บทที่ 1
บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันมนุษย์มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ สูง ซึ่งส่วนใหญ่เนื่องมาจากขาดการเอาใจใส่ดูแลต่อสุขภาพ เพราะต้องดำรงชีวิตอยู่ในสภาวะแข่งขันอยู่ตลอดเวลา ก่อให้เกิดสภาวะเครียด อีกทั้งยังมีความเสี่ยงต่อการได้รับสารเคมีหรือเชื้อโรคที่เป็นอันตราย ซึ่งจะเข้าไปรบกวนสมดุลของร่างกาย รวมทั้งก่อให้เกิดสภาวะที่จะนำไปสู่การเกิดอนุมูลอิสระ และก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพ เสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ เช่น โรคหัวใจ โรคมะเร็ง คอเรสเตอรอลสูง ความดันสูง เป็นต้น รวมทั้งจากการที่ประเทศไทยประสบภาวะเศรษฐกิจวิกฤติจึงส่งผลให้รัฐบาลมีนโยบายประกาศ ณ วันที่ 23 มีนาคม 2548 ให้มีการปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้สมดุล และแข่งขันได้ โดยรัฐบาลจะปรับโครงสร้างเศรษฐกิจทั้งระบบ โดยมุ่งไปสู่การเพิ่มมูลค่าผลผลิตบนพื้นฐานความรู้และความเป็นไทย โดยใช้นวัตกรรมเชิงพาณิชย์ เพื่อการขยายตัวอย่างยั่งยืนของประเทศในอนาคต ในขณะนี้รัฐบาลกำลังเร่งดำเนินการฟื้นฟูเศรษฐกิจของประเทศทั้งด้านการเกษตรกรรมและด้านอุตสาหกรรม รัฐบาลจะสนับสนุนการเพิ่มมูลค่าให้แก่สินค้าเกษตรโดยส่งเสริมด้านการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพควบคู่ไปกับภูมิปัญญาท้องถิ่น โดยให้ความสำคัญในการสร้างความมั่นคงทางด้านอาหาร รวมทั้งส่งเสริมและสนับสนุนการเกษตรแบบยั่งยืนตามแนวทฤษฎีใหม่และเกษตรอินทรีย์ ปัจจุบันทางภาคเกษตรของไทยมีความพยายามที่จะนำเอาพืชสมุนไพร ผัก ผลไม้มาแปรรูปโดยการนำมาหมักกับเชื้อจุลินทรีย์เป็นน้ำหมักชีวภาพเพื่อนำมาใช้เป็นอาหารเสริมสุขภาพ และมีการจำหน่ายอย่างแพร่หลาย แต่ยังขาดมาตรฐานการผลิตที่เหมาะสม ตลอดจนคุณค่า และสรรพคุณของผลิตภัณฑ์

ดังนั้นการศึกษาสารจากธรรมชาติที่มีคุณค่าและราคาไม่แพงเพื่อพัฒนาเป็นอาหารและเครื่องดื่มเพื่อเสริมสุขภาพ บำรุงร่างกายจึงมีบทบาทสำคัญ ซึ่งนอกจากพืชสมุนไพรแล้วธัญพืชก็มีความสำคัญโดยเฉพาะถั่วเหลือง เนื่องจากถั่วเหลืองมีคุณค่าทางอาหารสูงและยังประกอบด้วยสารสำคัญหลายชนิด หาได้ง่าย ราคาถูก แต่สารสำคัญในถั่วเหลืองนั้นอาจจะอยู่ในรูปที่ร่างกายนำมาใช้ได้ยาก การแปรรูปของผลิตภัณฑ์โดยการหมักซึ่งเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์จึงมีความสำคัญ เนื่องจากจะช่วยเพิ่มคุณค่าของวัตถุดิบ ช่วยสร้างสารที่ช่วยเพิ่มรสชาติของอาหารให้เป็นที่ต้องการของบริโภค และเกิดการเปลี่ยนแปลงของสารสำคัญที่มีประโยชน์และทำให้ร่างกายสามารถดูดซึมได้ง่าย ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงได้จำลองการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำหมักจากถั่วเหลืองโดยใช้หัวเชื้อผสม เพื่อตรวจสอบการมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดโรคต่างๆ อีกทั้งก่อให้เกิดความเสื่อมของร่างกาย และตรวจหาปริมาณสาร Daidzein/Genistein ซึ่งเป็น Isoflavone ที่พบในถั่วเหลือง และมีฤทธิ์คล้าย estrogen ซึ่งช่วยรักษาสมดุลของร่างกายและป้องกันโรคหัวใจ โรคมะเร็งที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของฮอร์โมน

เป็นต้น ทั้งในคนปกติและมีบทบาทสำคัญต่อผู้หญิงที่อยู่ในวัยใกล้หมดประจำเดือน (menopause) ซึ่งมีความเสี่ยงต่อโรคต่างๆ เนื่องจากฮอร์โมนในร่างกายที่สำคัญคือ estrogen มีปริมาณลดลง ซึ่งการใช้ยาหรือบำบัดด้วยฮอร์โมนนั้นมีความเสี่ยงต่อการเกิดผลข้างเคียง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงเป็นแนวทางในการแก้ไข ป้องกันการเกิดโรคดังกล่าวโดยการพึ่งพาสารธรรมชาติ และข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้อาจจะนำไปสู่การพัฒนาเป็นยารักษาโรค อาหารหรือเครื่องดื่มบำรุงสุขภาพที่มีคุณค่าและราคาไม่แพง ลดการนำเข้าจากต่างประเทศ และลดผลข้างเคียงที่เกิดจากการใช้ยาสังเคราะห์ และสามารถพัฒนาก้าวสู่เศรษฐกิจขนาดกลางและย่อมต่อไป

ถั่วเหลือง

ถั่วเหลืองมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Glycin max* (L) Merr ซึ่งเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Leguminosae มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Soja Bean หรือ Soybean เป็นตระกูลถั่วที่รู้จักกันดี โดยเฉพาะเป็นพืชดั้งเดิมของคนในแถบเอเชียโดยได้มีการปลูก และนำมาใช้บริโภคเป็นอาหารพื้นเมืองนานาชนิด ถั่วเหลืองของไทยส่วนมากปลูกแถบภาคเหนือ และภาคกลางตอนบน นิยมเรียกในภาษาไทย โดยทั่ว ๆ ไป หลายชื่อ เช่น ถั่วพระเหลือง ถั่วแระ ถั่วเหลือง มะถั่วเน่า ถั่วหนัง (เหนือ) เป็นต้น ถั่วเหลืองเป็นอาหารที่มีรสชาติดีและมีประโยชน์ต่อสุขภาพซึ่งเรารู้จักกันมาช้านาน เป็นพืชตระกูลถั่วที่มีการปลูกกันอย่างแพร่หลายและนำมาใช้ประโยชน์มากที่สุด ซึ่งมีประโยชน์ทั้งในแง่ของการใช้เพื่อการประกอบอาหารและยังมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ซึ่งได้มีการศึกษาวิจัยมากมายในคุณสมบัติการเป็นพืชที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ถั่วเหลืองมีลักษณะเป็นฝักสีเขียวและมีเมล็ดที่รับประทานได้ มีสีเหลือง สีน้ำตาล หรือสีดำ ประโยชน์ของถั่วเหลืองมีมากมาย เป็นแหล่งของโปรตีนที่มีคุณค่า มีปริมาณ essential fatty acid ที่สูง วิตามิน แร่ธาตุ สาร isoflavones และเส้นใย ถั่วเหลืองมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ *Glycin max* (L) Merr ซึ่งเป็นพืชที่อยู่ในตระกูล Leguminosae มีชื่อภาษาอังกฤษว่า Soja Bean หรือ Soybean เป็นตระกูลถั่วที่รู้จักกันดี โดยเฉพาะเป็นพืชดั้งเดิมของคนในแถบเอเชียโดยได้มีการปลูก และนำมาใช้บริโภคเป็นอาหารพื้นเมืองนานาชนิด ถั่วเหลืองของไทยส่วนมากปลูกแถบภาคเหนือ และภาคกลางตอนบน

ถั่วเหลืองมีโปรตีนสูง จึงเป็นแหล่งโปรตีนสำหรับบุคคลที่ไม่บริโภคเนื้อสัตว์ โปรตีนในถั่วเหลืองจัดเป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสูง มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับโปรตีนจากสัตว์ ปัจจุบันพบว่าการบริโภคถั่วเหลืองในปริมาณที่สูงพอ ร่างกายจะได้รับโปรตีนเพียงพอกับความต้องการได้ ซึ่งเมื่อวันที่ 26 ตุลาคม 2542 คณะกรรมการอาหารและยา (FDA) สหรัฐอเมริกา ได้อนุญาตให้เขียนบนฉลากอาหารซึ่งมีโปรตีนจากถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบว่า โปรตีนจากถั่วเหลืองสามารถลดโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจโคโรนารีได้ ทั้งนี้มีรายงานว่า การผสมโปรตีนจากถั่วเหลืองลงในอาหารที่มีไขมันอิ่มตัวและโคเลสเตอรอลต่ำจะช่วยลดโอกาสเสี่ยงของโรคหัวใจโคโรนารี การทดลองทางคลินิก

ก็แสดงให้เห็นว่า การบริโภคโปรตีนจากถั่วเหลืองเมื่อเทียบกับโปรตีนชนิดอื่น เช่น โปรตีนจากนม หรือจากเนื้อ จะสามารถลดระดับโคเลสเตอรอลและแอลดีแอลโคเลสเตอรอลได้

การนำถั่วเหลืองมาใช้ประโยชน์นั้น จะเลือกเมล็ดที่แก่จัด ทั้งนี้เพราะในเมล็ดถั่วเหลืองแก่จะมีสารอาหารต่างๆ ประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรต 35% โปรตีน 50% ไขมัน 20% และในไขมันประกอบด้วยกรดไขมันต่าง ๆ เช่น ไลโนเลอิก (Linoleic) 50% โอเลอิก (Oleic) 30% ไลโนเลนิก (Linolenic) 7% และปาล์มมิติก (Palmitic) กับสเตียริก (Stearic) 14% (คำนวณจากน้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้ยังประกอบไปด้วยแคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิตามิน A, B, B1, B2, B6, B12 ไนอาซิน วิตามิน C, D, E อีกด้วย น้ำมันถั่วเหลืองจะมีกรดไขมันอิ่มตัวต่ำ แต่เป็นแหล่งที่ดีของกรดไขมันจำเป็นคือ กรดไลโนเลอิก และกรดไลโนเลนิก ซึ่งกรดไขมันเหล่านี้ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้ จำเป็นต้องได้รับจากอาหาร ถ้าอาหารที่รับประทานไม่มีกรดไขมันจำเป็นก็จะทำให้เกิดอาการของโรคขาดกรดไขมันจำเป็น ได้แก่ ผิวหนังแห้งและตกสะเก็ด บาดแผลหายช้า ถ้าเป็นเด็กการเจริญเติบโตจะหยุดชะงัก มีปัญหาเกี่ยวกับสายตาและการฟัง

ในประโยชน์ทางยาใช้เป็นอาหารของคนที่เป็นเบาหวานที่อ้วน และคนไข้ที่ต้องฉีดอินซูลินทุกวัน ปัจจุบันแพทย์ได้ใช้ใยอาหารที่มีในเมล็ดถั่วเหลืองลดความอ้วนและลดการใช้อินซูลินลงได้มาก หากกำหนดอาหารการกินโดยให้เป็นอาหารที่ประกอบด้วยเมล็ดถั่วเหลือง และอาหารที่มีไขมันต่ำ ซึ่งสามารถลดความต้องการใช้อินซูลินได้มาก 25-100% แล้วแต่ชนิดของหวาน นอกจากนี้ในเมล็ดถั่วเหลืองยังมีเลซิติน (Lecithin) อันเป็นสารบำรุงสมอง เพิ่มความทรงจำ ลดไขมันและโคเลสเตอรอลในร่างกาย ซึ่งสารดังกล่าวนี้มีมากในถั่วเหลืองโดยเฉพาะบริเวณผิวหุ้มเมล็ด การขัดสีถั่วเหลืองเพื่อให้ได้นมถั่วเหลืองที่ขาวนวล จึงเป็นการทิ้งของมีค่าไปอย่างน่าเสียดาย ในการนำเอาถั่วเหลืองไปใช้เป็นอาหาร เราสามารถประกอบอาหารได้หลายอย่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้เป็นอาหารสำหรับผู้ที่รับประทานมังสวิรัติ และอาหารเจ ทำเนื้อเทียม เต้าหู้อ่อน เต้าหู้แท่งขาว เต้าหู้แท่งเหลือง นอกจากนี้ยังสามารถปั่นให้ได้น้ำมันที่เรียกว่าน้ำมันพืช (ถั่วเหลือง) นำเอาเมล็ดไปอบ บด เป็นผง ใช้ชงเป็นเครื่องดื่ม หรือจะเอาไปต้มน้ำตาล บดเป็นแป้งถั่วเหลืองใช้ทำขนมต่าง ๆ เช่น ขนมหม้อแกง ขนมเม็ดขนุน หรืออาจเพาะเป็นถั่วงอก ซึ่งจะได้ถั่วงอกหัวโตมีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะให้วิตามินสูง ฝักสดสามารถต้มเป็นถั่วแระได้ และที่สำคัญสามารถทำเป็นนมถั่วเหลืองใช้แทนนมจากสัตว์ มีคุณค่าทางอาหารสูง ราคาถูก ใช้เลี้ยงทารกและดื่มบำรุงสุขภาพได้ ถั่วเหลืองนอกจากจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงแล้ว ในปัจจุบันพบว่าการบริโภคถั่วเหลืองจะมีผลดีต่อสุขภาพและช่วยป้องกันโรคบางโรคได้ ดังนั้นจึงมีผู้ให้ความสนใจที่จะนำมาประกอบเป็นอาหาร แหล่งโปรตีนทดแทน ตลอดจนศึกษาสารของถั่วเหลือง และฤทธิ์ทางชีวภาพดังนี้

ผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากถั่วเหลือง

ซอสถั่วเหลือง

ซอสถั่วเหลืองจริงจะเรียกว่า shoyo ซอสถั่วเหลืองมีรสชาติดี สีน้ำตาลเข้ม ใช้เป็นเครื่องปรุงอาหารให้รสเค็มที่นิยมใช้กันทั่วโลก ซอสถั่วเหลืองได้จากการหมักถั่วเหลืองผสมกับธัญพืชที่อบแล้ว (แป้งสาลี, ข้าวบาร์เลย์ หรือข้าวเจ้า) ให้ special yeast mold และแต่งรสเค็มด้วยเกลือ รสชาติ สีและความเป็นเนื้อเดียวกันของซอสถั่วเหลืองขึ้นอยู่กับกระบวนการที่ผลิต มีหลายชนิด ทั้งซอสใส ซอสข้น ซอสถั่วเหลืองเห็ดหอม และทามาริ ซอสใสจะมีรสเค็มน้อยกว่าซอสข้น แต่ซอสข้นจะมีรสชาติเข้มข้นและกลิ่นฉุนมากกว่า ซอสถั่วเหลืองเห็ดหอมจะช่วยเพิ่มรสชาติอาหารให้น่ารับประทานมากขึ้น ทามาริเป็นซอสถั่วเหลืองที่มาจากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งจะมีรสแรงและเข้มข้นกว่าแบบจีน ไม่มีส่วนผสมของแป้งสาลี (gluten-free)

Soy cheese

ชีสที่ทำมาจากนมถั่วเหลืองส่วนที่แข็งและส่วนที่นุ่ม ชีสถั่วเหลืองสามารถใช้แทนครีมชีสได้ ส่วนชีสถั่วเหลืองแข็ง สามารถใช้ได้เหมือนชีสที่ทำมาจากนม ซึ่งจะไม่ละลายเหมือนชีสจากนม และมักจะแต่งสี และรสชาติคล้ายชีสจากนม ดังเช่น mozzarella หรือ Cheddar กรุณาอ่านฉลากให้ละเอียด เพราะชีสถั่วเหลืองอาจจะผสมโปรตีนจากนม เช่น whey หรือ casein (caseinates) ซึ่งบางคนอาจจะแพ้

Soy yogurt

จะมีรสชาติแตกต่างจากโยเกิร์ตที่มีตามท้องตลาดและไม่มีการหมักด้วยเชื้อ โยเกิร์ตถั่วเหลืองสามารถใช้แทน sour cream หรือ cream cheese ได้เป็นอย่างดี

Tofu

เต้าหู้ทำจากนมถั่วเหลืองที่ตกตะกอน โดยที่เอาถั่วเหลืองแช่น้ำ ทำให้แตกและต้มด้วยความร้อนเพื่อให้ได้นมถั่วเหลือง ทำให้ตกตะกอนด้วยเกลือแคลเซียมซัลเฟต หรือแคลเซียมคลอไรด์

Tempeh

เป็นถั่วเหลืองที่หมักถั่วเหลืองที่สุกแล้วด้วยเชื้อรา Rhizopus oligosporous ซึ่งเชื้อราจะทำให้เกิด mycelium ขึ้นในถั่วเหลืองทำให้เห็นเป็นจุดดำ Tempeh จะมีเนื้อเหนียวต้องเคี้ยว และมีรสชาติเด่นเฉพาะตัว สามารถใช้ประกอบอาหารแทนเนื้อสัตว์ได้ อาจนำมาทอด อบ หรือนึ่งได้

Miso

เป็นเครื่องปรุงอาหารที่ทำมาจากถั่วเหลือง, ธัญพืช (ข้าวหรือข้าวบาร์เลย์), เกลือและน้ำ การผลิต Miso จะใช้ข้าวที่หุงแล้วหมักด้วยเชื้อรา Aspergillus oryzae และเมื่อหมักเสร็จจะได้ผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า koji ซึ่งจะผสมกับถั่วเหลืองที่ทำให้สุกแล้วทำให้เป็นเส้นๆ กับเกลือและน้ำ นำไปหมักในถังขนาดใหญ่ Miso จะแตกต่างกันไปในด้านรสชาติ, สี, เนื้อ และกลิ่น มักจะใช้แต่งรสชาติในซุป, อาหารต้ม, อาหารตุ๋น, และซอส

Soy milk

นมถั่วเหลืองเป็นทางเลือกในการใช้แทนนม ซึ่งมีจำหน่ายอย่างแพร่หลายในตลาดและในร้านอาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งทำมาจากถั่วเหลืองเปียก บด และกรองเพื่อเอากากออก เพื่อแยกโปรตีนถั่วเหลืองหรือแป้งถั่วเหลืองเมื่อเปรียบเทียบกับนมวัว นมถั่วเหลืองจะมีไขมันน้อยกว่า มีสัดส่วนของไขมันอิ่มตัวน้อยกว่า และไม่มีโคเลสเตอรอล มีคาร์โบไฮเดรตต่ำและจัดว่าเป็นแหล่งโปรตีนได้ดี ผลิตภัณฑ์บางชนิดจะผสม calcium, vitamin D2, vitamin B 12, และ vitamin B2

นมถั่วเหลืองอาจใช้เป็นทางเลือกสำหรับผู้ที่แพ้นมวัวได้ โดยเฉพาะจะพบในเด็กทารกมาก ซึ่งก็จะมีนมถั่วเหลืองสูตรพิเศษสำหรับทารกด้วย เรียกว่า อาหารเด็กอ่อนเกษตร ได้พัฒนาสูตรและกรรมวิธีผลิตขึ้นเพื่อทดแทนการใช้นมข้นหวาน หรืออาหารที่ขาดคุณประโยชน์ เลี้ยงทารก ผลิตภัณฑ์นี้ประกอบด้วยแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม แป้งข้าวเจ้า และน้ำตาลทรายเป็นหลัก เสริมด้วยวิตามินเกลือแร่ ผลิตโดยขบวนการอัดพอง (extrusion process) มีโปรตีนและไขมัน 11.0% และ 3.0% ตามลำดับ คุณค่าเทียบเท่านมผง แต่ราคาถูกกว่า ใช้เป็นอาหารเสริมสำหรับเด็ก 3 เดือนขึ้นไป ปัจจุบันได้มีบางบริษัท ผลิตอาหารเสริมสำหรับเด็กอ่อนบ้างแล้ว นมถั่วเหลืองที่จำหน่ายมีหลายยี่ห้อ ดังนั้นรสชาติของนมถั่วเหลืองจึงมีรสชาติแตกต่างกันออกไป อาจมีทั้งรสหวานและไม่หวาน

Textured Vegetable Protein (TVP) โปรตีนเกษตร

เป็นแป้งถั่วเหลืองที่กำจัดไขมันออกไปแล้ว และทำให้แห้งจะมีลักษณะคล้ายฟองน้ำจะให้รสชาติคล้ายเนื้อหมู ถั่วเหลืองจะสกัดเอาน้ำมันออกก่อนที่จะนำมาบดเป็นแป้ง เมื่อผสมแป้งถั่วเหลืองกับน้ำ จะทำให้คาร์โบไฮเดรตหรือส่วนเนื้อที่เหลืออยู่ออกไป ด้วยการปั่นหรือการบีบอัด การบีบอัดจะทำโดยให้ผ่านถั่วเหลืองที่ร้อนจากที่มีความดันสูงไปสู่ความดันต่ำผ่านทางหัวฉีดทำให้โปรตีนถั่วเหลืองกระจายตัว โดยที่โปรตีนจากถั่วเหลืองจะถูกทำให้ไม่มีน้ำและอาจจะตัดให้อยู่ในรูปชิ้นเล็ก ๆ หรือบดเป็นแกรนูล TVP ที่ซื้อมาอาจจะมีรสชาติหรือไม่มีรสชาติคล้ายกับเนื้อสัตว์

