บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิเคราะห์ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มสารกาบาในเมล็ดต้นอ่อนทานตะวันงอกด้วยกรดกลูตามิกดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ต้นอ่อนทานตะวัน เป็นผักชนิดใหม่ที่กำลังแพร่หลาย ด้วยคุณสมบัติของพืชงอกที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ที่ผ่านมารู้จักเมล็ดทานตะวันในแง่ของเมล็ดพืชให้น้ำมัน ที่มีคุณค่าทางอาหารมากมาย แต่ข้อมูลจากการศึกษาและวิจัยพบว่า ต้นอ่อนของเมล็ดทานตะวัน มีโปรตีนสูงกว่าถั่วเหลือง มีวิตามินเอและวิตามินอีสูง บำรุงสายตา ผิวพรรณและชะลอความชรา มีวิตามิน บี ๑ บี ๒ โอเมก้า ๓ โอเมก้า ๖ โอเมก้า ๙ ซึ่งช่วยบำรุงเซลล์สมอง ป้องกันโรคสมองเสื่อม (อัลไซเมอร์) และธาตุเหล็กสูง นอกจากนี้ต้นอ่อนทานตะวัน ยังมีสารอาหารอื่นๆ อีกหลายตัวด้วยกัน เช่น วิตามินเอ วิตามินอี โปรตีน ฯลฯ ขั้นตอนในการเพาะเมล็ดทานตะวันจะมีการให้รับแสงทำให้เกิดการสังเคราะห์แสง ในใบของต้นอ่อนทานตะวันจึงมีคลอโรฟิลล์สูงกว่าถั่วงอกธรรมดา ต้นอ่อนทานตะวันจึงเหมาะในการนำมาปรุงเป็นอาหารสุขภาพอีกชนิดหนึ่ง สารกาบามีความสำคัญในการทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท (Neurotransmilter) ประเภทสารยับยั้ง (Inhibitor) ในระบบประสาทส่วนกลาง หลักการทำงานของสารกาบาคือ เมื่อสมองหรือระบบประสาทของมนุษย์มีความเครียดมากๆ โดยอาจเกิดจากนอร์เอพิเนฟริน (norepinephrine) หรืออิพิเนฟริน (epinephrine) สารจำพวกนี้เป็นสารที่ทำให้ตื่นเต้น เกิดความเครียด ความวิตกกังวล หรือความกลัว และเพื่อลดอาการเหล่านี้สมองจึงผลิตสารสื่อประสาท ซึ่งเป็นหนึ่งในสารกาบา มีผลยับยั้งการกับระบบประสาท โดยจะทำหน้าที่รักษาสมดุลในสมอง ทำให้สามารถต้านทานคลื่นกระตุ้นประสาทได้ดี ช่วยทำให้สมองผ่อนคลายและนอนหลับสบาย หากในสมองมีสารกาบาน้อยเกินไป สมองก็จะคิดปรุงแต่งมากขึ้น เพราะขาดการยับยั้ง อาจทำให้มีอาการวิตกกังวล เพราะหยุดหรือควบคุมความคิดของตนเองไม่ได้ดีอีกด้วย จากการศึกษาและวิจัย พบว่าการบริโภคข้าวกล้องงอกซึ่งมีสารกาบามากกว่าข้าวกล้องปกติ 15 เท่า จะสามารถป้องกันการทำลายสมองและโรคสูญเสียความทรงจำได้ ดังนั้น จึงได้มีการนำสารกาบามาใช้ในวงการแพทย์เพื่อการรักษาโรคเกี่ยวกับระบบประสาทหลายโรค เช่น โรควิตกกังวล โรคนอนไม่หลับ โรคลมชัก เป็นต้น รวมทั้งผลการวิจัยด้านสุขภาพ ระบุว่าข้าวกล้องงอกที่ประกอบด้วยสารกาบา ทำหน้าที่ช่วยกระตุ้นต่อมไร้ท่อ (Anterior Pituitary) ซึ่งทำหน้าที่ผลิตฮอร์โมนที่ช่วยในการเจริญเติบโต ทำให้เกิดการสร้างเนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ

กระชับ ป้องกันการสะสมไขมัน มีผลช่วยลดความดันโลหิต ลดไลโปโปรตีนโคเลสเตอรอลชนิดความหนาแน่นต่ำ (low Density Lipoprotein, LDL) ในเลือด ลดน้ำหนัก ทำให้ผิวพรรณดีอีกด้วย ระบบประสาทถูกสร้างขึ้นจากเซลล์ประสาท ที่เรียกว่าเซลล์ประสาทของแต่ละบุคคล ซึ่งทำหน้าที่เป็นสายไฟของร่างกาย สัญญาณประสาทจะถูกส่งผ่านความยาวของเซลล์ประสาท ในฐานะที่เป็นแรงกระตุ้นไฟฟ้า เมื่อแรงกระตุ้นเส้นประสาทที่มาถึงจุดสิ้นสุดของเซลล์ประสาท ที่จะสามารถกระโดดข้ามไปยังเซลล์ถัดไปโดยใช้สารเคมีที่เรียกว่าสารสื่อประสาท ในระบบประสาทส่วนกลางซึ่งประกอบด้วยสมอง และเส้นประสาทไขสันหลังที่สารสื่อประสาท ผ่านจากเซลล์ประสาทไปยังเซลล์ประสาท ในระบบประสาทซึ่งถูกสร้างขึ้นจากเส้นประสาท ที่วิ่งออกมาจากระบบประสาทส่วนกลางกับส่วนที่เหลือของร่างกาย สัญญาณทางเคมีผ่านระหว่างเซลล์ประสาท และกล้ามเนื้อ อยู่ติดกันหรือเซลล์ ต่อมกลูตาเมตและกาบาเป็นสารสื่อประสาทที่มีมากที่สุด ในระบบประสาทส่วนกลางและโดยเฉพาะในเปลือกสมองซึ่งเป็นที่ที่ความคิดและความรู้สึกที่เกิดขึ้นจะถูกตีความ

กาบาถูกค้นพบครั้งแรกในพืชและแบคทีเรีย ในค.ศ. 1883 ซึ่งเป็นผลิตผลจากกระบวนการเมตาบอลิซึมต่อมาพบว่า สารกาบาในระบบประสาทส่วนกลางของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม (Roth et al., 2003) กาบาพบได้ทั้งในสิ่งมีชีวิต พวกโปรคาริโอตและยูคาริโอต (Akama et al.,2001) ในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม สารกาบานั้นทำหน้าที่เป็นสารยับยั้งสารสื่อประสาทในประสาทส่วนกลาง โดยพบมากถึง 30-40 % ของไซแนบ (Best, 1990) แต่ในพืชถึงแม้จะไม่ทราบผลที่แน่ชัดของบทบาทของสารกาบา จากงานวิจัยที่มีการศึกษาผลของกาบาต่อพืชนั้นพบว่าสารกาบาสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาให้กับสตรอเบอร์รี แอ้ปเปิ้ล และมะเขือเทศ (Deewatthanawong, 2006)

กาบาเป็นสารที่ประกอบด้วย 4 อะตอมของคาร์บอน ซึ่งกาบาไม่ใช่โปรตีน (Shelp, 1999) ชื่อ IUPAC คือ 4-amino butyric acid โดยมีหมู่อะมิโนบริเวณแกมมาคาร์บอน ที่ 25 องศาเซลเซียส ความดัน 100 kPa มีมวลโมเลกุล 103.12 g/mol จุดหลอมเหลว 203 องศาเซลเซียส กาบาเป็นสารที่มีความสามารถในการละลายน้ำสูง และเป็นสารที่สามารถเป็นได้ทั้งสารประจุบวก และประจุลบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง pH (pH เท่ากับ 4.03 และ 10.56 (Shelp, 1999)

2.1.1 กระบวนการการเผาผลาญสารกาบา (GABA metabolism)

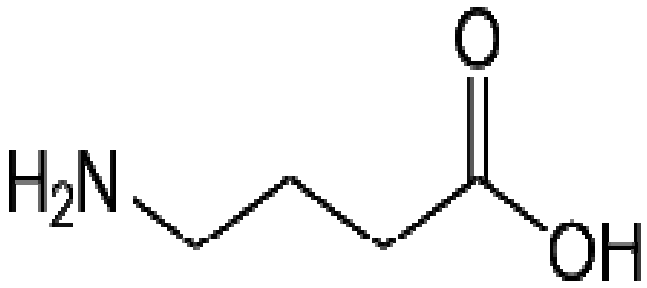
กระบวนการสังเคราะห์ สารกาบามีความเชื่อมโยงกับวัฏจักรเครป วัฏจักรการเปลี่ยนกรดกลูตามิกให้เป็นกรดซัคซินิคโดยมีสารกาบาเป็นสารระหว่างกลาง เรียกว่า GABA shunt ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเริ่มจากปฏิกิริยาที่ผันกลับไม่ได้ ของปฏิกิริยา α-decarboxylation ของกรดกลูตามิกโดยเอนไซม์ glutamate decaboxylase (GAD, EC 4.1.1.15) โดยมีวิตามินบี 6 และอนุพันธ์เป็นโคเอนไซม์ที่มีความสำคัญในการสังเคราะห์สารกาบา ด้วยเช่นกัน

(Messer, 2000) มีการทดลองการเปลี่ยนกรดกลูตามิก (C_{14}) โดยเอนไซม์ GAD พบว่าผลิตผลที่ได้คือ $^{14}CO_2$ และสารกาบาซึ่งเป็นการพิสูจน์ว่าเอนไซม์ GAD เป็นปฏิกิริยา decarnoxylation (Tuin L. G. and Shelp B.J., 1994; Chung et al, 1992)

ในสิ่งมีชีวิตเอนไซม์ GAD จะมีค่าความเหมาะสมในการทำงาน ค่ากิจกรรมแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับแหล่งที่มาของเอนไซม์ (Bown and shelp, 1989; Satyanarayan et al, 1990) เอนไซม์ GAD มีความจำเพาะต่อ L-glutamate ซึ่งสามารถระงับการทำงานของเอนไซม์นี้ได้ด้วยการเติมสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับหมู่ sulfhydryl สำหรับค่า pH ที่เหมาะสมของเอนไซม์ GAD อยู่ที่ประมาณ 5.8 (Barum et al. 1993; Gallego et al, 1995; Yu and Oh, 1998; Turano et al, 1998)

ขั้นที่สอง สารกาบาจะถูกเปลี่ยนให้เป็น ซัคซินิกเซมิแอลดีไฮด์ โดยเอนไซม์ GABA transaminase (GABA-T. EC 2.6.1.19) ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนี้เป็นปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ เอนไซม์ GABA-T มีช่วงค่า pH ที่เหมาะสมที่ค่อนข้างกว้าง คืออยู่ในช่วง 8-10 (shelp et al. 1995)

ขั้นตอนสุดท้ายของ GABA shunt คือซัคซินิกเซมิแอลดีไฮด์ จะถูกเปลี่ยนให้เป็น ซัคซิเนตโดย succinic semialdehyde dehydrogenase (SSADH; EC 1.2.1.16) ซึ่งค่าความเหมาะสมของ pH เอนไซม์นี้อยู่ในช่วงประมาณ 9 (Bouchereau et al, 1999)



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของกรดแกมมาอะมิโนบิวทิริก

ที่มา http://en.wikipedia.org/wiki/Gamma-Aminobutyric_acid

2.1.2 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการสังเคราะห์สารกาบา

(1) สารชีวเคมีและ pH

เนื่องจากเอนไซม์ GAD ต้องใช้ H^+ ในการสังเคราะห์สารกาบา ซึ่งสามารถทำให้ควบคุมค่า pH ภายในเซลล์พืชเมื่อเกิดความเครียดได้ (Brown, A.W and Shelp, B.J., 1997) จากข้อมูลการทดลองติดตามปริมาณ H ด้วยเครื่อง NMR spectroscopy ในรากข้าวโพดที่สภาวะขาดออกซิเจน พบว่ามีความสอดคล้องกันระหว่างประมาณ H ที่ลดลงกับปริมาณกาบาที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Crawford และคณะ (1994) ที่ศึกษาการเพิ่มปริมาณ pH ในเซลล์หน่อไม้ฝรั่ง พบว่า pH มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มของสารกาบาโดย pH ในเซลล์ลดลงครึ่งหนึ่งภายใน 2 วินาทีแรก แต่สารกาบาเพิ่มขึ้น 200-300 % ภายใน 15 วินาที (Shelp et al, 1999)

(2) ปริมาณไนโตรเจน

โดยปกติแล้วปริมาณกลูตาเมตในเซลล์ จะเพิ่มขึ้นได้ก็ต่อเมื่อปฏิกิริยาของการสังเคราะห์กลูตามีนหยุด และกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนลดลง หรือปริมาณการสลายโปรตีนมากขึ้น (Satyanarayan et al, 1990) ดังนั้นการเพิ่มปริมาณสารกาบา ด้วยวิธีการเพิ่มกลูตาเมตภายในเซลล์จึงขึ้นอยู่กับปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ คือเมื่อมีปริมาณโปรตีนในเซลล์มาก ก็จะสามารถผลิตกลูตาเมตได้มาก (Chang et al, 1992)

(3) อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นอีกหนึ่งปัจจัยทีมีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ GAD ซึ่งเอนไซม์ GAD ที่ได้จากแหล่งที่มาต่างกัน จะมีสภาพที่เหมาะสมในการทำงานของเอนไซม์ ที่แตกต่างกัน เช่น เอนไซม์ GAD ในถั่วฝักยาว ทำงานได้ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ส่วนเอนไซม์ GAD ในข้าวทำงานได้ดีที่ อุณหภูมิ 35-45 องศาเซลเซียส (Zhang et al, 2002)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับการเพิ่มสารกาบาในเมล็ดต้นอ่อนทานตะวันงอก ด้วยกรดกลูตามิก พบว่าจากการศึกษาของ

จารุรัตน์ สันเต และคณะ (2550) ในการหาปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวเทริก ในผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอก (หอมมะลิ105) ที่สภาวะแตกต่างกัน พบว่าการแช่ข้าวกล้องหอมมะลิ 105 ในสารละลาย pH 5 ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานาน 3 ชั่วโมง มีปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวเทริกมากที่สุด (21.93 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง) และการแช่ข้าวในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (1 mM, pH 5) ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง ซึ่งมีปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวเทริกสูงที่สุด (31.18 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง)

นอกจากนี้จากการศึกษาของ ปริชาติ หิรัญพงษ์ และวรรณา ตั้งเจริญชัย (มปป) ซึ่งใช้สาย

พันธุ์ข้าวที่แตกต่างกัน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวดอกมะลิ105 กข 23 และชัยนาท 1 พบว่าหลังจากแช่ข้าวกล้องในน้ำที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง มีปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวเทริกเท่ากับ 76 77 และ 186 มิลลิกรัมต่อจมูกข้าว 100 กรัม ตามลำดับ พัชรี ตั้งตระกูล และคณะ (มปป) ได้ศึกษาการเพิ่มปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวเทริก ในคัพภะข้าวเจ้าและข้าวเหนียว รวม 14 สายพันธุ์ โดยการแช่น้ำ พบว่าข้าวเหนียวมีปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวเทริก โดยเฉลี่ยสูงกว่าคัพภะข้าวเจ้า แม้ว่าข้าวเหนียวจะมีคัพภะน้อยกว่าข้าวเจ้า แต่เมื่อเทียบเป็นสัดส่วนของกรดแกมมาอะมิโนบิวเทริก ที่มีในเมล็ดข้าวทั้งหมด พบว่าข้าวเจ้ามีกรดแกมมาอะมิโนบิวเทริก ในสัดส่วนที่สูงกว่าข้าวเหนียว และผลที่ได้พบปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวเทริกเพิ่มขึ้น หลังจากการแช่คัพภะในน้ำนาน 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

Varanyanond *et al*. (2005) ศึกษาการแช่คัพภะข้าวในน้ำที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0 0.5 1.0 1.5 และ 4 ชั่วโมง ต่อปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวเทริกของข้าว 6 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวดอกมะลิ 105 ประทุมธานี 1 ชัยนาท 1 สุพรรณบุรี 1 หลวงประทิว 123 และพลายงาม พบว่าข้าวพันธุ์พลายงามมีปริมาณคัพภะสูงสุด ในขณะที่พันธุ์ประทุมธานี 1 มีปริมาณคัพภะต่ำสุด ระยะเวลาในการแช่ข้าวในน้ำและสายพันธุ์ข้าว มีผลต่อปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวเทริกในคัพภะ โดยเมื่อระยะเวลาในการแช่ข้าวเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวเทริก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในข้าวดอกมะลิ 105 ประทุมธานี 1 ชัยนาท 1 สุพรรณบุรี 1 และหลวงประทิว 123 และพบปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวเทริก สูงสุดในข้าวประทุมธานี 1 หลังจากแช่ข้าวในน้ำนาน 4 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งมีปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวเทริก เท่ากับ 555.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมคัพภะ ปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวเทริก สามารถวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง GC ซึ่งมีงานวิจัยจำนวนมากใช้เครื่องดังกล่าว วิเคราะห์หาปริมาณกรดแกมมาอะมิโนบิวเทริก โดยมีการใช้ column และ detector ที่แตกต่างกันออกไป