บทที่2

ตรวจเอกสาร

ข้าวเหนียวก่ำพื้นเมือง เป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองในแถบภาคเหนือและภาคอีสานมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างไปจากข้าวชนิดอื่นและข้าวในกลุ่มเดียวกัน ซึ่งสามารถสังเกตเห็นความแตกต่างได้ชัดเจนและเป็นที่น่าสนใจ คือการปรากฏของสีบนต้นข้าว ซึ่งการปรากฏสีและความเข้มของสีที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันไปตามพันธุ์ ลักษณะเฉพาะที่แตกต่างไปจากข้าวทั่วไปที่เห็นอย่างชัด คือการปรากฏของสีม่วงบนส่วนต่างๆ ของต้น เช่น กาบใบ แผ่นใบ กลีบดอก เปลือกเมล็ด และเยื่อหุ้มเมล็ด เป็นต้น ปริมาณของสีจะเข้มข้นแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของแอนโทไซยานินที่แต่ละพันธุ์นั้นสามารถสะสมได้ (ดำเนิน และ ศันสนีย์, 2543)โดยเฉพาะเปลือกของข้าวกล้อง (aleurone layer) ที่มีสีม่วงดำหรือแดงก่ำ สารที่ทำให้เกิดสีนี้เป็นสาร ประกอบ (pigments) พวกแอนโทไซยานิน (anthocyanins) ซึ่งสารประกอบประเภทนี้จะให้สีแตกต่างกันไปตั้งแต่สีชมพูจนถึงม่วงดำ และจะมีการกระจายของสารประกอบไปยังส่วนต่างๆ ของต้นข้าวแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ โดยส่วนใหญ่จะพบในทุกส่วนของต้นข้าวทั้งที่เป็นส่วนของลำต้น (vegetative organs) และเกือบทุกส่วนของช่อดอก (flora organs) ยกเว้นในส่วนของ คัพภะ (embryo) หรือแป้งอาหาร (endosperm) ที่ไม่มีสีของแอนโทไซยานิน Chang (1964) นอกจากนี้ ดำเนินและศันสนีย์ (2543) พบความหลากหลายในการแสดงสีสันตั้งแต่สีเขียวไปจนถึงสีม่วงเข้มของลำต้น(node and internode) ใบ (leaf sheath and leaf blade) เมล็ด (hull and aleurone layer) โดยส่วนของกาบใบ (leaf sheath) และแผ่นใบ (leaf blade) จะปรากฏเป็นสีเขียวปนม่วงมากกว่าสีอื่นตรงกันข้ามกับเยื่อกันฝน (ligule) ที่มีสีม่วงเป็นส่วนมาก การแสดงสีของเยื่อกันน้ำฝนจะเป็นไปอย่างอิสระจากการแสดงสีของกาบใบและแผ่นใบ ส่วนปล้อง (internode) จะแสดงสีตามสีของกาบใบ แต่ไม่เกี่ยวข้องกับสีของแผ่นใบ สำหรับสีในส่วนของเมล็ดอันได้แก่ เปลือกหุ้มเมล็ด (hull) ที่พัฒนามาจากกลีบดอกชั้นใน (inner glume) และเปลือกหุ้มเมล็ดข้าวกล้อง (aleurone layer) ที่พัฒนามาจากผนังของรังไข่ (ovary wall) ไม่ได้มีความสัมพันธ์กันแต่อย่างใด โดยเปลือกหุ้มเมล็ดจะแสดงสีสันทั้งม่วงแก่ม่วงอ่อนและสีเหลืองฟาง ในขณะที่เปลือกหุ้มเมล็ดข้าวกล้องจะแสดงเฉพาะสีม่วงแก่หรือม่วงอ่อนเท่านั้น และการแสดงสีของลักษณะนี้จะเป็นอิสระไม่มีความสัมพันธ์ใดๆกับลักษณะอื่นของต้น สุณิสา (2542)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และปริมาณหรือความเข้มของแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาเจริญเติบโตของข้าว เช่นในการงอก มักไม่พบแอนโทไซยานินสามารถละลายได้ในน้ำ แต่ในช่วงหลังการออกดอกจะพบว่าแอนโทไซยานินจะไปสะสมรวมกันอยู่ที่ส่วนของใบ เปลือก และเมล็ดมากกว่าส่วนอื่น (สรศักดิ์, 2531)