การเตรียมโดยนำมาแช่กับน้ำปล่อยให้พองตัวสัก 2-3 นาที หลังจากนั้นสามารถนำไปใช้ประกอบอาหารแทนเนื้อสัตว์ได้ตามต้องการ โปรตีนจากถั่วเหลืองมักจะนำมาใช้ในอาหารมังสวิรัติชนิดต่าง ๆ เช่น แฮมเบอร์เกอร์, ไส้กรอก, อาหารกระป๋อง เป็นต้น ซึ่งเป็นแหล่งของเส้นใยและโปรตีนคุณภาพสูง นอกจากนี้ TVP ยังเสริมด้วย Vitamin B12 Dehydrated TVP สามารถเก็บไว้ได้นานและควรจะเก็บในภาชนะที่มิดชิด ที่อุณหภูมิห้อง จะเก็บไว้ได้นานถึง 3 เดือน แต่ถ้านำมาแช่น้ำแล้ว ต้องเก็บไว้ในตู้เย็นและเก็บไว้ได้นาน 2-3 วัน

โปรตีนเกษตร เป็นผลิตภัณฑ์กึ่งวัตถุดิบสำหรับผลิตอาหารสุดยอดในฤดูกาลกินเจ เพราะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทดแทนเนื้อสัตว์ มีวิวัฒนาการในการวิจัยและทดลองผลิตภัณฑ์นี้มากมาย ตั้งแต่การใช้กากถั่วเขียวกากถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบ จนกระทั่งใช้แป้งถั่วเหลืองพร่องไขมันเป็นวัตถุดิบ ซึ่งสั่งจากต่างประเทศ จากนั้นจึงมีโครงการประเมินคุณค่าทางโภชนาการของเนื้อเทียมซึ่งผลิตจากแป้งถั่วเหลืองพร่องไขมันจากแหล่ง ต่าง ๆ เพื่อทดแทนการนำเข้า ผลการศึกษาพบว่า แป้งถั่วเหลืองพร่องไขมัน ซึ่ง

ผลิตเองในประเทศมีคุณภาพทางโภชนาการใกล้เคียงกับต่างประเทศ แต่เมื่อนำมาขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์เนื้อเทียม พบว่า ยังมีปัญหาทางเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์อยู่บ้าง มีการทดลองทำโปรตีนเกษตรด้วยแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มด้วยเครื่องวิลเลจเทคเจอร์ไรเซอร์ โดยผลิตโปรตีนเกษตรชนิดแผ่นและทดสอบการยอมรับ และหาความชื้นของแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็มที่มีผลต่อการทำเกษตรโปรตีน รวมทั้งประเมินคุณค่าทางโภชนาการของโปรตีนเกษตรที่ทำจากแป้งถั่วเหลืองชนิดไขมันเต็ม

สารสำคัญในถั่วเหลือง

Isoflavones

ถั่วเหลืองมี phytoestrogen ที่เรียกว่า Isoflavones ในปริมาณที่สูง ซึ่งมีโครงสร้างคล้าย estrogen จะออกฤทธิ์เป็นเอสโตรเจนอย่างอ่อนๆ และออกฤทธิ์เป็น anti-estrogens เมื่อให้ร่วมกับเอสโตรเจนในการทดลอง ซึ่ง Isoflavones ในถั่วเหลืองสามารถช่วยป้องกันมะเร็งเต้านมและมะเร็งอื่นๆ ที่เกิดจาก estrogen และในขนาดต่ำ (40-50 มิลลิกรัมต่อวัน) อาจจะมีศักยภาพเพียงพอที่จะใช้แทน hormone replacement therapy (HRT) ในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนได้ โดยช่วยลดอาการของวัยหมดประจำเดือน เช่น ช่องคลอดแห้ง ร้อนวูบวาบ ทั้งยังจะช่วยในการลดความเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจ โดยจะไปช่วยลดโคเลสเตอรอล ช่วยลดการเกิดออกซิเดชั่นของ LDL ที่ทำให้เกิดโรค atherosclerosis และช่วยให้เลือดไม่เกาะตัวกัน ป้องกันการเกิดโรคหัวใจและ stroke ได้ นอกจากนี้ Isoflavones อาจช่วยป้องกันหรือลดการเจริญของมะเร็งต่อมลูกหมากในเพศชายได้ ยังช่วยป้องกันการถูกทำลายของดีเอ็นเอ (DNA damage) ซึ่งจะนำไปสู่การกลายพันธุ์ โดยไปทำหน้าที่เหมือน antioxidants ยับยั้งเลือดที่จะไปเลี้ยงเซลล์มะเร็ง ซึ่งจะทำให้เซลล์มะเร็งไม่เปลี่ยนแปลงรูปร่างหรืออยู่ในช่วงที่ไม่เป็นเซลล์มะเร็ง และยับยั้งเซลล์มะเร็งโดยไปยับยั้งผลิตภัณฑ์เซลล์ที่สร้างขึ้น

Isoflavones นี้เป็นฟลาโวนอยด์ที่ได้จากธรรมชาติและมีคุณสมบัติคล้ายกับ estrogen จึงมักจะจัดว่า isoflavones เป็น phytoestrogenในถั่วเหลือง ประกอบด้วยสารที่สำคัญ 3 รูปแบบ แต่ละรูปแบบนั้นประกอบด้วยอนุพันธ์ 4 ชนิด คือ aglycones (genistein, daidzein และ glycitein), glucoside, malonyl และ acetyl ที่เป็นอนุพันธ์ของ genistin, daidzein และ glycitin ซึ่งพบสารดังกล่าวมีปริมาณต่างๆดังนี้ genistin ประมาณ 330 – 2000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, daidzin ประมาณ 150 – 800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, glycitin ประมาณ 50 – 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, genistein, daidzein และ glycitein ประมาณ 10 – 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมซึ่งความเข้มข้นของสารต่างๆ เหล่านี้มีความเข้มข้นแตกต่างกันขึ้นอยู่กับกรรมวิธีในการแปรรูป เช่น อาหารหมักจากถั่วเหลือง miso และ tempeh พบสาร aglyconesในปริมาณสูงเกิดจากการทำงานของเอนไซม์ hydrolysis ในระหว่างกระบวนการหมัก ต่างจากในถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการหมักจะพบ glucosides สาร isoflavones มักจะสูญเสียระหว่างกระบวนการแปรรูปเพราะ glucosides อยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ เนื่องจากสารต่างๆดังกล่าวนี้เป็นองค์ประกอบของถั่วเหลือง จึงทำให้ถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์ที่ทำจากถั่วเหลืองมีคุณประโยชน์ โดย isoflavone phytoestrogens จะช่วย

ป้องกันการเกิดภาวะหลอดเลือดแข็งตัว และมะเร็งในบางอวัยวะ สารในกลุ่มนี้ที่พบมากคือ genistein และ daidzein ป้องกันโรคดังกล่าวได้เนื่องจากสารนี้จะไปมีผลเปลี่ยนแปลงเมตาโบลิสมของเอสโตรเจน รวมทั้งคุณสมบัติในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน ซึ่งมีรายงานว่าน้ำถั่วเหลืองและน้ำถั่วเหลืองหมักมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน โดยพบว่าในน้ำถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ *Acetobacter* sp., *Lactobacillus* sp., *Saccharomyces* sp. และ *Streptomyces* sp. มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันที่สูงกว่าน้ำถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านกระบวนการหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์และการศึกษาทางระบาดวิทยาในกลุ่มชนทางเอเชียพบว่า การบริโภคผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองมีส่วนสัมพันธ์กับการลดภาวะเสี่ยงของการเป็นมะเร็งทั้งชนิดขึ้นกับฮอร์โมน และไม่ขึ้นกับฮอร์โมน เช่น มะเร็งปอด ไส้ตรง เต้านม กระเพาะอาหาร และต่อมลูกหมาก จากการศึกษาในสตรีวัยก่อนหมดประจำเดือนชาวสิงคโปร์พบว่าการบริโภคผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองเป็นประจำจะลดโอกาสเสี่ยงของการเป็นมะเร็งเต้านมลงได้ร้อยละ 50 ผลในการต้านเอสโตรเจน (antiestrogen) ในถั่วเหลืองมาจาก genistein และ daidzein ซึ่งมีโครงสร้างคล้ายฮอร์โมนเอสโตรเจน จึงไปจับกับตัวรับเอสโตรเจนได้ พบว่า isoflavones สามารถยับยั้งฤทธิ์ของเอสโตรเจนในการกระตุ้นการเจริญของเซลล์มะเร็ง isoflavones ยังมีผลยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของเซลล์มะเร็ง การศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่า อาหารที่มีถั่วเหลือง หรือ isoflavones ที่สกัดจากถั่วเหลืองสามารถลดโอกาสเสี่ยงของการเกิดมะเร็งได้ นอกจากนี้ยังพบว่า genistein สามารถยับยั้งกระบวนการสร้างเส้นเลือด ซึ่งขั้นตอนการสร้างเส้นเลือดนี้เป็นขั้นตอนที่จำเป็นสำหรับก้อนมะเร็งที่จะโตขึ้น นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าถั่วเหลืองมี Bowman - Birk inhibitor ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ย่อยโปรตีน (protease inhibitors) และมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดมะเร็ง โดยไม่ทำให้เกิดพิษ และการศึกษาทางระบาดวิทยาในกลุ่มชนทางเอเชียพบว่า การบริโภคผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองมีส่วนสัมพันธ์กับการลดภาวะเสี่ยงของการเป็นมะเร็งทั้งชนิดขึ้นกับฮอร์โมน และไม่ขึ้นกับฮอร์โมน เช่น มะเร็งปอด ไส้ตรง เต้านม กระเพาะอาหาร และต่อมลูกหมาก ถั่วเหลืองยังสามารถช่วยป้องกันการเกิดภาวะกระดูกโปร่งบางได้เช่นกัน ซึ่งภาวะกระดูกโปร่งบาง (osteoporosis) เป็นปัญหาสุขภาพอันหนึ่งที่เกิดขึ้นทั่วโลกโดยเฉพาะในประเทศอุตสาหกรรมการบริโภคอาหารโปรตีนสูงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลเสียต่อความแข็งแรงของกระดูก เนื่องจากมีผลทำให้แคลเซียมถูกขับออกมาในปัสสาวะมากขึ้น กรดอะมิโนที่มีกำมะถันในโมเลกุลคือ เมทไทโอนีน และซีสตีน เมื่อถูกเมตาบอไลส์จะให้ซัลเฟตและไฮโดรเจน ทำให้ปัสสาวะเป็นกรดมากขึ้น แคลเซียมจึงถูกขับออกมาในปัสสาวะมากขึ้น ดังนั้นการบริโภคโปรตีนจากถั่วเหลืองจะช่วยลดการขับแคลเซียมออกมาในปัสสาวะ นอกจากนี้ genistein และ daidzein ซึ่งเป็น isoflavones ที่พบในถั่วเหลืองยังมีคุณสมบัติเป็นทั้งเอสโตรเจน และตัวต้านเอสโตเจน isoflavones นี้มีสูตรโครงสร้างคล้าย tamoxifen ซึ่งเป็นสารที่มีฤทธิ์คล้ายเอสโตรเจนในการป้องกันการสูญเสียเนื้อกระดูกในสตรีหลังหมดประจำเดือน ได้มีการศึกษาในสัตว์ทดลองที่ถูกตัดรังไข่ออกไปพบว่า การเพิ่มขึ้นของเนื้อกระดูกในสัตว์ทดลองนี้เป็นผลมาจาก isoflavones ในถั่วเหลือง อย่างไรก็ตามผลของถั่วเหลืองต่อความหนาแน่นของเนื้อกระดูก ยังคงต้องศึกษาเพื่อหาข้อสรุปต่อไป นอกจากผลต่อสุขภาพดังที่กล่าว

มาแล้ว มีรายงานเช่นกันว่ากลุ่มอาการในสตรีวัยหมดประจำเดือน เช่น มีเหงื่อออกเวลากลางคืน หรืออาการร้อนวูบวาบ จะพบในสตรีชาวญี่ปุ่นน้อยกว่าชาวอเมริกันถึงหนึ่งในสาม ซึ่งสาเหตุหนึ่งก็เนื่องจากการรับประทานอาหารจากถั่วเหลืองซึ่งให้ isoflavones ที่มีฤทธิ์คล้ายเอสโตรเจนนั่นเอง ถั่วเหลืองเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ให้สารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายทั้งโปรตีนและไขมัน การบริโภคถั่วเหลืองยังช่วยป้องกันโรคเรื้อรังต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว การบริโภคถั่วเหลืองยังไม่พบรายงานที่มีผลเสียต่อสุขภาพ ดังนั้นจึงน่าสนใจที่จะหันมาบริโภคถั่วเหลือง ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ทำจากถั่วเหลืองก็มีมากมายหลายชนิด เช่น นมถั่วเหลือง เต้าหู้ ฟองเต้าหู้ โปรตีนจากถั่วเหลือง เต้าเจี้ยว และถั่วเน่า เป็นต้น

เมื่อ DNA ถูกทำลายและไม่มีการซ่อมแซม จะมีการกลายพันธุ์เกิดขึ้น ซึ่งปกติ oncogenes จะได้รับการกระตุ้นเมื่อเกิดการสร้างผลิตภัณฑ์จากโปรตีนที่มาจาก oncogene อย่างเช่น เอนไซม์ tyrosine kinase เมื่อมีการสร้างมากเกินไป ถ้า Isoflavones เข้าไปมีส่วนร่วมในการตรวจสอบ oncogene อาจจะช่วยลดอุบัติการณ์ของการเกิดมะเร็งเต้านมได้ ซึ่งเห็นได้จากผู้หญิงชาวตะวันออกที่รับประทาน Isoflavones มากถึง 100 มิลลิกรัมต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบกับชาวตะวันตก

Genistein

Genistein จะมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงของเซลล์มะเร็ง และออกฤทธิ์เป็น antiangiogenesis factor ลดการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง และในระดับที่สูงกว่าที่ต้องการจะป้องกันไม่ให้เซลล์มะเร็งเจริญได้ นอกจากนี้ genistein ยังมีผลต่อโรค atherosclerosis ที่จะมีผลต่อโรคหัวใจ โดยออกฤทธิ์เป็น antithrombin ยับยั้งการทำงานของเซลล์กล้ามเนื้อเรียบที่ทำให้ขยายการสร้างพลัค และเป็น antioxidant ในการป้องกันการเกิด oxidation ของ LDL

นอกจากนี้การรับประทานอาหารที่มี Isoflavones จะช่วยลดระดับโคเลสเตอรอลได้มากถึง 35% จากการศึกษาเมื่อไม่นานมานี้ ได้แสดงให้เห็นว่า genistein ยับยั้งเซลล์มะเร็งต่อมลูกหมากที่เพาะเลี้ยงไว้ได้และอาจจะเป็นไปได้ที่จะช่วยทำให้การเกิดมะเร็งต่อมลูกหมากเกิดขึ้นได้ช้าลง 10-15 ปี

Genistein เป็น beta-glucoside มาต่อกัน genistein และแป้งถั่วเหลืองและ genistin ในระดับปกติ ต่างก็แสดงให้เห็นว่าสามารถกระตุ้น P450 xenobiotic metabolizing isoenzymes น่าจะเป็นไปได้ที่ genistin จะมีสูงในถั่วเหลืองที่มีการหมักซึ่งทำให้ย่อยได้ดีกว่า genistein มีระดับต่ำในอาหารที่ไม่หมักแต่ก็ยังมีฤทธิ์อยู่ ดังนั้นอาจจะต้องรับประทานอาหารที่ไม่หมักและไม่มีกลิ่นฉุนเป็นจำนวนมากจึงจะได้ฤทธิ์ในการต้านมะเร็ง

Saponins

ซาโปนิน อาจจะป้องกันการเกิดมะเร็งได้โดยปกป้อง DNA จากการถูกทำลาย เป็น antivirals โดยการศึกษาในหลอดทดลองและสามารถยับยั้งการเกิดมะเร็งลำไส้ได้โดยตรง ซาโปนินอาจจะเป็น cardioprotective ซึ่งมีความสามารถที่ลดระดับโคเลสเตอรอลได้

ซาโปนินมีศักยภาพสูงในการป้องกันมะเร็งโดยมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชั่น และต้านการก่อกลายพันธุ์ (antimutagen) และยังเป็น antiretrovirals ในการศึกษา in vitro HIV studies และ anti-DNA virals ในการศึกษา Epstein-Barr virus inhibition studies จากการศึกษาแรก ซาโปนินแสดงให้เห็นว่าสามารถยับยั้งมะเร็งลำไส้ได้โดยตรง อาจจะมีความเป็นไปได้ที่จะอ้างได้ว่าสามารถป้องกันมะเร็งลำไส้ จากการศึกษาทางระบาดวิทยาแบบ retrospective ในคนที่รับประทานมังสวิรัติและประชากรในเอเชียที่รับประทานซาโปนินเพื่อจะให้เป็น chemopreventive ซาโปนินสามารถกระตุ้นภูมิคุ้มกันได้ไปทำลายเซลล์มะเร็งได้โดยตรง ลดการเจริญของเซลล์มะเร็งที่ผิวหนังและมะเร็งปากมดลูกได้ และยังไปยับยั้งการแพร่ขยายพันธุ์ของเซลล์มะเร็งลำไส้ คนญี่ปุ่นรับประทานสารที่ต้านการเกิดมะเร็งมากกว่าชาวอเมริกันถึง 5 เท่า ชาวมังสวิรัติทางตะวันออกรับประทานซาโปนินประมาณ 345 มิลลิกรัมต่อวัน

ซาโปนินมีโครงสร้างเป็น steroid glycoside ที่มีคุณสมบัติการเป็นสารซักล้าง (detergent) ในบางครั้ง อาจจะใช้เป็นสารช่วยที่ให้เกิดฟอง ในอาหารและเครื่องสำอาง แต่มีค่า LD50 ค่อนข้างต่ำ และมักจะใช้ในฤทธิ์ทางยา ซาโปนินจากถั่วเหลืองมีโครงสร้างคล้ายโคเลสเตอรอลจึงสามารถลดโคเลสเตอรอลได้โดยกระตุ้นให้เกิดการขับออก หรือยับยั้งการดูดซึมของโคเลสเตอรอล

Phytosterols

Phytosterols อาจจะช่วยป้องกันการเกิดโรคหัวใจและมะเร็งได้ โดยเฉพาะมะเร็งลำไส้ โดยไปยับยั้งการแบ่งตัวและการแพร่กระจายตัวของเซลล์ Phytosterols เป็น plant – steroidal-like compounds คล้ายกับโคเลสเตอรอล Sitosterol เป็นตัวอย่างของที่ต่างจากกลุ่มโดยมีเพียง ethyl group บน C-24 จากโมเลกุลโคเลสเตอรอลที่มาจากสัตว์ stigmasterols จากถั่วเหลืองมักใช้ในการเป็น precursors ของการสังเคราะห์ยาสเตียรอยด์ sterols จากถั่วเหลืองมีฤทธิ์ทางกายภาพดูดซึมได้ไม่มากและจะไปตกตะกอนน้ำดี ซึ่งทำให้ลด enterohepatic recycling ของสารประกอบจากน้ำดีที่เป็น colon tumor-promoting ซึ่งจะทำให้เกิด Oxidative damage ต่อ crypt cells และการเกาะกลุ่มกันของ micronuclei

Phytosterols ชนิดหนึ่งในห้องปฏิบัติการลดอุบัติการณ์การเกิดมะเร็งลำไส้ได้ 50% และมีประสิทธิภาพสูงในการต่อต้านมะเร็งผิวหนัง จากการศึกษาทางระบาดวิทยาแบบ retrospective เป็นไปได้ว่า Phytosterols มีส่วนร่วมในการลดอุบัติการณ์การเกิดมะเร็งลำไส้ในชาวญี่ปุ่น คนที่รับประทานมังสวิรัติ และคนที่เป็น Seventh Day Adventists ซึ่งจะต้องมีการกระตุ้นให้มีการบริโภคอาหารจากพืชให้มากขึ้น เพราะชาวตะวันตกได้รับ Phytosterols 80 มิลลิกรัมต่อวัน ในขณะที่ชาวญี่ปุ่นรับประทานได้ถึง 400 มิลลิกรัมต่อวัน

Soy Phytates

ถ้าได้รับแคลเซียมเสริมหรืออาหารที่มีแคลเซียมสูง ไม่ควรจะรับประทานเวลาเดียวกับถั่วเหลือง เพราะ Phytates จะไปจับแคลเซียม แต่ Phytic Acids อาจจะกระตุ้นภูมิคุ้มกันมะเร็ง ช่วยป้องกันโรคที่เกิดจาก Iron-excess oxidative เช่น มะเร็ง โรคหัวใจ โรคข้อเสื่อม และเบาหวาน และยังไปยับยั้งมะเร็งได้หลายชนิด แต่ควรจำไว้ว่าการรับประทานโปรตีนจากถั่วเหลืองมากเกินไปอาจลด

ความต้องการแคลเซียมของร่างกาย เพราะจะลดการดูดซึมเมื่อ soy phytate อยู่ในลำไส้ เมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนจากสัตว์ จะมีการสูญเสียแคลเซียมลดลง แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น ยังสามารถทำให้กระดูกแข็งแรงได้และป้องกันการเกิดโรค osteoporosis ได้ เพราะโปรตีนจากสัตว์ที่รับประทานเข้าไปมากเท่าไร เราก็จะสูญเสียแคลเซียมมากเช่นกัน

รำหรือเปลือกถั่วเหลืองมี phytates สูง มักจะทำเป็น antinutrient factors เพื่อไปจับกับ calcium, magnesium, zinc, และ iron ในลำไส้และป้องกันการดูดซึม จึงไม่น่าแปลกใจที่นักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะทำพันธุวิศวกรรมในถั่วเหลืองเพื่อจะเอาสารตัวนี้ออกไป

Phytates

พบในพืชมากมาย ตัวอย่างเช่น รำข้าวจะมีในปริมาณที่สูง ในการรับประทานอาหารปกติที่มีการรับประทานถั่วเหลืองร่วมกับการเสริมแคลเซียมจะทำให้สูญเสียแคลเซียมแต่ไม่มากนัก ในความเป็นจริงการลดรับประทานอาหารที่มีโปรตีนทั้งหมด จะมีความสัมพันธ์กับการลดความเสี่ยงในการเกิดโรค Osteoporosis จะเห็นได้ชัดเจนว่าการรับประทานโปรตีนจำนวนมากที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนหลายชนิดจะทำให้เป็นปัจจัยเสี่ยงที่จะทำให้เกิดโรค Osteoporosis ในบางระดับ กรณีของถั่วเหลืองที่มี sulfur-containing amino acids ในปริมาณต่ำ กระดูกก็ยังคงจะแข็งแรงอยู่ เพราะสูญเสียแคลเซียมไปเพียงเล็กน้อยโดยเป็นเกลือซัลเฟต ในขณะที่โปรตีนจากนม, เนื้อสัตว์, หรือเคซีน ในปริมาณเดียวกันจะทำให้สูญเสียแคลเซียมมากกว่า ซึ่งจะเป็นสัดส่วนกัน โดยการรับประทานโปรตีนจากเนื้อสัตว์ในปริมาณที่สูง ก็จะทำให้เกิด calcium phosphate ที่ไม่ละลายขับออกมาทางอุจจาระสูง

นอกจากนี้ phytates ที่ได้จากพืชจะมี phosphorus ซึ่งสามารถไปจับกับเหล็กที่มีมากเกินไปที่จะไปกระตุ้น free radical DNA damage ในลำไส้ ซึ่งจะช่วยลดการเกิด oxidative damage เฉพาะที่ได้ Phytates มีความสัมพันธ์กับเส้นใยที่ได้จากพืชซึ่งจะช่วยลดการเกิดมะเร็งลำไส้ นอกจากนี้ยังสามารถไปลดระดับโคเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ที่เป็นปัจจัยเสี่ยงที่ของโรค atherosclerosis ได้โดยตรง

Phytates ป้องกันการดูดซึมของเหล็กในรูป ionized form ที่มากเกินไป ซึ่งปริมาณที่มากเกินไปที่ลำไส้ หรือในระบบหมุนเวียนของร่างกาย จะกระตุ้นให้เกิด oxidative environment ซึ่งจะเกี่ยวพันกับการเกิดโรคหัวใจ, โรคเบาหวาน, โรคข้อเสื่อม, และโรคมะเร็ง นอกจากนี้ phytates ยังกระตุ้นการทำงานของ NK cells ให้ดีขึ้น ซึ่งสามารถควบคุมการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งได้หลายชนิดได้โดยตรง

Protease Inhibitors

เราไม่ต้องการรับประทานเนื้อดิบ เช่นกัน ถั่วเหลืองเราก็ต้องปรุงให้สุกก่อนเพื่อกำจัดอหารที่ดูดซึมไม่ดีและไปลดส่วนประกอบที่สำคัญ เช่น protease inhibitors ที่ช่วยในการป้องกันมะเร็ง ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลืองส่วนใหญ่จะถูกทำให้สุกก่อน ซึ่งจะไปทำลาย protease inhibitors มีผลต่อ

สารอาหารที่สำคัญหมดฤทธิ์ไป แต่ก็ยังคงฤทธิ์ chemopreventive ไว้แต่มีความเข้มข้นลดลงจนไม่เพียงพอที่จะเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย

Trypsin enzyme antagonist ที่สลายตัวได้ง่ายด้วยความร้อน มักจะพบในพืชตระกูลถั่วและเมล็ดพืช ซึ่งเหมาะสำหรับสัตว์ที่มีการเจริญเติบโตช้า โดยที่ถั่วเหลืองต้องไม่ผ่านความร้อนหรือการบีบ อัด เพราะ tertiary structure เสื่อมสภาพภายใต้อุณหภูมิและความดันที่สูง แต่การยับยั้งการเจริญเติบโตจากถั่วเหลืองดิบจะเกิดได้จากการที่กรดอะมิโนเพราะมีการดูดซึมที่ไม่ดี จะทำให้ขาด cystine, methionine, zinc, iodine

การระคายเคืองตับอ่อนจะเกิดจากถั่วเหลืองดิบที่มี protease inhibitors เพราะไปยับยั้งการยับยั้งย้อนกลับของการสร้าง trypsin ของ acinar cell และจะไม่เกิดขึ้นถ้ามีการทำให้อาหารสุกด้วยความร้อนแล้ว

แต่อย่างไรก็ตาม protease inhibitors สามารถยับยั้งมะเร็งได้ ที่เต้านมถึง 50% , ผิวหนัง, ท่อน้ำดี, ลำไส้, ปอด, ตับอ่อน, ปาก และหลอดอาหารได้ดี โดยไปยับยั้งการทำงานของ oncogenes และเป็น radioprotective และ free radical protective ต่อ DNA ได้ดีพอๆ กับการป้องกันเซลล์ปกติไม่ให้เปลี่ยนเป็นเซลล์มะเร็งในช่วงแรกของการเกิดมะเร็ง แต่ช่วยไม่ได้ในช่วงท้ายของการเกิดมะเร็ง protease inhibitors ยังแสดงให้เห็นว่ามีผลในการกดการทำงานของขบวนการการเกิดโรคมะเร็งได้อย่างถาวร โดยไปยับยั้งการแสดงออกของ oncogenes

Phenolic Acids

Phenolic Acids มีศักยภาพในการเป็น antioxidants เพื่อปกป้อง DNA

Complex Sugars

ช่วยในการเจริญของ Bifidobacteria ในลำไส้ และอาจช่วยในการลดอุบัติการณ์การเกิดมะเร็งลำไส้ ถั่วเหลืองและพืชตระกูลถั่วต่างๆ มีน้ำตาลที่ไม่สามารถย่อยได้ ซึ่งแบคทีเรียในลำไส้สามารถย่อยได้ และเผาผลาญอาจจะทำให้เกิดแก๊ส ท้องอืด ท้องเฟ้อได้บ้าง การที่ได้รับถั่วเหลืองในปริมาณที่เพียงพอจะส่งเสริมให้ Bifidobacteria มีการเจริญเติบโต แบคทีเรียที่มีประโยชน์ในลำไส้สามารถที่จะใช้น้ำตาลชนิดนี้ ซึ่งจะสัมพันธ์กับการลดการเกิดมะเร็งในลำไส้และลดโคเลสเตอรอลได้

ถั่วเหลืองมีน้ำตาล 3 ชนิดคือ stachyose, verbascose, และ raffinose ซึ่งสามารถที่จะถูกเผาผลาญได้โดย normal flora ในลำไส้คือ Bifidobacteria และแบคทีเรียอื่นๆ ประชากรของ Bifidobacteria จะสัมพันธ์กับการลดลงของสารก่อมะเร็งในอุจจาระซึ่งเป็นสาเหตุของมะเร็งลำไส้ (ลดลงถึง 50% ในการทดลองในสัตว์) และทำให้แบคทีเรียที่อันตรายไม่เจริญ แบคทีเรียจะสลายเส้นใยที่ละลายได้ในลำไส้ และสร้างผลิตภัณฑ์ที่ช่วยในการลดโคเลสเตอรอลในเลือดได้

Boron

โบรอน เป็นแร่ธาตุที่มีปริมาณที่เหมาะสมในถั่วเหลือง อาจจะช่วยในการป้องกันโรค osteoporosis และมีฤทธิ์กระตุ้นเอสโตรเจนอย่างอ่อนๆ โบรอนในถั่วเหลือง ถ้าระดับที่สูงอาจช่วยใน

การกระตุ้น endogenous estradiol 17B และออกฤทธิ์โดยตัวของมันเองอย่างอ่อนๆ (estrogen replacement therapy) ความเข้มข้นในเลือดเพียง 3 มิลลิกรัมของโบรอนแสดงให้เห็นว่าระดับของ estradiol precursor testosterone เพิ่มเป็น 2 เท่า นอกจากนี้ โบรอนมีความสำคัญต่อการสะสมแร่ธาตุในกระดูก ถ้ามีโบรอนที่ไม่เพียงพอ ร่างกายจะไม่สามารถเก็บรักษาแคลเซียมไว้ได้เลย

ในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน ที่รับประทานอาหารที่มีโบรอนต่ำมีโอกาสสูงที่จะสูญเสียธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม ความแข็งแรงของกระดูกลดลง แต่เพียงโบรอนแค่ 3 มิลลิกรัม จะลดการสูญเสียแคลเซียมไปถึง 40% ผู้ที่รับประทานมังสวิรัติจะเป็นโรค Osteoporosis น้อย จึงน่าจะเป็นไปได้ที่ steroid hormone จะเพิ่มขึ้นได้ด้วยโบรอน

Lecithin

เลซิตินมีผลดีต่อหัวใจอาจช่วยลดการเกิดมะเร็งปอด และนิ่วในถุงน้ำดีได้ เลซิตินมี phosphatidyl choline ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของ acetylcholine ซึ่งเป็นสารสื่อประสาทที่มีความสำคัญในระบบประสาท parasympathetic และมีประโยชน์ต่อระบบการทำงานของประสาท เลซิตินเป็นชนิดของ emulsifying fat ที่ทำมาจากน้ำมันถั่วเหลืองที่เอายางออกแล้ว (degummed soy oil) สามารถป้องกันโรคเกี่ยวกับหลอดเลือดและหัวใจ ลดระดับโคเลสเตอรอล แต่ต้องใช้ในปริมาณที่สูง เลซิตินจากถั่วเหลืองอาจช่วยลดการเกิดนิ่วในถุงน้ำดีได้ ในผู้ที่รับประทานมังสวิรัติ

Omega-3 Fatty Acids

ป้องกันโรคหัวใจและหลอดเลือด โรคมะเร็งและช่วยในการพัฒนาสมอง และสายตาของเด็กทารก ถั่วเหลืองมี omega-3 fatty acid ซึ่งมีประโยชน์ต่อผู้ที่เป็นโรคเกี่ยวกับหลอดเลือดและหัวใจ (antihyperlipidemic, antithrombotic) โรคมะเร็ง, โรคข้อเสื่อม, โรคเบาหวาน(anti-inflammatory) โดยออกฤทธิ์ผ่านทาง prostaglandin เช่น กระตุ้นการสร้าง PGE1 และ PGE3 DHA จาก Omega-3 จะมีประโยชน์ต่อสตรีที่กำลังตั้งครรภ์ และเด็กที่เริ่มมีพัฒนาการทางสมอง และสายตา และอาจช่วยในการพัฒนา IQ ให้สูงขึ้นด้วยการที่แม่ให้นมลูกด้วยตัวเอง ความต้องการประมาณ 1 กรัมต่อวัน โดยที่จะมี 3.2 กรัมต่อถั่วเขียว 100 กรัม

Tocopherols

วิตามินอีเป็น antioxidant ที่เรารู้จักกันดี มีความสำคัญในการป้องกันการเกิดโรค atherosclerosis วิตามินอีที่สกัดจากน้ำมันถั่วเหลือง เป็น lipid-soluble antioxidant ที่มีความสำคัญในการทำให้การเกิด lipoperoxidative ช้าลง ที่จะทำให้เกิดโรค atherosclerosis มีส่วนช่วยในการลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งอย่างเช่น มะเร็งลำไส้

Folic Acid

วิตามินบี มีความสำคัญในการมีส่วนร่วมในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรค atherosclerosis และโรคมะเร็ง โฟเลทมีปริมาณสูงในถั่วเหลือง ซึ่งส่งผลไปช่วยในการขจัด homocysteine และป้องกันการเกิด neural tube defects คนที่รับประทานผักใบเขียวมากๆ ลดอุบัติการณ์การเกิดมะเร็ง

ปอดลง ผู้ป่วยมะเร็งปอด เนื้อเยื่อปอดจะขาดวิตามินบี ซึ่งทำให้เกิดการทำลายโครโมโซม และมีความไวที่เกิดมะเร็ง

ในส่วนของเหตุผลที่คนเป็นโรคหัวใจสัมพันธ์กับการลดความเข้มข้นของเอสโตรเจนลง ในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน ซึ่งเอสโตรเจนจะช่วยในการขจัด homocysteine ซึ่งเป็นสารพิษที่เกิดจากการสลาย methionine ให้หมดไป โฟเลทช่วยในการทำความสะอาด homocysteine ที่จะทำให้เกิด arteriolar nicking และนำไปสู่ atherogenesis lipoperoxidative โฟเลท ในปริมาณที่สูงเกินไปอาจจะเป็น Tumor promoting อย่างไรก็ตามโฟเลทควรจะได้รับจากอาหาร ยกเว้นในช่วงก่อนและระหว่างตั้งครรภ์ควรจะได้รับเสริมไปด้วย

คุณประโยชน์ของถั่วเหลือง

Health-Promoting Meat Replacer

ถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนที่มีคุณภาพเทียบเท่ากับโปรตีนที่ได้จากสัตว์ 1ถ้วยจะให้ปริมาณโปรตีน 57.2% ของปริมาณที่ต้องการในแต่ละวัน มีพลังงานน้อยกว่า 300 แคลอรี่ และมีไขมันอิ่มตัวเพียง 2.2 กรัม นอกจากนี้โปรตีนจากถั่วเหลืองยังจะช่วยลดระดับโคเลสเตอรอล ซึ่งโปรตีนจากสัตว์มีแนวโน้มที่จะเพิ่มระดับโคเลสเตอรอล การรับประทานถั่วเหลืองที่มากเพียงพอจะช่วยในการดูดซึมธาตุเหล็ก 58.9% แมกนีเซียมซึ่งจะช่วยในการคลายตัวของกล้ามเนื้อ 46.2% วิตามินอี ที่ช่วยในการป้องกันการเกิดโรคหัวใจ 22.9% essential omega-3 fatty acid 22.9% และแคลเซียมที่ช่วยในการสร้างกระดูก 17.5% ของปริมาณที่ต้องการในแต่ละวัน

Stay lean with soy

จากการศึกษาวิจัยในหนูทดลอง (pubished in the August 2003 issue of Endocrinology) พบว่า สารประกอบ Isoflavones ที่พบในถั่วเหลือง โดยเฉพาะ genistein อาจช่วยลดน้ำหนักได้โดยทำให้ร่างกายสร้างเซลล์ไขมันน้อยลงและมีขนาดเล็กลง จากการศึกษาโดยให้หนูกินอาหารที่มี genistein 500-1500 ppm ทำให้มีการสร้างเซลล์ไขมันน้อยลงและมีขนาดเล็กกว่าหนูที่กินอาหารทั่วไป ในหนูที่กินถั่วเหลือง จะลดการสร้างไขมันได้อย่างมีนัยสำคัญโดยลดได้ในช่วง 37-57% ของหนูที่ให้กินอาหารหนูตามปกติ

ในคน การเปรียบเทียบปริมาณ genistein ที่ควรได้รับ เราสามารถบริโภคอาหารที่มีถั่วเหลืองเป็นส่วนผสมได้ทั่วไป เช่น เต้าหู้ (tofu) นมถั่วเหลือง (soy milk) เทมเป้ (tempeh) และเต้าเจี้ยว (miso) ซึ่งต่างก็มีปริมาณ Isoflavones ประมาณ 30-40 มิลลิกรัมต่อ 1 จาน มีเพียงซีอิ้ว(soy sauce) และน้ำมันถั่วเหลืองเท่านั้นที่ไม่มี Isoflavones อีกการศึกษาหนึ่งพบว่า ในอาหารแต่ละชนิดมีความเข้มข้นของ genistein แตกต่างกันไปดังนี้ ใน nonzukuki miso 93 ไมโครกรัม/กรัม, ในเทมเป้ 193 ไมโครกรัม/กรัม และในถั่วเน่า (fermented bean curd) 223 ไมโครกรัม/กรัม (October 4, 2003)

Soy lower blood pressure and cholesterol in men

คุณประโยชน์ของถั่วเหลืองมักจะมีการศึกษาในผู้หญิง แต่ปัจจุบันได้มีการตีพิมพ์งานวิจัย (February 2004 issue of the *Journal of the American Colleage of Nutrition*) ซึ่งได้ศึกษาผลของโปรตีนถั่วเหลืองและ Isoflavones จากถั่วเหลืองต่อความดันโลหิตและระดับโคเลสเตอรอลในชายวัยกลางคน (45-59 ปี) ชาวสก๊อตแลนด์ที่มีความเสี่ยงต่อการพัฒนาเป็นโรคหลอดเลือดและหัวใจ เป็นเวลา 5 สัปดาห์

ครึ่งหนึ่งของชายที่รับประทานอาหารที่มีโปรตีนอย่างน้อย 20 กรัมของโปรตีนถั่วเหลือง และ 80 มิลลิกรัมของ Isoflavones จากถั่วเหลืองในแต่ละวัน ผลต่อความดันโลหิต ระดับโคเลสเตอรอล และการขับถ่ายของ Isoflavones ได้วัดเปรียบเทียบกับชายที่รับประทานอีกครึ่งหนึ่งที่ได้รับอาหาร placebo ที่มี olive oil พบว่า ชายที่รับประทานถั่วเหลืองมีการลดลงของความดัน diastolic และ systolic ได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ระดับโคเลสเตอรอลในเลือดยังลดลง แต่ระดับของ HDL ซึ่งเป็นไขมันตัวดี มีค่าเพิ่มขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญ

ในขณะที่กลุ่มควบคุมที่รับประทานอาหารที่มีน้ำมันมะกอก จะพบว่าระดับของ HDL มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลลดระดับความดันโลหิตและระดับ LDL นักวิจัยได้สรุปไว้ว่าการรับประทานโปรตีนถั่วเหลือง 20 กรัม และ Isoflavones จากถั่วเหลือง 80 มิลลิกรัม เป็นเวลาอย่างน้อย 5 สัปดาห์ จะมีผลในการช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจในชายวัยกลางคนที่มีความเสี่ยงสูง (March 26,2004)

Beneficial Effects on Cholesterol Levels and Platelets

โปรตีนถั่วเหลืองได้มีการศึกษาพบว่า มีผลสำคัญในการช่วยลดการเกิดโรคหัวใจโดยสามารถที่จะลดระดับ total cholesterol 30% และลดระดับ LDL ซึ่งเป็นไขมันตัวร้ายได้มากถึง 35-40% ซึ่งมีความสำคัญเพราะระดับโคเลสเตอรอลที่สูงโดยเฉพาะ LDL มีแนวโน้มสูงที่จะไปอุดตันที่ผนังหลอดเลือด ทำให้เกิดพลัค ถ้าพลัคมีขนาดใหญ่ขึ้นหรือแตกออก อาจทำให้เกิด heart attack หรือ stroke ได้

บางการศึกษาได้แสดงให้เห็นว่าโปรตีนถั่วเหลืองอาจสามารถเพิ่มระดับ HDL ได้ ซึ่ง HDL จะเคลื่อนที่ไปทั่วร่างกายเพื่อเก็บเอาโคเลสเตอรอลที่เกาะอยู่ตามเส้นเลือดแดง เพื่อนำไปทำลายที่ตับ เป้าหมายหลักของการรักษา และป้องกันโรค atherosclerosis คือการลดระดับ LDL และเพิ่มระดับ HDL ซึ่งถั่วเหลืองอาจจะสามารถทำหน้าที่ทั้งสองอย่างนั้นได้ในเวลาเดียวกัน

ถั่วเหลืองยังมีเส้นใยในปริมาณที่เหมาะสมเมื่อรับประทานถั่วเหลือง เส้นใยจะจับกับไขมันและโคเลสเตอรอลในอาหารทำให้ลดการดูดซึมลง นอกจากนี้เส้นใยจากถั่วเหลืองสามารถจับกับน้ำดีและขับออกจากร่างกาย ตับเป็นแหล่งที่ทำลายโคเลสเตอรอลโดยการเปลี่ยนแปลงไปเป็นน้ำดี การกำจัดน้ำดีจะส่งผลให้มีการกระตุ้น ตับมีการสร้างน้ำดีมากขึ้นจากโคเลสเตอรอล ซึ่งจะส่งผลให้สามารถลดระดับโคเลสเตอรอลโดยรวมของร่างกายได้

โปรตีนจากถั่วเหลืองแสดงให้เห็นว่าลดความข้นเหนียวของเกล็ดเลือด ซึ่งน่าจะเป็นได้ว่าถั่วเหลืองจะเป็นแหล่งที่สำคัญของ essential fats ที่เรียกว่า omega-3 fatty acids การที่เกล็ดเลือดเริ่มข้นเหนียว มักจะพบบ่อยในผู้ป่วยโรค atherosclerosis ซึ่งมีโอกาสที่จะจับตัวกันเป็นก้อนเกิดเป็น blood clot ทำให้เกิด heart attacks หรือ stroke ได้ การรับประทานถั่วเหลืองน่าจะเป็นอีกหนทางหนึ่งที่น่าจะลดความเสี่ยงของการเกิด blood clots ได้

ถั่วเหลืองสามารถป้องกันการเกิดโรคหลอดเลือดและหัวใจได้โดยการกระตุ้นการสร้าง prostacyclin ซึ่งเป็นสารต้านการแข็งตัวของเลือดตามธรรมชาติและมีฤทธิ์การขยายหลอดเลือดได้ (published in August 2003 issue of Acta Obstetrics and Gynecology Scandavia) จากการศึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะว่า Isoflavones จากถั่วเหลืองมีส่วนทำให้เกิดผลดีต่อระบบหลอดเลือดและหัวใจ เหตุผลคือ Isoflavones มีส่วนช่วยในการขยายหลอดเลือดที่ endothelium ภายในผนังของหลอดเลือดจะมี estrogen receptors ซึ่งเมื่อถูกกระตุ้นจะทำให้มีการสร้าง prostacyclin ในการศึกษานี้ สตรีวัยหมดประจำเดือนสุขภาพดี 25 คน ที่มีอาการทาง climanteric ได้รับ Isoflavones ที่ได้จากถั่วเหลืองและ red clover เป็นเวลา 6 เดือน หลังจาก 3 เดือนมีการสร้าง prostacyclin เพิ่มสูงขึ้น 70% และหลังจาก 6 เดือน จะมีการสร้างสูงถึง 110% (October, 24 2003)

