสภาพเช่นนี้เลือดจะไหลไม่สะดวก เนื้อเยื่อหรืออวัยวะต่างๆ จะได้รับอาหารจากเลือดน้อยลง เป็นผลให้เกิดการเสื่อมสภาพหรือเกิดโรคได้ เช่น กล้ามเนื้อหัวใจตายเพราะเส้นเลือดเข้าหัวใจแข็ง และยังก่อให้เกิดโรคเกี่ยวกับสมองเช่น เส้นเลือดในสมองตีบเพราะเส้นเลือดที่ไปเลี้ยงสมองแข็งตัวเป็นตัวอย่างของโรคที่ทำให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คนเสียชีวิตได้มาก ในเห็ดหอมจะมีสารบางชนิดที่สามารถทำให้ความดันเลือดลดลงได้ ซึ่งจะเป็นการช่วยลดโอกาสในการเกิดโรคเส้นเลือดตีบในสมองได้ (Kabir and Kimura, 1989)

สถาบันมะเร็งแห่งชาติของญี่ปุ่นได้วิจัยสารสกัดจากเห็ดหอม พบว่ามีสารที่สามารถต่อต้านเนื้องอกและมะเร็งคือสาร Lentinan เป็นสารประกอบพวก polysaccharide สามารถยับยั้งการเจริญของเนื้องอกที่เกิดขึ้นในหนู (Sarcoma –180 transplanted mice) ซึ่งพบว่าสารสกัดจากเห็ดหอมมีส่วนช่วยการยับยั้งถึงร้อยละ 80.7 และยังพิสูจน์ว่า Lentinan เป็นสารกระตุ้นให้เกิดภูมิต้านทาน ในร่างกายสูงขึ้นอีกด้วย (Gordon , 1998) นอกจากนั้นเห็ดหอมยังมีสารสำคัญ 4 ชนิด (Kabir and Kimura, 1989) คือ

1. Eritadenine มีโครงสร้างเป็นสาร 4-(9-adenyl) 2 (R), 3(R)- dihydroxy-4-(9- adenyl) – butyric acid มีคุณสมบัติลด คอเลสเตอรอลในเลือด
2. Lentinan มีโครงสร้างเป็นสาร Beta –1,3-glucan มีคุณสมบัติต่อต้านเนื้องอกและมะเร็ง โดยทำงานเกี่ยวข้องกับ T-cells
3. Ac2P มีโครงสร้างเป็น Polysaccharide โมเลกุลใหญ่ประกอบด้วยน้ำตาลเพนโตส เป็นส่วนมากมีคุณสมบัติต่อต้านไวรัส
4. Mushroom RNA มีโครงสร้างเป็น Double-stranded RNA มีคุณสมบัติต่อต้านไวรัส โดยชักนำให้สร้าง interferon

เมื่อศึกษาคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระในเห็ด พบว่าสารต่อต้านอนุมูลอิสระจากเห็ดจะถูกสกัดได้มากโดยใช้ตัวทำละลายที่เป็นน้ำซึ่งจะมีความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระได้ดีที่สุด โดยจะมีความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระประมาณร้อยละ 10 ของการใช้สารป้องกันการหืนTBHQ และยังพบว่าสามารถยับยั้งการทำงานของ Erythrocyte hemolysis ได้ในระดับสูง ซึ่งชี้ให้เห็นว่าเห็ดหอมสามารถเป็นแหล่งของสารต่อต้านอนุมูลอิสระได้อีกทางหนึ่ง (Cheung, 2003)

นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณของเสตอรอลและวิตามิน D_2 (ergocalciferol) ในเห็ดหอมจะมีปริมาณของ Ergosterol ซึ่งจะถูกใช้เป็นสารตั้งต้นของวิตามิน D_2 อยู่ 679 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง และพบ Fungisterol ในปริมาณ 62.7 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง ซึ่งสเตอรรอลชนิดนี้มีประโยชน์อย่างมากต่อร่างกายเนื่องจากสามารถลดปริมาณของคลอเรสเตอรอล และสามารถช่วยป้องกันมะเร็งลำไส้ได้อีกด้วย (Mattila, 2002)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ผักหวานบ้าน (Saqropus androgynus)

ภาพที่ 2.3 ผักหวานบ้าน (Sweet leave)
ที่มา : http://www.kmitl.ac.th/chumphon_campus/LearningProject/learningPro46/zaiya.

มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Saqropus androgynus* (L.) *Merr*. ชื่อพ้อง *S. albicans BI.*

ผักหวานบ้านจัดเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae และมีชื่อเรียกที่แตกต่างกันไปตามแต่ละท้องถิ่น คือ ผักหวาน ก้านตง จ้าผักหวาน (เหนือ) โถหลุ่ยกะนีเค๊าะ (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน) นานาเซียม (มลายู-สตูล) ผักหวานใต้ ใบ (สตูล) มะยมป่า (ประจวบคีรีขันธ์) (ลีนา, 2530) เป็นไม้พุ่มสูง 0.8 – 2 เมตร กิ่งก้านค่อนข้างเล็ก มีสีเขียวปนเทา ใบเป็นใบเดี่ยว ก้านใบสั้นประมาณ 2 – 4 มิลลิเมตร ใบออกแบบสลับ รูปร่างกลม รูปขอบขนานหรือค่อนข้างเป็นสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ใบกว้าง 2 – 3.2 เซนติเมตร ยาว 3.2 – 6 เซนติเมตร ดอกออกสีม่วงแดงหรือแดงเข้ม เป็นดอกเดี่ยว ผลคล้ายรูปมะยม

ผักหวานบ้านเมื่อนำมาประกอบอาหารจะให้รสชาติหวาน ยอดอ่อน ใบอ่อน และลูกอ่อนของผักหวานบ้านสามารถรับประทานได้ โดยยอดอ่อนและใบอ่อนนำมาต้ม ลวก นึ่ง ผัดน้ำมันให้สุก และรับประทานเป็นผักจิ้มกับน้ำพริก ผักหวานบ้านสามารถนำมาปรุงเป็นอาหาร เช่น แกงกับหมู แกงกับปลา แกงเลียงและแกงอ่อน น้ำยางจากต้นและใบผักหวานบ้านสามารถใช้หยอดตาแก้โรคตาอักเสบ หากนำมาตำเป็นยาพอกผสมกับรากและอบเชยสามารถรักษาแผลในจมูกได้ ถ้าผสมกับ Arsenic ใช้ทาแก้โรคผิวหนังที่เกิดจากเชื้อ Spirochete ชนิดหนึ่งได้ (ลีนา, 2530) ถ้าสกัดสารจากใบและลำต้นด้วยแอลกอฮอล์จะได้ สารที่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ HIV-1 reversa transcriptase เล็กน้อย (วงศ์สถิต และคณะ, 2539)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Chiang (2001) ได้ทำการศึกษาหาปริมาณของ α - tocopherol ซึ่งเป็นสาร Antioxidant ในพืช 62 ชนิดที่สามารถรับประทานได้ในเขตเส้นศูนย์สูตร พบว่า ในใบของผักหวานบ้าน มีปริมาณของ α - tocopherol ในปริมาณ 426.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของส่วนที่รับประทานได้ โดยจัดว่าเป็นพืชที่มีปริมาณของ α - tocopherol สูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบวิตามินซีและวิตามินเออีกในส่วนที่รับประทานได้ของผักหวานบ้านอีกด้วย

หัวผักกาด (White radish)

ภาพที่ 2.4 หัวผักกาด (White radish)

มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Raphanus sativus*

หัวผักกาดเป็นผักที่มีคุณค่าทางสารอาหารหลายอย่าง (ตารางที่ 2.2) อาทิเช่น วิตามินซี กลูโคส ธาตุแคลเซียม ฟอสฟอรัส และไนอะซิน ส่วนใบของหัวผักกาดนั้นสามารถนำไปเตรียมเป็นโปรตีนในการผลิตอาหารเสริมต่าง ๆ หัวผักกาดมีชื่อเรียกต่าง ๆ ตามท้องถิ่นดังนี้ หัวผักกาด หัวผักกาดขาว หัวไชเท้า ผักกาดจีน ผักเป็ดหัวไหล่ฮก จี๋ชัง

หัวผักกาดเป็นพืชล้มลุก ลำต้นสูงประมาณ 20-100 เซนติเมตร ในตำราไทยกล่าวไว้ว่าน้ำคั้นจากหัว รับประทานเป็นยาบำรุงประสาท แก้อาการผิดปกติเกี่ยวกับหลอดลมและทรวงอก ส่วนตำรายาพื้นบ้านของอินเดียระบุไว้ว่ารับประทานหัวผักกาดจะช่วยให้นอนหลับและสามารถแก้โรคประสาทได้ (มูลนิธิโกมลคีมทอง, 2527) ในปัจจุบันนี้ได้มีการศึกษาวิจัยพบว่าหัวผักกาดมีปริมาณของ Flavonoid ซึ่งเป็นสารที่มีความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระและจุลินทรีย์ต่างๆ ใน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ประมาณ 60 มิลลิกรัมในน้ำหนักหัวผักกาดแห้ง 1 กิโลกรัม (Miean, 2001) ซึ่งมีความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระได้ 1.8 เท่าของ L-ascorbic acid (Takaya, 2003) หรือ 9.54 ไมโครโมลของ Trolox equivalents ต่อน้ำหนัก 1 กรัม (Wu, 2004) และยังพบอีกว่าในเมล็ดของหัวผักกาดมีสารซัลโฟราฟีน (Sulphoraphene) ซึ่งมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียบางชนิด เช่น *Streptococcus* และ *Pneumococcus* และมีสารราฟานิน (Raphanin) ซึ่งมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียชนิดกรัมบวก และกรัมลบได้หลายชนิด (Masalova, 2002; Steijl, 1999)

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบหลักของหัวผักกาดต่อน้ำหนัก 100 กรัม (McKeehen, 1996)

น้ำ	93.7 กรัม
คาร์โบไฮเดรต	4.1 กรัม
โปรตีน	0.8 กรัม
แคลเซียม	3 มิลลิกรัม
เถ้า	0.7 กรัม
Titanium	0.01 มิลลิกรัม
Riboflavin	0.02 มิลลิกรัม

กระเทียมต้น (Leek)

ภาพที่ 2.5 กระเทียมต้น (Leek)

ที่มา : http://www.agric-prod.mju.ac.th/vegetable/veg_image/leek.jpg.

มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Allium porrum L.*

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กระเทียมต้นเป็นพืชล้มลุก มีกลิ่นอ่อนกว่ากระเทียม มีเหง้าขนาดเล็กเป็นรูปไข่ ไม่แบ่งเป็นหลายกลีบเหมือนกระเทียม มีถิ่นกำเนิดในทวีป ยุโรป และทางตะวันตกของทวีปเอเชีย ใช้ลำต้นในการประกอบอาหาร (ราชบัณฑิตสถาน, 2538) สารอาหารที่สำคัญที่พบในต้นกระเทียมแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 สารอาหารที่สำคัญในกระเทียมต้นต่อน้ำหนัก 100 กรัม (Fista, 2004)

โปรตีน	2.9 กรัม	เหล็ก	1.7 มิลลิกรัม
วิตามินซี	0.29 มิลลิกรัม	วิตามินเอ	6,744 IU
แคลเซียม	89 มิลลิกรัม		

ในส่วนของโปรตีนที่พบในกระเทียมต้นนี้จะพบกรดกลูตามิคอยู่ด้วยทำให้กระเทียมต้นมีรสชาติดี (Fista, 2004) ดังนั้นจึงใช้กระเทียมต้นประกอบอาหาร โดยใช้ส่วนของลำของกระเทียมต้นปรุงเป็นอาหารได้หลายอย่าง ใช้ปรุงรสและแต่งกลิ่นอาหาร ในประเทศแถบอากาศหนาวใช้เป็นเครื่องเทศ นอกจากนั้นแล้วกระเทียมต้นยังมีคุณสมบัติอื่นคือ มีฤทธิ์เป็นยาฆ่าเชื้อในลำไส้ ขับเสมหะ ขับปัสสาวะ บำบัดโรคไขข้ออักเสบ โรคตับ และใช้เป็นยาพอก (ราชบัณฑิตสถาน, 2538)

ในการทำการศึกษาถึงผลของหอมหัวใหญ่และกระเทียมต้นที่มีต่อไส้กรอกดั้งเดิมของประเทศกรีก พบว่าในกระเทียมต้นมีปริมาณของไนเตรทอยู่ในช่วง 213 – 255 ppm และ ในหอมหัวใหญ่มีปริมาณไนเตรทอยู่ที่ 79 ppm เมื่อเติมกระเทียมต้นลงไปในไส้กรอกในปริมาณ 240 กรัมของกระเทียมต้นต่อ 1 กิโลกรัมของไส้กรอก พบว่าไส้กรอกที่ได้จะมีสีแดงและความเปรี้ยวมากขึ้น ทำให้ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่าไส้กรอกที่มีการเติมไนเตรท (Fista, 2004)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

มะเขือเทศ (Tomato)

ภาพที่ 2.6 มะเขือเทศ (Tomato)
ที่มา : http://www.kehakaset.com/Image/Picveget/มะเขือเทศ%201.jpg.

มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lycopersicon esculentum* วงศ์ Solanaceae

มะเขือเทศเป็นพืชล้มลุก เติบโตเร็ว ลำต้นมีขนปกคลุม มีกลิ่นเฉพาะตัว ใบหยักเว้าลึก ดอกสีเหลืองรูปดาว ผลฉ่ำน้ำ ผลอาจมีรูปร่างกลมหรือรี สีเหลือง ส้ม หรือแดง (มูลนิธิโครงการหลวง, 2542) สารอาหารที่สำคัญที่พบในมะเขือเทศแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบหลักของมะเขือเทศต่อน้ำหนัก 100 กรัม (สถิตย์, 2531)

น้ำ	95 กรัม	เถ้า	0.6 กรัม
ไขมัน	0.2 กรัม	แคลเซียม	18.0 มิลลิกรัม
คาร์โบไฮเดรต	4.1 กรัม	เหล็ก	0.8 มิลลิกรัม
โปรตีน	100 กรัม	ฟอสฟอรัส	18.0 มิลลิกรัม
เส้นใย	0.8 กรัม	วิตามิน B2	0.24 มิลลิกรัม
โซเดียม	4.0 มิลลิกรัม	โปแตสเซียม	266.0 มิลลิกรัม
วิตามินเอ	735.0 มิลลิกรัม	ไทอามีน	0.06 มิลลิกรัม
ไรโบฟลาวิน	0.04 มิลลิกรัม	วิตามินซี	29.0มิลลิกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มะเขือเทศมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยากล่าวคือ น้ำคั้นจากผลมีฤทธิ์เป็น Antioxidant อย่างอ่อน ยับยั้งการเกิดมะเร็งที่กระเพาะปัสสาวะ อย่างอ่อนในหนูตัวผู้ และช่วยลดการเกิดมะเร็งที่ระบบทางเดินอาหาร การรับประทานผลมะเขือเทศจะได้รับ Lycopene และสารอื่นที่อาจลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งต่อมลูกหมาก สาร Tomatoside ซึ่งเป็น Steroidal glycoside ในมะเขือเทศแสดงคุณสมบัติของ Interferon ซึ่งอาจใช้ป้องกันและรักษาการติดเชื้อไวรัสในมนุษย์และสัตว์ได้ มีการศึกษาวิจัยการใช้สารเล็คทินสกัดจากมะเขือเทศสีดา พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อเบต้าฮีโมลัยติคสเตร็ปโตค็อคคัส กลุ่มบีได้ (อัญชลี, 2534)

องค์ประกอบทางเคมีในผลของมะเขือเทศ ประกอบด้วย กรดอินทรีย์ น้ำตาล คาโรทีนอยด์ วิตามิน เอ บี ซี ดี และอี ในมะเขือเทศพบกรดกลูตามิคอยู่สูงมากเมื่อเทียบกับปริมาณของกรดอะมิโนตัวอื่นคือประมาณ 250 มิลลิกรัมต่อน้ำหนักมะเขือเทศ 100 กรัม จึงทำให้มะเขือเทศมีรสชาติที่อร่อยเป็นที่นิยมรับประทานทั้งสดและนำไปประกอบอาหาร (Loiudice, 1995) นอกจากนี้ยังพบว่าในมะเขือเทศมีปริมาณของเส้นใยอาหารอยู่ 47.2 กรัมต่อ 100 กรัมของน้ำหนักแห้ง ซึ่งเส้นใยอาหารที่พบจะเป็นเส้นใยอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ถึงร้อยละ 10.3 เมื่อทำการศึกษาผลที่มีต่อคลอเรสเตอรอลและระบบของการต่อต้านอนุมูลอิสระในหนู พบว่า เมื่อให้หนูรับประทานมะเขือเทศอบแห้งพบว่าปริมาณคลอเรสเตอรอลในตับของหนูลดลงร้อยละ 15 และยังช่วยลดปริมาณของ Triacylglycerol ในหัวใจได้อีกด้วย (Bobvek, 1998)

มะเขือเทศเมื่อผ่านกระบวนการทำแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบถาดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส พบว่าอัตราการระเหยน้ำของมะเขือเทศจะอยู่ในช่วงระหว่าง 2.3×10^{-9} ถึง 9.1×10^{-9} กรัมต่อตารางที่เซนติเมตรต่อวินาที ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของมะเขือเทศ ในมะเขือเทศอบแห้งจะมีปริมาณ Lycopene 12,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับมะเขือสด เมื่อทำการศึกษาความคงตัวของ Lycopene ในมะเขือเทศอบแห้งและมะเขือเทศกึ่งแห้งตลอดช่วงของการเก็บรักษาในอุณหภูมิที่ต่างกันเป็นเวลา 5 เดือน พบว่ามะเขือเทศอบแห้งที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 9 จะมีความคงตัวของสารต้านอนุมูลอิสระที่มากกว่ามะเขือเทศกึ่งแห้งที่มีปริมาณความชื้นร้อยละ 23 โดยที่ปริมาณของ Lycopene และความสามารถในการต่อต้านอนุมูลอิสระของ lipophilic จะลดลงมากที่สุดเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (Giovanelli, 2002)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

หอมหัวใหญ่ (Onion)

ภาพที่ 2.7 หอมหัวใหญ่ (Onion, sweet onion)
ที่มา : www.ivella.com/ produce_gifs/onion.gif.

มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Allium cepa* Linn. อยู่ในวงศ์ Alliaceae

หอมใหญ่เป็นพืชล้มลุกมีหัว มีอายุยืนได้ถึง 2 ปี ใบยาวกลวงเป็นรูปทรงกระบอก ดอกเล็กสีขาวอยู่รวมกันบนช่อดอกซึ่งมีลักษณะคล้ายซี่ร่มรูปร่างและสีของหอมหัวใหญ่มีได้ต่างๆกันไปตามพันธุ์ บางชนิดมีสีขาว สีเหลืองหรือแดง

ในทางอาหารใช้หอมหัวใหญ่ในการแต่งกลิ่นในอาหารได้หลายชนิด รวมทั้งเครื่องดื่มที่มีแอลกฮอล์ และไม่มีแอลกฮอล์ อาหารแช่เยือกแข็ง ขนมหวาน ขนมผิง เยลลี่ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เป็นเครื่องเทศที่มีรสชาติเผ็ดร้อน แต่งกลิ่นอาหารที่ปรุงรสเสร็จแล้ว แต่งกลิ่นน้ำซอส ไขมัน น้ำมัน ซุป (นิจศิริ, 2534)

หอมหัวใหญ่จะมีสารที่มีคุณประโยชน์มากมาย (ตารางที่2.5) เช่น น้ำมันหอมระเหย (Volatile oil) ในน้ำมันหอมระเหยประกอบด้วยสาร Diallyl disulphide สารอินทรีย์ซัลไฟด์จำพวก "อัลลิลโปรปิลไดซัลไฟด์" (Alllpropyl disulphide) ซึ่งสารนี้มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราบางชนิดได้ และยังเป็นผักที่มีปริมาณของธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณสูง นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณทางยาคือ แก้หวัด คัดจมูก แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ แน่นท้อง ท้องร่วงแก้ธาตุไม่ปรกติ ช่วยขับปัสสาวะ ลดไขมันในเส้นเลือด กระจายเลือด ใช้พอกแผลช้ำ ฝี แก้บวมและปวด ใช้ทานมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค ยาแก้ลมพิษ แก้อาการอักเสบ และทำให้เจริญอาหาร (รุ่งรัตน์, 2540)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบหลักของหอมหัวใหญ่ต่อน้ำหนัก 100 กรัม (รสสุคนธ์, 2540)

น้ำ	91.6 กรัม	วิตามิน เอ	0.06 กรัม
ไขมัน	0.4 กรัม	แคลเซียม	36 มิลลิกรัม
คาร์โบไฮเดรต	1 กรัม	วิตามินบี1	0.11 มิลลิกรัม
โปรตีน	43 มิลลิกรัม	ฟอสฟอรัส	1.21มิลลิกรัม
เส้นใย	1.6 กรัม	วิตามิน บี2	0.12 มิลลิกรัม
ไนอาซีน	0.5 มิลลิกรัม	เบต้าแคโรทีน	29 มิลลิกรัม

เมื่อทำการศึกษาความแตกต่างของโครงสร้างคาร์โบไฮเดรตและความเป็นไปได้ในการเป็นแหล่งของเส้นใยอาหารของหอมหัวใหญ่ ซึ่งพบว่า เส้นใยอาหารในหอมหัวใหญ่โดยมากจะเป็นเส้นใยอาหารชนิดที่ไม่สามารถละลายน้ำได้ ซึ่งจะมีมากในส่วนที่เป็นสีน้ำตาล โดยจะมีอยู่ประมาณร้อยละ 65.8 ของน้ำหนักแห้ง ส่งผลให้หอมหัวใหญ่สามารถเป็นแหล่งของเส้นใยอาหารได้เป็นอย่างดี (Jaime, 2002) นอกจากนี้ยังพบว่าหอมหัวใหญ่มีสารต้านอนุมูลอิสระที่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่ 12.2 ไมโครโมลของ Trolox equivalents ต่อน้ำหนัก 1 กรัม (Wu, 2004)

เส้นใยอาหาร (Fiber)

เส้นใยอาหาร เป็นสารประกอบประเภท Carbohydrate ที่ไม่สามารถย่อยสลายด้วยเอนไซม์ที่มีอยู่ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ เนื่องจากเอนไซม์ไม่สามารถย่อยสลายพันธะไกลโคซิดิค (Glycosidic bond) ในโมเลกุลของสารประกอบเหล่านี้ได้

เส้นใยอาหารที่พบในพืช แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. Soluble dietary fiber คือกลุ่มใยอาหารที่ละลายน้ำได้ ได้แก่ Pectin และ Gum ใยอาหารกลุ่มนี้เมื่อละลายน้ำแล้ว จะเพิ่มความข้นหนืดให้กับอาหาร ทำให้มีความรู้สึกอิ่มนาน

2. Insoluble dietary fiber คือกลุ่มใยอาหารที่ละลายน้ำไม่ได้ ได้แก่ Cellulose, lignin, Hemicellulose พบมากในผักและเมล็ดธัญพืชต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรำข้าว ใยอาหารกลุ่มนี้จะมีหน้าที่เป็นตัวเพิ่มมวลอุจจาระและลดระยะเวลาที่กากอาหารอยู่ในลำไส้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประโยชน์ของเส้นใยอาหารต่อระบบสรีระวิทยาของร่างกาย คือ

1. ลดระดับคลอเลสเตอรอลในเลือด เฉพาะเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำ ได้แก่ Pectin, Psyllium กัมชนิดต่าง ๆ เช่น Guar gum หรือ Bean gum การบริโภคเส้นใยอาหารที่เป็นแหล่งของใยอาหารที่ละลายน้ำได้ เช่น รำข้าวโอ๊ต หรือบาร์เลย์ ถั่ว และผัก ซึ่งมีผลลดระดับคลอเลสเตอรอลในเลือดได้สูงถึงร้อยละ 25 แต่เส้นใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำไม่สามารถลดระดับคลอเลสเตอรอลในเลือดได้

2. การบริโภคเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำจะช่วยลดระดับน้ำตาลและอินซูลินในเลือดหลังการบริโภคอาหาร

3. ช่วยทำให้ลำไส้ใหญ่ทำหน้าที่ได้ดีขึ้น เนื่องจากอาหารที่มีเส้นใยอาหารมีผลทำให้ลำไส้ใหญ่ลด Transit time เพิ่มน้ำหนักอุจจาระ และระบายบ่อยขึ้น ช่วยเจือจางปริมาณสารพิษในลำไส้ใหญ่ และทำให้การเตรียมสารสำหรับถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่เป็นไปโดยปกติ

4. ช่วยป้องกันมะเร็งในลำไส้และการเกิดถุงตันที่ลำไส้ใหญ่ เนื่องจากการบริโภคเส้นใยอาหารน้อย ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในระบบย่อยอาหาร ลดการรวมตัวของกรดน้ำดี เพิ่มเวลาของอาหารที่ตกค้างในลำไส้ใหญ่ ลดน้ำหนักและปริมาณอุจจาระ ตลอดจนลดความถี่ของการขับถ่ายอุจจาระ จุลินทรีย์จะถูกกระตุ้นโดยอาหารที่มีเส้นใยอาหารต่ำ ทำให้เกิดการรวมตัวของสารก่อมะเร็ง จุลินทรีย์เหล่านี้อาจจะช่วยป้องกัน หรือทำลายสารก่อมะเร็งได้ ถ้ามีเส้นใยอาหารอยู่มากพอในอาหาร

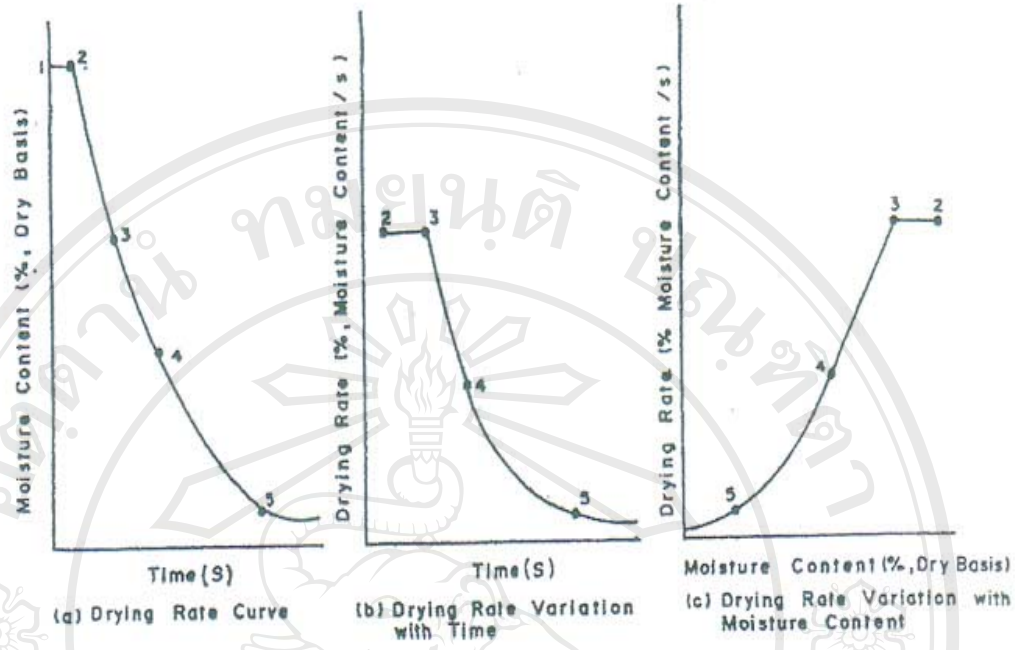
5. ช่วยป้องกันโรคอ้วน เนื่องจากเส้นใยอาหารทำให้เกิด Bulky ในกระเพาะอาหาร จึงมีที่ว่างในกระเพาะอาหารน้อยลงที่จะบริโภคอาหารตามปกติ เพราะเส้นใยอาหารจะเข้าไปพองในกระเพาะอาหารจึงรับประทานอาหารได้น้อยลง เป็นเหตุให้น้ำหนักตัวลดลง

6. ลดการสารอาหารนำไปใช้ประโยชน์ เนื่องจากเส้นใยอาหารสามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์จากตับอ่อนที่ใช้ย่อยคาร์โบไฮเดรท ไขมัน และโปรตีนได้ (วันเพ็ญ, 2541)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

กราฟการอบแห้งและลักษณะการอบแห้ง

กราฟการอบแห้ง (Drying Curve) สร้างจากข้อมูลความชื้นของอาหารที่อยู่ในเครื่องอบแห้งโดยมีอุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วและทิศทางการไหลของอากาศร้อนผ่านผิวอบแห้งคงที่ แสดงข้อมูลด้วยความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและเวลา อัตราการเปลี่ยนแปลงความชื้นและเวลา หรืออัตราการเปลี่ยนแปลงกับความชื้นแสดงดังภาพที่ 2.8 จากกราฟการอบแห้งแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ตามลำดับดังนี้



ภาพที่ 2.8 กราฟการอบแห้ง
ที่มา : Ekechukwu, 1999.

ช่วงที่ 1 เริ่มต้นการอบแห้ง (Setting Down Period)

อาหารที่มีอุณหภูมิต่ำหรือสูงปรับตัวเข้าสู่สภาวะที่สมดุลทำให้ผิวหน้าของอาหารมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของกระเปาะเปียกของอากาศ อัตราการอบแห้งไม่คงที่

ช่วงที่ 2 อัตราการระเหยความชื้นคงที่ (Constant Rate Period)

ความชื้นที่ผิวหน้าของอาหารอยู่ในสภาวะที่อิ่มตัว อุณหภูมิผิวหน้าอาหารมีค่าที่คงที่และใกล้เคียงกับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ อาหารมีความชื้นมาก ปริมาณความร้อนที่อาหารได้รับเท่ากับที่ใช้ไปในการระเหยพอดี โดยความชื้นในอาหารที่มีมากจะกระจายขึ้นมาบนผิวหน้าของอาหารอย่างสม่ำเสมอ การเคลื่อนที่ของความชื้นในอาหารที่มีเซลล์โปร่ง มีรูพรุนมากและมีขนาดใหญ่ ความชื้นเคลื่อนที่ได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และมากขึ้นโดยเซลล์ที่อยู่ติดรูพรุนเล็กทำให้ภายในเซลล์นั้นมีความเข้มข้นมากขึ้น เกิดแรงดึงดูดและมีการซึมของความชื้นผ่านเซลล์ที่อยู่ติดกันไปในเซลล์ที่ติดกับรูพรุน แล้วระเหยออกไปทางรูพรุน ส่วนไอน้ำเข้าไปในที่ว่างของอากาศและทำให้เกิดผลต่างความดันไอเรียกช่วงนี้ว่าอัตราการระเหยความชื้นหรืออัตราการอบแห้งคงที่ และความ ชื้นช่วงที่สองเปลี่ยนเป็นช่วงสุดท้ายเรียกว่า ความชื้นวิกฤต (Critical Moisture Content) ลักษณะอากาศที่จำเป็นต่อการอบแห้งในช่วงนี้คืออุณหภูมิกระเปาะแห้งและความเร็วอากาศร้อนสูง ความชื้นสัมพัทธ์อากาศร้อนต่ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ช่วงที่ 3 อัตราการระเหยความชื้นลดลง (Falling Rate Period)

ความชื้นที่เหลืออยู่ในอาหารเพียงเล็กน้อยจะเคลื่อนไปที่ผิวหน้าอาหารอย่างช้าๆ และรูพรุนบนผิวอาหารเริ่มแห้งตีบลงทำให้ความชื้นที่เหลือออกมาได้ยาก ความชื้นเคลื่อนที่ด้วยการแพร่ที่ช้ามากมาที่ผิวหน้าของอาหาร อากาศยังคงถ่ายเทความร้อนให้กับอาหารในปริมาณที่คงที่แต่อาหารใช้ความร้อนในการระเหยน้ำไม่หมดทำให้อุณหภูมิที่ผิวหน้าของอาหารสูงขึ้น อัตราการระเหยของความชื้นต่อหน่วยพื้นที่จะลดลง ประกอบกับตัวถูกละลายที่ความชื้นพาขึ้นมาที่ผิวหน้าอุดรูอาหารก่อให้เกิดเปลือกแข็งและหยุดการเคลื่อนที่ของความชื้นออกไปสู่อากาศภายนอก อัตราในการเคลื่อนที่ของน้ำภายในอาหารมายังบริเวณผิวหน้าของอาหารต่ำกว่าอัตราการระเหยกลายเป็นไอที่ผิวของอาหาร อัตราการอบแห้งจะลดต่ำลง การอบแห้งช่วงนี้ใช้เวลานานจนกระทั่งถึงจุดที่น้ำในอาหารไม่สามารถเคลื่อนที่มาที่ผิวหน้าได้ถือว่าเป็นการสิ้นสุดของการอบแห้ง

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการอบแห้งอาหาร

ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายความชื้นที่มีผลต่ออัตราการอบแห้งพิจารณาจาก (สุคนธ์ชื่น , 2543)

1. ธรรมชาติและขนาดรูปร่างของอาหาร

อาหารที่มีเนื้อโปร่งและมีรูพรุนมากจะอบแห้งได้เร็วกว่าอาหารที่มีเนื้อแน่นเนื่องจากความชื้นสามารถเคลื่อนที่จากภายในอาหารเนื้อโปร่งผ่านช่องแคบได้เร็วกว่าเนื้อแน่น ค่าพื้นที่ผิวสัมผัสอาหารกับอากาศเกิดการเคลื่อนย้ายไอน้ำออกไปได้ต่อน้ำหนักมีผลต่อการอบแห้ง อาหารชิ้นเล็กมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักมากกว่าชิ้นใหญ่จึงอบแห้งได้เร็ว ชั้นความหนาของอาหารที่มากทำให้อัตราการอบแห้งลดลง

2. ปริมาณอาหารต่อถาดและตำแหน่งอาหารในเครื่องอบแห้ง

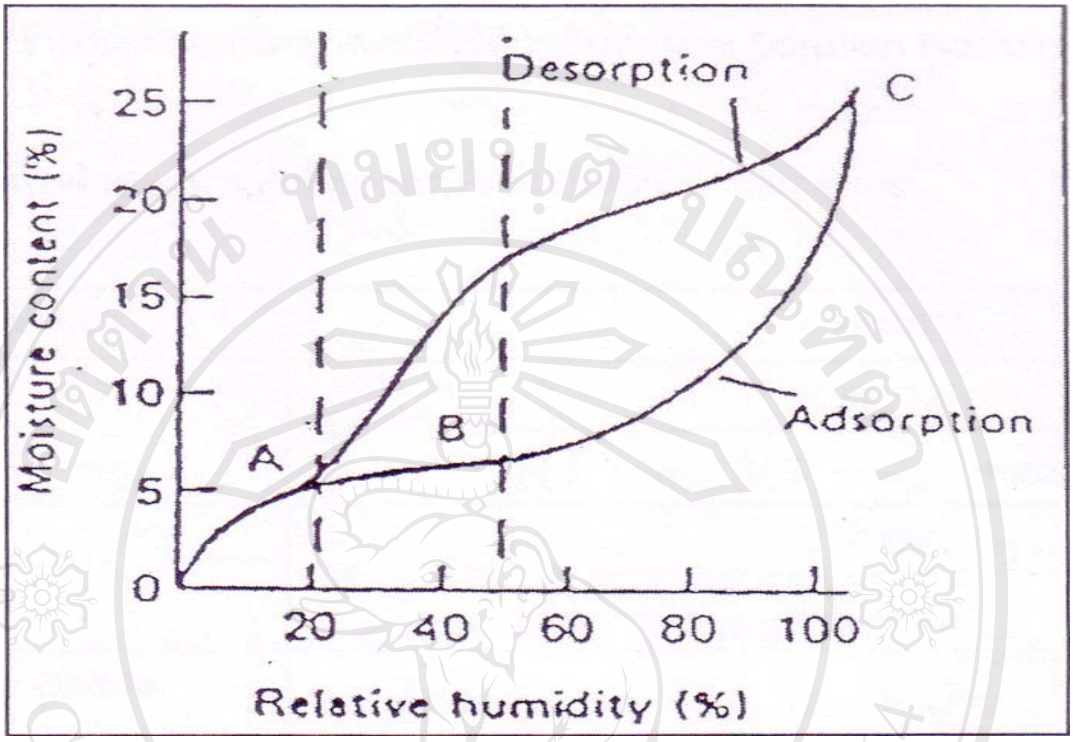
ปริมาณอาหารต่อถาดที่มากทำให้อาหารบริเวณส่วนล่างสัมผัสกับอากาศร้อนได้ไม่ทั่วถึงหรือได้รับความร้อนจากถาดแล้วไอน้ำไม่สามารถแพร่กระจายผ่านชั้นอาหารตอนบนออกมาได้จึงแห้งช้าโดยเฉพาะบริเวณตรงกลางถาดที่ความร้อนเข้าไปไม่ถึงความชื้นจึงระเหยออกไปได้ยาก

3. อุณหภูมิ ความเร็ว ความสามารถในการรับไอน้ำ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศร้อน

การเพิ่มอุณหภูมิอากาศเพิ่มความสามารถรับไอน้ำจึงมีผลต่อช่วงอัตราการอบแห้งคงที่และอุณหภูมิสูงทำให้การแพร่กระจายความชื้นดีจึงมีผลต่อช่วงอัตราการอบแห้งลดลง ถ้าอุณหภูมิอบแห้งลดลงทำให้ความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น อัตราการระเหยความชื้นลดลง อัตราการอบแห้งลดลงและช้า ถ้าความเร็วอากาศเพิ่มขึ้นจะเคลื่อนย้ายความชื้นได้เร็ว แต่ถ้าความเร็วอากาศต่ำ การเคลื่อนย้ายความชื้นเกิดช้า อัตราการอบแห้งลดลง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

Moisture Sorption Isotherms



ภาพที่ 2.9 กราฟการดูดความชื้น

ที่มา : The National Academy of Science

Moisture Sorption Isotherms เป็นการศึกษาความสามารถในการดูดความชื้น (Adsorption) และการคายความชื้น (Desorption) ของอาหารที่อุณหภูมิในเวลาที่กำหนด ปกตินำ้ในอาหารเคลื่อนที่ไปยังอากาศรอบๆ โดยขึ้นกับความชื้นและองค์ประกอบของอาหาร ที่อุณหภูมิคงที่ความชื้นของอาหารปรับตัวจนกว่าจะสมดุลกับความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศที่เก็บรักษาโดยรอบ อาหารที่ไม่มีน้ำหนักเพิ่มหรือลดลงภายใต้การเก็บรักษาที่สภาพดังกล่าว โดยนิยามความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศที่เก็บรักษาที่สมดุล (Equilibrium Moisture Content, ERH) คือ

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์สมดุล (\%)} = \frac{\text{ความดันไอของน้ำในอาหาร}}{\text{ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน}} \times 100 \quad (2.1)$$

Moisture Sorption Isotherms ที่มีรูปกราฟเป็นรูปโค้ง (Sigmoid Curve) ดังแสดงในภาพที่2.9 ที่ความชื้นสัมพัทธ์มีค่าที่สูง ความชื้นสมดุลของอาหารมีค่าสูงเช่นกันที่จุด C เมื่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ความชื้นสัมพัทธ์ลดลงความชื้นสมดุลของอาหารลดลงเช่นที่จุด A เส้นกราฟการเปลี่ยนแปลงความชื่นของอาหารจากจุด C ลดลงมาที่จุด A คือ Isotherm of Desorption ที่มีลักษณะของการดึงความชื้นออกจากอาหาร (Drying Process) ในตอนเริ่มต้นถ้าอาหารมีความชื้นสมดุลต่ำและอยู่ในบรรยากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเช่นที่จุด A เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเพิ่มขึ้น ความชื้นสมดุลของอาหารจะเพิ่มขึ้น (Moistening Process) เช่นที่จุด B คือ Isotherm of Adsorption และบริเวณช่องว่างระหว่างจุด A และจุด C ซึ่ง Isotherm of Desorption และอยู่เหนือ Isotherm of Adsorption เกิดการแยกของเส้น Isotherm ทั้งสองเส้นเป็นลักษณะปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Hysteresis

Moisture Sorption Isotherms ใช้ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงความชื้นและกำหนดสภาวะการอบแห้ง คัดเลือกบรรจุภัณฑ์ ทำนายอายุระหว่างการเก็บรักษาอาหารแห้งทำให้ผลิตภัณฑ์มีโครงสร้างเนื้อสัมผัสที่ดี ลดการเปลี่ยนแปลงจากปฏิกิริยาเคมีและปลอดภัยจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์

วอเตอร์แอคติวิตี้ (Water Activity , a_w)

วอเตอร์แอคติวิตี้ (Water Activity, a_w) หมายถึง ปริมาณน้ำที่มีในอาหาร เป็นน้ำที่ไม่ได้เป็นองค์ประกอบของโมเลกุลทางเคมีของอาหาร (Bound water) และยังเป็นอิสระ (Free water) อยู่ในอาหาร ถ้ามีมากจะทำให้อาหารไม่สามารถเก็บได้นาน (วิไล, 2543; Fellows, 1997) โดยนิยามของค่า a_w คือ

$$a_w = \frac{\text{ความดันไอของน้ำในอาหาร}}{\text{ความดันไอของน้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิเดียวกัน}} \qquad (2.2)$$

แม้ว่าจุลินทรีย์บางชนิดจะตายระหว่างการทำแห้งอาหาร แต่โดยทั่วไปแล้วการทำแห้งอาหารไม่มีผลในการทำลายจุลินทรีย์ และการเสียของอาหารแห้งมักมีจุลินทรีย์เป็นสาเหตุสำคัญ เนื่องจากแบคทีเรียต้องการค่าวอเตอร์แอคติวิตี้มากกว่า 0.90 ดังนั้นแบคทีเรียจึงไม่มีบทบาทในการเสียของอาหารแห้ง ยีสต์และราจะมีบทบาทสำคัญในการทำให้อาหารแห้งเสีย อาหารที่มี a_w 0.80 – 0.85 จะเสียภายในเวลา 1-2 สัปดาห์ โดยมีราเป็นสาเหตุหลัก เช่น อาหารจำพวกลูกพรุนแห้งจะเสียโดย *Aspergillus glaucus* และ *Xeromyces biporuss* (อรัญ, 2530)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

อาหารที่มีวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำจะทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ช้าลง ลดปฏิกิริยาของเอนไซม์จึงลดการเกิดสีน้ำตาลและลดการเหม็นหืน ดังนั้นอาหารที่มีวอเตอร์แอคติวิตี้ต่ำ จึงมีอายุการเก็บรักษาที่ยาวนานกว่า อาหารจะสามารถเก็บรักษาได้นานเมื่อ อาหารมีปริมาณวอเตอร์แอคติวิตี้ ต่ำกว่า 0.4

ตารางที่ 2.6 ระดับวอเตอร์แอคติวิตี้ **(** a_w **)** และความสำคัญ (Fellows, 1997)

a_w	ความสำคัญ
0.95	Pseudomonas, Bacillus, *Clostridium perfingenes* และยีสต์บางชนิดไม่สามารถเจริญเติบโตได้
0.90	ขีดขั้นต่ำสุดสำหรับการเจริญของเชื้อแบคทีเรียโดยทั่วไป Salmonella, *Vibrio parahaemolyticus*, Lactobacillus และยีสต์บางตัวไม่สามารถเจริญได้
0.85	ยีสต์หลายตัวไม่สามารถเจริญเติบโตได้
0.80	ขีดขั้นต่ำสุดสำหรับปฏิกิริยาเอนไซม์ และการเจริญเติบโตของเชื้อราส่วนใหญ่ *Staphylococcus aureus* ไม่สามารถเจริญได้
0.75	ขีดต่ำสุดสำหรับ Halophillic bacteria
0.70	ขีดขั้นต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของ Xerophillic fungi ส่วนใหญ่
0.65	อัตราเร็วสูงสุดสำหรับการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (Millard reaction)
0.60	ขีดขั้นต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของ Osmophillic bacteria และ Xerophillic yeast และ Fungi
0.55	ขีดขั้นต่ำสุดของการดำรงชีวิตของแบคทีเรีย
0.40	อัตราเร็วต่ำที่สุดของการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation)
0.25	ความต้านทานต่ำสุดของแบคทีเรียสร้างสปอร์

จุลชีววิทยาของอาหารที่ผ่านการทำแห้ง (วราวุฒิ, 2538)

จุลินทรีย์ที่ตรวจพบในผักแห้ง อยู่ในช่วงที่ไม่อาจตรวจนับได้จนถึงจำนวนล้านเซลล์ต่อกรัม จำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ในช่วงก่อนการทำแห้งอาจมีปริมาณที่สูง เนื่องจากเกิดการปนเปื้อนของผักหลังจากการล้าง อย่างไรก็ตามการทำลายจุลินทรีย์ในผักเนื่องจากกระบวนการอบแห้งจะอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าที่พบในผลไม้ที่มีความเป็นกรดสูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1. จุลชีววิทยาช่วงก่อนที่จะรับเข้าขั้นตอนกระบวนการแปรรูป

ผักและผลไม้อาจมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ติดมากับดินและน้ำในช่วงของการเก็บเกี่ยว รวมถึงจุลินทรีย์ที่เจริญอยู่บริเวณผิวของผักและผลไม้ตามธรรมชาติ และจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเสื่อมเสียซึ่งเจริญอยู่บริเวณที่มีการเสื่อมเสีย จุลินทรีย์ดังกล่าวอาจมีการเจริญเติบโตเกิดขึ้นก่อนที่ผักจะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการอบแห้ง

2. จุลชีววิทยาในระหว่างขั้นตอนการอบแห้ง

จุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบที่ใช้ในการทำแห้งในช่วงก่อนที่จะมีการรับเข้าสู่กระบวนการอบแห้ง อาจมีการเจริญเติบโตในช่วงระหว่างการผลิตก่อนการอบแห้ง นอกจากนี้แล้วอาจมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์เพิ่มเติมจากเครื่องมือที่ใช้และคนงานที่เกี่ยวข้อง

การนำผักและผลไม้มาล้างน้ำ ก็เพื่อกำจัดดินและสิ่งสกปรกอื่นๆ ซึ่งเป็นสาเหตุของการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ แต่ในทางตรงกันข้ามการล้างอาจเป็นการเพิ่มโอกาสการปนเปื้อนของจุลินรีย์ลงไปในอาหารมากยิ่งขึ้นถ้าใช้น้ำที่ไม่ถูกสุขลักษณะ

การปอกเปลือกผักหรือผลไม้ภายใต้น้ำหรือด่าง สามารถลดจำนวนของจุลินทรีย์ลงได้ ทั้งนี้เนื่องจากจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณผิวนอกของผักและผลไม้นั่นเอง ส่วนการนำผักมาหั่นต่ออาจเป็นการเพิ่มปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ถ้าอุปกรณ์ที่ใช้มีความสะอาดไม่เพียงพอ

3. จุลชีววิทยาในระหว่างการอบแห้ง

ความร้อนที่ใช้ในระหว่างการทำแห้งเป็นสาเหตุของการลดจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ แต่ผลของความร้อนจะขึ้นอยู่กับชนิดและจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนและกระบวนการทำแห้งที่ใช้

โดยปกติแล้ว เชื้อยีสต์ทั้งหมดและเชื้อแบคทีเรียส่วนใหญ่ จะถูกทำลายด้วยความร้อน แต่สปอร์ของแบคทีเรียและเชื้อราที่มีคุณสมบัติในการต้านทานความร้อนสามารถมีชีวิตรอดจากความร้อนที่ใช้ นอกจากนี้แล้วสภาพที่ไม่เหมาะสมในระหว่างกระบวนการทำแห้ง ก็อาจเกื้อหนุนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์เหล่านั้นด้วย

4. จุลชีววิทยาภายหลังกระบวนการทำแห้ง

ปริมาณของจุลินทรีย์โดยทั่วไปในระหว่างการเก็บรักษามีแนวโน้มที่จะลดลงอย่างช้าๆ ส่วนจุลินทรีย์ที่สามารถต้านทานต่อการทำแห้งจะมีชีวิตรอดได้ดีที่สุด ดังนั้นจึงพบว่า จุลินทรีย์ดังกล่าวมีเปอร์เซ็นต์ที่จะตรวจพบสูง จุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติที่ต่อต้านการเก็บรักษาในสภาพแห้งได้แก่ สปอร์ของแบคทีเรียและเชื้อรา บางสายพันธ์ของแบคทีเรีย Micrococci และ Microbacteria

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

บรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษาอาหารที่ผ่านการแปรรูปโดยการทำแห้ง

บรรจุภัณฑ์ทำหน้าที่รวบรวมผลิตภัณฑ์ให้อยู่รวมกันและปกป้องผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ที่ดีจะต้องสามารถป้องกันปัจจัยต่างๆ ที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุภายในเกิดความเสียหายหรือเสื่อมคุณภาพ รวมทั้งช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานยิ่งขึ้น การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์จำเป็นต้องทราบถึงความต้องการในการปกป้องผลิตภัณฑ์และคุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์แต่ละชนิดในการป้องกันที่แตกต่างกัน (ปุ่น และสมพร, 2541)

ตารางที่ 2.7 ประเภทของบรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมกับอาหารที่ผ่านการแปรรูปโดยการทำแห้งและเครื่องเทศ (วิไล, 2543)

ประเภทบรรจุภัณฑ์	คำแนะนำและเหตุผล
ซองพลาสติก Polyethylene	มีราคาที่ถูกและปิดผนึกด้วยความร้อนได้ง่าย
ซองพลาสติก Polypropylene	สามารถป้องกันความชื้นได้ดีแต่ปิดผนึกได้ยากกว่าฟิล์ม Polyethylene เนื้อพลาสติกมีความใสช่วยเพิ่มคุณค่าของสินค้า
ขวดแก้ว	สามารถเก็บกลิ่นได้ดี ไม่ยอมให้อากาศเข้าไปทำปฏิกิริยากับเครื่องเทศได้ เว้นแต่มีการปิดผนึกที่ไม่ดี สร้างภาพพจน์ที่ดีให้กับสินค้า
ขวดพลาสติก	ควรเลือกพิจารณาพลาสติกที่มีความหนาแน่นสูง เช่น High density polyethylene เพื่อป้องกันกลิ่นซึมผ่านวัสดุภัณฑ์
อลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminium Foil)	ป้องกันผลิตภัณฑ์จากก๊าซ ความชื้น และแสงสว่างได้ดีมาก มีความเงางามเป็นที่ดึงดูดใจผู้บริโภค แต่ไม่สามารถปิดผนึกด้วยความร้อนได้ และฉีกขาดง่าย
ซองเคลือบหลายชั้น (laminated film)	เป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้บริโภคได้เพียงครั้งเดียว ควรพิจารณาซองที่เคลือบด้วยเปลวอะลูมิเนียมซึ่งจะสามารถเก็บรักษากลิ่นได้เป็นอย่างดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved