

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ความรู้เกี่ยวกับเห็ด

##### 2.1.1 ความหมาย

เห็ด คือ ราชชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตชั้นต่ำ ไม่มีคลอโรพลาสต์ สังเคราะห์แสงและปรุงอาหารเองไม่ได้จึงต้องอาศัยอาหารจากอินทรีย์วัตถุ เช่น เศษซากพืชหรือสิ่งมีชีวิตต่างๆ เห็ดขยายพันธุ์ด้วยสปอร์เมื่อสปอร์ไปตกบนบริเวณพื้นที่ที่มีสภาพเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตสปอร์ก็จะเจริญเป็นเส้นใยแล้วพัฒนาเจริญขึ้นเป็นดอกเห็ดต่อไป (วัลลภ พรหมทอง, 2542) และเห็ดยังจัดว่าเป็นอาหารที่มีโปรตีนสูงชนิดหนึ่ง ที่ประชาชนทั่วโลกรู้จักกันดีและนิยมที่จะนำมาทำอาหารกันมาก แต่ความนิยมรับประทานเห็ดในแต่ละท้องถิ่นทั่วโลกจะแตกต่างกันออกไป (ปัญญาและกิตติพงษ์, 2538)

##### 2.1.2 ข้อดีของเห็ด

เห็ดเป็นอาหารที่สำคัญของมนุษย์ เห็ดเป็นอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่ง ถูกจัดไว้เป็นอาหารที่มีความสำคัญยิ่งมาตั้งแต่สมัยโบราณกาล ดังจะเห็นได้จากกล่าวที่ว่า ข้าว ปลา อาหาร หมู เห็ด เป็ด ไก่ ถ้าหากแหล่งใดมีสิ่งต่างๆ เหล่านี้ครบถ้วน ถือได้ว่าแหล่งนั้นเป็นแหล่งที่ประชากรมีความสมบูรณ์พูนสุขกันถ้วนหน้า สาเหตุที่เห็ดถูกจัดว่าเป็นอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของมนุษย์นั้น ก็เนื่องมาจากเห็ดมีรสชาติอร่อยน่ารับประทาน และมีคุณค่าทางอาหารสูงด้วย กล่าวคือ เห็ดมีสารอาหารประเภทโปรตีนที่จำเป็นต่อร่างกายสูง รวมทั้งมีวิตามินซีและวิตามินดีสูงด้วย นอกจากนี้เห็ดยังเป็นอาหารที่มีแป้งและพลังงานต่ำจึงเหมาะสมต่อการบริโภคของมนุษย์ทุกเพศทุกวัย เนื่องจากไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ไม่ว่าจะอ่อนหรือผอม ผู้สูงอายุหรือผู้เยาว์ก็สามารถบริโภคเห็ดได้ทั้งสิ้น ผิดกับอาหารโปรตีนชนิดอื่น เช่น เนื้อหมูหรือเนื้อสัตว์อื่นๆ ถ้าหากบริโภคมากเกินไปอาจมีผลกระทบต่อสุขภาพได้และเห็ดยังมีสรรพคุณทางยารักษาโรค เห็ด เป็นอาหารที่มีโปรตีนสูงแต่ไม่มีสารคอเลสเตอรอล ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เส้นเลือดอุดตัน ดังนั้น ผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับการที่มีสารคอเลสเตอรอลในเส้นเลือดสูง จึงควรรับประทานเห็ดเป็นอาหารโปรตีนทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ ซึ่งจะเป็นผลดีต่อสุขภาพ แถมยังมีราคาถูกกว่าเนื้อสัตว์อีกด้วย นอกจากนี้การวิจัยทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ได้รายงานว่า มีเห็ดบางชนิดที่มีสรรพคุณทางยารักษาโรค ถ้าหากรับประทานเป็นประจำจะช่วยป้องกันโรคการสะสมไขมันในเส้นเลือดโรคความดัน และมีสารต่อต้านเนื้องอก ได้ นอกจากนี้เห็ดยังทำให้มีรายได้ นอกจากเห็ดจะมีคุณค่าทางอาหารสูงแล้วเห็ดยังสามารถผลิตได้ง่ายและสะดวกเนื่องจากสามารถนำวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร เช่น ฟางข้าว เปลือกถั่ว ชังข้าวโพด ขี้เลื่อย ผักตบชวา และอื่นๆ มาใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดก็ไม่ยุ่งยากสลับซับซ้อนมากมายนักหลายคนจึงสามารถทำได้สามารถขายบริโภคภายในครอบครัวทำ

ให้ประหยัทรายจ่ายลงได้บ้างหากมีปริมาณมากเกินไปจากการบริโภคก็สามารถนำไปจำหน่ายได้ซึ่งจะเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับครอบครัวอีกทางหนึ่งได้เช่นกัน(วัลลภ พรหมทอง , 2542)

### 2.1.3 ส่วนประกอบต่างๆของดอกเห็ด

1) หมวกเห็ด (Cap) เป็นส่วนปลายสุดของดอกที่เจริญเติบโตขึ้นไปในอากาศเมื่อดอกบานเต็มที่จะกางออกมีลักษณะรูปทรงเหมือนร่มกาง ขอบขั้วลงหรือแบนราบ หรือกลางหมวกเว้าลงเป็นแอ่งมีรูปเหมือนกรวยปากกว้าง ผิวหมวกเห็ดบนอาจจะเรียบ ขรุขระมีเกล็ดหรือมีขนแตกต่างกัน แล้วแต่นิคมของเห็ด เกล็ดหรือขนเป็นเนื้อเยื่อที่หลุดลอกจากเนื้อเยื่ออื่นๆ ที่หุ้มดอกเห็ดในระยะที่เป็นเห็ดอ่อนหรือปริแตกออกจากกัน เมื่อดอกเห็ดบานเนื้อหมวกเห็ดหนาบางต่างกัน อาจจะเหนียวหรือฉีกขาดได้ง่าย สีของเนื้อหมวกเห็ดภายในและภายนอกอาจเป็นสีเดียวกันหรือสีแตกต่างกัน เวลาเกิดบาดแผลเนื้อเยื่อของหมวกเห็ดบางชนิดอาจเปลี่ยนสีได้เมื่อถูกอากาศ

2) ครีบ (Gills) อยู่ด้านล่างของหมวกเห็ดหรือที่หมวกเห็ดเรียงเป็นรัศมีรอบก้านดอก ซึ่งห้อยแขวงลงมาจากเนื้อหมวกเห็ดที่อยู่ตอนบนเห็ดบางชนิดครีบหมวกด้านในยึดติดหรือไม่ยึดติดกับก้านดอก ด้านนอกเชื่อมติดกับขอบหมวก สองข้างของหมวกเป็นที่เกิดสปอร์ของดอกเห็ดครีบหมวกนี้อาจจะถูกย่อยให้ละลายเป็นของเหลวได้ในเห็ดบางชนิดเห็ดแต่ละชนิดมีจำนวนครีบหมวกแตกต่างกันและความหนาบางก็ไม่เท่ากันจำนวนของครีบหมวกจึงใช้เป็นลักษณะประกอบการจำแนกเห็ดด้วย สีของครีบหมวกส่วนมากเป็นสีเดียวกับสปอร์ของเห็ด ซึ่งจัดเป็นลักษณะแตกต่างของเห็ดแต่ละชนิดด้วย โดยปกติจะมีสีขาวเหลือง ชมพู ม่วง น้ำตาลและดำ เห็ดบางสกุลไม่มีครีบแต่มีรู (Pores) หรือมีฟันเลื่อย (Teeth) แทนครีบสปอร์เกิดในรูปหรือบนฟันเลื่อย บางชนิดสปอร์เกิดฝังอยู่ในก้อนวุ้น เช่น เห็ดหูหนู หรือสปอร์เกิดในเปลือกที่เป็นก้อนกลม เช่น เห็ดถั่วฝัก ซึ่งเวลาแก่จะแตกให้สปอร์ฟุ้งกระจายออกมา

3) ก้านดอก (Stalk) มีขนาดใหญ่และยาวแตกต่างกัน ส่วนมากเป็นรูปทรงกระบอก บางชนิดมีโคนหรือปลายเรียวเล็กตอนบนยึดติดกับหมวกเห็ดหรือครีบหมวกด้านใน ตอนล่างของเห็ดบางชนิดอาจมีเส้นใยหยาบๆ รวมกันเป็นก้อนหรือมีปลอกหุ้มโคนซึ่งมีลักษณะคล้ายถ้วยชาหงายรองรับอยู่เช่น ปลอกหุ้มโคนดอกเห็ดบัวหรือเห็ดฟาง บนก้านดอกตอนบนของเห็ดบางชนิดมีวงแหวนหรือเยื่อบางๆหุ้มอยู่โดยรอบ ก้านดอกเห็ดมีผิวขรุขระหรือมีขนหรือมีเกล็ด เวลาจับอาจจะเปลี่ยนเป็นสีอื่นได้ ในเห็ดบางชนิดเนื้อเยื่อภายในก้านดอกเห็ดอาจจะสานกันแน่นทึบ นุ่ม แข็งหรือกรอบหรือเป็นเส้นหยาบหรือจะสานกันเป็นเส้นใยหลวมๆคล้ายฟองน้ำ ภายในก้านดอกเห็ดบางชนิดมีรูกลวงซึ่งยาวตลอดหรือเกิดขึ้นบางส่วน เห็ดบางชนิดจะมีเนื้อเยื่อหวนกรอบจึงทำให้แมลงเข้าไปอาศัยอยู่ในดอกจนพurunเป็นรู เกิดการเน่าขึ้นได้ภายในซึ่งมองไม่เห็นจากภายนอก

เช่น ก้านดอกเห็ดหล่มเห็ดร่างแห ซึ่งเป็นเห็ดชนิดหนึ่งมีร่างแหสีขาว เป็นรูโปรงคล้ายลูกไม้ห้อยแขวนลงมาจากเนื้อเชื้อได้หมวกเห็ดคลุมรอบก้านดอก ซึ่งจัดเป็นลักษณะพิเศษ

4) วงแหวน (Ring) เป็นเนื้อเยื่อบางๆ ยึดก้านดอกและขอบหมวกของเห็ดให้ติดกันเมื่อหมวกเห็ดกางออกเชื้อนี้จะขาดจากขอบหมวก แต่ยังมีส่วนยึดติดกับก้านดอกให้เห็นรอบก้านดอกเหมือนมีวงแหวนหรือแผ่นเยื่อบางสวมอยู่ วงแหวนที่อยู่ตอนบนใต้หมวกเห็ดบังมาเล็กน้อยนี้เราเรียก Inner veil วงแหวนนี้เลื่อนขึ้นลงได้ไม่ยึดติดกับก้านดอก ซึ่งเป็นลักษณะของเห็ดบางชนิด

5) เปลือกหุ้ม (Volva) ดอกเห็ดเป็นเนื้อเยื่อหนาหรือบาง ชั้นนอกสุดที่หุ้มดอกเห็ดทั้งดอกไว้ในระยะที่เป็นดอกตูม (Outer veil) ซึ่งมีในดอกเห็ดบางชนิดเช่น เห็ดบัวหรือเห็ดฟาง และในเห็ดมีพิษหลายชนิดในสกุล *Amanita* เมื่อดอกเห็ดโตขึ้นเปลือกหุ้มจะแตกออกตอนบนเพื่อให้หมวกเห็ดและก้านดอกยืดยาวสูงขึ้นในอากาศทั้งให้เปลือกหุ้มอยู่ที่โคนก้านมองดูแล้วเหมือนก้านดอกเห็ดตั้งอยู่ในถ้วยเปลือกหุ้มมีเนื้อเยื่อและติดล้าคลึงกับหมวกเห็ดหรือแตกต่างกัน แต่ส่วนมากมีสีเขียว เปลือกหุ้มเห็ดบางชนิดอาจจะไม่ชัดเจนเหมือนดอกเห็ดบัวแต่เป็นเนื้อเยื่อบางๆ คล้ายวงแหวนหุ้มอยู่รอบโคนต้นดังเช่นเห็ดในสกุล *Amanita* การเก็บเห็ดตูมหรือเห็ดอ่อนที่เป็นก้อนกลมอยู่รับประทานจึงเป็นการเสี่ยงต่อการเก็บเห็ดมีพิษมารับประทานเป็นอย่างมาก