Soy protein promotes larger, less dangerous LDL

จากการศึกษา (March issue of *Journal of Nutrition*) เมื่อไม่นานมานี้ได้ยืนยันว่า Isoflavones จากถั่วเหลืองไม่ใช่สารที่มีฤทธิ์ลดโคเลสเตอรอลโดยตรง แต่แสดงให้เห็นว่า โปรตีนถั่วเหลืองจะลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจโดยเพิ่มขนาดอนุภาคของ LDL เพราะ LDL ที่มีขนาดเล็กจะเป็นโคเลสเตอรอลที่มีอันตรายมากที่สุด ในขณะที่ LDL ขนาดใหญ่เมื่อมีการจับที่เพียงพอกับ HDL (อัตราส่วน4 LDL: 1 HDL) จะช่วยลดความเสี่ยงการเกิดโรคได้

ซึ่งการศึกษานี้ (Jean Myer USDA Human Nutrition Center on Aging at Tuffs University) นักวิจัยได้ค้นพบว่า คนที่รับประทานอาหารที่มีปริมาณโปรตีนจากถั่วเหลืองสูงจะมีขนาดของ LDL เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับคนที่รับประทานโปรตีนจากเนื้อสัตว์ และการศึกษาในผู้ที่มีปริมาณโคเลสเตอรอลสูงจากในกลุ่ม เมื่อได้รับอาหารที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา เป็นเวลา 6 สัปดาห์ คือ โปรตีนจากถั่วเหลืองที่ไม่มี Isoflavones, โปรตีนจากถั่วเหลืองที่มี Isoflavones, โปรตีนจากสัตว์ที่ไม่เติม Isoflavones และโปรตีนจากสัตว์ที่เติม Isoflavones พบว่า Isoflavones ไม่มีผลแต่ในกลุ่มที่รับประทานโปรตีนจากถั่วเหลืองสามารถลดปริมาณ LDL และเพิ่มขนาดอนุภาคของ LDL ให้ใหญ่ขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญ ลดความเสี่ยงต่อการเกิดอันตรายจากภาวะโคเลสเตอรอลสูงได้ (May 9, 2004)

Increased Nitric Oxide Production

การศึกษานี้ (July 2003 issue of the British Journal of Nutrition) เสนอแนะว่าโปรตีนจากถั่วเหลืองสามารถป้องกันการเกิดโรค atherosclerosis ได้โดยการเพิ่มระดับของ nitric oxide ในกระแส

สำนักวิทยบริการ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

เลือด ซึ่งเป็นโมเลกุลเล็กๆที่เราทราบกันดีว่าจะช่วยขยายหลอดเลือดและยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระจากโคเลสเตอรอลที่ถูกทำลายลงและที่เกาะอยู่กับผนังหลอดเลือด (ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญ 2 ขั้นตอนที่จะพัฒนาไปเป็นพลัคอุดตันในหลอดเลือด)

การศึกษานี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยทำให้หนูขาด Apoliprotein-E โดยให้อาหารที่มีแต่ casein ซึ่งเป็นโปรตีนหลักที่สำคัญที่ได้จากนม และกลุ่มอื่นๆให้โปรตีนจากถั่วเหลือง หรือโปรตีนจากข้าว พบว่าหนูที่ได้รับ casein มีการพัฒนาที่จะเกิดอันตรายจากภาวะไขมันอุดตันในเส้นเลือดสูง (ในคนและสัตว์ Apoliprotein-E จะทำหน้าที่ที่สำคัญในการขนส่งโคเลสเตอรอล ถ้าขาดจะทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการพัฒนาเป็นโรค atherosclerosis ได้) แต่พบได้ต่ำในหนูที่ได้รับโปรตีนจากถั่วเหลืองและจากข้าว

และได้ศึกษาต่อไปโดย นักวิจัยได้ประเมินค่าระดับ nitric oxideในกระแสเลือด หนูที่ได้รับถั่วเหลือง หรือข้าว พบว่ามีระดับของ L-arginine (ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่ร่างกายใช้ในการสร้าง nitric oxide) และการ metabolite ของ nitric oxide สูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับหนูที่ได้รับ casein แต่อย่างไรก็ตาม L-arginine ในถั่วเหลืองและข้าวมีปริมาณไม่มากเพียงพอที่จะอธิบายถึงคุณประโยชน์ของฤทธิ์ในการป้องกันโรคได้แต่นักวิจัยก็ได้สรุปว่าอาหารเหล่านี้จะต้องประกอบด้วยสารอื่นที่มีฤทธิ์ในการป้องกันโรคได้ (September 8,2003)

มีการวิจัย (Published In The December 2003 issue of Arteriosclerosis Thrombosis and Vascular Biology) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าอาหารที่มีถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบอาจจะเป็น cardioprotective ได้แต่ Isoflavones จากถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียวไม่สามารถให้ฤทธิ์ได้มากเท่านี้ ในการศึกษา 5 เดือน ในลิงเพศเมีย 60 ตัวที่ทำให้อยู่ในช่วง menopause ได้ถูกแบ่งเป็น 3 กลุ่ม และให้อาหาร atherogenic (อาหารบางชนิดที่อาจกระตุ้นให้เกิดโรคหัวใจได้) ที่มาจากแหล่งโปรตีนที่แตกต่างกันทั้ง 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ได้รับโปรตีนจากนม กลุ่มที่ 2 ได้รับโปรตีนจากถั่วเหลือง กลุ่มที่ 3 ได้รับโปรตีนจากนมที่ผสม Isoflavones

ผลการศึกษาได้สรุปว่าการรับประทานโปรตีนจากถั่วเหลืองลดอันตรายจาก LDL จาก coronary arteries ได้ 50% เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับโปรตีนจากนม และโปรตีนจากนมผสม Isoflavones กลุ่มนักวิจัยได้ให้ความสนใจกับการลดลงของ LDL ที่พบใน carotid arteries จากถั่วเหลือง อาจจะมาจากการลดการขนส่ง LDL ไปสู่ arteries ซึ่งสามารถร่วมอธิบายถึงฤทธิ์การเป็น cardioprotective ของถั่วเหลืองได้ และดูเหมือนว่าการรับประทานถั่วเหลืองทั้งหมดจะมีประโยชน์ต่อร่างกาย มากกว่าการสกัดสารสำคัญของถั่วเหลืองมาใช้ (January 29, 2004)

Stabilize Blood Sugar at Healthy Levels

ถั่วเหลืองมีประโยชน์ในผู้ป่วยเบาหวานได้ด้วยโดยเฉพาะเบาหวานชนิดไม่ขึ้นกับอินซูลิน (NIDDM) โดยที่โปรตีนจากถั่วเหลือง และพืชจำพวกฝักอื่นๆ มีประโยชน์ต่อผู้ป่วยเบาหวานที่มีโอกาสจะเกิดปัญหาจากการรับประทานโปรตีนจากสัตว์ โปรตีนและเส้นใยจากถั่วเหลืองสามารถป้องกันไม่ให้ระดับน้ำตาลสูงขึ้นและช่วยในการรักษาระดับน้ำตาลให้อยู่ในระดับที่สามารถควบคุมได้ ผู้ป่วยบางคน

พบว่าได้รับผลของถั่วเหลืองและพืชจำนวนฝักต่างๆต่อระดับน้ำตาลในเลือดดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการติดตามระดับน้ำตาลใหม่ที่เกิดขึ้นและปรับขนาดยาให้เหมาะสม ซึ่งจะต้องกระทำโดยแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ

ผู้ป่วยเบาหวานมักจะมีความไวในการที่จะเกิด artherosclerosis และโรคหัวใจซึ่งเป็นอันตรายอันดับ 1 ต่อการเสียชีวิตของผู้ป่วยโรคเบาหวาน การรักษาระดับโคเลสเตอรอลให้อยู่ในระดับจะมีประโยชน์สำหรับผู้ป่วยในการป้องกันโรคหัวใจ นอกจากนี้ถั่วเหลืองยังช่วยลดระดับไตรกลีเซอไรด์ที่สูงได้ เพราะในผู้ป่วยเบาหวานมีแนวโน้มที่จะมีระดับไตรกลีเซอไรด์ที่สูงขึ้น และเมื่อร่วมกับระดับไตรกลีเซอไรด์ที่สูงขึ้นจากปัจจัยอื่นๆ จะเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคหัวใจ

Protect Against Diabetes-related Kidney and Heart Disease

จากการศึกษาในผู้ป่วยเบาหวาน Type 2 ที่เป็น nephropathy ได้ให้ข้อเสนอแนะว่า โปรตีนจากถั่วเหลืองสามารถช่วยป้องกันอันตรายต่อหัวใจ และไต ที่ถูกทำลายจากโรคเบาหวานได้ โดยที่ศึกษาในผู้ป่วยเบาหวาน Type 2 จำนวน 14 คน (ชาย 10, หญิง 4) ที่ได้รับการรักษาที่โรงพยาบาลโรงเรียนแพทย์และคลินิกเฉพาะโรคไตที่เมืองเตหะราน

ในช่วง 7 สัปดาห์แรกผู้ป่วยได้รับอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคไต ซึ่งมี 0.8 กรัมต่อกิโลกรัมโปรตีน โดยมีโปรตีนจากสัตว์ 70% และโปรตีนจากพืช 30% พบว่าประสบความล้มเหลว ผู้ป่วยต้องมาเข้าโรงพยาบาลอีกครั้งภายใน 7 สัปดาห์ ต่อไปจึงเปลี่ยนอาหารเป็นโปรตีนจากถั่วเหลือง 35% และโปรตีนจากพืช 35% ซึ่งพบว่าผู้ป่วยสามารถลดระดับ Total cholesterol, Triglyceride และ LDL โดยที่ HDL ยังคงที่และไตมีการทำงานที่ดีขึ้น

ควรระมัดระวังในผู้ป่วยที่เป็น urinary urea nitrogen (ส่วนประกอบโปรตีนที่ขับถ่ายออกมาทางปัสสาวะไม่ปกติ) และ proteinuria (มีโปรตีนในปัสสาวะซึ่งบ่งบอกว่าไตเริ่มมีปัญหา)ต้องลดปริมาณอาหารที่มีโปรตีนจากถั่วเหลือง นักวิจัยสรุปว่า การใช้ถั่วเหลืองร่วมกับอาหารสามารถช่วยปรับปรุงปัจจัยเสี่ยงที่จะทำให้เกิดโรคหัวใจและปรับปรุงการทำงานของไตให้ดีขึ้นในผู้ป่วยกลุ่มนี้

Colon, Breast and Prostate Cancer Prevention, Plus Relief for Irritable Bowel

เส้นใยจากถั่วเหลืองจะช่วยป้องกันโรคได้หลายชนิด เส้นใยสามารถไปจับกับสารพิษที่ทำให้เกิดโรค มะเร็งและกำจัดออกจากร่างกายได้ โปรตีนจากถั่วเหลืองมีเส้นใยสูง สามารถช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งในลำไส้ใหญ่ ลดอาการของท้องเสีย หรือท้องร่วงในผู้ป่วยที่เป็นโรค irritable bowel syndrome (IBS)

จากการศึกษา(Published in January 2004 issue of the British Journal of Nutrition) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่ามะเร็งในลำไส้ใหญ่อาจเป็น Hormone-responsive cancer และโปรตีนจากถั่วเหลืองไม่ได้แค่ช่วยป้องกันเท่านั้นยังส่งผลต่อขนาดและจำนวนของก้อนเนื้อที่เกิดขึ้น

จากการศึกษาในหนูที่ถูกตัดรังไข่เพื่อทำให้ลดการสร้างฮอร์โมน ซึ่งคาดว่าจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดมะเร็งในลำไส้ใหญ่ โดยให้อาหารที่แตกต่างกัน 5 ชนิดและติดตามศึกษาเป็นเวลา 1 ปี อาหารชนิดที่ 1 คือโปรตีนจากนม, 2 คือโปรตีนจากถั่วเหลืองที่ไม่มี Isoflavones, 3 คือ โปรตีนจากถั่วเหลืองที่มี

Isoflavones คือ genistein ซึ่งเป็น phytoestrogen ที่ได้จากถั่วเหลือง, 4 คือ ถั่วเหลืองผสมกับ Isoflavones คือ genistein ที่แยกได้จากถั่วเหลือง และ 5 คือ estrone เป็นฮอร์โมนเอสโตรเจนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในร่างกาย

พบว่าอาหารที่มี estrone ได้ผลดีที่สุดในการป้องกันโรคมะเร็งในลำไส้ และอาหารที่มีถั่วเหลืองหรือฮอร์โมนจะช่วยป้องกันได้ ในขณะที่ถั่วเหลืองที่ไม่มีฮอร์โมนจะไม่พัฒนามะเร็งในลำไส้และมีก้อนเนื้อที่เล็กกว่าหนูที่ได้รับโปรตีนจากนม

หัวหน้านักวิจัย Ruth Macdonald, professor of food science ที่ university of Missouri พยายามที่จะศึกษาว่าถั่วเหลืองสามารถป้องกันการเกิดมะเร็งในลำไส้ได้อย่างไร ซึ่งได้ให้ข้อคิดเห็นว่าถั่วเหลืองไม่ได้แค่ป้องกันการเกิดโรคหัวใจเท่านั้น แต่เราสามารถใช้ถั่วเหลืองมาทำเป็นอาหารได้หลากหลายชนิด และพบว่าไม่มีผลข้างเคียงอันตรายที่เกิดจากการรับประทานโปรตีนจากถั่วเหลือง (March 25, 2004)

Colon Cancer-Protective Compound Found in Soy Beans

จากการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่า สารที่พบในถั่วเหลืองสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งในลำไส้ได้ (Alfred Merrill at Emory University and the Kamanos Center Institute) สารนั้นก็คือ sphingolipid (ชนิดของไขมันที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อประสาท) ซึ่งเรียกว่า soy glucosylceramide โดยที่ sphingolipid ที่พบในนมแสดงให้เห็นว่าสามารถยับยั้งการสร้างก้อนเนื้อในหนูที่ทำให้มีความเสี่ยงในการเป็นมะเร็งลำไส้ ขณะที่ sphingolipid ที่พบในถั่วเหลืองมีโครงสร้างต่างจากที่พบในนม

ขณะที่หนูที่ได้รับ Carcinogen จะให้อาหารที่ 1% soy glucosylceramide การแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งในลำไส้ลดลง 56% ขณะที่ให้อาหารชนิดเดียวกันในหนูที่เป็นมะเร็งในลำไส้ใหญ่ขึ้นเอง พบว่ามีการพัฒนาการเกิดมะเร็งในลำไส้ใหญ่ แต่อัตราการเกิดก้อนเนื้อจะลดลง 37%

Sphingolipid จากถั่วเหลืองป้องกันมะเร็งได้โดยมีผลต่อการแสดงออกของจีนที่แตกต่างกัน 96 จีน ในเซลล์ที่ลำไส้ โดยเพิ่มขึ้น 32 และลดลง 64 ผลจากถั่วเหลืองต่อจีน ในการลดการสร้างปัจจัย 2 ปัจจัยที่สัมพันธ์กับการเกิด และการกระตุ้นมะเร็งในลำไส้ (hypoxia-induced factor 1 alpha และ transcription factor 4) ขณะที่พืชชนิดอื่นก็มี sphingolipid แต่ถั่วเหลืองมี glucosylceramide ในปริมาณที่สูง ซึ่งนักวิจัยคิดว่าน่าจะเป็นอีกหนึ่งเหตุผลที่การรับประทานถั่วเหลืองสามารถป้องกันมะเร็งได้ (June 28, 2004)

Isoflavones จากถั่วเหลืองจะช่วยในการป้องกันมะเร็งเต้านมและมะเร็งต่อมลูกหมาก จากการวิจัยในผู้หญิงญี่ปุ่น 22,000 คน ที่ The Japan Public Health Center-Based Prospective Study on Cancer and Cardiovascular Disease แสดงให้เห็นว่าการรับประทานอาหารที่มี Isoflavones ในปริมาณที่สูง เช่น ใน ถั่วเหลืองหรือเต้าเจี้ยว(Miso) สัมพันธ์กับการลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งเต้านม ในผู้หญิงที่มีอายุระหว่าง 40-59 ปี ที่ได้ตอบแบบสอบถามว่ารับประทานอาหารที่ทำมาจากถั่วเหลืองเป็นประจำ ได้

ติดตามศึกษามาเป็นเวลา 10 ปี ไม่ว่าจะเป็นผู้หญิงที่อยู่ในช่วง Pre- หรือ Postmenopausal ที่ได้ตอบแบบสอบถามว่ารับประทาน Miso soup วันละ 3 ถ้วยหรือมากกว่าต่อวัน จะลดความเสี่ยงในการพัฒนาที่จะเกิดมะเร็งเต้านมได้เมื่อเปรียบเทียบกับผู้หญิงที่รับประทานซุปวันละ 1 ถ้วย ผู้หญิงที่รับประทาน Isoflavones ในปริมาณที่สูง สารประกอบในถั่วเหลืองสามารถไปจับกับ estrogen receptors และจะไปยับยั้งการหลั่งของเอสโตรเจนในร่างกาย แต่ถือว่าเป็นผลที่น้อยมาก อย่างไรก็ดีพบว่า 54% มีความเสี่ยงต่อการพัฒนาของมะเร็งเต้านมลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับผู้หญิงที่รับประทาน Isoflavones น้อยกว่า

อาหารที่มีส่วนประกอบของถั่วเหลืองมีหลากหลายชนิด ที่รับประทานกันในเอเชีย และมี Isoflavones เช่น Tofu, Miso, นมถั่วเหลือง, ซอสถั่วเหลือง, แป้งถั่วเหลือง, เมล็ดถั่วเหลืองแห้ง, ถั่วงอก และถั่วเหลืองหมักที่เรียกว่า natto พบว่ามากกว่า 75% ของผู้หญิงที่รายงานว่ารับประทาน Miso soup เป็นประจำทุกวัน, 34% ที่รับประทาน 3 ถ้วยหรือมากกว่าขึ้นไปต่อวัน และมากกว่า 45% ที่รายงานว่ารับประทานอาหารที่มีถั่วเหลืองนอกจาก Miso เป็นประจำทุกวันซึ่งการรับประทาน Isoflavones โดยเฉลี่ยของประชากรในเอเชียสูงกว่าประชากรในสหรัฐอเมริกา ถึง 700 เท่า (October 24,2003)

ในการศึกษาทางระบาดวิทยาพบว่า genistein ซึ่งเป็น Isoflavones หลักที่ได้จากถั่วเหลือง สัมพันธ์กับการลดโอกาสการเกิดมะเร็งต่อมลูกหมาก จากการศึกษาในเซลล์มะเร็งต่อมลูกหมากแสดงถึงบางกลไกของผลของ genistein's anti-prostate cancer, genistein ไม่เพียงแค่ช่วยกระตุ้นสารเคมีที่ไปยับยั้งการทำงานของเซลล์ แต่ยังป้องกันการแบ่งตัวของเซลล์มะเร็งในต่อลูกหมาก และในความเข้มข้นที่สูงจะช่วยกระตุ้นการ apoptosis ด้วย การศึกษาอื่นๆ ยังแสดงให้เห็นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของ genistein โดยพบว่าสามารถป้องกันเซลล์ในคนที่มีสุขภาพดีจากอนุมูลอิสระ ที่จะไปยับยั้งการทำงานของสาระสำคัญในกระบวนการอักเสบ คือ NF-kappa B และลดระดับของ DNA adducts (ตัวบ่งชี้การถูกทำลายของ DNA)

นอกจาก genistein แล้ว Isoflavones ที่พบในถั่งเหลืองยังมี daidzen ก็แสดงถึงฤทธิ์ในการป้องกันการเกิดมะเร็งต่อมลูกหมากได้ด้วยเช่นกัน จากการศึกษา (July 2003 issue of cancer Epidermiological Biomarkers) ได้ประเมินชายชาวจีน 398 คน (133 คนเป็นมะเร็งต่อมลูกหมาก ,265 เป็นกลุ่มควบคุมที่มีอายุระหว่าง 50-89 ปี) พบว่าคนที่รับประทาน Tofu ลดความเสี่ยงในการพัฒนาของโรคมะเร็งต่อมลูกหมากลงถึง 42% เมื่อเปรียบเทียบกับคนที่รับประทานน้อยกว่า เมื่อนักวิจัยได้ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่าง Isoflavones จากถั่วเหลือง คือ genistein และ daidzen ซึ่งไม่ได้พบเพียงแค่ใน Tofu เท่านั้นแต่มีถั่วเหลืองและอาหารอื่นๆที่ทำจากถั่วเหลือง การรับประทาน genistein ในปริมาณมากพบว่าลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งต่อมลูกหมาก 47% ในขณะที่การรับประทาน daidzen ในปริมาณมากลดความเสี่ยงได้ 44% (September 8,2003)

อาหารที่มีถั่วเหลืองยังอาจช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งเยื่อบุโพรงมดลูก จากการศึกษา (May 2004 issue of British Medical Journal) ได้เสนอแนะว่าการรับประทานอาหารที่มีถั่งเหลืองอาจเป็นอีกเหตะผลที่ผู้หญิงชาวเอเชียมรอุบัติการณ์การเกิดมะเร็งเยื่อบุโพรงมดลูกต่ำ