พัฒนาการของข้าวก่ำพื้นเมืองและความสัมพันธ์กับค่าอุณหภูมิสะสม(Growing degree day) (GDD)

เป็นวิธีการคำนวณค่าของอุณหภูมิหรือพลังงานความร้อน (Heat Unit) จำนวนหนึ่งในแต่ละวันโดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด (maximum temperature) อุณหภูมิต่ำสุด (minimum temperature) ของอากาศในแต่ละวันตลอดช่วงฤดูปลูกของพืชแต่ละชนิด และอุณหภูมิวิกฤติต่ำสุดที่พืชแต่ละชนิดจะมีชีวิตอยู่รอดได้ แต่ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (base temperature) เพื่อนำค่าอุณหภูมิรายวันที่คำนวณได้ มาหาผลรวมของอุณหภูมิสะสม (accumulated growing degree-day หรือ $\sum$GDD) ที่สัมพันธ์กับระยะพัฒนาการของพืชจากระยะหนึ่งไปสู่อีกระยะหนึ่ง โดยไม่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาหรืออายุปลูกของพืช ดังนั้นจึงมีการนำข้อมูลในส่วนของอุณหภูมิที่พืชได้รับในแต่ละวันมาเป็นปัจจัยหนึ่งเพื่อใช้ในการทำนายการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชในแต่ละระยะตลอดจนกระทั่งพืชนั้นสุกแก่ (Huang et al., 1998) ซึ่งสามารถคำนวณได้ตามสมการดังนี้

$$\sum GDD = \frac{T.max + T.min}{2} - T\ base$$

เมื่อ T.max = อุณหภูมิสูงสุดประจำวัน

T.min = อุณหภูมิต่ำสุดประจำวัน

T.base = อุณหภูมิต่ำสุดที่พืชจะสามารถเจริญเติบได้ตามปกติ (T base ของข้าว = 8 องศาเซลเซียล)

ในกรณีที่ T.max เกิน 30 องศาเซลเซียล ให้ใช้ค่าอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียล แต่ถ้า T.max น้อยกว่า 30 องศาเซลเซียลให้ใช้ค่า T.max นั้นๆ

ศักดิ์ดา (2548) กล่าวไว้ว่า ระยะพัฒนาการของพืชในแต่ละช่วงระยะการเจริญเติบโตในวงจรชีวิตนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณความร้อนสะสมหรือค่าอุณหภูมิสะสมที่เรียกว่า accumulated growing degree-days ซึ่งมีหน่วยเป็นองศาเซลซียส ค่าอุณหภูมิดังกล่าวหมายถึงปริมาณความร้อน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หรือพลังงานความร้อนที่พืชต้องการ เพื่อที่จะพัฒนาหรือเปลี่ยนจากระยะการเจริญเติบโตจากระยะหนึ่งไปสู่อีกระยะการเจริญเติบโตอีกระยะหนึ่ง เช่น การกำเนิดใบแรกไปสู่การกำเนิดใบที่สอง หรือจากระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบไปสู่ระยะการเจริญเติบโตทางด้านสืบพันธุ์