6) สปอร์ (Spore) เห็ดเกือบทุกชนิดเป็นฟังไจพวก Basidiomycetes และมักเป็นเบสิดีโอไมซีตีสชั้นสูงด้วยเริ่มมาจากสปอร์เห็ด สปอร์เห็ดส่วนมากมีโครโมโซมในนิวเคลียส (Haploid number) ทั้งนี้เพราะสปอร์ของดอกเห็ดที่เกิดขึ้นบนดอกเห็ดนั้นเป็นผลผลิตของการผสมพันธุ์ทางเพศนิวเคลียส 2 นิวเคลียส ในดอกเห็ดรวมตัวกันแล้วแบ่งตัวแบบไมโอซิสเกิดเป็น 4 นิวเคลียส ซึ่งต่อมาจะหลุดออกมาจากฐาน Basidium กลายเป็นสปอร์ปลิวหรือลอยออกไปในอากาศเมื่อสปอร์นี้ปลิวหรือไปตกที่มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น มีความชื้น อาหาร อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่างที่เห็ดชนิดนั้นๆ ต้องการ สปอร์ก็จะงอกออกมาเติบโตเป็นเส้นใยต่อไป หลังจากเส้นใยเจริญเติบโตเรียกว่า เส้นใยขั้นต้น

7) กลุ่มเส้นใย (Mycelium) ก่อนที่จะเป็นดอกเห็ดเราจะเห็นบริเวณนั้นมีเส้นใยสีขาวก่อตัวหรือรวมกันเป็นก้อนใหญ่ๆ ซึ่งเราเรียกว่าเส้นใยรวมกันอยู่นี้ว่า Mycelium เห็ดบางชนิดจะมีเส้นใยรวมตัวกันเป็นก้อนแข็งอยู่ที่โคนก้านดอกหรือเป็นเส้นหยาบมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าแต่เห็ดบางชนิดมีเส้นใยละเอียดเล็กมาก มองไม่เห็นลักษณะดังกล่าวโดยปกติเส้นใยของเห็ดจะเป็นสีขาวนวลแทรกซึมอยู่ตามที่มันอาศัยอยู่ (อนงค์, 2535)

เส้นใยขั้นต้น (Primary mycelium) เกิดจากการงอกของสปอร์ออกมาเป็นเส้นใยสปอร์นั้นเป็น haploid (N) เมื่องอกเป็นเส้นใยขั้นต้นก็จะเส้นใยที่มีผนังกันเป็นช่อง septum มีนิวเคลียส



เพียงนิวเคลียสเดียวเส้นใยนี้ไม่มีโอกาสที่จะสร้างดอกเห็ดได้เลยจำเป็นต้องเจริญไปเป็นเส้นใยขึ้น2เลเยอร์ก่อน

เส้นใยขั้นสอง (Secondary mycelium) เส้นใยชนิดนี้เป็นแบบที่เรพบมากที่สุดเช่น ในเชื้อเห็ดที่ใช้เพาะเห็ดเส้นใยที่แยกจากดอกเห็ดมาเลี้ยงบนอาหารร่วนเป็นต้น เส้นใยขั้นสองเกิดขึ้นได้หลายวิธี เช่น เบสิดิโอสปอร์ ปลิวมาตกเป็นที่เส้นใยขั้นต้นพบสปอร์งอกผนังของเส้นใยก็จะละลายออกนิวเคลียสและของเหลวทั้งหมดในสปอร์ที่งอกคือไซโตพลาสซึม (Cytoplasm) ก็ไหลเข้าไปในเซลล์ของเส้นใยที่สัมผัสอยู่นั้นหรือวิธีที่สองเส้นใยเส้นหนึ่งเจริญไปจนส่วนปลายสัมผัสกับเส้นใยอีกเส้นหนึ่งเกิดจากการละลายของผนังเซลล์ที่แตะกันแล้วของเหลวในเซลล์ส่วนปลายของเส้นใยหนึ่งไหลไปรวมกันอยู่ในเซลล์ของเส้นใยเส้นที่สอง ซึ่งมันสัมผัสหรือวิธีที่สามเส้นใยขั้นต้นสองสายยื่นส่วนปลายมาสัมผัสกันแล้วเซลล์ส่วนปลายหลอมรวมกันเข้าเป็นเซลล์เดียวกัน และกลายเป็นเส้นใยขั้นสองเซลล์นั้นก็จะกลายเป็นเซลล์ที่มีสองนิวเคลียสแต่นิวเคลียสทั้งสองนี้จะไม่รวมกันเซลล์นี้จะขยายตัวแบ่งเป็นเส้นใยในแต่ละช่องของเส้นใยที่จะมีนิวเคลียส

เส้นใยขั้นสาม (Tertiary mycelium) เส้นใยนี้ก็ยังเป็นไดคาริโอติกไมซีเลียม (Dikaryotic mycelium) อยู่เช่นเดิมเกิดขึ้นเนื่องจากเส้นใยขั้นสองเติบโตมีอายุเต็มวัยก็สร้างสารจำพวกฮอร์โมนขึ้นสารนี้จะกระตุ้นเส้นใยให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (Differentiate) ในการอัดเส้นใยเพื่อเป็นอวัยวะหรือฟรุติบอดี้ (Fruiting body) เพื่อหน้าที่เฉพาะอย่างในกรณีก็คือเป็นอวัยวะสืบพันธุ์หรือดอกเห็ดนั่นเอง (กลุ่มบัณฑิตเกษตรก้าวหน้า, 2538)

## 2.2 เห็ดโคนญี่ปุ่น

เห็ดโคนญี่ปุ่น เป็นเห็ดอีกชนิดหนึ่งที่สามารถเพาะในถุงพลาสติกซึ่งมีวิธีการดูแลรักษาและการเพาะเลี้ยงคล้ายกับเห็ดนางฟ้าภูฐานเพียงแต่ความชื้นที่ใช้ในการกระตุ้นให้เกิดดอกจะมีสูงกว่า และจะต้องมีการพักตัวเพื่อสะสมอาหารของก้อนเห็ด ก่อนจะนำไปเปิดดอกเหมือนเห็ดหอม และในปัจจุบันเห็ดโคนญี่ปุ่นกำลังเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งในลักษณะของการจำหน่ายดอกเห็ดสดหรือเห็ดโคนญี่ปุ่นแปรรูปมีราคาที่สูงขึ้นเรื่อยๆ ในบรรดาเห็ดที่สามารถเพาะได้ในถุงพลาสติกเรียกว่า ไม่ถูกไปกว่าราคาของเห็ดหอมเลยทีเดียว ซึ่งรสชาติของเห็ดโคนญี่ปุ่นจะเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวคือจะมีหมวกดอกที่เหนียวนุ่มเหมือนเห็ดหอมแต่บริเวณขาของเห็ดโคนญี่ปุ่นจะกรอบอร่อยเห็ดโคนญี่ปุ่นได้ผ่านการพัฒนาสายพันธุ์มายาวนาน จนในปัจจุบันนี้สายพันธุ์ที่ส่งเสริม หรือ แนะนำให้เพาะจึงง่ายต่อการดูแลรักษาแต่ให้ผลผลิตสูงเห็ดโคนญี่ปุ่นเป็นเห็ดที่ใช้ประกอบอาหารได้ดีโดยเฉพาะก้านดอกซึ่งมีเนื้อเยื่อเยียวและแน่นเวลาเคี้ยวจะได้รสชาติดี ทำอาหาร ได้ทั้งผัดและต้มแกง ให้คุณค่าทางอาหารสูงเช่นเดียวกับเห็ดชนิดอื่นๆ ปัจจุบันเริ่มมีการเพาะเห็ดนี้กันมากขึ้นแต่ผลผลิตยังน้อยไม่เพียงพอความต้องการของตลาด (วารสารเกษตร,

2542) เห็ดโคนญี่ปุ่น ในธรรมชาติจะเจริญได้ดีในท่อนไม้ผุต่างประเทศใด  
 ทำการศึกษาเห็ดชนิดนี้ตั้งแต่ พ.ศ.2383 ต่อมาในปี 2517 สามารถเพาะเลี้ยงได้ในวัสดุที่เป็น  
 วัสดุผสมของฟางข้าวสาลีและเมล็ดข้าวโอ๊ต หลังจากนั้นเปลี่ยนเป็นเชื้อที่เพิ่ม  
 อาหารเสริมที่เห็ดชนิดนี้เจริญได้ดี เนื่องจากเป็นเห็ดที่มีรสชาติดี โดยมีลักษณะเนื้อดอก ก้าน  
 ดอกกรอบแน่น เนื้อนุ่ม ใยเห็ดโคน นิยมใช้ประกอบอาหารหลายชนิด นอกจากนี้ยัง  
 สามารถเก็บรักษาไว้ในตู้เย็นได้นานกว่า 1 สัปดาห์ โดยยังมีความสด รูปร่างขนาด  
 และ น้ำหนักและสีส้ม ไม่เปลี่ยนแปลง การเพาะเลี้ยงสามารถทำได้ง่ายเช่นเดียวกับการ  
 การเพาะเห็ดถั่งห่าน และเพาะเลี้ยงได้ตลอดปีจึงมีแนวโน้มว่าจะเป็นเห็ดเศรษฐกิจที่มี  
 อนาคตอีกชนิดหนึ่งในบ้านเรา (อัจฉรา น้อยกล้า , 2535)

## 2.3 ลักษณะของเห็ดโคนญี่ปุ่น

เห็ดโคนญี่ปุ่นมีลักษณะทางด้านคุณสมบัติทางด้านพฤกษศาสตร์ดังนี้

### 2.3.1 ชื่อวิทยาศาสตร์ *Agrocybe cylindracea*

ชื่อสามัญ

(ไทย)

เห็ดยานางิสีน้ำตาล

(อังกฤษ)

Yanagi – matsutake / The Black Poplar Mushroom

### 2.3.2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

เห็ดโคนญี่ปุ่นมีลักษณะค่อนข้างกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 4 – 10 cm ดอกเห็ดที่ออกใหม่จะมี  
 ลักษณะกลมขนาดเล็ก ตรงกลางเห็ดจะนูนสูงขึ้นมา ดอกจะมีสีน้ำตาลเข้ม มีเชื้อหุ้มสีขาวอยู่  
 บริเวณใต้หมวก เมื่อดอกเห็ดแก่สีของหมวกจะซีดลงเป็นสีน้ำตาลอ่อน ตรงกลางหมวกที่เคยนูนจะ  
 ยุบและแบนราบ ขนาดดอกจะขยายใหญ่ขึ้นจนเชื้อหุ้มส่วนกลางล่างได้ ดอกเห็ดจะนิ่มขาด แล้ว  
 เปลี่ยนแปลงเป็นวงแหวนสีน้ำตาลเข้มติดอยู่ที่ก้านดอกเห็ด เมื่อดอกเห็ดแก่เต็มที่จะเห็นไม่  
 ชัดเจนสปอร์ที่ครีบเห็ดมีลักษณะกลมรีเป็นรูปไข่ สีน้ำตาลเข้ม ส่วนก้านดอกจะกลมและค่อนข้าง  
 ยาวประมาณ 5 – 11 cm มีสีขาว แต่จะมีเส้นสีน้ำตาลแทรกอยู่ดอกอาจเกิดเป็นดอกเดี่ยวหรือเป็น  
 กลุ่มก็ได้การเก็บเกี่ยวจะทำได้ง่ายเนื่องจากส่วนรากยึดติดกับวัสดุเพาะเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ไม่ติด  
 แน่นเหมือนเห็ดบางชนิด (อัจฉรา พยัพพานนท์ , 2535)

### 2.3.3 สิ่งสำคัญที่เห็ดโคนญี่ปุ่นต้องการทั่วไป

#### 1) ธาตุอาหาร (Nutrition)

เห็ดเป็นพืชชั้นต่ำไม่สามารถสังเคราะห์อาหารเองได้ (Heterotroph) จึงจำเป็นต้องอาศัยอาหาร

สำเร็จรูปจากแหล่งต่างๆ เช่น ไม้ผุหรือปุ๋ยหมักเป็นต้น เป็นเห็ดที่มีน้ำย่อยที่สามารถย่อยอาหารเชิงซ้อน โดยเฉพาะ พวกที่ให้พลังงานได้เช่นธาตุคาร์บอนที่อยู่ในรูปเชิงซ้อน ได้แก่พวก ลิกนิน (Lignin) ฮีมิเซลลูโลส (Hemicellulose) โดยเส้นใยเห็ดมีน้ำย่อยทำการย่อยธาตุอาหารด้วยตัวมันเองได้ และนำไปใช้พลังงานที่ใช้ในการเจริญเติบโต และแบ่งเซลล์ของมันจากเหตุผลดังกล่าว จึงสามารถใช้วัสดุเพาะโดยตรงได้เลย โดยไม่จำเป็นต้องทำการหมักเสียก่อนยกเว้น วัสดุบางชนิดที่มียางที่ขัดขวางการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ด หรือ เป็นวัสดุที่แข็งยาว ยากต่อการนำไปบรรจุในถุง เช่น ฟางข้าวต้น ข้าวโพด ข้าวสาลีแบบบรรจุพรรณ เป็นต้น ควรทำการหมักให้หมักก่อน หรือ ให้จุลินทรีย์ ช่วยย่อยให้ระดับหนึ่งก่อน แต่ไม่ถึงกับหมักจนเน่าเสียเหมือน การหมักปุ๋ยเห็ดฟาง เห็ดแชมปิญอง

ธาตุอาหารเกลือแร่และวิตามินหลัก ที่เห็ดต้องการมีเช่นเดียวกับพืช โดยทั่วไปจะต่างกันเพียงแต่รูปร่างของธาตุอาหารเท่านั้นเห็ดโคนญี่ปุ่นต้องการมากแต่มักจะขาดแคลนในปุ๋ยหมัก ได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน ออกซิเจน เกลือแร่และวิตามิน

ธาตุคาร์บอน (Carbon,C) เห็ดโคนญี่ปุ่นสามารถใช้คาร์บอนที่สลับซับซ้อนได้ ดังนั้นการใช้วัสดุเพาะที่เป็นขี้เลื่อย จากไม้เนื้ออ่อนเหมือนเห็ดที่เพาะในถุงพลาสติกชนิดอื่นได้แต่ถ้ามีการเติมแหล่งคาร์บอนที่อยู่ในรูปง่ายเช่นเซลลูโลสแป้งและน้ำตาลเข้าเสริมในวัสดุเพาะในปริมาณที่พอควร เส้นใยของเห็ดก็จะเจริญได้ดี

ธาตุไนโตรเจน (Nitrogen ,N)เห็ดโคนญี่ปุ่นเป็นเห็ดที่มีโปรตีนสูงมากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ โปรตีนโดยมีอยู่ประมาณ 16% ดังนั้นการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดโคนญี่ปุ่นจะต้องอาศัย ไนโตรเจนเป็นอาหารที่สำคัญด้วย ไนโตรเจน ที่เห็ดโคนญี่ปุ่นสามารถนำไปใช้ได้ด้นั้น คือ ไนโตรเจนในรูปอินทรีย์สารที่ให้ผลต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดมากที่สุด คือ โปรตีนที่มีอยู่ในลำเล้ารำละเอียด ใบกระถินป่น แต่จากการศึกษาการใช้ไนโตรเจนในรูปของ อาร์จินีน (Arginine) จะช่วยในการกระตุ้นให้เห็ดออกดอกมากขึ้น และดีขึ้น

เกลือแร่ (Minerals) เกลือแร่ก็เป็นอาหารที่สำคัญของเห็ดโคนญี่ปุ่น โดยแบ่งเป็นกลุ่ม ก็คือ ที่ต้องการมาก ได้แก่ ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) กำมะถัน (S) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) ที่ต้องการน้อย ได้แก่ โมลิบดีนัม (Mb) โบรอน (B) ทองแดง (Cu) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) และอื่นๆ



**ฟอสฟอรัส** จากคัมเบิลฟอสเฟตมีผลทำให้เส้นใยเห็ดแข็งแรงเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็ว ส่วนธาตุแมกนีเซียมที่อยู่ในรูปของดีเกลือ และฟอสเฟตในรูป Potassium dihydrogen phosphate มีผลทำให้เส้นใยของเห็ดเจริญเติบโตเข้าไปในวัสดุเพาะ และรวมตัวกันเป็นดอกเห็ดได้เร็วยิ่งขึ้น แต่หากใส่มากเกินไปดอกเห็ดจะมีก้านยาวสีช็อคดอกเห็ดมีขนาดเล็ก ไม่ค่อยสมบูรณ์ หากนำไปผสมน้ำรดตอนที่ดอกเห็ดเกิดเป็นดอกแล้ว ดอกเห็ดจะฝ่อตายได้ง่าย นอกจากนี้ยังพบว่าธาตุบางอย่าง เช่น โซเดียมที่มีอยู่ในรูปเกลือแกง NaCl มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ด เป็นการยืนยันว่าพื้นที่ใดที่มีอิทธิพลของน้ำทะเลเข้ามาถึงน้ำที่มีความเค็ม เช่น น้ำกร่อยหากนำมารดในวัสดุเพาะเห็ดโคนญี่ปุ่นจะให้ผลผลิตไม่ดีเท่าที่ควร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของน้ำทะเลหรือจำนวนเกลือแกง

**วิตามินหรือฮอร์โมน Vitamins** จากการศึกษาพบว่าวิตามินบี (Thiamine) ในระดับความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรสามารถเร่งการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดได้ ฮอร์โมน กิบเบอเรลลิน Gibberellin Acid ที่สกัดจากเชื้อราที่เรียกว่า *Gibberella fujikuroi* (Saw) Wollen ขนาดความเข้มข้น 0.001% มีผลต่อการเจริญเติบโตของดอกเห็ดการใช้ยูลีเรียจำนวนน้อย รดที่วัสดุเพาะหรือดอกเห็ดจะทำให้เส้นใยหนา ดอกเห็ดมีน้ำหนักดี

## 2) อุณหภูมิ Temperature

อุณหภูมิที่นับว่ามีผลสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดอยู่ในน้อย อุณหภูมิ 24 - 30 C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของเส้นใยและดอกเห็ดโคนญี่ปุ่น

## 3) ความชื้น Humidity

องค์ประกอบหลักทุกส่วน ไม่ว่าเส้นใยเห็ดหรือดอกเห็ดโคนญี่ปุ่น จะมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่มากถึง 90% ยกเว้นสปอร์น้ำมีความจำเป็นต่อกระบวนการต่างๆ และการรักษาสภาพอุณหภูมิภายในเซลล์ ดังนั้นทุกขั้นตอนของการเพาะเห็ดโคนญี่ปุ่น ไม่ว่าจะเป็นช่วงของการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ด การเกิดดอกการเจริญเติบโตของดอกเห็ดล้วน แต่ต้องการความชื้นสูง โดยปกติแล้ววันเสียแต่ละระยะที่ทำให้เกิดดอกต้องเปิดปากถุงให้สัมผัสกับบรรยากาศ โดยจะต้องควบคุมบรรยากาศให้มีความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 80-90 %

## 4) อากาศ (Air)

คำว่าอากาศในที่นี้ หมายถึง ก๊าซออกซิเจนหรืออากาศบริสุทธิ์ จากภายในวัสดุเพาะหรือโรงเรือนเพาะเห็ด ทุกระยะของการเจริญเติบโตของเห็ดโคนญี่ปุ่น ล้วนแล้วแต่ต้องการอากาศในการหายใจทั้งสิ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ระยะของการสร้างและการเจริญเติบโตของดอกเห็ด

### 5) แสง (Light)

ช่วงที่เส้นใยเห็ดเจริญเติบโต ไม่ต้องการแสง ช่วงที่เส้นใยสะสมอาหารและกำลังจะรวมตัวเป็นดอกเห็ด พบว่าแสงมีความจำเป็นในการกระตุ้นให้เกิดเส้นใยของเห็ด รวมตัวกันเป็นดอกเห็ดแสงรำไรที่ส่องเข้าไปในโรงเรือนอย่างสม่ำเสมอ และทั่วถึงจะทำให้ดอกเห็ดพัฒนาได้สมบูรณ์ดียิ่งขึ้น หากแสงไม่เพียงพอ ดอกเห็ดจะโน้มไปหาแสงที่มีความเข้มข้นสูง ในทางตรงข้าม หากแสงมากเกินไป ดอกเห็ดจะสีคล้ำและแห้งง่าย

### 6) ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ระดับความเป็นกรดเป็นด่าง ที่เห็ดโคนญี่ปุ่นต้องการอยู่ในระดับค่าเป็นกลาง 6.5-7.5

### 7) สารพิษ (Toxic)

ไม่ควรใช้สารเคมี หรือสารประกอบที่มีพิษกับการเพาะเห็ดโคนญี่ปุ่น

## 2.4 สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

สารควบคุมการเจริญเติบโต หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า ฮอร์โมน จัดเป็นกลุ่มของสารที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบันนี้ เนื่องจากสามารถใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางและเห็นผลได้ค่อนข้างเด่นชัด โดยมากใช้ในการติดผลเร่ง หรือชะลอการแก่การสุก ซึ่งลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้ถูกควบคุมโดยสารแต่ละชนิดแตกต่างกันไป ดังนั้น ถ้ามีการเลือกใช้ได้อย่างถูกต้องก็จะทำให้เราสามารถควบคุมการเติบโตของพืชได้ตามต้องการ เมื่อกล่าวถึง ฮอร์โมนพืช (plant hormones) ก็เชื่อว่าทุกท่านคงเคยได้ยินและรู้จักว่าเป็นสารที่ใช้ฉีดพ่นต้นไม้เพื่อให้มีการออกดอก ติดผลตามที่ต้องการ แต่โดยความจริงแล้วคำว่า ฮอร์โมนพืชนี้มีความหมายในเชิงวิชาการว่า เป็นสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้นเอง ในปริมาณน้อยมาก แต่มีผลในด้านการส่งเสริมหรือยับยั้งการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาภายในต้นพืชนั้น ๆ ทั้งนี้ไม่รวมพวกน้ำตาลหรือสารอาหารที่เป็นอาหารพืชโดยตรง จะเห็นได้ว่าพืชสร้างฮอร์โมนขึ้นน้อยมาก โดยมีปริมาณเพียงพอที่จะควบคุมการเติบโตภายในต้นพืชนั้น ๆ ดังนั้นการสกัดสารฮอร์โมนออกมาจากต้นพืช เพื่อไปพ่นให้ต้นไม้อื่น ๆ จึงเป็นเรื่องยากและไมคุ้มค่า จึงได้มีการค้นคว้าและสังเคราะห์สารต่าง ๆ ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนธรรมชาติขึ้นมาใช้ประโยชน์แทน เมื่อเป็นเช่นนี้ สารที่เรานำมาฉีดพ่นให้ต้นพืชเพื่อให้เกิดลักษณะตามที่เราต้องการนั้น จึงไม่ใช่ฮอร์โมนพืช แต่จัดเป็นสารสังเคราะห์ ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนจึงได้มีการบัญญัติศัพท์ทางวิชาการขึ้นมาว่า สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (plant growth regulators) ซึ่ง



มีความหมายถึงฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์ มีคุณสมบัติในการกระตุ้นยับยั้งหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชได้ การเติบโตของพืชในทุกขั้นตอนล้วนแล้วแต่ถูกควบคุมโดยฮอร์โมนทั้งสิ้น ไม่ว่าจะเป็นการงอกของเมล็ดจนกระทั่งต้นตาย ดังนั้นการใช้สารสังเคราะห์ซึ่งมีคุณสมบัติคล้ายฮอร์โมนชนิดหนึ่งให้กับต้นพืชจึงเป็นการเปลี่ยนระดับความสมดุลของฮอร์โมนภายใน ทำให้ต้นพืชแสดงลักษณะต่าง ๆ ออกมานอกเหนือการควบคุมของธรรมชาติ แต่ก่อนที่จะใช้สารสังเคราะห์เหล่านี้ให้ได้ผลควรที่จะต้องศึกษาคุณสมบัติของฮอร์โมนและสารสังเคราะห์ชนิดต่าง ๆ โดยละเอียดเสียก่อน สารควบคุมการเจริญเติบโตแต่ละชนิดมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป (คณัย บุญเกียรติ , 2551)

## 2.5 ฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน (คณัย บุญเกียรติ , 2551)

เมื่อ Kurosawa นักวิทยาศาสตร์ชาวญี่ปุ่น ศึกษาในต้นข้าวที่เป็นโรค Bakanae หรือโรคข้าวตัวผู้ ซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Gibberella fujikuroi* หรือ *Fusarium moniliforme* ซึ่งทำให้ต้นข้าวมีลักษณะสูงกว่าต้นข้าวปกติ ทำให้ล้มง่าย ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างและส่วนประกอบทางเคมีของจิบเบอเรลลินนั้นได้รับการศึกษาในปี 1954 โดยนักเคมีชาวอังกฤษซึ่งสามารถแยกสารบริสุทธิ์จากอาหารเลี้ยงเชื้อรา *Gibberella fujikuroi* และเรียกสารนี้ว่ากรดจิบเบอเรลลิก (Gibberellic Acid) ในปัจจุบันมีจิบเบอเรลลินซึ่งเป็นชื่อเรียกทั่ว ๆ ไปของสารประกอบประเภทนี้ประมาณไม่น้อยกว่า 80 ชนิด ชื่อเรียกสารประกอบชนิดนี้จะตั้งชื่อดังนี้ คือ Gibberellins A1 (GA1), A2, A3 เป็นต้น โดยที่กรดจิบเบอเรลลิก คือ GA3 GA ทุกชนิดจะมีโครงสร้างพื้นฐานของโมเลกุลเป็น Gibberellane Carbon Skeleton ซึ่งจะเหมือนกับกรดจิบเบอเรลลิก จะแตกต่างกันตรงจำนวนและตำแหน่งของกลุ่มที่เข้าแทนที่ในวงแหวนและระดับของความอิ่มตัวของวงแหวน A GA ประกอบด้วยคาร์บอนประมาณ 19-20 อะตอม ซึ่งจะรวมกันเป็นวงแหวน 4 หรือ 5 วงและจะต้องมีกลุ่มคาร์บอกซิลอย่างน้อย 1 กลุ่ม โดยใช้ชื่อย่อว่า GA

### 2.5.1 การสังเคราะห์จิบเบอเรลลิน

การสังเคราะห์ GA โดยที่สารเริ่มต้นเป็นกรดเมวาโลนิก (Mevalonic Acid) เปลี่ยนไปตามวิถีจนเกิดเป็นกรดคอรินโนอิก (Kaurenolic Acid) แล้วจึงเปลี่ยนไปเป็น GA ซึ่งวิถีในช่วงที่เปลี่ยนไปเป็น GA ชนิดต่าง ๆ นี้ยังไม่ทราบแน่ชัดนัก สารชนิดแรกที่มีวงแหวนของ Gibberellane คือ อัลดีไฮด์ของ GA<sub>12</sub> ในปัจจุบันมีสารชะงักการเจริญเติบโต เช่น CCC หรือ Cycocel AMO-1618 Phosfom-D และ SADH หรือ Alar ซึ่งใช้กันมากในการเกษตร สารเหล่านี้บางชนิดสามารถยับยั้งกระบวนการสังเคราะห์จิบเบอเรลลินได้ เช่น AMO-1618 สามารถยับยั้งการสังเคราะห์จิบเบอเรลลินในอาหารสำรอง (Endosperm) ของแตงกวาป่า โดยชะงักในช่วงการเปลี่ยน Geranylgeranyl

pyrophosphate ไปเป็น Kaurene ในทำนองเดียวกัน CCC สามารถระงับกระบวนการนี้ได้ด้วย ใบอ่อน ผลอ่อนและต้นอ่อนเป็นส่วนที่สร้าง GA ของพืช รากพืชอาจจะสามารถสร้าง GA ได้บ้าง GA ที่พบในปัจจุบันจึงเป็นสารธรรมชาติทั้งสิ้น

### 2.5.2 การสลายตัวของจิบเบอเรลลิน

จิบเบอเรลลินมีกิจกรรมทางสรีรวิทยาอยู่ได้เป็นระยะเวลานานในเนื้อเยื่อพืช จิบเบอเรลลินสามารถเปลี่ยนจากชนิดหนึ่งไปเป็นจิบเบอเรลลินอีกชนิดหนึ่งได้ในเนื้อเยื่อพืช จิบเบอเรลลินในรูปของไกลโคไซด์ (Glycosides) กรดจิบเบอเรลลิก ซึ่งอยู่ในสภาพสลายถูกทำให้สลายตัวได้โดยใช้ Acid Hydrolysis ที่อุณหภูมิสูง และได้ผลิตภัณฑ์คือกรดจิบเบอเรลลินิก (Gibberellenic Acid) และกรดจิบเบอเรลลิก (Gibberic Acid)

### 2.5.3 การหาปริมาณจิบเบอเรลลิน

2.5.3.1 ใช้วิธีโครมาโตกราฟี เช่น GC หรือ Gas Chromatograph และ Paper Chromatograph

2.5.3.2 ใช้วิธี Bioassay โดยการที่จิบเบอเรลลินสามารถทำให้พืชแคระ (ข้าวโพดและถั่ว) เจริญเป็นต้นปกติได้ หรือโดยการที่จิบเบอเรลลินสามารถป้องกันการเกิดการเสื่อมสลาย (Senescence) หรือโดยหาปริมาณจิบเบอเรลลินจากการกระตุ้นให้เมล็ดข้าวบาร์เลย์สร้างเอนไซม์แอลฟา อะมัยเลส ( $\alpha$ -amylase) ในอาหารสำหรับจิบเบอเรลลินสามารถเคลื่อนย้ายหรือเคลื่อนที่ในพืชได้ทั้งทางเบลฟิตัล และอะโครพิตัล และการเคลื่อนที่ไม่มีโพลาไรดี การเคลื่อนย้ายเกิดขึ้นทั้งในส่วนของท่ออาหารและท่อน้ำ จิบเบอเรลลินจากยอดอ่อนลงมาสู่ส่วนล่างของลำต้นนั้นไม่ได้เกิดในท่อน้ำ ท่ออาหารเพราะส่วนของยอดอ่อนเป็นส่วนที่ดึงอาหารและธาตุอาหารให้เคลื่อนที่ขึ้นไปแบบอะโครพิตัล ดังนั้นจิบเบอเรลลิน จึงไม่ได้เคลื่อนที่ทางท่ออาหารและยังไม่ทราบวิธีการเคลื่อนที่แน่ชัด

### 2.5.4 กลไกในการทำงานของจิบเบอเรลลิน

ระดับของกิจกรรมของเอนไซม์หลายชนิดมีผลกระทบจากปริมาณของจิบเบอเรลลิน เอนไซม์ซึ่งมีกิจกรรมเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับจิบเบอเรลลิน คือ เอนไซม์ แอลฟาและเบตา-อะมัยเลส ( $\alpha$  และ  $\beta$ -amylase) โปรตีเอส (Protease) และไรโบนิวคลีเอส (Ribonuclease) ซึ่งพบในเมล็ดข้าวบาร์เลย์ซึ่งกำลังงอก ระดับกิจกรรมของเอนไซม์ซึ่งถูกควบคุมโดยจิบเบอเรลลิน ทำกันมากในเอนไซม์แอลฟา อะมัยเลส ในเมล็ดข้าวบาร์เลย์ ในเมล็ดข้าวบาร์เลย์ที่แห้งที่ยังไม่ดูดซับน้ำจะไม่เอนไซม์แอลฟา อะมัยเลส ปรากฏอยู่เอนไซม์นี้จะปรากฏขึ้นและปลดปล่อยออกมาจากชั้นของอะ

ลิโรนของเมล็ด เป็นการตอบสนองต่อจิบเบอเรลลินซึ่งสังเคราะห์จากต้นอ่อนที่กำลังงอก เนื้อเยื่อชั้นอะลิโรนซึ่งแยกจากเมล็ดที่ไม่งอกจะมีกิจกรรมของแอลฟา อะมัยเลส น้อยมาก จิบเบอเรลลินควบคุมกิจกรรมของแอลฟา อะมัยเลส ผ่านทางการสังเคราะห์ RNA สารชะงักการสังเคราะห์ RNA เช่น แอคติโนมัยซิน-ดี (Actinomycin-D) จะชะงักกระบวนการกระตุ้นการสังเคราะห์ RNA 2-3 ชั่วโมง หลังจากเติมจิบเบอเรลลิน ในขณะที่สารชะงักการสังเคราะห์โปรตีน เช่น ไซโคลเฮกซิมิด (Cycloheximide) จะระงับการปรากฏของกิจกรรมของแอลฟา อะมัยเลส หลังจากช่วง "lag" เริ่มต้น

## 2.5.5 บทบาทของจิบเบอเรลลินที่มีต่อพืช

### 2.5.5.1 กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชทั้งต้น

### 2.5.5.2 กระตุ้นการงอกของเมล็ดที่พักตัวและตาที่พักตัว

2.5.5.3 การแทงช่อดอก การออกดอกของพืชเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น อายุ และสภาพแวดล้อม จิบเบอเรลลินสามารถแทนความต้องการวันยาวในพืชบางชนิดได้ และยังสามารถทดแทนความต้องการอุณหภูมิต่ำ (Vernalization) ในพืชพวกกะหล่ำปลี และแครอท

2.5.5.4 จิบเบอเรลลิน สามารถกระตุ้นการเคลื่อนที่ของอาหารในเซลล์สะสมอาหารหลังจากที่เมล็ดงอกแล้ว

2.5.5.5 กระตุ้นให้เกิดผลแบบ Parthenocarpic ในพืชบางชนิด เปลี่ยนรูปร่างของใบ พืชบางชนิด เช่น English Ivy และทำให้พืชพัฒนาการเพื่อทนความเย็นได้

### 2.5.5.6 จิบเบอเรลลินมักเร่งให้เกิดดอกตัวผู้

ฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน เป็นสารที่เกี่ยวข้องกับการยืดตัวของเซลล์ (cell elongation) ในช่องว่างระหว่างข้อทำให้ต้นสูงขึ้น ทำลายการพักตัวของพืช กระตุ้นการออกดอกของพืช ฮอร์โมนพืชเป็นสารที่พืชสังเคราะห์ขึ้นและมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ในปัจจุบันฮอร์โมนพืชสามารถสังเคราะห์ได้ในห้องปฏิบัติการ จึงเรียกชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (ฟิรเดซ ทองอำไพ, 2529) ฮอร์โมนจิบเบอเรลลินเป็นกลุ่มหนึ่งของฮอร์โมนพืช ที่แยกได้จากเชื้อรา *Gibberella fujikuroi* ในรูปสารบริสุทธิ์ (Luckwill, 1981) ในปี 1957 เริ่มใช้จิบเบอเรลลินทางการเกษตรเป็นครั้งแรก มีการใช้ จิบเบอเรลลิน ในการเพิ่มขนาดผลองุ่นพันธุ์ Thomson seedless และใช้กระตุ้นการสร้างเอนไซม์ แอมิเลสในเมล็ดธัญพืช ในอุตสาหกรรมเบียร์



การทดสอบการใช้ฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ในการเจริญเติบโตของเห็ดยังไม่มีรายงาน แต่มีการทดสอบผลของจิบเบอเรลลินในการกระตุ้นเอนไซม์เอมีเลส (amylase) ในเมล็ดข้าวบาร์เลย์ที่ถูกตัดเอมบริโอออกไปแล้ว ซึ่งพบว่าเอนไซม์นี้จะช่วยย่อยแป้งให้กลายเป็นน้ำตาล โดยใช้ที่ความเข้มข้นในระดับต่ำ ประมาณร้อยละ 0.001 ดังนั้นบทบาทหนึ่งของฮอร์โมนจิบเบอเรลลินคือ จะส่งผลให้มีการย่อยแป้งในวัสดุเพาะเห็ดให้เปลี่ยนเป็นน้ำตาลซึ่งสามารถนำไปใช้ในการเจริญของเห็ดได้ดียิ่งขึ้น

## 2.6 โปรตีน (Protein)

โปรตีน เป็นสารอินทรีย์ซึ่งพบได้ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด มีโครงสร้างซับซ้อนและมีมวลโมเลกุลมาก โปรตีนมีหน่วยย่อยคือ กรดอะมิโน เรียงต่อกันด้วยพันธะเปปไทด์ โปรตีนมีหน้าที่สำคัญต่อโครงสร้างและกิจกรรมภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด รวมทั้งไวรัสด้วย โปรตีนในอาหารนั้นเป็นแหล่งของกรดอะมิโน ให้แก่สิ่งมีชีวิตแต่ไม่สามารถสังเคราะห์กรดอะมิโนเหล่านั้นได้เอง

โปรตีนเป็นหนึ่งในมหโมเลกุล (macromolecules) เช่นเดียวกับกับโพลีแซคาไรด์ (คาร์โบไฮเดรต) และกรดนิวคลีอิก (สารพันธุกรรม) ซึ่งเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โปรตีนถูกค้นพบครั้งแรกโดย Jöns Jacob Berzelius ในปี พ.ศ. 2381 (ค.ศ. 1838)

### 2.6.1 ประเภทของโปรตีน (เนตรนภิส, 25)

โปรตีนสามารถแบ่งออกได้หลายประเภท ดังนี้

#### 1) การแยกประเภทตามรูปร่าง

1.1 โปรตีนที่มีรูปร่างเป็นสายยาวหรือสานกันเป็นร่างแห (fibrous protein) มักเป็นโปรตีนที่ละลายน้ำยากและให้ความเหนียว (tough) จึงเป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง เช่น collagen ซึ่งเป็นโปรตีนที่พบมากที่สุดในเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (connective tissue), elastin, keratin เป็นโปรตีนที่พบที่ผิวหนัง ผม และเล็บ เป็นต้น

1.2 โปรตีนที่มีรูปร่างกลมหรือรี (globular protein) เป็นโปรตีนที่ละลายน้ำได้ดี ทำหน้าที่ต่างๆ เช่น เป็นเอนไซม์ ฮอร์โมน อิมมูโนโกลบูลินชนิดต่างๆ โปรตีนที่ทำหน้าที่ขนส่งสารต่างๆ ในร่างกาย เช่น ฮีโมโกลบิน ทำหน้าที่ขนส่ง  $O_2$  ในเลือด และแอลบูมินทำหน้าที่ขนส่งกรดไขมัน เป็นต้น

โปรตีนบางชนิดมีทั้งส่วนที่เป็นทั้ง fibrous และ globulin อยู่ด้วยกัน เช่น myosin ซึ่งทำหน้าที่เป็นโปรตีนของกล้ามเนื้อ

#### 2) การแยกประเภทตามการละลาย

2.1 แอลบูมิน (albumin) เป็นโปรตีนที่พบในซีรัมและไข่ขาว ละลายในน้ำ ตกตะกอนได้ด้วยแอมโมเนียมซัลเฟตอิ่มตัว และแข็งตัวเป็นลิ่มด้วยความร้อน

2.2 โกลบูลิน (globulin) เป็นโปรตีนที่พบในซีรัม ละลายในน้ำเกลือเจือจาง ตกตะกอนได้ด้วยแอมโมเนียมซัลเฟตครึ่งอิ่มตัว แข็งตัวเป็นลิ่มได้ถ้าถูกความร้อน

2.3 ฮิสโตน (histone) เป็นโปรตีนที่รวมกับ DNA ในสัตว์ชั้นสูงเป็นโครโมโซม ละลายในน้ำ แต่ไม่ละลายในแอมโมเนียมซัลเฟตอิ่มตัว และไม่แข็งเป็นลิ่มด้วยความร้อน

2.4 โปรตามีน (protamine) เป็นโปรตีนที่พบในส่วนหัวของ sperm ละลายในน้ำและแอมโมเนียมซัลเฟตอิ่มตัว ไม่แข็งตัวเป็นลิ่มด้วยความร้อน

2.5 โปรลามีน (prolamines) ละลายในแอลกอฮอล์ 70% เช่น zein ในข้าวโพด

2.6 สเคลอโรโปรตีน (scleroproteins) หรือ albuminoids เป็นโปรตีนที่ไม่ละลายในตัวทำละลายชนิดใดเลย ได้แก่ collagen, elastin, keratin เป็นต้น

### 3) การแยกประเภทตามส่วนประกอบทางเคมี

3.1 Simple proteins เป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยกรดอะมิโนล้วนๆ ไม่มีสารอื่น ปนอยู่เลย เช่น แอลบูมิน, keratin

3.2 Complex หรือ Conjugated protein ประกอบด้วย simple protein และสารประกอบอื่นที่ไม่ใช่โปรตีน (prosthetic group) รวมอยู่ด้วย เรียกว่า holoprotein แต่ถ้าขาด prosthetic group ไป โปรตีนส่วนที่เหลือมีชื่อเรียกว่า apoprotein สำหรับ prosthetic group นี้จะมีความสำคัญที่ทำให้ conjugated protein มีหน้าที่ต่างๆ ตัวอย่าง prosthetic group ที่จับอยู่กับโปรตีนได้แก่

#### Prosthetic group

กรดนิวคลีอิก

ไขมัน

คาร์โบไฮเดรต

หมู่โลหะ (metal ion)

ฮีม

ฟอสเฟต

#### Conjugated protein

นิวคลีโอโปรตีน (nucleoprotein)

ไลโปโปรตีน (lipoprotein)

กลัยโคโปรตีน (glycoprotein)

เมทัลโลโปรตีน (metalloprotein)

ฮีโมโปรตีน (hemoprotein)

ฟอสโฟโปรตีน (phosphoprotein)

### 4) การแยกประเภทตามคุณค่าทางโภชนาการ

4.1 Complete proteins เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพสมบูรณ์ เนื่องจากมีกรดอะมิโนจำเป็นครบทุกชนิด ได้แก่ โปรตีนจากสัตว์ (ยกเว้นเจลาติน) และถั่วเหลือง

4.2 Incomplete proteins เป็นโปรตีนที่มีคุณภาพไม่สมบูรณ์ เนื่องจากมีกรดอะมิโนจำเป็นไม่ครบทุกชนิด ได้แก่โปรตีนจากพืชทั่วๆ ไป ยกเว้นถั่วเหลือง

### 5) การแยกประเภทตามหน้าที่ในร่างกาย

โปรตีนเป็นสารชีวโมเลกุลที่มีหน้าที่หลากหลายที่สุดในสิ่งมีชีวิตจึงอาจแยกโปรตีนเหล่านี้ ตามลักษณะการทำหน้าที่ต่างๆ ได้ดังนี้

- 5.1 เป็นเอนไซม์ ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาต่างๆ ในร่างกาย
- 5.2 เป็นโครงสร้างของเซลล์และเนื้อเยื่อต่างๆ ทำให้เกิดความแข็งแรง เช่น collagen, elastin, fibroin ซึ่งเป็นโปรตีนของเส้นไหม (silk) เป็นต้น
- 5.3 เป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนไหว ในช่วงที่เซลล์กำลังมีกิจ-กรรมต่างๆ เช่น การแบ่งเซลล์ endocytosis exocytosis การเคลื่อนที่แบบ ameboid ของเซลล์เม็ดเลือดขาว ตัวอย่างของโปรตีนชนิดนี้ได้แก่ actin, tubulin เป็นต้น
- 5.4 เป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดกับเซลล์ของร่างกาย เช่น fibrinogen และ thrombin เป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการแข็งตัวของเลือด อิมมูโนโกลบูลิน หรือ แอนติบอดี ทำหน้าที่เป็นภูมิคุ้มกันของร่างกาย และ ทำลายสิ่งแปลกปลอมที่เข้ามาในร่างกาย
- 5.5 เป็นฮอร์โมน ที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานต่างๆ ของร่างกายให้เป็นปกติ เช่น insulin glucagon ทำหน้าที่ควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด growth hormone ทำหน้าที่ควบคุมการเจริญเติบโตของร่างกาย
- 5.6 เป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่ขนส่งสารต่างๆ ในร่างกาย เช่น ฮีโมโกลบิน ทำหน้าที่ ขนส่งออกซิเจนจากปอดไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ ไกลโโปรตีน ทำหน้าที่ขนส่งไขมันจากตับและลำไส้ไปยังอวัยวะต่างๆ transferrin ขนส่งเหล็ก เป็นต้น
- 5.7 เป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่สะสม เช่น ferritin ทำหน้าที่สะสมเหล็กไว้ในเนื้อเยื่อ, thyroglobulin ทำหน้าที่เก็บรักษารอยด์ฮอร์โมนไว้ในต่อมธัยรอยด์ เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีโปรตีนที่ทำหน้าที่เฉพาะอีกมาก ตลอดจนยังมีโปรตีนอีกหลายชนิดที่โดยตัวเองทำหน้าที่ได้หลายอย่าง

### 2.6.2 หน้าที่ของโปรตีน

- 1) โปรตีนหลายชนิดทำหน้าที่เป็นเอนไซม์หรือหน่วยย่อยของเอนไซม์
- 2) โปรตีนทำหน้าที่ทางด้านโครงสร้าง เช่น ระบบเส้นใยของเซลล์ (cytoskeleton) ฝม เส้นไหม
- 3) โปรตีนที่ควบคุมการเคลื่อนไหว เช่น แอกติน ไมโอซิน



- 4) เป็นภูมิคุ้มกันคอยปกป้องร่างกายจากสิ่งแวดล้อม เช่น แอนติบอดี
- 5) ขนส่งสารภายในระบบร่างกาย เช่น ฮีโมโกลบิน
- 6) เป็นแหล่งสำรองพลังงานยามขาดแคลน เช่น โปรตีนในเมล็ดข้าวและน้ำมัน
- 7) โปรตีนที่เป็นฮอร์โมน
- 8) โปรตีนให้ความหวานในพืช
- 9) โปรตีนป้องกันการแข็งตัวของเลือดในปลาที่อยู่ในแถบขั้วโลก
- 10) โปรตีนช่วยสร้างเซลล์เนื้อเยื่อใหม่

## 2..7 คาร์โบไฮเดรต (Carbohydrate) (วรรณรัตน์, 2549)

คาร์โบไฮเดรต เป็นสารอาหารอีกประเภทหนึ่งที่เป็นต่อชีวิตเป็นอย่างมาก มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต เพราะเป็นสารเก็บสะสมพลังงานในรูปของเซลลูโลส และไกลโคเจน และทำหน้าที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ต่าง ๆ เช่น เป็นเซลล์เนื้อเยื่อในน้ำไขข้อของสัตว์และเป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ เป็นต้น

คาร์โบไฮเดรตเป็นสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในพืชและสัตว์ทั่วไปเป็นสารประกอบที่มีธาตุ C, H และ O สูตรทั่วไปของคาร์โบไฮเดรตอาจจะเขียนได้ 2 แบบ คือ  $(CH_2O)_n$  และ  $C_x(H_2O)_y$

เมื่อ  $n, x, y$  เป็นเลขจำนวนเต็ม

$$\text{เช่น } C_6H_{12}O_6 = (CH_2O)_6 \quad \text{เมื่อ } n = 6$$

$$C_6H_{10}O_5 = C_6(H_2O)_5 \quad \text{เมื่อ } x = 6, y = 5$$

$$C_{12}H_{22}O_{11} = C_6(H_2O)_5 \quad \text{เมื่อ } x = 12, y = 11$$

ข้อสังเกตเกี่ยวกับสูตรโมเลกุลของคาร์โบไฮเดรตคือ อัตราส่วนอะตอมของ  $H:O=2:1$  ดังเช่นในกรณีของ  $C_6H_{12}O_6$ ,  $C_6H_{10}O_5$  และ  $C_{12}H_{22}O_{11}$

แต่อย่างไรก็ตามคาร์โบไฮเดรตบางชนิดอาจจะมีสูตรโมเลกุลที่แตกต่างไปจากนี้ได้ และมีอัตราส่วนของ  $H:O$  ไม่เท่ากับ  $2:1$  เช่น  $C_6H_{12}O_5$  (rhamnose) เป็นต้น และมีสารบางชนิดที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรตแต่มีสูตรโมเลกุลแบบเดียวกับคาร์โบไฮเดรต เช่น  $C_2H_4O_2 = (CH_2O)_2$  เป็นกรดอินทรีย์ คือ กรดอะซิติก ซึ่งไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตแบ่งออกเป็นแป้งและน้ำตาล โดยที่น้ำตาลเป็นคาร์โบไฮเดรตที่มีขนาดเล็ก มีโครงสร้างง่าย และเวลาเรียกชื่อมักจะลงท้ายด้วย -ose ในขณะที่แป้งเป็นคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลใหญ่ มวลโมเลกุลสูง มักจะเกิดจากน้ำตาลหลายๆ โมเลกุลมารวมกัน อาจจะกล่าวได้ว่าแป้งเป็น

พอลิเมอร์ของน้ำตาล (น้ำตาลเป็นมอนอเมอร์) น้ำตาลซึ่งมีโมเลกุลขนาดเล็กละลายน้ำได้ แต่แป้งซึ่งมีโมเลกุลขนาดใหญ่จะไม่ละลายน้ำ

### ปฏิกิริยาที่สำคัญของการโบไฮเดรต

1) ปฏิกิริยากับสารละลายเบนเนดิกต์ เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชัน ใช้ทดสอบน้ำตาลและสารอินทรีย์ที่มีหมู่  $-CHO$  เช่น แอลดีไฮด์ โดยสารที่มีหมู่  $-CHO$  เหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับสารละลายเบนเนดิกต์ได้ ได้ตะกอนสีแดงอิฐของคอปเปอร์ (I) ออกไซด์ ( $Cu_2O$ )

สารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชัน  $-CHO$  เช่น น้ำตาลมอนอแซ็กคาไรด์และแอลดีไฮด์ จะมีสมบัติเป็นตัวรีดิวซ์ที่ดี จึงสามารถทำปฏิกิริยากับตัวออกซิไดส์ เช่น สารละลายเบนเนดิกต์ ดังนั้น ถ้าต้องการทดสอบว่าน้ำตาลชนิดใดมีหมู่  $-CHO$  อยู่หรือไม่ ให้นำมาทำปฏิกิริยากับสารละลายเบนเนดิกต์

พวกน้ำตาลมอนอแซ็กคาไรด์ เช่น กลูโคส กาแลกโตส มีหมู่  $-CHO$  จึงทดสอบกับสารละลายเบนเนดิกต์ได้ตะกอน  $Cu_2O$  พวกแป้ง น้ำตาลทรานส์ ลาลิ หรือพวกพอลิแซ็กคาไรด์ซึ่งไม่มีหมู่  $-CHO$  จะไม่เกิดปฏิกิริยากับสารละลายเบนเนดิกต์

สารละลายเบนเนดิกต์ เตรียมได้ดังนี้

ก. เตรียมสารละลาย A โดยใช้เกลือโซเดียมซัลเฟต 173 กรัม ผสมกับ anhydrous  $Na_2CO_3$  100 กรัม ละลายในน้ำและทำให้มีปริมาตรเป็น  $850\text{ cm}^3$

ข. เตรียมสารละลาย B โดยใช้  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  17.3 กรัม ละลายในน้ำแล้วทำให้มีปริมาตร  $150\text{ cm}^3$

ค. ผสมสารละลาย A, B เข้าด้วยกันจะได้สารละลายสีน้ำเงินอ่อน เรียกว่าสารละลายเบนเนดิกต์

นอกจากจะทดสอบน้ำตาลด้วยสารละลายเบนเนดิกต์แล้ว ยังสามารถใช้สารละลายอื่น ๆ ทดสอบได้ เช่น Toll 's reagent , Barfoed test , Fehling 's solution

สำหรับสารละลายเบนเนดิกต์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ทดสอบหาน้ำตาลในปัสสาวะ ซึ่งเป็นการตรวจสอบโรคเบาหวานได้ เนื่องจากเมื่อเป็นโรคเบาหวานร่างกายจะขับกลูโคสออกมาทางปัสสาวะ

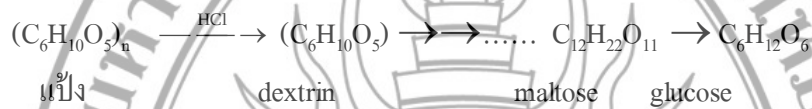
2) ปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีน สารละลายไอโอดีนสามารถใช้ทดสอบแป้งได้ โดยรวมกับแป้งให้ตะกอนสีน้ำเงิน แต่พวกน้ำตาลทั้งมอนอแซ็กคาไรด์และไดแซ็กคาไรด์ จะไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีน ดังนั้นปฏิกิริยานี้จึงเป็นปฏิกิริยาที่ใช้ทดสอบแป้งโดยเฉพาะ

3) ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส เกิดขึ้นกับพวกไดแซ็กคาไรด์ ไตรแซ็กคาไรด์ จนถึง พอลิแซ็กคาไรด์ แต่ไม่เกิดกับพวกมอนอแซ็กคาไรด์ ส่วนใหญ่จะใช้กรดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา โดยนำ

คาร์โบไฮเดรตมาต้มกับกรดเจือจาง ถ้าเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นมอนอแซ็กคาไรด์ เช่น



เมื่อนำแป้งมาไฮโดรลิซิสในสารละลายกรด HCl เจือจาง โมเลกุลของแป้งจะถูกย่อยให้มีขนาดเล็กลงเรื่อย ๆ จนในที่สุดจะได้เป็นกลูโคส



ในการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล นอกจากจะอาศัยปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสใช้กรดเจือจางเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาแล้วยังสามารถใช้เอนไซม์บางชนิดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ เช่น เอนไซม์ที่มีอยู่ในน้ำลายจะช่วยย่อยแป้งให้กลายเป็นน้ำตาลได้

น้ำตาลทราย แป้ง และลำไย ต่างก็เป็นคาร์โบไฮเดรตเหมือนกัน แต่มีสมบัติบางประการแตกต่างกัน เพราะสารดังกล่าวมีโครงสร้างต่างกัน

เมื่อนำน้ำตาลทราย แป้ง และลำไย มาทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีน หรือ  $\text{I}_2$  ใน KI จะพบว่า เฉพาะแป้งเท่านั้นที่ทำปฏิกิริยากับ ไอโอดีน แล้วได้ตะกอนสีน้ำเงิน ทั้งนี้เพราะ ไอโอดีนใช้ทดสอบแป้งเท่านั้น

เมื่อนำน้ำตาลทราย แป้ง และลำไยมาต้มกับสารละลายเบเนดิกต์ จะได้ผลที่แตกต่างกับการต้มกลูโคส กับสารละลายเบเนดิกต์ คือ ไม่เกิดตะกอนสีแดงอิฐของ  $\text{Cu}_2\text{O}$  กรณีนี้น้ำตาลทราย สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว มีตะกอนสีแดงอิฐปนอยู่ซึ่งเมื่อปล่อยให้เย็นลงจะเปลี่ยนเป็นสีฟ้าอมเขียว ส่วนแป้งและลำไยจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

เมื่อนำน้ำตาลทราย แป้ง และ ลำไย มาต้มกับ กรด HCl เจือจางแล้วทำให้เป็นกลาง หลังจากนั้นจึงนำสารละลายมาทดสอบกับสารละลาย  $\text{I}_2$  จะพบว่าแป้งที่ต้มกับกรดจะไม่ทำปฏิกิริยากับไอโอดีน ไม่เกิดตะกอนสีน้ำเงิน และเมื่อทดสอบด้วยสารละลายเบเนดิกต์จะพบว่าทั้งน้ำตาลทราย แป้ง และลำไย ที่ต้มกับกรดแล้วทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์ ได้ตะกอนสีแดงอิฐของ  $\text{Cu}_2\text{O}$  เหมือนกับกรณีกลูโคส การที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากน้ำตาลทราย แป้ง และลำไย เกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสในสารละลายกรดกลายเป็นน้ำตาลประเภทมอนอแซ็กคาไรด์ ดังนั้นจึงไม่ทำปฏิกิริยากับไอโอดีน แต่สามารถทำปฏิกิริยากับสารละลายเบเนดิกต์ได้



## 2.8 ไขมัน (Lipid, Fat) (อาภัสสร, 2543)

ไขมัน เป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายในฐานะที่เป็นแหล่งพลังงานสำคัญเช่นเดียวกับ คาร์โบไฮเดรตและโปรตีน โดยไขมันสามารถให้พลังงานได้มากถึง 9 แคลอรีต่อกรัมซึ่งมากกว่า คาร์โบไฮเดรตและโปรตีน (ซึ่งให้พลังงาน 4 แคลอรีต่อกรัม)

### 2.8.1 ความสำคัญของไขมัน

#### 1) ด้านร่างกาย

ไขมันในอาหารคือการที่สารอาหารชนิดนี้เป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็นเช่น linoleic acid และ linolenic acid ซึ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตการรักษาสกุลของผิวหนัง ควบคุมการเผาผลาญ คอเลสเตอรอล และยังเป็นสารตั้งต้นในการผลิต prostaglandin ที่จำเป็นสำหรับการทำงานของร่างกาย ไขมันยังมีหน้าที่ในการลำเลียงและการดูดซึมของวิตามินชนิดที่ละลายในไขมัน ได้แก่ A, D, E และ K รวมทั้ง carotenoids ด้วย ในบางกรณีไขมันจากอาหารยังเป็นวิตามินเองด้วย เช่น น้ำมันถั่วเหลืองเป็นแหล่งสำคัญของ วิตามิน E

ร่างกายมนุษย์สะสมไขมันไว้ภายในเซลล์ไขมัน (adipose cell) แต่ก็สามารถพบไขมันบางส่วนในเลือดและเซลล์อื่นๆได้ด้วยการสะสมไขมันในร่างกายมิใช่เพื่อสร้างความอบอุ่นให้ร่างกายเท่านั้น แต่ยังช่วยรองรับและป้องกันอวัยวะภายในต่างๆอีกด้วย

#### 2) ด้านอาหาร

นอกเหนือไปจากหน้าที่ที่มีต่อร่างกายแล้ว ไขมันยังมีส่วนสำคัญในด้านเนื้อสัมผัส, กลิ่นรส, ความชุ่มชื้น, และรสชาติของอาหารอีกด้วยและเนื่องจากร่างกายของเราสะสมไขมันได้ช้ากว่าสารอาหารชนิดอื่น เช่น คาร์โบไฮเดรต, ไขมันเป็นสิ่งที่ทำให้เรารู้สึกอิ่ม หลังจากที่ได้รับอาหารเข้าในปริมาณที่เพียงพอแล้ว

โดยหลักการ ไขมันมิได้ถูกแบ่งเป็นกลุ่มๆ แต่อย่างใด เพราะไขมันก็ประกอบขึ้นด้วยธาตุสามชนิด เช่นเดียวกับคาร์โบไฮเดรต ได้แก่ คาร์บอน, ไฮโดรเจน, และออกซิเจน อย่างไรก็ตาม ไขมันจะมีสัดส่วนของคาร์บอนและไฮโดรเจนมาก และมีออกซิเจนน้อย ซึ่งทำให้ไขมันมีพลังงานต่อมวลมากถึง 9 แคลอรีต่อกรัม ในขณะที่คาร์โบไฮเดรตให้พลังงานเพียง 4 แคลอรีต่อกรัม

#### 3) ด้านอุตสาหกรรม

ใช้ในการทำสบู่ ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาสะพอนิฟิเคชันซึ่งเกิดจาก น้ำมันพืช + โซดาไฟ = สบู่

### 2.8.2 โครงสร้างทางเคมีของไขมัน

ไขมันประกอบไปด้วยธาตุหลัก 3 ชนิด ได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และ ออกซิเจน เช่นเดียวกับคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน อย่างไรก็ตามไขมันมีองค์ประกอบเป็นคาร์บอนและไฮโดรเจนแต่มีออกซิเจนน้อย ดังนั้นไขมันจึงให้พลังงานมากถึง 9 แคลอรีต่อกรัม

ในทางเทคนิคนั้นควรจะกล่าวถึงไขมันในลักษณะที่เป็นพหุพจน์เนื่องจากไขมันมีหลายชนิด โดยไขมันจะประกอบขึ้นด้วยกรดไขมัน (Fatty acids) ชนิดต่างๆที่มีลักษณะทางกายภาพและมีผลต่อร่างกายแตกต่างกันไป ไขมันยังสามารถแบ่งตามการมีพันธะคู่ของคาร์บอนอะตอมภายในกรดไขมันได้แก่

1. กรดไขมันอิ่มตัว (Saturated fatty acids) ซึ่งไม่มีพันธะคู่ระหว่างอะตอมของคาร์บอน ปกติพบได้ในไขมันจากสมองสัตว์หรือเครื่องในสัตว์
2. กรดไขมันไม่อิ่มตัว (Unsaturated fatty acids) ซึ่งมีพันธะคู่ พบได้ในไขมันพืช

### 2.9 เส้นใย (Fiber) (เอ็มอัชมา, 2541)

เส้นใยอาหาร (Fiber) ไฟเบอร์ หรือเส้นใยอาหาร ส่วนใหญ่เราจะได้จากส่วนโครงสร้างของพืช เช่น กิ่ง ก้าน เมล็ด เป็นส่วนที่ร่างกายไม่สามารถย่อยสลายได้มีอีกชื่อหนึ่งว่าเซลลูโลส ซึ่งมีโครงสร้างประกอบไปด้วยโมเลกุลน้ำตาลมาต่อกันอย่างซับซ้อน Fiber จะไม่โดนย่อยด้วยกรดในกระเพาะอาหารและเอนไซม์ในลำไส้เล็ก มันจึงเป็นกากที่จะไปเบียดบังพื้นที่ในระบบทางเดินอาหาร เวลารับประทานเข้าไปจึงรู้สึกอึด อึดทั้งมันเป็นสารที่ไม่ให้พลังงาน เมื่อรับประทานเข้าไปจึงไม่ก่อให้เกิดพลังงานส่วนเกิน แต่ในทางตรงข้ามมันกลับไปช่วยขัดขวางการดูดซึมไขมันและคอเลสเตอรอล อีกด้วย นอกจากนี้มันยังช่วยป้องกันหรือลดความเสี่ยงจากโรค มะเร็ง ลดอัตราเสี่ยงจากไขมันอุดตันหลอดเลือด ช่วยควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด และเนื่องจากมันช่วยในเรื่องระบบการขับถ่ายให้ดีขึ้นนั่นเองมันจึงช่วยบรรเทาอาการ ท้องผูก ริดสีดวงทวาร ด้วย ไฟเบอร์แบ่งได้ 2 ชนิดคือ

1. ไฟเบอร์ชนิดที่ละลายน้ำได้ เวลาละลายน้ำจะเห็นเป็นลักษณะเมือกๆ พบมากในผลไม้ ถั่ว ข้าวโอ๊ต เป็นต้น
2. ไฟเบอร์ชนิดที่ไม่ละลายน้ำ จะพบมากใน ข้าวซ้อมมือ ข้าวโพด ฟักทอง

### 2.9.1 ประโยชน์ของไฟเบอร์ต่อร่างกาย

1. ช่วยไม่ให้ไม่อ้วนและถ่ายคล่องอาหารที่มีเส้นใยจะให้แคลอรีน้อยกว่าในขณะที่ 100 กรัมของน้ำมันพืชให้ 84 กิโลแคลอรี น้ำตาลให้ 385 กิโลแคลอรี แป้งสาลีขาวให้ 352 กิโลแคลอรี นอกจากนี้อาหารที่มีเส้นใยสูงจะทำให้รู้สึกอิ่มเร็ว และอิ่มทนกว่าอาหารที่มีเส้นใยต่ำเพราะการย่อยใช้เวลาานกว่า และการดูดซึมก็เป็นไปอย่างช้าๆ เส้นใยช่วยเพิ่มปริมาณของอุจจาระจึงกระตุ้นให้ลำไส้ใหญ่ทำงานดีขึ้น
2. ช่วยให้โรคเบาหวานทุเลาในคนเป็นเบาหวาน เมื่อให้อาหารที่มีเส้นใยสูง โดยเฉพาะเมื่อร่วมกับอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงจะ ทำให้ความทนทานต่ออาหารคาร์โบไฮเดรต ดีขึ้น ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำลง และสามารถลดปริมาณยาที่ใช้ลงได้
3. ช่วยลดระดับไขมันในเลือด การกินอาหารที่มีเส้นใยมากจะช่วยลดไขมันในเลือดทั้งคอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ นอกจากนี้ยังช่วยลดอุบัติการณ์ของโรคหลอดเลือดหัวใจ
4. ลดอุบัติการณ์โรคหลอดเลือดหัวใจ กลุ่มคนที่กินอาหารเส้นใยมากจะเป็นโรคหัวใจน้อยกว่าพวกที่กินเส้นใยต่ำกว่าถึง 4 เท่า โดยอาศัยกลไกที่ช่วยลดระดับไขมันในเลือด ช่วยลดระดับอินซูลินในเลือด ช่วยลดแรงดันเลือดลงเล็กน้อย และไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการแข็งตัวของเลือด
5. ช่วยลดความดันโลหิตสูงลงได้ อาหารเส้นใยมีผลต่อแรงดันเลือดในพวก มังสวิรัติ ซึ่งบริโภคเส้นใยมากกว่าคนปกติ 2 เท่า มีความดันเลือดโดยเฉลี่ยต่ำกว่าคนอื่นๆ และปรากฏว่าทั้งในคนที่มีความดันเลือดในเกณฑ์ปกติและคนที่มีความดันเลือดสูง เมื่อกินอาหารเส้นใยเพิ่มขึ้น ความดันเลือดจะลดลง ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว การกินอาหารเส้นใยสูงควรทำควบคู่กับการลดไขมันในอาหาร มีการควบคุมปริมาณอาหารและเกลือที่กินร่วมกับมีการออกกำลังกายสม่ำเสมอ จะช่วยลดความดันเลือด

### 2.9.2 แหล่งอาหารที่จะได้รับไฟเบอร์

เราสามารถได้จากพวกรั้วพืช เช่น ข้าวซ้อมมือ ลูกเดือย ข้าวโอ๊ต ผลไม้ทั้งผล (ไม่ใช่น้ำผลไม้) ผล ส้มแขก เมล็ดแมงลัก



น้ำฝน นกแดง (2544) ได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในเห็ดพื้นบ้าน โดยวิธีเคดาห์ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนในเห็ดพื้นบ้านต่างชนิดกัน โดยนำเห็ดพื้นบ้านทั้ง 5 ชนิด คือ เห็ดโคน เห็ดลม เห็ดหูหนู เห็ดเผาะ และเห็ดหล่ม มาวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนใน ไตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนเป็นร้อยละ โดยน้ำหนักในเห็ดพื้นบ้านเป็นตัวอย่าง

ประทุม ชรรวมวงศ์ (2541) ได้ทำการจากการศึกษาเปรียบเทียบการเจริญของเส้นใยและการเกิดดอกของเห็ดนางฟ้าโดยใช้เชื้อชนิดต่างๆ ได้แก่ ไม้ยางพารา ไม้ฉำฉา ไม้เหียง ไม้เต็ง ไม้สัก ไม้ประดู่ และ ไม้มะค่า พบว่า เส้นใยของเห็ดนางฟ้ามีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในอาหารทั้ง 7 สูตร แต่เมื่อเปรียบเทียบบนสูตรอาหารชนิดต่างๆ พบว่าสูตรอาหารที่ได้จาก จี้เลื่อยไม้เหียง เส้นใยเห็ดนางฟ้าเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ส่วนสูตรอาหารที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ส่วนสูตรอาหารที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดนางฟ้ารองลงมา คือ สูตรอาหารที่ได้จากจี้เลื่อยไม้มะค่า จี้เลื่อยไม้สัก จี้เลื่อยไม้ประดู่ จี้เลื่อยไม้ยางพารา ไม้เต็ง ไม้เต็ง และจี้เลื่อยไม้ฉำฉา ตามลำดับ และเมื่อศึกษาการเกิดดอกเห็ดนางฟ้า พบว่า เห็ดนางฟ้าจะเกิดดอกในสูตรอาหารที่ได้จากจี้เลื่อยไม้ยางพารา และจากจี้เลื่อยไม้เต็ง ส่วนจี้เลื่อยจากไม้ชนิดอื่นไม่ปรากฏว่ามีการเกิดดอก

วิโรจน์ ปิยพิทยานันต์ (2543) ได้เปรียบเทียบผลผลิตและคุณสมบัติบางประการของ  
 เห็ดหอมพันธุ์ต่างๆ ในการวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตของเห็ดหอมสายพันธุ์  
 ต่างๆและแนวทางในการปรับปรุงสายพันธุ์ คัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นจึง  
 จังหวัดเลยตลอดจนใช้ส่งเสริมเกษตรกรที่สนใจในการรวบรวมใช้ประชากรทั้งหมดโดยศึกษาใน  
 ด้านระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโตของเส้นใย ขนาดของดอกเห็ด และผลผลิต วางแผนการ  
 ทดลองแบบ completely randomized design จำนวน 4 ทรีเมนต์ และ 4 ซ้ำ ผลการทดลองสรุปได้  
 ดังนี้ พบว่าเห็ดหอมเบอร์ 1 ใช้ระยะเวลาของการเจริญของเส้นใยเห็ดสั้นที่สุดคือ 60 วันสำหรับ  
 เห็ดหอมเบอร์3เบอร์ 4 และเบอร์ 2 ใช้ระยะเวลา 63 วัน 66 วัน และ 66 วัน ตามลำดับขนาดของ

เห็ดหอมพบว่าเห็ดเบอร์ 4 มีขนาดใหญ่ที่สุดคือ 2.11 นิ้ว รองลงมาได้แก่เห็ดหอมเบอร์ 3 , เบอร์ 1, และเบอร์ 2 คือ 2.03 นิ้ว , 1.88 นิ้ว , 1.73 นิ้ว ตามลำดับ ผลผลิตของเห็ดหอมพบว่า เห็ดหอมเบอร์ 1 ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ 1,403.25 g รองลงมาได้แก่เห็ดหอมเบอร์ 4, เบอร์ 3, เบอร์ 2 คือ 1364.75 g , 1,227.25 g , และ 720 g ตามลำดับ

สุรินทร์ พงษ์สามารถ และคณะ (2529) ได้ทำ การสำรวจคุณภาพของโปรตีนในเห็ด จากการตรวจสอบคุณภาพของโปรตีนจากเห็ดเพาะเลี้ยงทั้งหมด 8 พันธุ์ โดยวิธีวิเคราะห์ในหนูขาว และวิธีย่อยโปรตีนภายนอกร่างกาย พบว่าเห็ดที่นำทดลองทั้งหมดมีค่าของกรดอะมิโนต่าง ๆ ที่แสดงคุณภาพของโปรตีนดังนี้ คือ peotein efficiency ratio (PER) 1.1-1.8 (casein = 2.7), PER adjusted 1.2-1.7 (casein = 2.5), relative PER (RPER) 42-67 (casein = 100), net protein ratio (NPR) 1.9-2.4 (casein = 3.2), relative NPR (RNPR) 58-72 (casein = 100), net proteinutilization (NPU) 27-34% and biological value (BV) 40-57% พบว่าค่าของ true digestibility (TD) ที่วิเคราะห์ในหนูขาวมีค่า 53-74% เป็นค่าต่ำกว่าค่าการย่อยโปรตีน 73-77% ซึ่งเป็นค่าวิเคราะห์โดยวิธีใช้เอ็นไซม์ย่อยโปรตีนภายนอกร่างกาย จากการทดลองใช้อาหารผสมของเห็ดหนูหนูหนาดอกน้ำตาลกับเคซีอิน พบว่ามีค่าของกรดอะมิโนต่าง ๆ ที่แสดงคุณภาพโปรตีนสูงขึ้น มีค่า PER adjusted = 2.6, RPER = 106 ตามลำดับ ยกเว้นค่า NPU และ BV ซึ่งมีค่าเช่นเดียวกับเห็ดอื่น ๆ ที่นำมาวิเคราะห์ คุณภาพของ โปรตีนในเห็ด เปรียบเทียบได้พวกธัญพืชและพวกถั่ว เห็ดดูเหมือนจะเหมาะสมใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนได้

สุรางค์ อัครมั่นคง และคณะ (2529) ได้ทำ การสำรวจคุณค่าอาหารของเห็ด ได้วิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของเห็ดที่เพาะเลี้ยงและเห็ดรับประทานได้ที่ขึ้นเองตามธรรมชาติในประเทศไทย ทั้งหมด 14 พันธุ์ จากผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าเห็ดสดส่วนใหญ่มีโปรตีนประมาณ 2-4% จากการวิเคราะห์โดยวิธี เคลดาล์ (Kjeldahl) ยกเว้นในเห็ดโคนมีโปรตีนสูงถึง 6.27% ส่วนเห็ดหนูหนูพบเพียง 0.77% เห็ดสดมีน้ำอยู่ประมาณ 80-90% ยกเว้นในเห็ดลมมีเพียง 62.9% ในเห็ดแห้งจะมีโปรตีนสูงประมาณ 20-40% เห็ดทุกชนิดมีไขมันน้อยมาก พบมากที่สุดเพียง 0.3% ในเห็ดตะไคล มีกากอาหารประมาณ 0.5-1% มีเถ้าประมาณ 0.5-1% มีคาร์โบไฮเดรตประมาณ 4-5% ในเห็ดเกือบทุกชนิด พลังงานมีค่าประมาณ 25-35 แคลอรี วิตามินต่าง ๆ พบมีอยู่บ้างในเห็ดที่นำมาวิเคราะห์ ไทอามีนพบมีในเห็ดบางชนิดเพียงเล็กน้อย มีไรโบฟลาวินประมาณ 0.2-1 มิลลิกรัม/100 กรัม ปริมาณของไนอาซินพบพอสมควรส่วนใหญ่มีประมาณ 2-3 มิลลิกรัม/100 กรัม ยกเว้นเห็ดนางรม เห็ดนางนวล เห็ดตะไคล และเห็ดโคน พบมี 8-10 มิลลิกรัม/100 กรัม วิตามินซีพบมีในเห็ดบางชนิด ในปริมาณ 1-4 มิลลิกรัม/100 กรัม ส่วนประกอบของแร่ธาตุพบเหล็กพบประมาณ 1-5 มิลลิกรัม/100 กรัมในเห็ดเกือบทุกชนิด ยกเว้นในเห็ดตับเต่ามีเหล็ก 19.89 มิลลิกรัม/100 กรัม เห็ดส่วนใหญ่มีฟอสฟอรัสปริมาณในช่วงกว้างตั้งแต่ 40-300 มิลลิกรัม/100 กรัม มีแคลเซียมอยู่เพียงเล็กน้อย แร่

ธาตุที่สำคัญพวกอิเล็กโตรไลต์ของร่างกายคือโซเดียมและโพแทสเซียมพบมีอยู่ปริมาณที่แตกต่างกัน ในช่วงที่กว้างมากตั้งแต่ 2-40 มิลลิกรัม/100 กรัม และ 60-500 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ แร่ธาตุ ส่วนน้อยพวกแมกนีเซียม ทองแดง สังกะสี แมงกานีส และซิลิกอนพบมีเพียงเล็กน้อย และไม่พบมี ซิลิกอนในเห็ดบางชนิด เห็ดทุกชนิดที่นำมาวิจัยประกอบด้วยกรดอะมิโน (Amino Acid Score) ของ พวกกรดอะมิโนจำเป็นแสดงให้เห็นว่าเห็ดเกือบทุกชนิดเป็นแหล่งอาหารที่ดีของกรดอะมิโนพวกฟี นิลอะลานีน + ไทโรซีน ทรีปโตเฟน และทรีโอนีน แต่มีกรดอะมิโนพวกที่มีซัลเฟอร์ประกอบ ก่อนข้างจำกัด ส่วนกรดอะมิโนอื่น ๆ ในเห็ดส่วนใหญ่พบมีอยู่ในอัตราส่วนค่อนข้างสูง การ ตรวจสอบความสามารถการย่อยโปรตีนของเห็ดพบว่าเห็ดทุกชนิดเมื่อต้มสุกโปรตีนของเห็ดจะมี เปอร์เซ็นต์การย่อย 80-85% ในขณะที่เห็ดสดภายนอกให้ค่าการย่อยของโปรตีนเพียง 70-75% จาก การวิเคราะห์โดยใช้เอ็นไซม์ย่อยโปรตีนร่วมหลายชนิดโดยการทดลองร่างกาย

เสาวลี วิญดาล (2550) การพัฒนาส่วนผสมของก้อนเห็ดโคนญี่ปุ่น เพื่อลดต้นทุนการผลิตมี วัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของเห็ดโคนญี่ปุ่นที่ได้จาก ส่วนผสมของก้อนเห็ดจำนวน 18 สูตรผลการศึกษสามารถแบ่งผลผลิตเชิงปริมาณของเห็ดโคน ญี่ปุ่นที่ได้จากส่วนผสมทั้ง 18 สูตรแบ่งได้ 2 กลุ่มคือกลุ่มที่ให้ผลผลิตต่ำ (น้ำหนักดอกเห็ดโคนญี่ปุ่น น้อยกว่า 9g/ก้อน/เดือน) ได้แก่สูตรที่ 5,2 และ 6 กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มที่ให้ผลผลิตค่อนข้างสูง ( น้ำหนักดอกเห็ดโคนญี่ปุ่น มากกว่า 9g/ก้อน /เดือน ) ได้แก่สูตรที่ 9,1,3,15,4,16,12,13,17,11,8,18,7,14 และ 10 ตามลำดับ จากส่วนผสมของก้อนเห็ดทั้ง 18 สูตร สูตร ที่ให้ผลผลิตเชิงปริมาณสูงสุดคือ สูตรที่ 10 ซึ่งมีส่วนผสมคือขี้เถ้าไม้ยางพารา 1 kg, รำ 0.1 kg, ปูน ขาว 0.01 kg, ดินเถ้า 0.003 kg, แป้งข้าวเหนียว 0.01 kg, น้ำตาล 0.02 kg, กล้วยไม้ 0.02 kg และ ยิปซัม 0.005 kg โดยให้น้ำหนักดอก/ก้อน/เดือน และเมื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดย วิธีเค ลดาห์ล ได้ปริมาณโปรตีนเท่ากับ 11.99% สำหรับปริมาณเถ้าและความชื้นมีค่าเท่ากับ 1.6 g และ 88.2 % ตามลำดับ

อัญรารรณ น้อยกล้า และ ประสิทธิ์ วัฒนวงศ์จิตร (2547) กล่าวว่า การศึกษาผลของ อุณหภูมิและวัสดุเพาะต่อการเกิดดอกของเห็ดโคนญี่ปุ่น พบว่าเส้นใยของเห็ดโคนญี่ปุ่น พบว่าเส้น ใยของดอกเห็ดโคนญี่ปุ่นสามารถเกิดดอกได้ในสภาวะปลอดเชื้อ(อาหารวัน พีดีเอ)ที่อุณหภูมิ 25 และ 30 องศาเซลเซียส ส่วนสภาพวัสดุเพาะพบว่าวัสดุเพาะสูตรอาหารมาตรฐาน (ขี้เถ้า) เพียง 5 กรัมเส้นใยก็สามารถเกิดดอกเห็ด การเพิ่มปริมาณเมล็ดข้าวฟ่างลงในวัสดุเพาะ ทำให้ผลผลิต น้ำหนักดอกสดเฉลี่ยต่อถุงที่เกิดดอกมากกว่าสูตรอาหารมาตรฐาน แต่ไม่แตกต่างกันในผลผลิต เฉลี่ยต่อถุงทั้งหมด การเพิ่มปริมาณเมล็ดข้าวฟ่างในวัสดุเพาะทำให้ต้องใช้เวลาในการเกิดดอกนาน ขึ้นปริมาณวัสดุเพาะ 400 กรัม/ถุง ไม่แตกต่างกัน



วัชรินทร์ บุญภักดี และศุภชัย อุดชาชน (2537) ได้ทำการศึกษาวิจัยเป็นเบื้องต้นถึงอิทธิพลของฮอร์โมน L-naphthylacetic acid (NAA) และ Gibberellins ( $GA_3$ ) ที่ระดับความเข้มข้น 100 , 500 และ 1000 มก./ล. ตลอดจนอิทธิพลของโบรอน (โบรแรกซ์ 0.5%) ที่มีผลผลิตเมล็ดพันธุ์หญ้าชิกแนลนอน เมื่อทำการฉีดพ่นในช่วงระยะเริ่มออกดอก พบว่าการฉีดพ่นด้วย NAA ที่ความเข้มข้น 100 มก./ล. หรือโบรแรกซ์ 0.5% ในอัตรา 75 มล. ต่อกอ ทำให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์มากขึ้น ( $P < 0.05$ ) 100 และ 62 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ คือได้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ 5.04 และ 4.12 กรัม/กอ ตามลำดับซึ่งเพิ่มขึ้นจาก 2.53 กรัม/กอ ส่วนการฉีดพ่นด้วย NAA ความเข้มข้น 500 และ 1000 มก./ล. และ  $GA_3$  ทุกระดับความเข้มข้นไม่ทำให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น