โดยศึกษาในผู้หญิง 832 คนที่เป็นมะเร็งเยื่อบุโพรงมดลูก เป็นเวลา 5 ปี โดยที่อาสาสมัครทั้งหมดได้ตอบแบบสอบถามที่แสดงถึงการรับประทานอาหารที่มีถั่วเหลือง และความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็งต่อมลูกหมาก แปรผกผันกัน เมื่อเปรียบเทียบกับคนที่รับประทานอาหารที่มีถั่งเหลืองเพียงเล็กน้อย โอกาสการเกิดมะเร็งเยื่อบุโพรงมดลูกจะลดลงจาก 7%, 15% และ33% ตามปริมาณการรับประทานอาหารที่มีถั่วเหลืองในปริมาณที่เพิ่มขึ้น

มีสองเหตุผลที่ถั่วเหลืองอาจจะป้องกันการเกิดมะเร็งเยื่อบุโพรงมดลูกได้คือ ถั่วเหลืองมี Isoflavones คือ genistein และ daidzen สามารถจะไปจับกับ estrogen receptors ในร่างกาย ยับยั้งการหลั่งของเอสโตรเจนในร่างกาย และจะให้ฤทธิ์เอสโตรเจนที่อ่อนกว่า (gentle estrogenic effect) นอกจากนี้อาหารที่มีถั่งเหลืองจะมีเส้นใย ซึ่งแสดงให้เห็นแล้วว่าสามารถลดระดับเอสโตรเจนได้(June 30,2004)

For Cancer Protection, Eat Whole Soy Foods, Not Purified Soy Product

จากการศึกษา (June 2004 issue Carcinogenesis) ได้เสนอแนะว่าคุณสมบัติของการป้องกันการเกิดมะเร็งของอาหารที่ทำมาจากถั่วเหลือง จะลดลงได้อย่างชัดเจนในอาหาร และ ผลิตภัณฑ์เสริมอาหารที่มีความบริสุทธิ์ของผลิตภัณฑ์สูง และอาหารที่ผ่านกระบวนการผลิตยังสามารถกระตุ้นการเจริญของเนื้องอกของมะเร็งเต้านมชนิด pre-existing estrogen-dependent

William G. Helferish, professor of food science and human at the University of illinois Urbana-Champaign และคณะได้ให้ข้อสังเกตว่าอาหารจากถั่งเหลืองมีส่วนผสมของสารประกอบสารสำคัญออกฤทธิ์ (bioactive) ที่จะทำปฏิกิริยากับสารตัวอื่นช่วยในการบำรุงสุขภาพ ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่มี Isoflavones บริสุทธิ์ในสหรัฐอเมริกา อาจทำให้ฤทธิ์ทางชีวภาพของส่วนประกอบที่มีในถั่วเหลืองทั้งหมดสูญเสียไป ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านี้จะไม่มีคุณประโยชน์ต่อร่างกายเหมือนกับการรับประทานถั่งเหลืองทั้งหมด

จากการศึกษาโดยแบ่งหนูเป็น 4 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 ไม่ให้ถั่วเหลืองเป็นกลุ่มควบคุม ในขณะที่กลุ่มอื่นๆจะให้แป้งถั่วเหลือง ถั่วเหลืองสกัด ส่วนผสมของ Isoflavones บริสุทธิ์ แต่ถึงอย่างไรก็ตามทุกกลุ่มยกเว้นกลุ่มควบคุมจะได้รับ Isoflavones คือ genistein จากถั่วเหลืองในปริมาณที่เท่ากัน เพื่อที่จะศึกษาการเจริญของ estrogen-dependent tumor ถ้าสารประกอบสารสำคัญออกฤทธิ์นั้นหายไป

ในหนูที่ได้รับแป้งถั่วเหลืองซึ่งให้รูปแบบถั่วเหลืองที่คนเอเชียส่วนใหญ่บริโภค พบว่าก้อนเนื้อไม่มีการเจริญหรือเสื่อมไป แต่ในหนูที่ได้รับ Isoflavones ที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ ก้อนเนื้อมีการเจริญขึ้น ดังนั้นจึงควรระมัดระวังโดยเฉพาะในหญิงวัยหมดประจำเดือน ที่เป็นมะเร็งเต้านมชนิดที่ตอบสนองต่อ estrogen ที่กำลังมองหาการรักษาแทนการใช้ HRT ควรหลีกเลี่ยงการรับประทานผลิตภัณฑ์ที่มี Isoflavones ที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ ควรรับประทานอาหารที่ผ่านกระบวนการผลิตเพียงเล็กน้อย เช่น edamame แป้งถั่วเหลือง Tofu หรือเทมเป้ (June 30, 2004)

A Healthy Transition through Menopause

ถั่วเหลืองสามารถนำมารักษาอาการทาง menopause ของหญิงวัยหมดประจำเดือน เพราะถั่วเหลืองมี Isoflavones ที่ออกฤทธิ์เป็นเอสโตรเจนอย่างอ่อน ซึ่งจะไปจับกับ estrogen receptors และสามารถกระตุ้นเพียงพอที่จะทำให้ลดอาการที่ไม่พึงประสงค์ที่เกิดจากการที่ระดับเอสโตรเจนในร่างกายลดลง การศึกษาได้รายงานว่าผู้หญิงที่บริโภคอาหารจากถั่วเหลือง สามารถลดอาการร้อนวูบวาบที่เกิดขึ้นได้อย่างมีนัยสำคัญ และอาหารจากถั่วเหลืองอาจจะยังสามารถช่วยลดการสูญเสียมวลกระดูกที่เกิดขึ้นในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน ผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนมีโอกาสเสี่ยงเป็นโรคหัวใจ ถั่วเหลืองก็มีผลดีต่อระบบหลอดเลือดและหัวใจ ดังนั้นถั่วเหลืองจึงเป็นอาหารที่ดีที่สุดที่ควรแนะนำให้ผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนรับประทานเป็นประจำ

ผลดีของอาหารจากถั่วเหลืองต่ออาการทาง menopause ได้มีการศึกษาโดยนักวิจัยชาวออสเตรเลีย ที่ Queensland University of Technology (QUT) ซึ่งพยายามที่จะทำความเข้าใจการรับประทานอาหารและการดำรงชีวิตของผู้หญิงชาวญี่ปุ่น ซึ่งเป็นชนชาติที่รับประทานอาหารจากถั่วเหลืองเป็นประจำ เพื่อนำมาใช้กับหญิงวัยหมดประจำเดือนในอีกซีกโลกหนึ่งของตะวันออก โดยได้ใช้ชื่อโครงการว่า The Women's Wellness Program Study ซึ่งได้สรุปไว้ที่ the Australasian Manopause Conference held in Hobart, Australia,November,2003.

ดร. Debra Andersan เป็น Senior Lecture in Women's Health ที่ QUT ได้กล่าวว่าผู้หญิงชาวญี่ปุ่นซึ่งได้ชื่อว่าสุขภาพดีที่สุดในโลก โดยมีอายุไขเฉลี่ยมากกว่าชาวตะวันตก 5 ปี โดยที่ The Women's Wellness Program Study มีระยะเวลา 12 สัปดาห์ เป็นโปรแกรมเปลี่ยนแปลงการดำเนินชีวิต ที่นักวิจัย QUT ได้พัฒนาขึ้น เกี่ยวข้องกับการรับประทานอาหารของชาวญี่ปุ่นที่รับประทานอาหารที่มีแคลเซียมสูง และมีไฟโตเอสโตรเจน เช่น อาหารจากถั่วเหลือง การเดินออกกำลังกาย และการออกกำลังกายที่หนักขึ้น

ศึกษาในอาสาสมัครผู้หญิงที่อายุระหว่าง 50-85 ปี จำนวน 120 คน ได้จัดให้อ่านหนังสือที่เป็นข้อแนะนำเกี่ยวกับการดำรงชีวิตและการออกกำลังกาย ซึ่งเขียนโดยผู้วิจัย คือ Allen และ Unwin สนับสนุนให้รับประทานอาหารที่มีไฟโตเอสโตรเจน วันละ 40 มิลลิกรัมต่อวัน โดยให้รับประทานอาหารจากถั่วเหลืองและธัญพืช , เสริมธาตุแคลเซียมอีกวันละ 1500 มิลลิกรัมและดื่มน้ำสะอาด 8 แก้วต่อวัน โดยที่อาสาสมัครจะต้องมีการบอกว่าทำกิจกรรมอะไรบ้างในแต่ละวันและมีการจดบันทึกไว้

จากการศึกษาพบว่าไม่ได้ช่วยแค่การลดอาการทาง menopause เช่น ร้อนวูบวาบ, สั่น,ความรู้สึกหดหู่,ความอ่อนเพลีย และการขาดแรงจูงใจเท่านั้น แต่ยังช่วยลดไขมันในร่างกาย โดยเฉพาะที่ไขมันหน้าท้อง และความดันโลหิตอีกด้วย ผลดีของโปรแกรมนี้ที่เห็นได้ชัดเจน คือ ผู้หญิงบางคนได้หยุดการใช้ HRT หรือบางคนกำลังตัดสินใจที่จะหยุดใช้ แต่ก็ควรได้รับคำปรึกษาจากแพทย์ผู้เชี่ยวชาญก่อน

การศึกษาต่อไปนี้คือนักวิจัยได้ทดลองได้ทดสอบว่าการให้อาหารที่มีประโยชน์เพียงอย่างเดียวกับการออกกำลังกายเพียงอย่างเดียว ปัจจัยไหนสำคัญกว่ากัน ซึ่งนักวิจัยคาดว่าการรับประทานอาหาร

ที่มีไฟโตเอสโตรเจน จะทำให้ร่างกายเปลี่ยนแปลงไขมันที่หน้าท้อง (ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนเพศหญิงของผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน) ไปเป็นกล้ามเนื้อ และการรับประทานอาหารที่มีไฟโตเอสโตรเจนร่วมกับการออกกำลังกายจะกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่เร็วยิ่งขึ้นซึ่งถือว่าเป็นข่าวดีอย่างยิ่งสำหรับผู้หญิงที่มีไขมันหน้าท้องซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคหัวใจ (December 3, 2003)

Prevent Hip Fractures in Prostmenopause Years

การศึกษาแบบ double-blind โดยควบคุมกลุ่มทดลองในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนชาวจีน 203 คน อายุระหว่าง 48-62 ปี ได้เสนอแนะว่า isoflavones จากถั่วเหลือง สามารถช่วยผู้หญิงที่มี bone mineral content ป้องกันการเกิดกระดูกสะโพกหักในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน จากการศึกษา (October 2003 issue of the Journal of Clinical Endocrinology and metabolism) โดยได้สุ่มผู้หญิงไปกลุ่มการรักษา 3 แบบ ซึ่งแต่ละกลุ่มจะได้รับ placebo, isoflavones ขนาดกลาง 40 มิลลิกรัมและ isoflavones ขนาดสูง 80 มิลลิกรัมต่อวัน โดยที่ทั้ง 3 กลุ่มจะได้รับแคลเซียม 500 มิลลิกรัมและวิตามินดี 250 IU ต่อวัน และวัดค่า Bone mineral density (BMD) และ bone mineral content (BMC) ทั้งร่างกายกระดูกสันหลังและกระดูกสะโพกทั้งก่อนที่จะศึกษาและหลังจากการศึกษา 1 ปี

ผู้หญิงที่รับ isoflavones ขนาดสูง จะมีผลเล็กน้อย แต่จะมีค่า Bone mineral density (BMD) เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ placebo และ isoflavones ขนาดกลาง และผลการวิเคราะห์เพิ่มเติมยังแสดงให้เห็นว่า isoflavones จากถั่วเหลือง มีผลดีต่อผู้หญิงเฉพาะที่มีค่ามวลกระดูกเท่ากับค่าเฉลี่ยหรือลดลงเพียงเล็กน้อยจากค่าเฉลี่ยเท่านั้น นักวิจัยได้สรุปว่า isoflavones จากถั่วเหลือง มีผลเพียงเล็กน้อยแต่มีนัยสำคัญไม่มีผลในการรักษาค่า Bone mineral density (BMD) ให้คงที่ในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนที่เริ่มมีมวลกระดูกน้อยลง หรือก็คือ isoflavones จากถั่วเหลืองจะมีผลดีต่อในการช่วยให้ความหนาแน่นของกระดูกดีขึ้น ในผู้หญิงที่รับประทานเป็นประจำ และยังมีความหนาแน่นของกระดูกอยู่ในระดับปกติ

ผลของการศึกษาได้สนับสนุน (published in the September 2003 issue of the American Journal of Clinical Nutrition) ซึ่งได้สังเกตจากการศึกษา *in vitro* 17 การศึกษาของการเพาะเลี้ยงเซลล์กระดูก 24 การศึกษาแบบ *in vivo* ในสัตว์ที่เป็นแบบในการเกิด osteoporosis ในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน, 18 การศึกษาทางระบาดวิทยาในการสังเกตในคน และ 17 การศึกษาที่ใช้อาหารมาเกี่ยวข้อง สรุปว่า จากข้อมูลที่ได้รวบรวมมา ได้แสดงให้เห็นว่า อาหารที่มีไฟโตเอสโตรเจนมากมีผลต่อการรักษามวลกระดูกในระยะยาว ถึงแม้ว่าผลที่สำคัญและกลไกการทำงานที่แน่นอน ยังยากที่จะหาคำตอบได้ในทางทฤษฎี **Nutritional Profile**

ตารางที่ 1 ปริมาณกรดอะมิโนจำเป็นในถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับปริมาณที่ FAO/WHO แนะนำ

กรดอะมิโน	FAO/WHO มิลลิกรัม/กรัม โปรตีน	ถั่วเหลือง มิลลิกรัม/กรัม โปรตีน
Isoleucine	40	37
Leucine	70	74
Lysine	55	59
Methionine + Cystine	35	22
Phenylalanine + Tyrosine	60	64
Threonine	40	42
Tryptophan	10	15
Valine	50	50

ตารางที่ 2 ปริมาณกรดไขมันในน้ำมันถั่วเหลือง

กรดไขมัน	น้ำมันถั่วเหลือง (ร้อยละ)
กรดไขมันอิ่มตัว	
Palmitic acid (C 16 : 0)	11
Stearic acid (C 18 : 0)	4
กรดไขมันไม่อิ่มตัว	
Oleic acid (C 18 : 1)	23
Linoleic acid (C 18 : 2 w-6)	51
Linolenic acid (C 18 : 3 w-3)	7

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการของถั่วเหลืองในส่วนที่กินได้ 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ	ถั่วเหลือง (สุก)	นมถั่วเหลือง	ซีอิ๊วใส	เต้าเจี้ยวขาว	เต้าหู้แข็ง	เต้าหู้ขาวอ่อน	ฟองเต้าหู้
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	130	37	55	114	135	63	461
ไขมัน (กรัม)	5.7	1.5	0.5	3.8	8.1	4.1	28.4
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	10.8	3.6	8.1	8.0	6.0	0.4	14.9
ใยอาหาร (กรัม)	1.6	0.1	0	0	-	0.1	0.1
โปรตีน (กรัม)	11.0	2.8	5.2	12.0	12.5	7.9	47.0
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	73	18	65	106	188	150	245
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	179	36	76	125	222	104	494
เหล็ก (มิลลิกรัม)	2.7	1.2	4.8	8.8	5.6	2.2	9.5
วิตามินเอ (ไอ.ยู.)	30	50	-	-	42	-	-
บีหนึ่ง (มิลลิกรัม)	0.21	0.05	0.04	0.04	0	0.04	0.42
บีสอง (มิลลิกรัม)	0.09	0.02	0.17	0.07	0.14	0.02	0.16
ไนอาซิน (มิลลิกรัม)	0.6	0.3	0.9	-	0.5	0.4	1.5
ซี (มิลลิกรัม)	-	0	เล็กน้อย	0	0	0	0

ตารางที่ 4 แสดงจำนวนสารอาหารที่รวมอยู่ในการรับประทานถั่วเหลือง ต่อ 1 ถ้วย %Daily Value (DV) คือ ค่าที่แสดงถึงจำนวนที่ควรได้รับในแต่ละวัน (คำนวณจากหญิงอายุ 25-50 ปี)

Soybean, Cooked 1.00 cup/297.56 calories				
Nutrient	**Amount**	**DV (%)**	**Nutrient Density**	**World's Healthiest Foods Rating**
tryptophan	0.37 g	115.6	7.9	excellent
Molybdenum	129.00 mcg	79.1	5.4	excellent
Phosphorus	421.40 mg	60.2	4.1	very good
Iron	8.84 mg	58.9	4.0	very good
Protein	28.62 g	57.2	3.9	very good
Dietary fiber	10.32 g	51.6	3.5	very good
Magnesium	147.92 mg	46.2	3.2	Good
Vitamin B2 (riboflavin)	0.49 mg	44.5	3.0	Good
Manganese	1.42 mg	40.6	2.8	Good
Vitamin B6 (pyridoxine)	0.40 mg	30.8	2.1	Good
Copper	0.70 mg	28.0	1.9	Good
Potassium	885.80 mg	25.3	1.7	Good
Vitamin B1 (thiamin)	0.27 mg	24.5	1.7	Good
Omega 3 fatty acid	1.03 g	23.4	1.6	Good
folate	92.54 mcg	23.1	1.6	Good
Selenium	12.56 mcg	22.8	1.6	Good
Vitamin E	3.35 mg	22.3	1.5	good

ในการบริโภคถั่วเหลืองนั้น จะบริโภคในรูปถั่วเหลืองแปรรูป หรือนำไปประกอบอาหาร แต่ที่นิยมบริโภคคืออาหารหมักจากถั่วเหลืองซึ่งมีมากมายหลายชนิด เช่น ซีอิ๊ว (soysauce) เต้าเจี้ยว(miso) เทมเป้ (tempe) นัตโต้ (natto) เป็นอาหารหมักตามพื้นบ้านที่มีมานาน มักจะมีบริโภคเฉพาะในท้องที่ที่ผลิตเท่านั้น ในการผลิตเป็นอาหารหมักนั้นส่วนใหญ่จะเป็นขั้นตอนการทำงานของจุลินทรีย์ ซึ่งมีทั้ง

แบคทีเรีย รา และ ยีสต์ อาจจะใช่อย่างใดอย่างหนึ่งหรือผสมกันก็ได้ ซึ่งจะต้องควบคุมให้เป็นไปตามความต้องการให้มีในผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น การผลิตซีอิ๊วจะใช้ เชื้อรา *Aspergillus oryzae* และ *A. sojae* โดยเชื้อรานี้จะสร้างน้ำย่อยขึ้นมาหลายชนิด เช่น amylase ที่จะย่อยแป้งเป็นน้ำตาล และ protease ย่อยโปรตีนในถั่วให้เป็นกรดอมิโน นอกจากนี้ยังมีน้ำย่อยอื่นๆอีกหลายชนิด เช่น nucleases, sulfatases, phosphatases, transglycosidases, peptidases acylase, ribonucleodepolymerases, mononucleotide phosphatase, adenyl- deaminases purine nucleosidases เป็นต้น ซึ่งปฏิกิริยาเคมีอันเนื่องมาจากน้ำย่อยต่างๆ มากมาย รวมทั้งอาจมีจุลินทรีย์อื่นทำงานร่วมด้วย เช่น *Lactobacillus delbrueckii, Pediococcus holophilus, Saccharomyces rouxii, S. hansenula* ซึ่งแบคทีเรียและยีสต์เหล่านี้จะสร้างกรด เป็นต้น ในปัจจุบันมีการผลิตอาหารหมักจากถั่วเหลืองกันอย่างแพร่หลาย นอกจากอาหารหมักจากถั่วเหลืองแล้วยังได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์หมักจากถั่วเหลืองในรูปของเครื่องดื่มด้วยเช่นกัน เช่น การผลิตนมเปรี้ยวจากถั่วเหลืองโดยการใช้จุลินทรีย์ในการหมักเพื่อแปรสภาพถั่วเหลืองจากน้ำนมถั่วเหลืองเป็นนมเปรี้ยว

น้ำหมักชีวภาพ

น้ำหมักชีวภาพ เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลที่ได้จากการหมักอินทรีย์วัตถุ (พืช ผัก ผลไม้ วัชพืช) โดยอาศัยการทำงานของกลุ่มจุลินทรีย์ในธรรมชาติ (Indigeneous microorganism) หรือ จุลินทรีย์ตระเตรียม (Inoculated microorganism) ในสภาวะที่มีสารอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต จะได้น้ำหมักชีวภาพที่มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาล ประกอบด้วย จุลินทรีย์ สารอินทรีย์ ธาตุอาหาร ที่เป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม กลุ่มจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพนั้นจะเรียกรวมกันว่า Effective Microorganism

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์น้ำหมักชีวภาพมีการนำมาใช้ประโยชน์ในหลายๆด้าน ทั้งทางด้านเกษตรกรรม ด้านสิ่งแวดล้อม เช่นเป็นสารทดแทนปุ๋ย ทดแทนยาฆ่าแมลง ใช้กำจัดสิ่งเหม็นจากมูลสัตว์ ใช้เป็นผลิตภัณฑ์ชะล้าง นอกจากนี้ยังมีการนำมาใช้บริโภคเพื่อส่งเสริมสุขภาพอย่างแพร่หลาย เช่น ในผู้ป่วยที่เป็นมะเร็ง ผู้ป่วยที่ติดเชื้อ HIV และประชาชนทั่วไปใช้บริโภคเพื่อฟื้นฟูสุขภาพ โดยมีความเชื่อว่าสามารถใช้เพื่อฟื้นฟูสุขภาพและส่งเสริมสุขภาพได้ และสื่อต่างๆ เช่นหนังสือพิมพ์ เครือข่ายเกษตรอินทรีย์ ศูนย์เรียนรู้ชุมชน ต่างก็ประชาสัมพันธ์ ส่งเสริมการผลิตอย่างแพร่หลายและต่อเนื่อง เป็นเหตุให้ประชาชนไทยมีการผลิตน้ำหมักชีวภาพใช้ด้วยตนเองและเพื่อจำหน่าย โดยกระบวนการผลิตที่หลากหลายรูปแบบ จากอินทรียวัตถุที่แตกต่างกันไป รวมถึงการประยุกต์ใช้น้ำหมักชีวภาพในการผลิตเครื่องสำอาง เพื่อใช้ในครัวเรือน เช่น แชมพู สบู่ น้ำยาทำความสะอาด ฯลฯ

ในประเทศไทยมีการวิจัยเกี่ยวกับน้ำหมักชีวภาพน้อยมาก และข้อมูลด้านวิทยาศาสตร์ยังไม่เพียงพอที่จะยืนยันความปลอดภัยและยังไม่มีการพิสูจน์ที่แน่ชัดในด้านประสิทธิภาพ สรรพคุณหรือฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาและพิษวิทยา ในผลิตภัณฑ์น้ำหมักชีวภาพได้มีการอ้างถึงสรรพคุณในการเป็นสาร

ต้านอนุมูลอิสระ ยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน (antioxidation) กำจัดการก่อตัวของอนุมูลอิสระ สารอนุมูลอิสระ (Reactive oxygen species; ROS) สามารถทำให้เกิดโรคข้ออักเสบ เช่น โรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ โรคมะเร็งหลอดเลือด โรคความจำเสื่อม (dementia) นอกจากนี้สารอนุมูลอิสระยังเป็นสาเหตุของภาวะชราและการตาย แอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) สามารถต่อต้านและป้องกันอนุมูลอิสระ ได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี กลูตาไธโอน เอ็นไซม์คาตาเลส เป็นต้น ปัจจุบันได้มีการนำแอนติออกซิแดนท์มาใช้ในการป้องกันโรคต่างๆที่เกิดจากอนุมูลอิสระ และสามารถนำมาส่งเสริมสุขภาพได้ กล่าวคือชะลอความเสื่อมของอวัยวะต่างๆ และสภาวะชรา

จากกระแสความนิยมในการบริโภคเครื่องดื่มน้ำหมักชีวภาพและเครื่องดื่มที่มีเชื้อ *Lactobacillus* spp. ทำให้ประชาชนไทยหันมานิยมบริโภคเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่นำเข้าจากต่างประเทศกันมากขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วพบว่าประเทศไทยเป็นประเทศเมืองร้อน มีพืช ผัก ผลไม้และสมุนไพรหลายชนิดที่สามารถนำมาผลิตเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย สามารถแข่งขันเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพของต่างประเทศได้

ในต่างประเทศมีผลิตภัณฑ์น้ำหมักชีวภาพและเครื่องดื่มที่มีเชื้อ *Lactobacillus* sp. สำหรับการบริโภคเพื่อส่งเสริมสุขภาพ โดยคาดว่าประโยชน์ที่ได้รับน่าจะเกิดจากกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำหมักชีวภาพและ / หรือสารสำคัญชนิดต่างๆที่มีในน้ำหมักชีวภาพ ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นสารที่ได้จากขบวนการเมตาโบลิซึมของจุลินทรีย์ต่างๆ ในน้ำหมักชีวภาพ อีกส่วนหนึ่งเป็นสารสำคัญที่ได้มาจากวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการหมัก ในต่างประเทศมีการผลิต ผลิตภัณฑ์น้ำหมักชีวภาพซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มดังกล่าว เพื่อบริโภคและจำหน่าย เช่น Noni (โนนิ) เครื่องดื่ม EM-X ที่ผลิตโดยบริษัท EMKYUSEI ในประเทศญี่ปุ่น และเครื่องดื่ม Kefir ที่ผลิตโดยประเทศไต้หวัน

จากกระแสความนิยมในการบริโภคเครื่องดื่มน้ำหมักชีวภาพ และน้ำโนนิ และจากรายงานการเผยแพร่ผลของการบริโภคเครื่องดื่มจากบริษัทผู้ผลิตอย่างต่อเนื่องทำให้ประชาชนไทยหันมานิยมบริโภคเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพที่นำเข้าจากต่างประเทศกันมากขึ้น พบว่ายอดจำหน่ายน้ำโนนิ ในประเทศไทยสูงถึง 80 ล้านบาท ต่อเดือน ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้ว พบว่าประเทศไทยเป็นประเทศเมืองร้อน มีพืช ผัก ผลไม้ และสมุนไพรหลายชนิดที่สามารถนำมาผลิตเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ สามารถแข่งขันกับเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพของต่างประเทศไทยได้ ซึ่งนอกจากน้ำโนนิแล้ว สมุนไพร เช่น กระชายดำ สมอไทย มะขามป้อม ก็สามารถนำมาผลิตเป็นเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพได้ ถ้ามีการพัฒนากระบวนการผลิตให้มีคุณภาพ มาตรฐาน มีการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง ควบคู่ไปกับการพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์ คาดว่าในอนาคตประเทศไทยสามารถสร้างรายได้จากการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ และเภสัชภัณฑ์จากสมุนไพรได้อย่างมหาศาล

น้ำหมักชีวภาพเกิดจากการกระทำของแบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติกเป็นส่วนใหญ่ พบว่าแบคทีเรียเหล่านี้อาจมีอยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งอาจปนเปื้อนมากับส่วนผสมของน้ำหมักชีวภาพ คือ ผัก ผลไม้ น้ำตาล น้ำผึ้ง น้ำ รวมทั้งมาจากกระบวนการและกรรมวิธีในการหมัก หรืออาจเติมลงไปเพื่อใช้

เป็นหัวเชื้อในการหมัก ซึ่งนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหารหมักหลายชนิดเนื่องจากการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ในการหมักนี้ เป็นการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ปนเปื้อนอื่นๆ ที่อาจก่อให้เกิดผลเสียได้ซึ่งจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่อาจพบปนเปื้อนในน้ำหมักชีวภาพ เช่น แบคทีเรียโคไลฟอร์ม (coliform) และ อีโคไล (*E. coli*) ซึ่งเป็นดัชนีชี้บ่งถึงสุขลักษณะของน้ำหมักชีวภาพ แบคทีเรียสตาฟีโลค็อคคัส ออเรียส (*Staphylococcus aureus*) บาซิลลัส ซีเรียส (*Bacillus cereus*) ซึ่งอาจสร้างสารพิษในน้ำหมัก ทำให้อาหารเป็นพิษ คลอสทริเดียม เปอร์ฟริงเจน (*Clostridium perfringens*) เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคกระเพาะอาหาร ลำไส้อักเสบ แบคทีเรียซาลโมเนลลา (*Salmonella* spp.) ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้น้ำหมักเน่าเสีย นอกจากนี้ยังอาจพบราบางชนิดซึ่งสามารถสร้างสารพิษได้ และยีสต์ซึ่งอาจทำให้น้ำหมักเสียรสชาติ มีกลิ่นและลักษณะที่ไม่น่ารับประทานและไม่เป็นที่ต้องการ นอกจากนี้การเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ในการหมักยังช่วยให้การหมักเกิดได้เร็วขึ้น น้ำหมักชีวภาพที่ได้มีคุณภาพคงที่ และยังอาจได้สารสำคัญที่เชื้อสร้างขึ้น ผลิตภัณฑ์น้ำหมักชีวภาพที่ได้มีกลิ่นและรสชาติน่ารับประทาน และยังอาจได้คุณค่าสารอาหารจากตัวเซลล์ของแบคทีเรียหัวเชื้อที่เติมลงไป ในแง่ของการเป็นสารเสริมชีวนะหรือโปรไบโอติก (probiotic) ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการทำงานของลำไส้ ระบบทางเดินอาหาร และระบบขับถ่าย กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันให้เพิ่มขึ้น และอาจป้องกันการเกิดเซลล์มะเร็งได้

น้ำหมักชีวภาพที่ได้ทั้งจากกระบวนการหมักโดยอาศัยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในธรรมชาติทั่วไปและจากการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ จะมีความปลอดภัยและได้คุณภาพต่อการบริโภคนั้นขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ที่พบในกระบวนการหมัก และต้องอาศัยสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่ต้องการในกระบวนการหมัก ซึ่งในน้ำหมักชีวภาพเพื่อการบริโภคนั้น เกิดจากการหมักโดยแบคทีเรียที่สร้างกรดแลกติก ทำให้น้ำหมักที่ได้มีรสเปรี้ยว และมีกลิ่นหอม และอาจได้คุณค่าจากสารสำคัญต่างๆ ที่เกิดจากการหมัก ซึ่งแบคทีเรียชนิดที่มีบทบาทสำคัญ รู้จักกันมานานและนิยมใช้เป็นหัวเชื้อในการผลิตอาหารหมักชนิดต่างๆ คือ แบคทีเรียแลกโตบาซิลลัส (*Lactobacillus*) แบคทีเรียกลุ่มนี้จะย่อยสลายน้ำตาลได้กรดแลกติก เกิดขึ้นในสภาวะที่ไม่มีอากาศ หรือมีอากาศน้อย เพื่อควบคุมจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ที่อาจปนเปื้อนและสามารถเจริญได้ในสภาวะที่มีอากาศ เช่น แบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติก ซึ่งจะย่อยสลายน้ำตาลได้กรดอะซิติกหรือกรดน้ำส้มสายชู ยีสต์ซึ่งสามารถย่อยสลายน้ำตาลได้เป็นแอลกอฮอล์ และจุลินทรีย์ปนเปื้อนอื่นๆ ที่สามารถเจริญได้ในสภาวะที่มีอากาศ ทำให้น้ำหมักชีวภาพที่ได้มีกลิ่นและรสชาติที่ไม่น่ารับประทาน และอาจเกิดผลเสียอื่นๆ ดังกล่าวข้างต้น นอกจากนี้ในการควบคุมปัญหาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ต่างๆ อาจใช้ความร้อน โดยการลวก หรือต้มวัตถุดิบ ส่วนผสมของการผลิตน้ำหมัก หรืออาจเติมสารเคมีชนิดที่ใช้ในการผลิตอาหารลงในน้ำหมัก รวมทั้งการเลือกใช้วัตถุดิบที่สะอาด ปลอดภัย ในการผลิตน้ำหมักชีวภาพ เพื่อเป็นการควบคุมและกำจัดจุลินทรีย์ปนเปื้อน ทั้งนี้จะต้องอาศัยกรรมวิธีที่เหมาะสมที่จะช่วยในการควบคุมและกำจัดจุลินทรีย์ปนเปื้อน แต่ไม่ทำให้คุณค่า สารสำคัญ และฤทธิ์ทางชีวภาพในน้ำหมักสลายหรือเสียสภาพไป ดังนั้นในการผลิตน้ำหมักชีวภาพให้มีความปลอดภัยและมีคุณภาพเพื่อการบริโภค จึงต้องอาศัยความรู้ความ

เข้าใจเกี่ยวกับเรื่องของจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับน้ำหมักชีวภาพด้วย เพื่อให้สามารถนำความรู้ดังกล่าวไปใช้ประกอบการผลิตและปรับปรุงกรรมวิธีและกระบวนการผลิตน้ำหมักชีวภาพให้ได้คุณภาพสูง และสามารถผลิตในระดับธุรกิจขนาดย่อมและขนาดกลาง (SMEs) ต่อไป

อนุมูลอิสระ (free radicals) หรือ ROS (Rice-Evans,1995., Punchard, 1995)

อนุมูลอิสระ เป็นสารที่มีอะตอมหรือหมู่อะตอมหรือโมเลกุลที่มีอิเลคตรอนโดดเดี่ยว (singlet หรือ unpaired electron) เป็นส่วนประกอบอยู่ จำนวนอิเลคตรอนไร้คู่นี้อาจมีหนึ่งตัวหรือหลายตัวต่อหนึ่งอนุมูลก็ได้ ปกติอะตอมหรือโมเลกุลที่เสถียรจะต้องมีจำนวนอิเลคตรอนอยู่เป็นคู่ๆ เสมอ แต่ถ้าอิเลคตรอนขาดหรือเกินกว่าเดิมเพียงหนึ่งตัว อะตอมหรือโมเลกุลจะมีความว่องไวมาก ไม่อยู่นิ่ง หาทางจับหรือทำปฏิกิริยากับอะตอมของธาตุอื่นเสมอ ตัวอย่างของกลุ่มอนุมูลอิสระและที่ไม่ใช่อนุมูลอิสระที่สามารถก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันล้วนมาจากโมเลกุลของออกซิเจน (Reactive oxygen species, ROS), ไนโตรเจน (Reactive nitrogen species, RNS) และอะตอมอื่นๆ ดังแสดงในตารางข้างล่าง (Strain and Benzie, 1999)

ตารางที่ 5 ROS, RNS และ อนุมูลอิสระอื่นๆ ที่พบในระบบชีวภาพ

Name	Singlet/formula	Radical(R) or nonradical (NR)
Molecular oxygen	O_2	**R**
Nitric oxide	$NO^{\bullet}$	**R**
Nitrogen dioxide	$NO_2^{\bullet}$	**R**
Superoxide	$O_2^{\bullet-}$	**R**
Peroxyl	$ROO^{\bullet}$	**R**
Singlet oxygen	$1\Delta gO_2$	**NR**
	$1\Sigma g^{+}O_2$	**R**
Hydrogen peroxide	H_2O_2	**NR**
Hydroperoxyl	$HOO^{\bullet}$	**R**
Alkoxyl	$RO^{\bullet}$	**R**
Hypochlorous acid	**HOCl**	**NR**
Peroxynitrite	**HNOO**	**NR**
Hydroxyl	$OH^{\bullet}$	**R**

อนุมูลอิสระมีความว่องไวมากในการรวมตัวกับสารอื่น เช่น โปรตีน ไขมัน กรดนิวคลีอิก อนุมูลอิสระอาจมีช่วงอายุสั้นมาก เพียงหนึ่งในล้านวินาทีหรืออาจมีชีวิตยืนนานถึงแรมปีก็ได้ การกระทบของอนุมูลอิสระกับสารอื่นๆ เช่นนี้จะทำให้เกิดการทำลายและสูญเสียโครงสร้างทางเคมีและหน้าที่ทางชีวภาพของสารชีวโมเลกุล มีการเสื่อมสภาพและการทำลายของเซลล์และเนื้อเยื่อ เกิดความเป็นพิษเรื้อรังและพยาธิสภาพได้ภายหลัง

ชนิดของอนุมูลอิสระ สามารถแบ่งได้อย่างง่ายๆ คือ

1. อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในร่างกาย ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการเมทาบอลิซึมของร่างกายเอง
2. อนุมูลอิสระจากภายนอกร่างกาย อาทิเช่น
   2.1 การติดเชื้อ ทั้งจากแบคทีเรีย และไวรัส
   2.2 การอักเสบชนิดไม่ทราบสาเหตุ (autoimmune diseases) เช่น ข้ออักเสบรูมาตอยด์ โรคเก๊าท์
   2.3 รังสี

2.4 สิ่งแวดล้อมที่เป็นมลพิษ เช่น ควันเสียและเขม่าจากเครื่องยนต์ ควันบุหรี่ ยาฆ่าแมลง

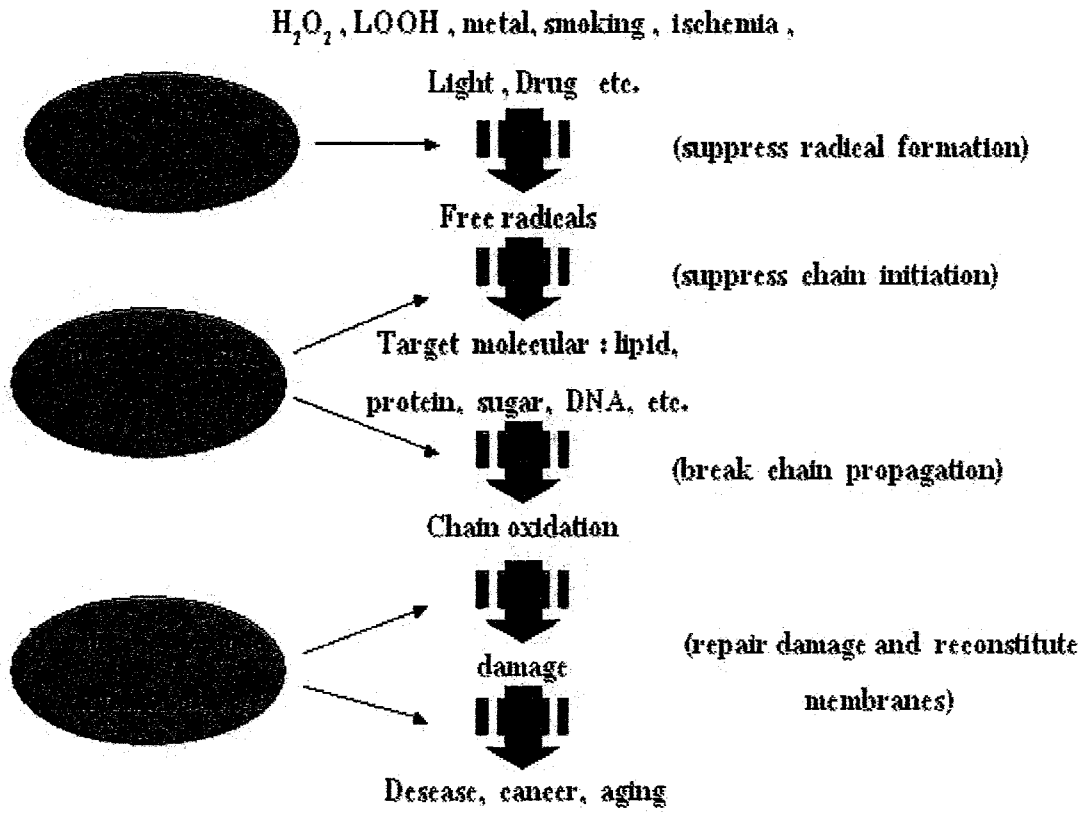
2.5 การออกกำลังกายอย่างหักโหม

อนุมูลอิสระเหล่านี้มีผลในทางเสื่อม โดยพบว่าอนุมูลอิสระและผลิตผลของมันจะรบกวนเมทาบอลิสม์ของเซลล์ปรกติ ทำให้เซลล์ถูกทำให้เสื่อมหรือเสียหายได้ในหลายรูปแบบ เช่น

- กระตุ้นการเพิ่มฤทธิ์ของสารก่อมะเร็ง
- เพิ่มความเป็นพิษของสารเคมีแปลกปลอมทั้งหลาย
- ทำให้มีการเสื่อมสภาพของเนื้อเยื่อ เกิดความชราของร่างกาย
- ทำลายโครงสร้างทางเคมีของดีเอ็นเอและโครโมโซม โดยทำให้พันธะระหว่างน้ำตาลและฟอสเฟตแตกออก
- ทำให้เกิดโรคมะเร็งโดยตรง
- ทำให้เกิดการทำลายเนื้อเยื่อ และโรคอื่นๆ หลายชนิด

สารแอนติออกซิแดนท์ (Antioxidants) (Punchard, 1995., Davies, 1988.)

สารแอนติออกซิแดนท์ คือ สารที่ต่อต้านอนุมูลอิสระ เป็นสารที่สามารถยับยั้งออกซิเดชัน ในสิ่งมีชีวิตจะมีระบบป้องกันการทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อจากอนุมูลอิสระอยู่แล้ว ซึ่งประกอบไปด้วยแอนติออกซิแดนท์มากมายหลายชนิดที่ทำหน้าที่แตกต่างกันไป บางตัวเป็นเอนไซม์ บางตัวเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ บางตัวละลายได้ในไขมัน แอนติออกซิแดนท์เหล่านี้ทำหน้าที่ในการเป็นตัวป้องกันและกำจัดการก่อตัวของอนุมูลอิสระ นอกนั้นยังทำหน้าที่ซ่อมแซมส่วนที่ถูกทำลาย ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงระบบป้องกันการทำลายโดยออกซิเดชัน

ระบบการป้องกันการทำลายโดยออกซิเดชัน

1. Preventive Antioxidant (ยับยั้งการก่อตัวของอนุมูลอิสระ)

(1) การสลายตัวของ Hydroperoxides และ Hydrogen peroxides แบบไม่มีอนุมูลอิสระ โดยการทำงานของ

1.1 Catalase สลาย Hydrogen peroxides

$$2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$$

1.2 Glutathione peroxidase สลาย Hydrogen peroxides และ fatty acid hydroperoxides

$$2H_2O_2 + 2GSH \longrightarrow 2H_2O + GSSG$$

$$LOOH + 2GSH \longrightarrow LOH+H_2O+GSSG$$

1.3 Glutathione peroxidase สลาย Hydrogen peroxides และ phospholipids hydroperoxide

$$PLOOH+2GSH \longrightarrow PLOH+H_2O+GSSG$$

(2) การขจัดโลหะโดยการ Chelation ได้แก่

2.1 Transferrin, lactoferrin ขจัดเหล็ก

2.2 Heptoglobin ขจัด Hemoglobin

2.3 Hemopexin ทำให้ heme เสถียร

2.4 Ceruloplasmin, albumin ขจัดทองแดง

(3) กำจัด active oxygens ได้แก่

3.1 Superoxide dimutase ทำลายสมดุลของ Superoxide

$$2O_2^{\cdot-}+2H^+ \longrightarrow H_2O_2+O_2$$

3.2 Carotenoids กำจัด singlet oxygen

2. Radical-scavenging antioxidants: ขจัดอนุมูลอิสระเพื่อยับยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่และแยกสายโซ่ออก

พวกที่ละลายได้ในน้ำ ไวตามินซี กรดยูริค บิลลิรูบิน อัลบูมิน

พวกที่ละลายได้ในไขมัน ไวตามินอี ยูบิควินอล คาร์โรทีนอยด์

3. Repair and de novo enzymes: ซ่อมแซมส่วนที่เสียหาย และสร้างเมมเบรนใหม่

4. Adaptation: สร้างเอมไซม์แอนติออกซิแดนท์ที่เหมาะสมและขนส่งไปยังตำแหน่งที่เหมาะสม ในปริมาณความเข้มข้นที่พอดี

จากที่กล่าวมาแล้วว่าอนุมูลอิสระถูกสร้างขึ้นมาทั้งจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกายเอง และในภาวะที่ผิดปกติ เช่น ภาวะของโรค หรือภาวะที่ร่างกายแวดล้อมด้วยมลพิษโดยในภาวะที่ผิดปกติจะส่งผลให้ร่างกายเกิดการสะสมของอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจำเป็นที่ร่างกายต้องหาทางป้องกัน การโดนทำลายจากอนุมูลอิสระเหล่านั้น สิ่งที่ร่างกายสร้างขึ้นเพื่อปกป้องตัวเอง ก็คือระบบแอนติออกซิแดนท์ (antioxidants) ซึ่งประกอบไปด้วยสารหรือเอนไซม์ต่างๆ ที่ความเข้มข้นต่ำๆ ก็สามารถจะชะลอหรือป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันของสาร (substrate) ที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาโดยสาร (substrate) เหล่านี้รวมถึงสารเกือบทุกชนิดในร่างกาย เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ดีเอ็นเอ แต่

อย่างไรก็ตามมีบางภาวะที่ปริมาณอนุมูลอิสระมีมากเกินกว่าที่ระบบแอนตี้ออกซิแดนท์จะจัดการได้ จะเกิดภาวะที่เรียกว่า oxidative stress ขึ้นมาซึ่งจะส่งผลกระทบต่างๆ ต่อเซลล์สิ่งมีชีวิต เช่น การทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ของดีเอ็นเอ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และเกิดการทำลายของกลุ่มโมเลกุลที่มีพันธะ S-H และเยื่อหุ้มเซลล์ ก่อให้เกิดผลเสียต่อเซลล์ และการทำลายเซลล์ ซึ่งเป็นสาเหตุ ของการแก่ (aging) และรุนแรงไปถึงการเกิดเป็นโรคภัยไข้เจ็บต่างๆ เช่น เส้นเลือดตีบ โรคเกี่ยวกับภูมิคุ้มกัน (autoimmune disease) โรคที่เกิดจากการที่เลือดกลับไปเลี้ยงอวัยวะที่เคยมีการตีบตันของเส้นเลือดในระยะสั้นๆ มาก่อน (reoxygenation injury, reperfusion injury) รวมไปถึงโรคมะเร็งเป็นต้น ซึ่งการทำลายโมเลกุลที่เป็นต้นเหตุการเกิดของอนุมูลอิสระนับเป็นกลไกการทำงานของระบบแอนตี้ออกซิแดนท์ที่สำคัญกลไกหนึ่ง ซึ่งเป็นการทำงานที่อาศัยเอนไซม์หรือไม่ก็ได้

สารต้านอนุมูลอิสระที่พบในธรรมชาติมี 4 ประเภท

1. Inducible enzymes : เอนไซม์ที่สร้างได้ในเซลล์ร่างกาย
   - Superoxide dismutase (SOD) ทำลายซูเปอร์ออกไซด์
   - Catalase (CAT) ทำลาย H_2O_2
   - Glutathione peroxidase (GPX) สร้าง glutathione-SH
   - Glutathione reductase (GR)
   - Glutathione S-transferase (GST)
   - Methionine Reductase สร้างซีสเตอีน

2. Antioxidant vitamins สารจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต มาจากพืชและต้องกินเป็นประจำ
   - Carotenes เป็นสารกลุ่มมีสีส้ม แดง โครงสร้างคล้ายคลึงกับคาโรทีน ซึ่งพบในพืช ผัก ผลไม้
   - α, β, γ- Carotenes พืชผักที่มีใบสีเขียว เหลือง แดง
   - Lycopene ในมะเขือเทศ สตรอเบอรี่
   - Xanthophyll ในข้าวโพด
   - α-Tocopherol ในถั่ว ธัญพืช รำ ข้าวกล้อง งา
   - Ascorbic acid (vitamin C) ในผลไม้ ผักสด

3. Phytochemicals เป็นสารเคมีจากพืชที่ไม่ใช่วิตามินและสารอาหาร ส่วนใหญ่เป็นแทนนิน ส่วนที่ทำให้เกิดรสฝาด เช่น ใบชา ผลไม้ดิบ เมล็ดผลไม้ ใบฝรั่ง ใบทับทิม มะขามป้อม

- Bioflavonoids ประกอบด้วยพวก polyphenol และ glucosides, tannins, quercetin, (+)-catechin, EGCG (epigallo catechin gallate), rutenoids, proanthocyanidin

4. แร่ธาตุ (minerals)
   - Selenium และ Zinc ซึ่งเป็น cofactors ของ antioxidant enzymes

สารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ

1. วิตามิน ซี (Vitamin C, Ascorbic acid)

วิตามิน ซี ในอาหารมี 2 รูปแบบ ซึ่งร่างกายสามารถนำไปใช้ได้มี 2 ชนิด คือ ascorbic acid และ dehydroascorbic acid แหล่งของวิตามินซี อยู่ในพืช ผัก ผลไม้ ที่มี รสเปรี้ยว วิตามิน ซี เป็นสารที่สลายตัวง่ายเมื่อมีความร้อน โลหะหนัก และ ascorbic oxidase enzyme ที่มีอยู่ในผลไม้ ประโยชน์ของวิตามินซี มีบทบาทกว้างขวางในหลายระบบได้แก่ Hydroxylation ของ prolin เพื่อสร้าง collagen ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ กระดูก กระดูกอ่อน ฟันและผนังเส้นเลือด ฤทธิ์ฆ่าเชื้อของเม็ดเลือดขาว การ reduce เหล็กจาก ferric เป็น ferrous ในกระเพาะอาหาร ช่วยเพิ่มการดูดซึมของเหล็ก antioxidant เป็นต้น นอกจากนี้ วิตามินซี ยังเป็นสารสำคัญในปฏิกิริยาสายโซ่ของเอนไซม์ที่สำคัญ อีกทั้งยังเป็นตัวที่ทำให้วิตามิน อี นั้นกลับคืนมาได้ใหม่อีกครั้ง (Sies and Stahl, 1995) วิตามิน ซี เป็นตัวก่อให้เกิดการปกป้องคอลลาเจน เสริมหน้าที่ของระบบภูมิคุ้มกัน ให้ดีขึ้น เป็นตัวปรับน้ำตาลในเลือด ปกป้องดวงตาจากการทำลายของแสงอัลตราไวโอเลต ป้องกันการก่อตัวของคอเลสเตอรอลในผนังเลือดแดง ป้องกันการแข็งตัวของเลือด ป้องกันการเปลี่ยนรูปของสารไนไตรท์เป็นสารไนโตรซามินซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง (Editorial, 1996.; Jacob and Burri, 1996.; Sies and Stahl, 1995) และเป็นตัวร่วมในการสร้างฮอร์โมนที่ช่วยในการลดระดับภาวะตึงเครียดและภาวะการอักเสบ

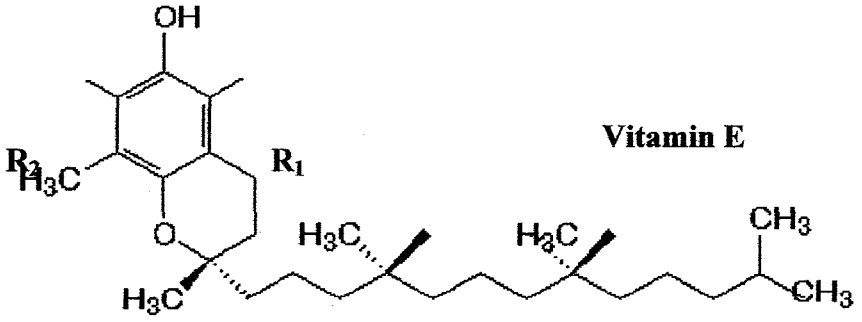
2. วิตามิน อี (Vitamin E, α-Tocopherol)

วิตามินอี หรือ α-Tocopherol เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญในร่างกาย ร่างกายไม่สามารถสร้างขึ้นมาได้ เป็นตัวที่สำคัญเนื่องจากมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้ดี วิตามินอีจะช่วยปกป้องเซลล์ในร่างกายจากสารอนุมูลอิสระ โดยไปขัดขวางปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารในร่างกาย โดยอาศัยคุณสมบติของมันเองที่เป็นตัวที่ไวต่อการถูกออกซิไดส์มาก จึงเป็นตัวที่ถูกออกซิไดส์เองแทนสารอื่นๆในร่างกายที่มีความไวต่อการถูกออกซิไดส์ได้น้อยกว่า ป้องกันไขมันไม่อิ่มตัวที่กินเข้าไปรวมกับออกซิเจนซึ่งจะก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ (Editorial, 1996.; Jacob, 1996.; Punchard and Kelly, 1996.; Sies and Stahl, 1995.), เป็นสารต้านไม่ให้หลอดเลือดแข็งตัว และยังขยายหลอดเลือดฝอยเล็กๆ ได้อีกด้วย ทำให้การไหลเวียนดีขึ้น ป้องการการเกาะตัวของเกร็ดเลือดที่ผนังหลอดเลือด จึงช่วยลดการอุดตันของคอเลสเตอรอล ทั้งตัวมันเองยังมีฤทธิ์ลดคอเลสเตอรอล ทำให้ร่างกายมีการนำพาออกซิเจนได้อย่าง

สะควก ส่งผลให้ร่างกายใช้ออกซิเจนได้ดีขึ้น ทำให้กล้ามเนื้อมีกำลังมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยให้มีการผลัดผิวหนังขึ้นมาใหม่ ช่วยเพิ่มการทำงานของอินซูลิน ทำให้ระบบประสาทดีขึ้นสามารถทำงานได้ตามปกติ ช่วยทำให้ระบบสืบพันธ์เป็นปกติ รักษาอาการเป็นหมันได้ ช่วยป้องกันการเกิดต้อกระจกได้ และยังเชื่อว่าทำลายฤทธิ์ของสารก่อมะเร็งได้ด้วย ไอโซเมอร์ของวิตามิน อี มี β-, γ- และ δ-tocopherol ซึ่งมีอยู่ในปริมาณที่น้อยเมื่อเทียบกับ α-tocopherol ซึ่งถ้าเทียบฤทธิ์ในการยับยั้ง peroxyl radicals แล้วพบว่า α>β>γ>δ โดยที่การทำงานร่วมกันระหว่าง α-tocopherol กับ วิตามิน ซี เป็นไปดังรูปที่ 3

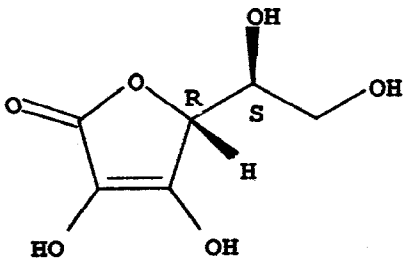
3. Trolox

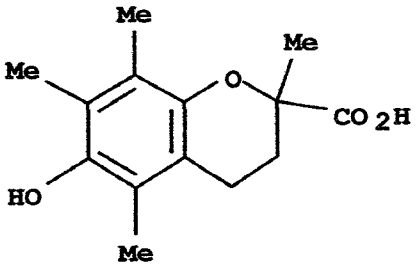
Trolox เป็น analog ของวิตามิน อี ที่สามารถละลายได้ในน้ำ (Halliwell and Gutteridge, 1989) โดยมีการแทนที่ส่วนที่ไม่ละลายน้ำด้วย –COOH group ที่เป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ Trolox เป็นแอนติออกซิแดนท์ที่กำจัดพวก peroxyl และ alkoxyl radicals จากนั้นจะเปลี่ยนรูปเป็น Trolox radical โดยมีวิตามิน ซี เป็นตัวช่วยให้คืนกลับรูปกลับมา



Vitamin E

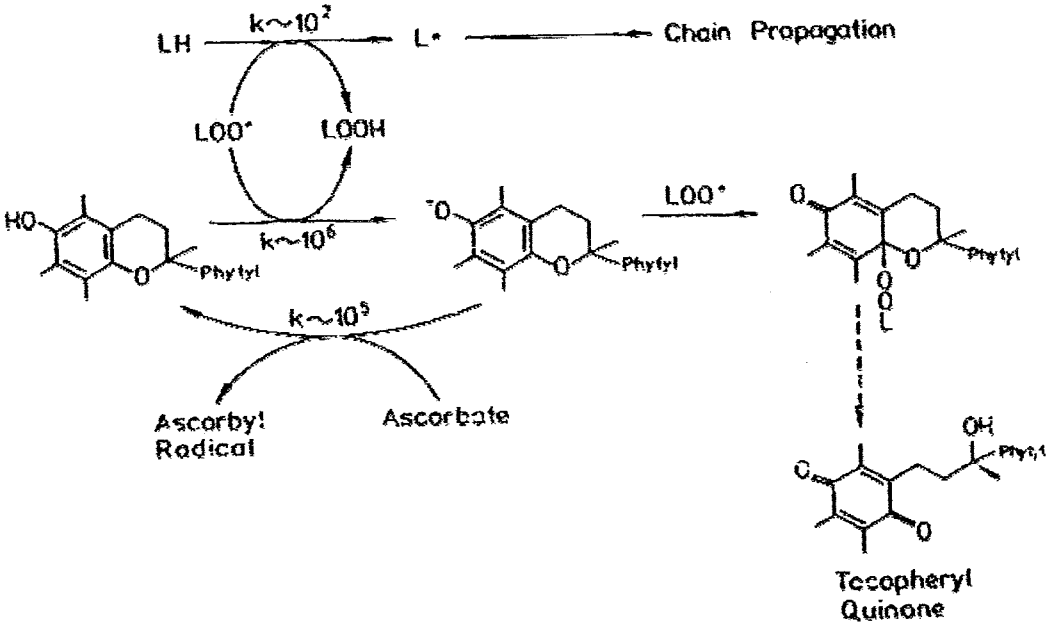
	R1	R2
α - Tocopherol	CH_3	CH_3
β - Tocopherol	CH_3	H
γ - Tocopherol	H	CH_3
δ - Tocopherol	H	H





Vitamin C **Trolox**

รูปที่ 2 โครงสร้างของวิตามิน อี วิตามิน ซี และ Trolox



รูปที่ 3 ปฏิกิริยาของวิตามิน อีและวิตามิน ซี ที่ทำงานร่วมกัน

4. สารประกอบโพลีฟีนอล

สารประกอบโพลีฟีนอลแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) และนอนฟลาโวนอยด์ (non-flavonoids) (Burn et al.,2000)

1.ฟลาโวนอยด์มี 12 กลุ่มย่อย ได้แก่ ฟลาโวน (flavone) ไอโซฟลาโวน (isoflavone) ฟลาโวนอล (flavonol) ฟลาวาโนน (flavanone) ฟลาวาโนนอล (flavanonole) ฟลาวานอล (flavanol) ลูโคแอนโธไซยานิน (lucoanthocyanin) แอนโธไซยานิน (anthocyanin) ชาลโคน (chalcone) ไดไฮโดรชาลโคน (dihydrochalcone) ออโรน (aurone) และ แซนโธน (xanthone) (วันดี กฤษณเพันธ์, 2534)

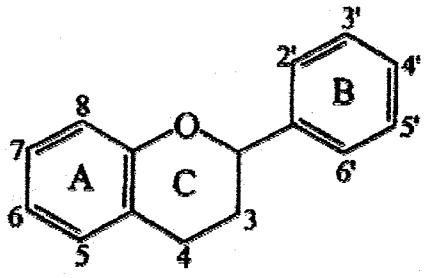
2.สารกลุ่มที่ไม่มีโครงสร้างเป็นฟลาโวนอยด์ เช่น กรดแกลลิค (gallic acid) ไฮดรอกซีซินนาเมต (hydroxycinnamate) สติลบิเนส (stilbinase) (Burns *et al.*,2000)

สารประกอบโพลีฟีนอลโดยเฉพาะอย่างยิ่งฟลาโวนอยด์ ปัจจุบันได้รับความสนใจเป็นอย่างยิ่ง เพราะมีคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพในด้านการเป็นสารต้านออกซิเดชัน (Lakenbrik *et al.*, 2000)

ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)

ฟลาโวนอยด์ เป็นกลุ่มสารที่ทำให้เกิดสีสันต่างๆ ของพืชในธรรมชาติ เช่น คาร์ทามิน (Cathamin) สีแดงจากดอกคำฝอย ลูทิโอลิน (Luteolin) สีเหลืองจากดอกสายน้ำผึ้ง คริสติน (Chrysin) สีเหลืองอ่อนจากเปลือกต้นเพกา เป็นต้น สารฟลาโวนอยด์บางชนิดมีฤทธิ์ช่วยลดอาการเส้นโลหิตเปราะ เช่น รูติน (Rutin) เคอร์ซีติน (Quercetin) เป็นต้น ฟลาโวนอยด์แบ่งออกตามโครงสร้างได้มากกว่า 10 กลุ่ม และแต่ละกลุ่มยังสามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ได้อีก ฟลาโวนอยด์เป็นสารที่สำคัญทางเภสัชกรรมและทางการแพทย์ปัจจุบัน อาทิเช่น Rutin ช่วยเพิ่มความต้านทานของหลอดเลือดฝอย และสารสกัดจากใบแปะก้วย ซึ่งช่วยเพิ่มการไหลเวียนของโลหิตไปสมอง และช่วยทำลายอนุมูลอิสระ ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดความเสื่อมของเนื้อเยื่อในร่างกายมนุษย์ ฤทธิ์ทางชีวภาพของฟลาโวนอยด์ที่ทำให้เกิดผลดีต่อสุขภาพมนุษย์ ได้แก่ ความสามารถในการต้านออกซิเดชัน การเปลี่ยนแปลงฤทธิ์ของเอนไซม์ต่างๆ การทำให้เกิดปฏิกิริยากับรีเซพเตอร์อย่างเฉพาะเจาะจง ฤทธิ์ขยายหลอดเลือด และจับกับไอออนของโลหะ เช่น ทองแดง และ เหล็ก (Pietta and Simonetti, 1999)

ฟลาโวนอยด์ เป็นกลุ่มสารที่มีคาร์บอน 15 ตัว จัดเรียงตัวในรูป 3 – ring เรียก A-, B-, C - ring โดยมี A และ B เป็น phenyl ring และ C เป็น lactone ring การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของ C – ring ทำให้แยกฟลาโวนอยด์ ออกเป็นชนิดต่างๆ และ hydroxylation ที่ A- และ B-ring ตามตำแหน่งต่างๆ ทำให้เกิดอนุพันธ์ของฟลาโวนอยด์ ชนิดนั้นๆมากมาย



รูปที่ 4 โครงสร้างพื้นฐานของฟลาโวนอยด์

Chalcone และ Aurone

มีโครงสร้างที่ ring C ผิดไปจากกลุ่มอื่นๆ เมื่อถูกไอของแอมโมเนียจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีแดง จึงเรียกสารกลุ่มนี้ว่า Antochlor แซลลโคลให้สีเหลืองเข้ม ได้แก่ สีของดอกไม้ในวงศ์ Compositae, Oxalidaceae, Scrophularriaceae, Liliaceae และ Acanthaceae เป็นต้น ส่วนออโรนพบได้ในดอก ใบ เปลือก และ เนื้อไม้ ให้สีเหลืองทองเช่น Sulfuretin ในดอกรักเร่ *Dahlia* spp. และ Hispidol glucoside ในถั่วเหลือง *Gycine* spp.

Flavanone และ Flavanonol (Dihydroflavonol)

ให้สีเหลืองอ่อนหรือไม่มีสี พบได้ทั้งในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวและพืชใบเลี้ยงคู่ ตัวอย่าง กลัยโคไซด์ เช่น hesperidin และ naringin จากเปลือกส้ม (aglycone : hesperidin และ naringin) มีรสขม ใช้ในอุตสาหกรรมและเภสัชกรรม hesperidin ปัจจุบันรู้จักกันในนาม Citrus bioflavonoid หรือ vitamin P ในเปลือกส้มที่ยังไม่สุก ช่วยเสริมความแข็งแรงของหลอดเลือดฝอย ฟลาโวนอยด์ทั้งสองกลุ่มนี้มีความคงทนต่อกรดเกลือ แต่จะสลายตัวให้ Chalcon เมื่ออุ่นกับด่าง นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อราได้ จึงใช้ในการเก็บรักษาไม้

Flavonol

พบในพืชที่เกี่ยวข้องกับการ lignification ในใบ เนื้อผลไม้ และมักพบในดอกไม้ซึ่งมีสีสวยงาม ช่วยในการผสมเกสร จึงมีความสำคัญต่อพืชยืนต้น (wood angiosperm) พบได้น้อยกว่าในพืชล้มลุก (herbaceous angiosperm) และหาได้ยากในพืชชั้นต่ำ โดยเฉพาะในแบคทีเรียและสาหร่าย แต่ในรา *Aspergillus candidas* มี chlorflavonin ซึ่งมีฤทธิ์ต้านจุลชีพ ฟลาโวนอลกลัยโคไซด์ที่ใช้ในทางเภสัชกรรม คือ Rutin จากใบอีหรุด (*Ruta graveoleus*) มีคุณสมบัติเสริมความแข็งแรงของหลอดเลือดฝอย

Flavone

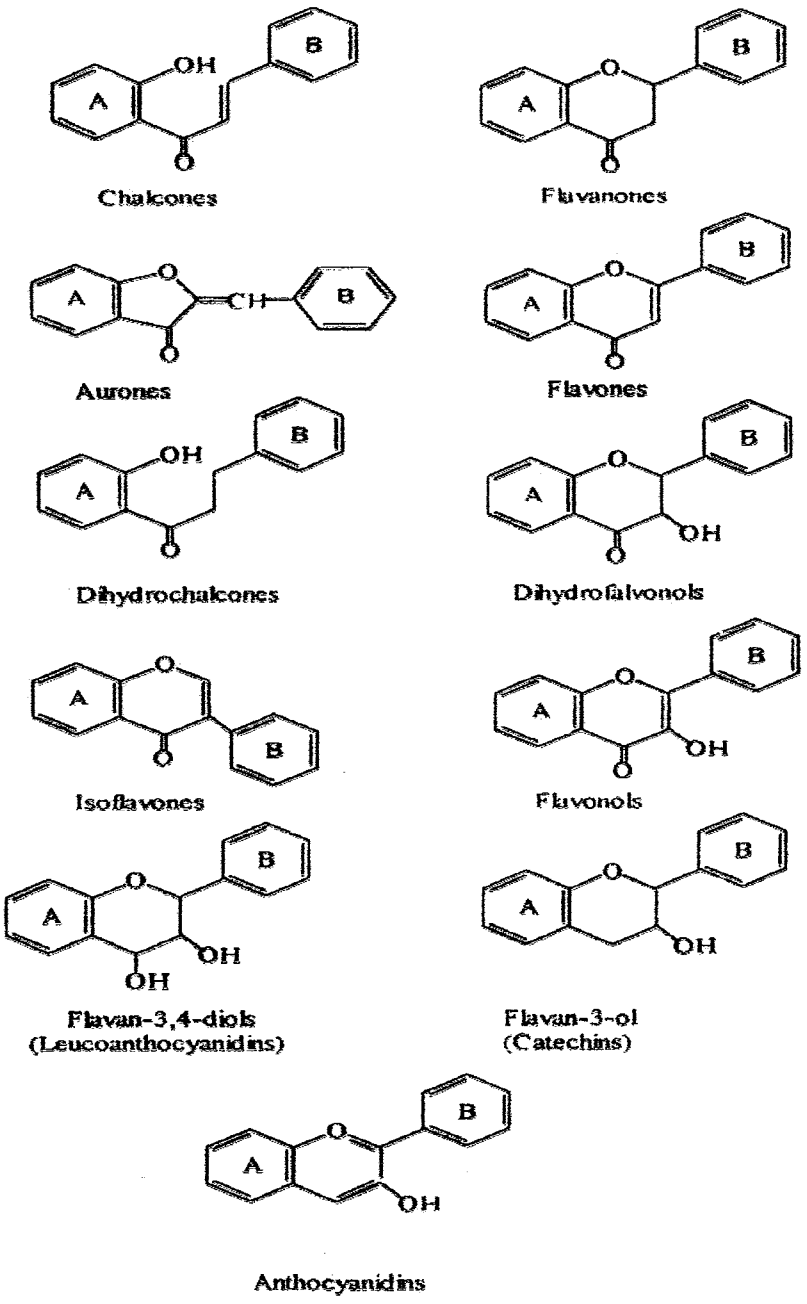
มักพบในเปลือกไม้ แก่นไม้ ผลและราก ให้สีเหลืองอ่อนถึงแก่ ตัวอย่างของฟลาโวนที่รู้จักกันดี คือ Morin(5, 7, 2, 4-tetrahhydroxy flavonol) จาก เปลือกของขนุน *Artocarpus* spp.

Isoflavonoid

มีโครงสร้างต่างจากฟลาโวนอยด์ชนิดอื่นๆ คือ ตรงส่วนของคาร์บอนที่เชื่อมต่อระหว่าง A- และ B-ring branch เป็นกลุ่มของฟลาโวนอยด์ที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา เช่น Rotenone จาก Derris spp. มีฤทธิ์เบื่อปลา, Coumestrol จากเพื่อตระกูลถั่ว Trifolium spp. มีฤทธิ์ oestrogenic จึงทำให้สัตว์ในทุ่งหญ้าเป็นหมันได้ (clover disease) และ Pisatin เป็น phytoalexin คือยับยั้งการเจริญของเชื้อราบนผิวของพืชจาก Soya bean ถั่วต่าง ๆ โดยเฉพาะถั่วเหลือง เป็นแหล่งสะสม isoflavones เช่น daidzein และ geistein

isoflavones เป็นที่รู้จักกันดีในนามของ phytoestrogens ซึ่งหมายถึงกลุ่มสารที่มีโครงสร้างทางเคมีคล้าย estrogen และสามารถจับกับ estrogenic receptor ได้ ประโยชน์ของ phytoestrogens คือ สามารถป้องกันสภาวะเสื่อมต่าง ๆ ของร่างกายได้ เช่นป้องกันการเกิดมะเร็งเต้านม มะเร็งต่อมลูกหมาก ป้องกันการเกิดโรคเกี่ยวกับระบบหัวใจและหลอดเลือด ป้องกันการเกิดภาวะกระดูกพรุนและปัญหาวัยทอง

ความสามารถในการจับกับ estrogenic receptor ของ isoflavones อ่อนกว่าความสามารถของ estrogen estradiol ถึง 1000 เท่า แต่ที่น่าสนใจคือ isoflavones มีทั้งคุณสมบัติ estrogenic และ anti-estrogenic กล่าวคือ ในกรณีที่ร่างกายขาด estrogen สารกลุ่ม isoflavones ที่มีอยู่ในร่างกายจะทำหน้าที่ทดแทน estrogen ได้ ในกรณีที่ร่างกายมี estrogen มากเกินไป isoflavones จะสามารถเข้าไปแย่งจับที่ estrogenic receptor เป็นการป้องกันการที่ receptor ถูกกระตุ้นมากเกินไป ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับมะเร็งได้



รูปที่ 5 โครงสร้างของฟลาโวนอยด์กลุ่มต่างๆ

ที่มา : Packer et al. 1999.; Davies et al. 1988.; Havsteen 1983.

ตารางที่ 6 แสดงแหล่งพืชธรรมชาติที่ประกอบด้วยสาร Isoflavones

Class	Flavonoids	Food sources
Flavones	Apigenin,	Celery, parsley, thyme
	Luteolin	Red pepper
Flavonols	Quercetin	Onions, lettuce, broccoli, tomato, berries, olive oil, apple peels, tea, red wine
	Kaempferol	Kale, leek, broccoli, endives, grapefruit, black tea
	Myricetin	Cranberry grapes, red wine
Isoflavones	Genistein	Soy beans, legumes
	Genistin	Soy beans, legumes
	Daidzein	Soy beans, legumes
Flavanols	Catechin	Tea (camellia sinensis)
	Epicatechin	Tea
	Epigallocatechin gallate	Tea
Flavanones	Hesperetin	Citrus fruits
	Naringenin	Citrus fruits, grapefruit
Anthocyanins	Cyanidin	Berries, cherries, grapes

ที่มา : Khantamat, et al. 2004.

Anthocyanin

แอนโธไซยานินเป็นเม็ดสีที่ละลายน้ำให้สีแดง ม่วง ฟ้า พบในใบ ดอก ผล น้ำผลไม้ และในเหล้าองุ่น มีความคงตัวสูง จึงมีความสำคัญในเชิงธุรกิจ แอนโธไซยานินเป็นกลัยโคไซด์ของ anthocyanidin ซึ่งมีโครงสร้างเป็น Flavylium salt ได้มาจาก cetechin และ proanthocyanidin ซึ่งเป็นสารที่ไม่มีสี มักพบในพืชชั้นสูง (woody plant) เมื่อต้มสารจำพวก proanthocyanidin กับกรดจะให้ anthocyanidin

สารเหล่านี้ ได้แก่ monomer ของ flavan-3,4-diols (leucoanthocyanidin), dimmer ของ catechin และ anthocyanidin หรือ condensed tannin ในองุ่น

เม็ดสีแอนโธไซยานินทั่วๆไปมีสีแดงในสารละลายที่เป็นกรด เมื่อ pH สูงขึ้น (6.8-8.0) ได้สีม่วงของ anhydro base และได้สีฟ้าเมื่อเกิดเป็น salt form ที่ pH สูงขึ้นไปอีก ในธรรมชาติมีสีจากแอนโธไซยานิน มากมาย เนื่องจากมีการเกิดเป็น complex กับ โลหะ ฟีนอล และ แทนนิน รวมทั้งชนิดของอะกลัยโคน และปริมาณน้ำตาลในโมเลกุล ความเข้มข้นของเม็ดสีนั้น และการรวมตัวของสารอื่นๆ เช่น pectin และแป้ง หรือร่วมกับเม็ดสีอื่นๆ เช่น flavonoid กลุ่มอื่นๆ (co-pigmentation) ตัวอย่างเช่น สีของพุทธรักษา Cannageneralis ไอริส Iris setosa และดอกสีตรัง Jacaranda mimisifolia เป็นต้น

แทนนิน (tannins)

แทนนิน คือ กลุ่มของสารประกอบที่ได้มาจากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น เปลือก ใบ ผล เปลือกผล ซึ่งมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี สามารถรวมตัวกับโปรตีนในหนังสัตว์ ในปัจจุบันได้มีการนิยามว่า แทน

นิน คือ สารประกอบฟีนอลิคที่ได้จากธรรมชาติที่มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 500 และ 3,000 ทั้งยังมีหมู่ฟีนอลิคไฮดรอกซี (phenolic hydroxy) อิสระอยู่จำนวนหนึ่ง (1-2 ต่อ 100 หน่วยน้ำหนักโมเลกุล) ที่สามารถเชื่อมโยงได้สารประกอบโปรตีนและสารไบดอโพลีเมอร์ (biopolymer) เช่น เซลลูโลส (cellulose), เพคติน (pectin) ได้สารใหม่ที่มีคุณสมบัติคงตัว

ธรรมชาติของแทนนินนั้นพบว่ามีการกระจายตัวอยู่ในอาณาจักรของพืชเกือบทุกวงศ์ และเกิดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่เด่นมากในพืชใบเลี้ยงคู่จำนวนมากมาย แต่ในพืชชั้นต่ำเช่น เชื้อรา สาหร่าย มอสส์ ลิฟเวอร์เวิร์ท (liverworts) ตลอดจนพวกหญ้าทั้งหลาย พบว่ามีแทนนินเป็นองค์ประกอบอยู่น้อยมาก

แทนนินประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน คือ

1. True tannin เป็นคุณสมบัติทั่วๆ ไปของแทนนินและสามารถทำให้ตกตะกอนได้ด้วยสารละลาย เจลาติน
2. Non-tannin polyphenol เป็นส่วนที่ไม่สามารถตกตะกอนได้ด้วยเจลาติน เช่น แกลลิค แอซิด (gallic acid) และ เอาลากิค แอซิด (ellagic acid)
3. Colored compounds เป็นสารประกอบกลุ่มของแอนโธไซยานิน (anthocyanin) และ ฟลาโวน (flavone)

คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแทนนิน

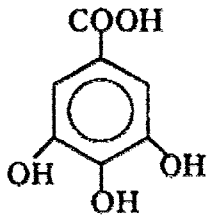
1. แทนนินสามารถละลายได้ในน้ำ แอลกอฮอล์ อะซิโตน และไพริดีน แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายไขมัน (fat soluble) เช่น อีเทอร์คลอโรฟอร์ม แต่เมื่ออยู่ในน้ำจะมีสภาพเป็นคอลลอยด์
2. เมื่อทำปฏิกิริยากับเกลือของเหล็ก จะเป็นสีน้ำเงินหรือสีเขียว
3. สามารถตกตะกอนได้โดยเกลือของโลหะ เช่น copper acetate, lead acetate, stannous chloride, potassium dichromate
4. สามารถทำให้สารแอลคาลอยด์ (alkaloid) ตกตะกอนได้ และสีอินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นเบส สามารถตกตะกอนได้เช่นกัน
5. ในสารละลายที่มีความเป็นด่าง แทนนินจะถูกดูดซับอิออนและเปลี่ยนเป็นสีคล้ำ
6. เมื่ออยู่ในสารละลาย potassium ferric cyanide และแอมโมเนียจะเกิดเป็นสีแดงเข้ม

ประเภทของแทนนิน

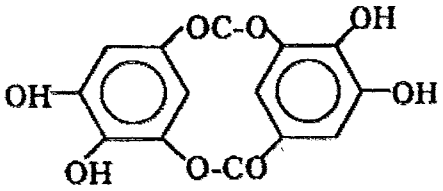
แทนนินเป็นสารประกอบเชิงซ้อนฟีนอลิค (complex phenolic compound) ที่ซับซ้อนเป็นส่วนมาก ประกอบไปด้วยคาร์บอน ไฮโดรเจนและออกซิเจนมีรูปผลึกไม่แน่นอน (amoephous) และไม่

สามารถตกผลึกได้ (uncrytallization) ยากที่จะสกัดออกมาได้อย่างบริสุทธิ์ ดังนั้นจึงเป็นเรื่องยากที่จะเข้าใจโครงสร้างของแทนนิน ด้วยเหตุนี้การแบ่งชนิดของแทนนินจึงขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของโครงสร้างของโมเลกุลการแยกสลายด้วยน้ำ (hydrolysis) ด้วยความร้อน กรด ด่าง เอนไซม์ และเชื้อราต่างๆ ดังนั้นจึงสามารถแบ่งแทนนินออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนิน (hydrilyzable tannin) หรือ pyrogallol tannin คือแทนนินที่มีโครงสร้างเป็นสารประกอบโพลี่ฟีนอลที่ซับซ้อน ซึ่งสามารถสลายตัวได้ง่ายเมื่อทำการแยกสลายด้วยน้ำ แทนนินชนิดนี้เป็นเอสเทอร์ระหว่างน้ำตาล 1 โมเลกุล กับกรดโพลีคาร์บอกซิลิก (polycarboxylic acid) อีก 1 หรือมากกว่า 1 โมเลกุล น้ำตาลส่วนใหญ่ที่พบมักเป็นน้ำตาลกลูโคส (glucose) เกิดการเชื่อมโยงแบบเคปไซด์ (depside linkage) ทำให้แทนนินสามารถถูกไฮโดรไลซ์ได้ง่ายด้วย กรด ด่าง และเอนไซม์บางชนิด ซึ่งไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนินยังสามารถแบ่งออกได้อีก 2 ชนิด คือ



gallic acid

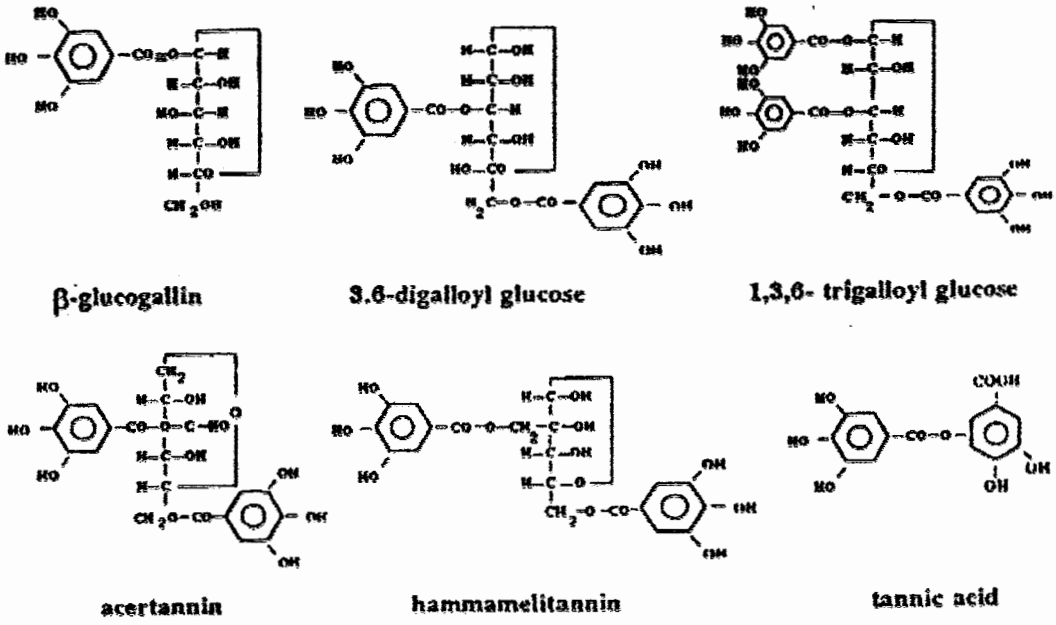


ellagic acid

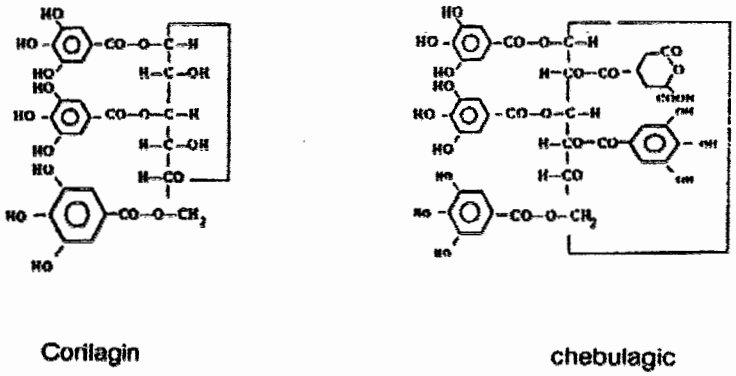
รูปที่ 6 ลักษณะโครงสร้างของกรดที่ได้จากการแตกสลายของไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนิน

แกลโลแทนนิน (gallotannin) เป็นแทนนินที่มีโครงสร้างของโมเลกุลประกอบด้วยกรดแกลลิค (3,4,5-hydroxybenzoic) ตั้งแต่ 2 โมเลกุลขึ้นไป เชื่อมต่อกันหรือเชื่อมต่อกับน้ำตาลด้วยพันธะเอสเทอร์ เพราะฉะนั้นเมื่อถูกย่อยสลายจะได้กรดแกลลิค และน้ำตาล ตัวอย่างของแทนนินชนิดนี้ได้แก่ β-glucogallin พบในต้น Chinese rhuard (Rheum officinate) 3,6-digalloyl glucose ในลูกสมอ (*Terminalia chebula*) 1,3,6-trigalloyl glucose acertannin ในใบของ Korea maple (*Acergimale*) hamamelitannin ในเปลือก *Hamameles viginiana* tannic acid และเปลือกของต้นโอ๊คใน sumax

เอลลาจิแทนนิน (ellagitannin) โครงสร้างของโมเลกุลประกอบด้วยกรดแอลลาจิกและน้ำตาลเชื่อมต่อกันด้วยพันธะเอสเทอร์ เมื่อถูกย่อยสลายจะได้กรดแอลลาจิก และน้ำตาล ตัวอย่างของแทนนินชนิดนี้ได้แก่ corilagin พบในลูกสมอ chebulagic และ ดีวี-ดีวี



รูปที่ 7 ลักษณะโครงสร้างของแกลโลแทนนินบางชนิด

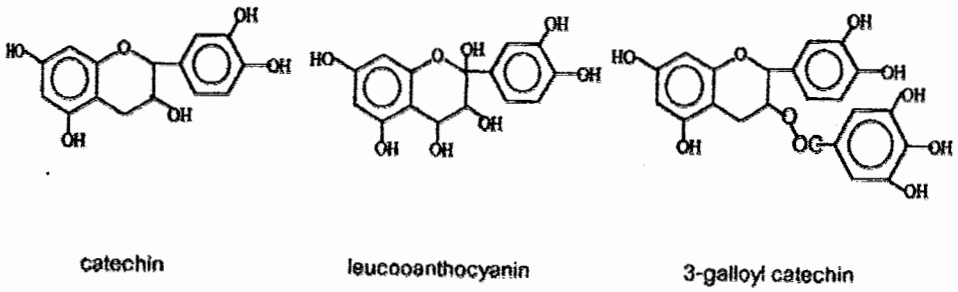


รูปที่ 8 ลักษณะของโครงสร้างของแอลลาจิกแทนนินบางชนิด

2. คอนเดนซ์แทนนิน (condensed tannin) หรือ catechin หรือ phlobatannin

คอนเดนซ์แทนนิน คือ แทนนินชนิดรวมตัวกันแน่นเป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างของโมเลกุลซับซ้อนมาก จัดอยู่ในประเภทโพลีฟีนอล (polymeric polyphenol) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ 500-3000 ขึ้นไป ถูกย่อยสลายได้ยาก ประกอบด้วยโพลีไฮดริกฟีนอล (polyhydric phenols) ซึ่งเชื่อมกันเป็นโมเลกุลใหญ่ด้วย C-C linkage ไม่สามารถไฮโดรไลซ์ได้ด้วยกรดหรือด่าง แต่ละลายได้ดีในน้ำร้อน แอลกอฮอล์ และอะซิโตน พบมากในพืชชั้นสูงกว่าพืชไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนิน รายละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างของแทนนินและการแบ่งชนิดของแทนนินชนิดนี้ยังไม่แน่นอน จากการศึกษาพบว่าคอนเดนท์แทนนินทุกตัวถูกสร้างขึ้นมาจากสารตั้งต้นคือ Catechin (3,5,7,3,4-pentahydroxy flavan) หรือ

flavonol (5,7,3,4-tetrahydroxy flavan 3-ol) เป็นโครงสร้างหลักโดยจะรวมตัวกับกรดหรือสารอินทรีย์ต่างๆ ทำให้น้ำหนักโมเลกุลสูงขึ้น เมื่อนำคอนเดนซ์แทนนินไปต้มกับกรดจะเกิดโพลีเมอร์ไรเซชัน (polymerization) ได้ตะกอนสีแดง เรียกแทนนินชนิดนี้ว่า tannin red หรือ insoluble amorphous phlobaphene แทนนินชนิดนี้ได้แก่ 3-galloyl catechin พบในใบชา leucoanthocyanin พบในผลไม้สุก



รูปที่ 9 ลักษณะโครงสร้างคอนเดนท์แทนนินบางชนิด