เฉลิมพล (2542) ได้กล่าวว่าถึงแม้ว่าสภาพภูมิอากาศที่พืชขึ้นอยู่จะผันแปรไป อย่างไรก็ตาม พืชจะเจริญถึงระยะนั้นได้จะต้องมี GDD ถึงจำนวนที่กำหนดก่อนให้ ถ้าในระหว่างที่พืชนั้นขึ้นอยู่มีอากาศหนาวเย็นหรือมีอุณหภูมิต่ำ พืชก็จะต้องใช้เวลานานขึ้น เพื่อรวมอุณหภูมิที่ได้ถึงจำนวนที่กำหนดก่อน ในทางตรงกันข้ามถ้าพืชนั้นเจริญอยู่ในระหว่างที่มีอุณหภูมิสูง พืชก็ใช้จำนวนวันน้อยกว่าในการสะสมอุณหภูมิให้ได้จำนวนเดียวกันนั้น

กรณีการปลูกข้าวภายใต้สภาพที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันเท่ากับ 20 องศาเซลเซียส พันธุ์ข้าวที่มีอายุตั้งแต่วันปลูกจนถึงออกดอก 100 วัน จะมีอุณหภูมิสะสมเท่ากับ 2,000 องศาเซลเซียส แต่ภายใต้สภาวะที่มีอุณหภูมิสะสมรายวันเฉลี่ยเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส ข้าวพันธุ์นี้จะมีอายุตั้งแต่วันปลูกจนถึงออกดอกเพียง 80 วันเท่านั้น (Yoshida, 1981) สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการออกดอกของข้าว คือช่วงแสงและอุณหภูมิ โดยที่ข้าวจะตอบสนองต่อช่วงแสงและอุณหภูมิได้พร้อมๆกัน แต่ระดับการตอบสนองจะต่างกันไปขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว โดยอุณหภูมิมีผลต่อข้าวทั้งชนิดที่ไวต่อช่วงแสงและไม่ไวต่อช่วงแสง โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิสูงจะเร่งให้ข้าวออกดอกเร็วขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิต่ำทำให้การออกดอกของข้าวล่าช้าออกไป (Vergara and Chang, 1985)

สารประกอบฟีนอลิค

ในปัจจุบันพบสารประกอบฟีนอลิคมากกว่า 8,000 ชนิดในธรรมชาตินับจากโมเลกุลอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิค ฟีนิลโปรพานอยด์ และฟลาโวนอยด์ ไปจนถึงโครงสร้างโพลีเมอร์ที่ซับซ้อน เช่น ลิกนิน เมลานิน และแทนนิน เป็นต้น สำหรับในข้าวพบว่ามีสารประกอบฟีนอลิคหลายชนิดในสารสกัดจากส่วนต่างๆของเมล็ดข้าว เช่น ในส่วนรำข้าว (bran) มีสารประกอบฟีนอลิคชนิด ferulic acid, ρ-coumaric acid และ synapic acid (Yoshida et al., 1970)

สารประกอบฟีโนลิคเป็นสารที่พบได้ทั่วไปในพืช เป็นสารอินทรีย์ที่มีสูตรโครงสร้างเป็นวงแหวนอะโรมาติก ที่มีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) อย่างน้อย 1 กลุ่มหรือมากกว่า สามารถละลายน้ำได้ ที่พบในพืชมักอยู่รวมกับโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (glycosides) และพบได้ในส่วนของช่องว่างภายในเซลล์ (cell vacuole) โดยสารประกอบกลุ่มนี้ที่พบในธรรมชาติมีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน เท่าที่ศึกษาพบแล้วขณะนี้มีมากกว่า 1,000 ชนิด กลุ่มใหญ่ที่สุดที่พบจะเป็นกลุ่มของสารประกอบ flavonoids นอกจากนี้ยังมสารประกอบอื่นๆที่สำคัญจำแนกได้ดังนี้ (ศิริวรรณและสุวรรณ, 2527)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

-Simple phenolic compounds ได้แก่

ฟีนอลและกรดฟีนอลิค (phenolic acids) โดยทั้งนี้มีสูตรโมเลกุลที่มีวงแหวนอะโรมาติกเพียง วงเดียวเท่านั้น เป็นโครงสร้างที่ง่ายที่สุดในกลุ่มสารประกอบฟีนอลิค โดยกรดฟีนอลิคเกิดขึ้นได้ง่ายจากการที่เนื้อเยื่อพืชถูกทำให้สลายตัวด้วยกรด (acid hydrolysis) กรดฟีนอลิคที่พบในธรรมชาติโดยเฉพาะในพืชพวก angiosperm ได้แก่ *p*-hydroxybenzoic acid, vanillic acid, syringie acid และ protocatechuic acid ส่วนสารประกอบฟีนอลพบน้อยในรูปอิสระในพืช

-Phenylpropanoids

เป็นสารประกอบฟีนอลิคที่เกิดในธรรมชาติ มีสูตรโครงสร้างทางเคมีประกอบด้วยวงแหวนอะโรมาติกต่อกับ side chain ที่มีคาร์บอน 3 อะตอม ที่พบมากคือพวก hydroxycinnamic acid เป็นองค์ประกอบสำคัญของลิกนิน นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์กับการควบคุมการเจริญเติบโตและการต้านทานโรคของพืชด้วย (ศิริวรรณและสุวรรณ, 2527)

-Flavonoid pigments, flavonols และ flavonoids

เป็นกลุ่มของสารต้านออกซิเดชั่นที่สำคัญที่พบมากในพืชได้แก่ ชา กระเทียม น้ำมันมะกอก สมุนไพรหลายชนิด ผลไม้ และผัก เป็นต้น โดยจะมีกลไกการป้องกันเซลล์ได้หลายวิธี คือทำหน้าที่กำจัดโมเลกุลของอนุมูลอิสระและโลหะหนักที่เป็นพิษต่อเซลล์ ป้องกันกระบวนการสร้างอนุมูลอิสระภายในเซลล์ รวมถึงการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันในเซลล์ทำหน้าที่ในการป้องกันสารต้านออกซิเดชั่นชนิดอื่น เช่น วิตามินซี และการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของ low density lipoprotein ภายในเซลล์ ซึ่งจัดเป็นโมเลกุลที่ร่างกายไม่ต้องการโดยทำงานร่วมกับวิตามินอี (Smythies, 1998)

สารประกอบฟีนอลิคมีคุณสมบัติที่ได้รับความสนใจและเป็นสารที่มีบทบาทสำคัญคือ การเป็นสารต้านออกซิเดชั่นเนื่องจากมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ต้านไวรัส ต้านการอักเสบ และมีคุณสมบัติในการสลายลิ่มเลือด รวมไปถึงการเป็นสารต้านการก่อมะเร็งและสามารถลดความดันโลหิตจากฤทธิ์ขยายหลอดเลือด เหล่านี้เป็นต้น อีกทั้งยังทำหน้าที่กำจัดโมเลกุลของอนุมูลอิสระและกำจัดโลหะหนักที่เป็นพิษต่อเซลล์ ป้องกันกระบวนการสร้างอนุมูลอิสระภายในเซลล์ รวมถึงป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของกรดไขมันและโมเลกุลอื่นๆ ด้วยการให้อะตอมไฮโดรเจนแก่ อนุมูลอิสระ อนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิคค่อนข้างเสถียร ดังนั้นจึงไม่เกิดปฏิกิริยากับสารอื่นต่อไป นอกจากนั้นอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิคบางชนิดยังสามารถรวมกับอนุมูลอิสระตัวอื่นเพื่อยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของอนุมูลอิสระอีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณสมบัติของอนุมูลอิสระ (Free radical) และคุณสมบัติของสารต้านอกซิเดชั่น (antioxidant)

อนุมูลอิสระ (free radicals) หรือ Reactive Oxygen Species (ROS) คือโมเลกุลหรืออิออนที่มีอิเลกตรอนโดดเดี่ยวอยู่รอบนอกและมีอายุสั้นมากประมาณ 1 หรือ 10-3-10-10 วินาที จึงจัดว่าเป็นโมเลกุลที่ไม่เสถียรและว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยสามารถตรวจวัดด้วย Electron Spin-Resonance (ESR) โมเลกุลหรืออิออนชนิดนี้เป็นตัวก่อให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ ซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีพลังทำลายที่รุนแรงมาก เป็นผลพลอยได้ที่เกิดจากการเปลี่ยนอาหารให้เป็นพลังงานภายในร่างกาย และจะเข้าไปเกาะตามผนังเซลล์ทำให้เซลล์ถูกทำลายได้ และยังเกิดจากแหล่งอื่นๆอีก เช่น จากแสงอาทิตย์น้ำมันพืชที่ถูกความร้อน การถูกแสงอันตราไวโอเลตเป็นเวลานานๆ สารเคมีที่ปนเปื้อนในน้ำ อากาศ อาหาร ควันบุหรี่ และจากสารก่อมะเร็งอื่นๆ เมื่อเกิดอนุมูลอิสระมากๆในร่างกายจะทำให้ร่างกายทรุดโทรม แก่เร็ว ทำให้เป็นโรคต่างๆ ง่าย ได้แก่ โรคหัวใจ โรคปอด โรคมะเร็ง เป็นต้น

สารต้านออกซิเดชั่นหรือแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) เป็นกลุ่มของสารเคมีที่สามารถป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของสารต่างๆ กับโมเลกุลออกซิเดชั่น (O_2)(Baskin and Salem, 1997) และในที่นี้รวมถึงสารที่สามารถป้องกันการทำลายเซลล์จากอนุมูลอิสระ ทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีพอยู่ได้ปกติทั้งๆที่อนุมูลอิสระมีการสร้างภายในเซลล์และได้รับจากภายนอกตลอดเวลา สารต้านออกซิเดชั่นจะไปทำลายหรือต่อต้านอนุมูลอิสระให้หมดฤทธิ์ก่อนที่จะทำลายเซลล์ร่างกาย โดยจะมีบทบาทสำคัญหลายอย่างทั้งในด้านการป้องกัน การบำบัดรักษาโรคต่างๆที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระในธรรมชาติ(Natural Antioxidants)

สารต้านอนุมูลอิสระ เป็นคำศัพท์ที่แปลมาจากคำว่า antiradical ปัจจุบันคำศัพท์นี้ได้ถูกบัญญัติใหม่เป็นสารขจัดหรือกำจัดอนุมูล (radical scavenger) เพื่อให้ถูกต้องตรงกับการทำงาน และอาจใช้คำว่าสารแอนติออกซิแดนท์แทน อย่างไรก็ตามในภาษาไทยยังคงใช้คำว่าสารต้านอนุมูลอิสระอยู่ สารต้านอนุมูลอิสระเป็นสารที่สามารถทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระโดยตรง เพื่อกำจัดอนุมูลให้หมดไปหรือหยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ไม่ให้ดำเนินต่อ

ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับทั่วไปว่า การทำลายหรือควบคุมปริมาณอนุมูลอิสระจะช่วยในการป้องกันหรือรักษาโรคต่างๆที่เกิดขึ้น จากการศึกษาจำนวนมากยืนยันถึงการลดอัตราเสี่ยงและเพิ่มอัตราการป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดและหัวใจรวมถึงโรคอื่นๆที่มี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสัมพันธ์กับอนุมูลอิสระ จากการบริโภคผักผลไม้ ซึ่งผลดังกล่าวมาจากมีความเกี่ยวข้องกับฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ที่เป็นที่รู้จักกันแพร่หลายได้แก่ ไวตามินซี ไวตามินบี เบต้าคาโรทีน และสารคาโรทีนอยด์ นอกจากนี้ยังมีสารในกลุ่ม ฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) เช่น Flavanones, Flavones, Flavonols, Catechins และ Anthocyanidins เป็นต้น โดยในปัจจุบันพบว่าสารประกอบในกลุ่มโพลีฟีนอลิก เป็นสารที่มีบทบาทสำคัญในการต้านอนุมูลอิสระ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved