บทที่ 2
ทบทวนเอกสาร

endophytic fungi

endophytic fungi เป็นเชื้อราที่อยู่ร่วมกับพืชด้วยความสัมพันธ์แบบ mutualistic symbiosis ในหญ้าที่ปลูกในสนามบางชนิดเชื้อราเหล่านี้นอกจากไม่เป็นอันตรายและมีผลข้างเคียงใดๆต่อพืชอาศัยแล้ว หากยังช่วยปกป้องพืชอาศัยจากการทำลายของแมลงศัตรูพืชได้อีก ด้วยการสร้างสารพิษหรือผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อแมลงหลายชนิด เช่น ตัวเรือด (*Blissus, Leucopterus*), ไส้เดือนฝอยที่อยู่ตามหญ้าแผ่น และ blue glass billbugs เป็นต้น จนอาจเรียกได้ว่าเป็น "natural insecticide" *Acremonium* เป็นเชื้อที่ช่วยป้องกันสนามหญ้าจากการทำลายของแมลงในช่วงฤดูหนาวได้ ซึ่งหญ้าแต่ละชนิดจะมี endophyte ที่อาศัยอยู่ด้วยแตกต่างกันไปอย่างจำเพาะเจาะจง

ปกติมักพบ endophyte ในหญ้าอาหารสัตว์ที่มีชีพจักรมากกว่า 2 ปี เช่น tall fescue และ fine fescues บางชนิด แต่ไม่พบในหญ้า Kentucky bluegrass ส่วนใหญ่ endophyte มักอยู่ในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ได้แก่ ใบมักพบในส่วนที่อยู่ต่ำกว่าแผ่นใบลงไปคือก้านใบ ลำต้น กิ่งก้าน รวมทั้งในเมล็ดด้วย แต่ไม่ค่อยพบในส่วนรากของหญ้าสนาม ดังนั้น endophyte จึงไม่สามารถป้องกันแมลงพวกที่หาอาหารใต้ดินได้ เช่น Japanese beetle grubs (ด้วง) นอกจากนี้จำนวนของ endophyte ยังแปรผันไปตามฤดูกาลอีกด้วย ซึ่งเนื้อเยื่อส่วนใบมักพบจำนวนมากในปลายฤดูร้อนและฤดูใบไม้ร่วง ในเมล็ดพบ endophyte อยู่เป็นชั้นบางๆรอบส่วน endosperm (annonymous, 1999)

ประโยชน์และความสำคัญของ endophyte

ในพืชตระกูลหญ้าเศรษฐกิจมีการใช้ endophyte เพื่อให้ทำหน้าที่เป็น natural insecticide ซึ่งมีผลต่อแมลงที่หากินเหนือผิวดิน ซึ่งช่วยลดการใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชได้เป็นอย่างดี ถือได้ว่าเป็นวิธีการแบบปลอดยาฆ่าแมลง และยังก่อให้เกิดประโยชน์ในระยะยาวคือทำให้หญ้าสามารถทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่บีบคั้น ทนทานต่อความแห้งแล้ง ทนต่อการรุกรานของวัชพืชที่มักเกิดแพร่หลายในฤดูร้อน อันจะเป็นสิ่งที่ทำให้พืชที่มี endophyte อาศัยอยู่ด้วยมีความต้านทานโรคสูง

Gasoni and De Gurfinkel (1997) ศึกษาพบว่ามีเส้นใยของ *Cladorrhinum foecundissimum* อยู่ล้อมรอบบริเวณเนื้อเยื่อรูปทรงกระบอกของรากฝ้าย โดยเฉพาะภายในขนรากของต้นฝ้ายที่เจริญบนวัสดุเพาะที่มี endophyte อยู่ ทำให้ฝ้ายเจริญเติบโตเร็วและมีความสูงมากกว่าฝ้ายกลุ่มควบคุมถึง 50% ในวัสดุเพาะที่ขาดแคลนฟอสฟอรัสหลังจากใช้ปลูกพืชทดลองกลุ่มเดียวกันพบว่า endophyte

ทำให้วัสดุเพาะมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสมากกว่าพืชกลุ่มควบคุมถึง 2 เท่า ในพืชอายุ 25 วันที่เจริญในวัสดุที่มีฟอสฟอรัสสูงๆ โดยใช้ ^{32}P มีค่า L value (ปริมาณฟอสฟอรัสที่ใช้ได้ : $mgP100g^{-1}$) สูงถึง 29% ในวัสดุที่มี endophyte อยู่ ซึ่งดีกว่าวัสดุที่ไม่มี endophyte แต่น้ำหนักแห้งและปริมาณฟอสฟอรัสในพืชไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

การแยกและความหลากหลายของ endophyte ในพืชต่างๆ

ในการแยก Endophytic fungi ต้องอาศัยความรู้ด้านชีวเคมี ทราบลักษณะและคุณสมบัติทางกายภาพของพืช ประกอบกับมีเทคนิคและวิธีการสุ่มตัวอย่างที่ดี จึงจะทำให้แยกได้ชนิดและจำนวนตามต้องการ ในการแยกเชื้อจากพืชตระกูลหญ้าอาจต้องใช้เวลาในการบ่มนานถึง 2 เดือน เชื้อถึงจะเจริญขึ้นมาได้ (annonymous, 1999)

ศักดิ์มนตรี (2537) ได้สำรวจเชื้อราในลำไยพันธุ์ดอ (*Dinocarpus lonyan* Lour) ช่วงต่างๆ โดยแยกเชื้อราจาก 2680 ตัวอย่างที่ผ่านการฆ่าเชื้อบริเวณผิวด้วยวิธี triple sterilization พบว่าเชื้อราที่แยกได้จากกิ่งยอดในช่วงก่อนการแทงช่อดอกมี 14 ชนิด ช่อดอกในช่วงออกดอกมี 13 ชนิด ช่อผลในช่วงติดผลอ่อนมี 11 ชนิด และส่วนต่างๆของผลในช่วงเก็บเกี่ยวมี 9 ชนิด เชื้อที่แยกได้ทุกช่วงทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวมี 11 ชนิด ได้แก่ *Aspergillus niger, A. flvus, Colletotrichum sp., Lasiodiplodia theobromae, Pestalotiopsis sp.*, เชื้อที่ไม่สามารถระบุชื่อใน Sphaeropsidaceae 1 ชนิด และใน *Deuteromycetes* อีก 4 ชนิด เชื้อที่พบก่อนการเก็บเกี่ยวเท่านั้นมี 6 ชนิด ได้แก่ *Alternaria* sp., *Botrytis* sp., *Cladosporium* sp., *Chaetomium* sp., *Curvularia* sp. และ *Nigrospora* sp. และเชื้อที่พบช่วงหลังเก็บเกี่ยวเท่านั้นมี 1 ชนิด ได้แก่ *Rhizopus* sp.

Bacon *et al.* (1977) ได้แยกเชื้อราจากใบและลำต้นของหญ้า tall fescue และ ryegrass โดยใช้อาหาร potato dextrose agar และ commeal malt extract agar ที่เติม streptomycin sulfate 50 มิลลิกรัม/ลิตร หรือ chloramphenicol 50 มิลลิกรัม/ลิตร เชื้อที่พบ ได้แก่ *Acremonium, Atkinsonell , Balansia* และ *Epichloe* เป็นต้น

Sieber (1989) ได้แยก endophyte จาก Norway spruce (*Picea abies*) และ white fir (*Abies alba*) ทั้งจากต้นที่เป็นโรคและไม่เป็นโรค พบว่าชนิดและจำนวน endophyte ที่แยกได้ในพืชทั้งสองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นเชื้อบางชนิดที่แยกได้จากเนื้อเยื่อต่างส่วนกันเท่านั้น ทั้งนี้อาจเป็นผลจากสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น *Phomopsis umensis* ชอบอากาศแบบแห้งและเย็น แต่ *Cornicullariella abietis* ที่ชอบอากาศชื้นเป็นต้น ชนิด endophyte ที่พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในเนื้อเยื่อเพียงส่วนเดียวของ Norway spruce ที่เป็นโรคและต้นปลอดโรคพบคือ *Sirodothis* sp. และ *Phomopsis occulta.*

Petrini and Fisher (1990) ได้แยก endophyte จากเนื้อเยื่อท่อน้ำและเปลือกของ *Salix fragilis* และ *Quercus robur* เชื้อราที่ได้จาก *Salix* ส่วนใหญ่เป็นชนิดที่พบทั่วไป แต่พบว่า *Phomopsis salicina* มีความจำเพาะกับ *Quercus* เชื้อราจากกิ่งพืชทั้งสองมี dominant species จำนวนไม่มากนักและเป็นกลุ่มเดียวกันเพียงเล็กน้อย ประชากรของ endophyte ในกิ่ง *Quercus robur* จากทิศต่างๆกันพบว่าเป็นกลุ่มเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทิศทางไม่มีผลต่อการสร้างโคโลนีของ endophytic fungi ในกิ่งของ *Quercus* นี้

Sieber *et al.* (1991) ได้แยกเชื้อโรคและ endophytic fungi จาก red alder (*Alnus rubra*) โดยนำใบและกิ่งที่มีอายุ 2-3 ปีที่ไม่เป็นโรคจาก 3 และ 8 แห่งตามลำดับ หลังจากผ่านการฆ่าเชื้อที่ผิวแล้วนำไปตัดเป็นชิ้นเล็กๆไปวางไว้บนอาหาร 2% malt extract agar ใบ 90% และกิ่งมากกว่า 80% มี fungal endophyte เจริญอยู่ สามารถแยกเชื้อราได้ 40 ชนิด พบ endophyte ซึ่งเดิมจัดเป็นเชื้อก่อโรคในใบเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ *Gnomonia setacea*, *Gnomoniella tabaeformis*, และ *Septoria alni* ส่วน *Malanconis alni* และ *Nectria* sp. พบเป็นส่วนน้อยในประชากรราที่พบในกิ่ง ชนิดของเชื้อราที่พบขึ้นอยู่กับส่วนต่างๆของพืชและแหล่งที่เก็บตัวอย่าง ในกิ่งมี 3 จำพวกหลักที่พบในแหล่งต่างๆ ได้แก่ พวกแรกที่สำคัญคือ unidentified "Black Mycelium 2" พวกที่สองคือ *Phomopsis* sp. 2 พวกที่สามคือ *Ophiovalsa suffusa, Pezicula livida*, และ *Phloeosporella* sp. สำหรับ *G. setacea* เป็นชนิดสำคัญที่มักพบในใบยกเว้นในแหล่งหนึ่งซึ่งมี *G. tubaeformis* มากกว่า

Bettucci and Saravay (1993) แยก endophytic fungi ได้ 41 ไอโซเลทจากลำต้นและใบของยอดอ่อนที่แตกจากตอและต้นอ่อนของ *Eucalyptus globulus* เชื้อสำคัญที่พบในต้นอ่อน ยอดอ่อน ใบที่โตเต็มที่และท่อน้ำคือ *Plectosphaera* eucalypti ชนิดที่พบเพียงในท่อน้ำคือ *Cytospora* spp. และ *Microsphaeropsis* sp. ส่วน *Comella minima* พบในลำต้นของต้นอ่อน ใบอ่อนและใบโตเต็มที่มีการเจริญของเชื้อราแตกต่างกัน กล่าวคือ เริ่มด้วยการติดเชื้อ *C. minima* แล้วตามด้วย *P. eucalypti* และ *Harknessia harwaiiensis* การวิเคราะห์ความเหมือนของทุก taxa ของตัวอย่างจากลำต้นแสดงให้เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนของ 3 ส่วนคือ ต้นอ่อน ท่อน้ำและก้านยอดอ่อน ดังนี้ เปอร์เซนต์ของดัชนีความเหมือนระหว่างประชากรจากท่อน้ำ ก้านยอดอ่อน และลำต้นของต้นอ่อนต่ำมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าประชากร fungal endophyte มีความจำเพาะเจาะจงต่อเนื้อเยื่อแตกต่างกัน *Basidiomycetes* หลายไอโซเลทที่สามารถผลิตเอนไซม์พบอยู่ในลำต้นทั้งสามส่วน ซึ่ง endophyte มักเจริญเติบโตมากเกินไปและขึ้นมาแทนที่ภายใต้สภาวะควบคุมในห้องปฏิบัติการ

Fisher and Punithalingam (1993) แยกได้ endophytic coelomycete ชนิดใหม่คือ *Stagonospora pteridiicola* sp. nov. จากเฟิร์น *Pteridium aquailinum*. โดยการนำจากเนื้อเยื่อส่วนใบก้านใบและ rhizome มาล้างน้ำแล้วฆ่าเชื้อที่ผิวด้วยโซเดียมไฮโปคลอไรต์ตามวิธีการของ Petrini and

Fisher, 1988 ก่อนวางบนจานอาหาร malt extract agar บ่มที่อุณหภูมิ 20-25°C เป็นเวลา 5-14 วัน ซึ่งเชื้อนี้พบได้ทั่วไปในส่วนใบและก้านใบ แต่ในส่วน rhizome ไม่พบเชื้อดังกล่าวเลย

Rodrigues (1994) ได้สำรวจ fungal endophytes ในใบพืชและเก็บตัวอย่างจาก *Euterpe oleracea* เป็นเวลานานกว่า 2 ปี โดยเฉลี่ยชิ้นส่วนใบ 25% จากตัวอย่าง 10 ต้นและ 10 ชิ้นพบว่ามีโคโลนี endophytic fungi เจริญขึ้นกว่า 4 ชิ้น โดยการมี endophytes ขึ้นอยู่กับอายุของใบ ระยะการเจริญเติบโตควบคู่กับฤดูกาลและระยะการเจริญเติบโตควบคู่กับแหล่งที่อยู่ มีเพียงบางไอโซเลทซึ่งน้อยมากที่แยกได้จากใบอ่อนมากกว่าใบแก่ และได้จากต่างต้นมากกว่าจากต่างชิ้นตัวอย่าง เชื้อที่แยกได้จำนวน 57 สปีชีส์และ 6 family ส่วนใหญ่เป็น *Ascomycotina* และ *Deuteromycotina* โดยทั่วไปมักพบ *Xylaria cubensis* และ *Letendraeopsis palmarum* จำนวนไอโซเลทที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญสูงสุด 21% ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระยะการเจริญเติบโต ฤดูกาล และแหล่งที่อยู่ของพืช จากการวิเคราะห์ระดับลักษณะร่วมกันของเชื้อพบว่าขึ้นอยู่กับเนื้อเยื่อพืชอาศัย เส้นกลางใบหรือเส้นใบย่อย ต้นพืชและตัวอย่างที่อยู่ต่างแหล่งกันสามารถบ่งบอกความแตกต่างกันได้อย่างเด่นชัดโดยใช้ลักษณะสังคมของ endophyte

Bettucci and Alonso (1997) แยกเชื้อราจาก 920 ส่วนของกิ่งต้น *Eucalyptus grandis* ทั้งกิ่งปลอดโรคและกิ่งที่เป็นโรคได้จำนวน 782 ไอโซเลท โดยใช้อาหารที่มีค่า water potential 2 แบบคือ 0.138 และ 4.19 Mpa เชื้อราทั้งหมดสามารถจัดลำดับอนุกรมวิธานได้ทั้งสิ้น 52 taxa มี 30 taxa ที่แยกเชื้อได้ในอัตราประมาณ 2% ของทั้งหมด สปีชีส์ที่แยกได้จากเปลือกของกิ่งปลอดโรคบนอาหารทั้งสองเป็นส่วนใหญ่คือ *Aureobasidium pullulans* ส่วน *Sistrotrema brikmannii* เป็นสปีชีส์ที่สำคัญที่แยกได้จากท่อน้ำของกิ่งปลอดโรคบนอาหารที่มีค่า water potential 0.138 Mpa ขณะที่บนอาหารที่มีค่า water potential 4.19 ส่วนใหญ่จะพบ *Pleospora* sp. และ *Sphaeropsis eucalyptus* ส่วนเปลือกและท่อน้ำของกิ่งที่เป็นโรคมักแยกได้ *Fusicoccum eucalypti* และ *Cytospora chrysosperma* เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติพบว่าชนิดของเชื้อรามีความเกี่ยวพันกับเนื้อเยื่อแต่ละส่วนของพืช ในช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูร้อนแห้งแล้งเป็นฤดูหนาวที่เย็นจัดจนเกิดน้ำค้างแข็งอาจเป็นสิ่งกระตุ้นให้เกิดบาดแผลที่เปลือกของกิ่งไม้ซึ่งทำให้เชื้อรารุกรานและแพร่กระจายได้ดี

Bayman *et al.* (1998) ศึกษาเปรียบเทียบความถี่ของ *Xylaria* ซึ่งเป็น endophyte ในใบและเมล็ดของพืช 2 ชนิดใน Puerto Rico คือ *Casuarina equisetifolia* (Australian pine) และ *Manikara bidentata* (ausubo) การเลือกศึกษาพืชทั้งสองนี้เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพ แหล่งที่อยู่ การกระจาย และแหล่งกำเนิดแตกต่างกัน *Xylaria* จาก *C. equisetifolia* มักพบที่ใบมากกว่าเมล็ด ชนิดที่แยกได้จากเมล็ดของต้นที่เจริญในสวนดินธรรมดาไม่เหมือนกับชนิดที่แยกได้จากเมล็ดของต้นจากชายหาด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอาจมีการแพร่กระจายผ่านทางเมล็ด (vertical transmission) แต่ไม่

จำเป็นสำหรับการติดเชื้อ ใน *M. bidentata* สามารถแยก *Xylaria* ได้จากใบ 97% แต่เมล็ดไม่สามารถแยกได้เลย ซึ่งถือว่าเป็นการกระจายแบบ horizontal transmission หรือแพร่จากต้นหนึ่งไปอีกต้นหนึ่ง ต้น *M. bidentata* ที่เพาะในโรงเพาะซึ่งอยู่ไกลจากต้นที่อยู่ในป่ามีการติดเชื้อของ *Xylaria* สูงเหมือนกัน แสดงให้เห็นว่าเชื้อเริ่มต้นสามารถมาจากแหล่งอื่นได้และสายพันธุ์ของ endophyte ไม่จำเพาะเจาะจงกับพืชอาศัย

Pelaez *et al.* (1998) ได้แยกเชื้อรา endophyte จากพืชที่ขึ้นอยู่บนดินที่มี gypsum และดินที่มีเกลือผสมอยู่ในตอนกลางของประเทศสเปน 9 ชนิด คือ *Arundo donax, Atriplex halimus, Diplotaxis erucoides, Ephedra nebrodensis, Phragmitis autralis, Rosmarinus officinalis, Scirpus holochoenus, S. maritimus* และ *Stipa tenacissima* ได้เชื้อราทั้งสิ้น 2880 ไอโซเลท 152 ชนิด จาก ใบ ลำต้น และกิ่ง โดยแยกในพืชแต่ละชนิดจำนวนชนิดละ 45 ต้น พบว่า *Ephedra* และ *Rosmarinus* มีความหลากหลายมากที่สุด แต่ *Scirpus* ทั้งสองสปีชีส์มีความหลากหลายน้อยที่สุด เชื้อที่มีความถี่สูงที่สุดคือ *Alternaria altenata, Spormiella intermedia, Rhizoctonia sp., Epicoccum purpurascens, Pleospora herbarum, Cladosporium herbarum, Spormiella australis* และ Mycelia sterilia จากนั้นได้นำเชื้อราจำนวน 187 สายพันธุ์ 136 ชนิด มาทดสอบการผลิตสารต้านจุลินทรีย์คือ ยีสต์และแบคทีเรียที่ทราบชนิด ซึ่งแบคทีเรียบางชนิดเกี่ยวข้องกับทางการแพทย์ พบว่า 45 สายพันธุ์ 37 ชนิดผลิตสารประกอบต้านจุลินทรีย์ ซึ่งแต่ละชนิดมีความสามารถในการผลิตสารต้านจุลินทรีย์ได้แตกต่างกันออกไป

พืชตระกูลไผ่บางชนิดของไทย

ไผ่เป็นพืชที่นักพฤษศาสตร์จัดให้อยู่ในวงศ์เดียวกับหญ้าคือ Family *Gramineae* (สะอาด, 2528) นับได้ว่าเป็นหญ้าที่สูงที่สุดในโลก เจริญได้ทุกทวีป พบมากที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนเขตอบอุ่นมีไผ่อยู่บ้างแต่มีจำนวนสกุลน้อยกว่าในเขตร้อน เช่น ประเทศจีน ญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น แต่ในทวีปยุโรปและออสเตรเลียแทบไม่พบไผ่อยู่เลย อุณหภูมิที่เหมาะสมคือประมาณ 8-36°C สำหรับระดับความชื้นต้องการปริมาณน้ำฝนโดยทั่วไปประมาณ 50-160 นิ้วต่อปี หรือ 1,270-4,050 mm ต่อปี ตามปกติไผ่ที่มีลำขนาดใหญ่ต้องการพื้นที่ที่มีอุณหภูมิแปรผันน้อย และต้องการความชื้นมากกว่าไผ่ลำเล็ก ในทางตรงข้ามไผ่ลำเล็กสามารถทนความแห้งแล้งและอุณหภูมิที่ผันแปรได้มากกว่าไผ่ลำใหญ่ (กองบก.กลุ่มบัณฑิตเกษตรอาสา, 2530)

ไผ่เป็นพวกหญ้าที่มีลำต้นเป็นไม้ เจริญเติบโตมาจากเหง้า เป็นพืชกอ ส่วนมากมีลำต้นกลวงเป็นปล้อง ผิวแข็ง การแตกกอจะหนาแน่นมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์เป็นหลัก บางพวกอาจขึ้นเป็นลำเดี่ยวๆ ไม่เป็นกอ บางพวกเป็นแบบผสมคือเป็นทั้งลำเดี่ยวและเป็นกอ การจัด

ไผ่เป็นพวกหญ้าที่มีลำต้นเป็นไม้ เจริญเติบโตมาจากเหง้า เป็นพืชกอ ส่วนมากมีลำต้นกลวงเป็นปล้อง ผิวแข็ง การแตกกอจะหนาแน่นมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์เป็นหลัก บางพวกอาจขึ้นเป็นลำเดี่ยวๆ ไม่เป็นกอ บางพวกเป็นแบบผสมคือเป็นทั้งลำเดี่ยวและเป็นกอ การจัดจำแนกแม้ว่านักพฤษศาสตร์ส่วนใหญ่ได้จัดรวมไว้ในวงศ์เดียวกับหญ้าดังกล่าว แต่บางท่านพิจารณาเห็นว่าไผ่มีลักษณะพิเศษแตกต่างออกไปตรงที่มีลำต้นแข็งแรง เนื้อไม้แข็ง ก้านใบเห็นชัด ส่วนต่างๆของดอกมีจำนวน 3 เกือบสม่ำเสมอทุกสกุล ช่อดอกไม่มีกาบหุ้มเมล็ดเหมือนหญ้าอื่นๆ และมีผลมีลักษณะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ลักษณะต่างๆเหล่านี้ล้วนเป็นเครื่องแสดงให้เห็นว่าไผ่มีกำเนิดมาก่อนหญ้าซึ่งมีวิวัฒนาการขึ้นมาภายหลัง สมควรจัดให้เป็นพืชอีกวงศ์หนึ่งต่างหาก คือวงศ์ *Bambuseae* (สุภาวดี, 2540)

Gentry (1998) กล่าวว่า ไผ่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับข้าวสาลี ข้าวโอ๊ตและข้าวบาร์เลย์เล็กน้อย แต่ไม่เหมือนกับข้าวทั่วไป พบได้ทั่วไปในพื้นที่ที่มีสภาพอากาศเขตร้อนและเขตอบอุ่น ต้นไผ่ส่วนใหญ่มีขนาดใหญ่ อาจสูงถึง 120 ฟุต (37 m) ปล้องโตๆอาจมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางยาวถึง 1 ฟุต บางชนิดมีอัตราการเจริญเติบโตเร็วมากกล่าวคือ ภายใน 24 ชั่วโมงอาจสูงเพิ่มขึ้นถึง 36 นิ้ว (91 cm) ลำต้นของไผ่มักนำไปใช้ทำเป็นคันเบ็ด เครื่องประดับต่างๆ ภาชนะบรรจุอาหาร ตะกร้าหรือเครื่องจักสานทั่วไป และอาจนำไปก่อสร้างอาคารบ้านเรือนได้เป็นอย่างดี ส่วนหน่อไผ่บางชนิดนิยมใช้เป็นอาหาร

ไผ่ที่รู้จักกันในโลกนี้มีจำนวนทั้งสิ้น 47 สกุล แยกเป็น 1,250 ชนิด สำหรับประเทศไทยมีไผ่ชนิดต่างๆอยู่จำนวน 12 สกุล ประมาณ 44 ชนิด และยังมีอีกประมาณ 35 ชนิดที่มีการบันทึกว่าพบไว้แต่ยังไม่มีการสำรวจอย่างจริงจัง ซึ่งเข้าใจว่ามีมากกว่านี้

พันธุ์ไผ่ (กองบก.กลุ่มบัณฑิตเกษตรอาสา, 2530)

ในการจัดจำแนกพันธุ์ไผ่จะอาศัยลักษณะที่ปรากฏภายนอก ส่วนใหญ่ๆที่สังเกตได้คือ

1. ใบ ดูลักษณะ (shape) ปลายใบ โคนใบ หูใบ (stipules) ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามชนิด

2. ความสั้นยาวของปล้อง (internode) เช่น ไผ่นวล ไผ่ข้าวหลาม ไผ่เฮี๊ยะ ซึ่งมีปล้องยาว ส่วนไผ่ป่าจะมีปล้องสั้น

3. ความโตของเส้นรอบวง เช่น ไผ่หก ไผ่เฉียงรุน ไผ่ซางมีขนาดโตกว่าไผ่ชนิดอื่น

4. ตาปล้อง (Bud) ไผ่บางชนิดจะมีหนามอยู่เหนือตา เช่น ไผ่สีสุก ไผ่ป่า ส่วนไผ่ซางมีกิ่งยื่นออกมาและหลุดหายไปเมื่อแก่เต็มที่

5. สีของลำต้น (Colors) ไม้ซางคำหรือไผ่เหลืองจะมีสีเหลืองตลอดลำ และมีแถบสีเขียวเป็นแถบลงมา ส่วนไผ่สีสุกและไผ่ป่าจะมีสีเขียวสดอยู่เสมอ

6. ความหนาของลำต้น เช่น ไผ่สีสุกและไผ่ไร่จะหนากว่าไผ่ข้าวหลาม เป็นต้น

การสังเกตลักษณะภายนอกดังกล่าวเพียงอย่างเดียวก็ยังไม่สามารถจะจำแนกพันธุ์ได้ถูกต้องนัก เพราะแม้แต่ไผ่ชนิดเดียวกันก็ยังมีลักษณะไม่เหมือนกัน เนื่องจากความแตกต่างทางภูมิอากาศธรณีวิทยา ปริมาณน้ำฝน ความสมบูรณ์ ชนิดดินที่แตกต่างกัน เป็นต้น ทำให้ไผ่ชนิดเดียวกันที่ปลูกในที่ต่างกันมีลักษณะผิดแปลกกันไป ยิ่งกว่านั้นอายุความอ่อนแก่หรือจำนวนที่ปลูกต่างกันก็ทำให้ลักษณะส่วนประกอบของเนื้อไม้ต่างกันไปด้วย ฉะนั้นการจำแนกพันธุ์ที่ถูกต้องต้องอาศัยการเจริญเติบโตของเหง้า กาบหุ้มลำ ส่วนต่างๆของดอกและลักษณะของผล เป็นเกณฑ์ด้วย

ไผ่ส่วนมากออกดอกครั้งเดียว หลังจากออกดอกแล้วก็จะตายทั้งกอในปีเดียวกัน หรืออย่างช้าอาจจะอยู่ได้อีกราว 1-2 ปีเท่านั้น การตายของไผ่ชาวบ้านเรียกว่า "ตายขุย" แต่พอถึงฤดูฝนขุย (เมล็ด) ไผ่นี้จะแตกเป็นต้นเล็กๆขึ้นมาได้อีกถ้าสภาพเหมาะสม แต่มีไผ่บางชนิดที่หลังจากออกดอกแล้วก็ไม่ตาย และบางชนิดออกดอกทุกปีหรือเกือบทุกปีแต่หายาก โดยทั่วๆไปแล้วช่วงของการออกดอกของต้นไผ่กินระยะเวลานานมากและไม่แน่นอน เช่น อาจเป็น 30-50 ปีจึงจะออกดอก สำหรับไผ่ในประเทศไทยยังไม่ปรากฏหลักฐานการค้นคว้าว่าไผ่ชนิดใดมีช่วงอายุประมาณเท่าใดจึงจะออกดอก และสาเหตุของการออกดอกยังเป็นสิ่งที่ต้องศึกษาค้นคว้ากันต่อไป

ในการศึกษาครั้งนี้ได้แยก endophytic fungi จากไผ่ 5 สกุล จำนวนทั้งสิ้น 13 ชนิด ได้แก่ *Bambusa* 6 ชนิด *Thyrosostachys* 2 ชนิด *Dendrocalamus* 3 ชนิด *Gigantochloa* 1 ชนิด และ *Phyllostachy* 1 ชนิด ซึ่งรายละเอียดทางพฤษศาสตร์และลักษณะเฉพาะของแต่ละชนิดมีดังนี้ (สะอาด, 2528; กองบก.บัณฑิตอาสา, 2530 ; สุภาวดี, 2540 ; Christine and Wetterwald, 1992)

ไผ่สกุล *Bambusa* จำนวน 6 ชนิดได้แก่

ไผ่บงหนาม

ไผ่บงหนามมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Bambusa burmanica* Griff มีอยู่ในป่าธรรมชาติของไทยตามขอบบนเนินเขาในที่แจ้งเป็นส่วนใหญ่ มักนำไปใช้สร้างบ้านพักชั่วคราว ทำเครื่องจักสาน สร้างแพ เป็นต้น ไผ่บงหนามมักขึ้นเป็นกอ (ภาพ 1 ก) ลำไม้สูง 15-18 m เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 cm สีเขียวมัวๆ แข็ง ลำเนื้อเต็มหรือหนา ข้อไม่พอง ตอนล่างรอบข้อมีขนสีขาวหรือวัตถุคล้ายขี้ผึ้งสีขาว ปล้องยาว 25-40 cm เมื่ออ่อนลำมีขนสีขาวคลุมอยู่มาก มีขนสีดำขึ้นปนอยู่บ้าง แต่ละข้อมีกิ่งมาก กาบหุ้มลำเมื่อลำยังอ่อนมีสีเขียวขอบเหลือง นอกกาบมีขนสีน้ำตาลเข้ม ขอบกาบมีขนสีเหลือง ใบยอดกาบเป็นรูปสามเหลี่ยมตั้งตรง ปลายเรียวแหลม โคน

หยักรูปหัวใจ ส่วนด้านนอกเฉพาะโคนเท่านั้นที่มีขน ใบเป็นรูป oblong-lanceolate ปลายเรียวแหลม โคนใบไม่เท่ากันหรือกลม สีด้านบนใบสีเขียวเข้ม ข้างล่างสีเขียวปนน้ำเงิน มีขนอ่อนละเอียดคลุมอยู่ เส้นลายใบ 5-8 เส้น ขอบหยักเล็กน้อยและคาย ครีบกาบใบเล็ก กระจังใบปลายตัดและหยัก

ไผ่เหลือง

ไผ่เหลืองมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *B. vulgaris* Schrad เชื่อกันว่ามีถิ่นกำเนิดอยู่ที่เกาะมาดากัสกา แอฟริกาตะวันออก ต่อมามีปลูกกระจายทั่วโลกในแถบเขตร้อน แต่บางแห่งเชื่อว่ามีถิ่นเดิมอยู่ประเทศจีนตอนใต้ ไผ่เหลืองนี้เป็นไผ่ขนาดกลาง เนื้อไม้หนา ลำมีสีเขียวสด สีเหลืองหรือเป็นแถบสีเขียวสลับเหลือง ผิวมัน ใสเป็นเงา กาบหุ้มลำมีลักษณะแข็งคล้ายหนัง ด้านนอกมีขนแข็งสีน้ำตาลปกคลุมหนาแน่น ขอบเรียบ ใบเป็นรูป linear-lanceolate ปลายใบเรียวแหลม โคนใบป้านหรือเกือบกลม เส้นกลางใบข้างบนเป็นร่อง ข้างล่างสีเหลืองอ่อน (ภาพ 1 ข)

ก ข

ภาพ 1 ก. ไผ่บงหนาม (*Bambusa burmanica* Griff) ข. ไผ่เหลือง (*Bambusa vulgaris* Schrad)

ไผ่เลี้ยงหรือไผ่น้ำเต้า

ไผ่เลี้ยงหรือไผ่น้ำเต้ามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *B. ventricosa* Me Clure เป็นไผ่ที่พบได้ทั่วไป นิยมปลูกประดับอาคารและสถานที่ต่างๆ เนื่องจากมีความสวยงาม สันนิษฐานว่ามาจากประเทศจีน ลำต้นเป็นปล้องสั้น สีเหลืองและมีแถบเขียวตามปล้อง ส่วนกลางปล้องมีความยาวของเส้นรอบวงใหญ่กว่าส่วนโคนและส่วนปลาย จนเห็นเป็นลักษณะโป่งตรงกลางปล้องและกิ่งตามข้อคล้ายน้ำเต้า มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4-8 cm สูงประมาณ 3-4 m จะแตกแขนงเมื่อสูงจากพื้นดินประมาณ 1.5 m หน่อสีเหลือง (ภาพ 2 ก)

ไผ่บงป่า

ไผ่บงป่ามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *B. longispatha* Kurz เป็นไผ่ที่มักพบบนที่เขาหรือที่ดินมีการระบายน้ำดี นิยมนำไปใช้สร้างบ้านชั่วคราว ทำเฟอร์นิเจอร์ เครื่องจักสาน ทำเยื่อกระดาษได้ดี ไผ่บงป่านี้ขึ้นเป็นกอ ลำสูง มีกิ่งเล็กๆตามข้อ กาบหุ้มลำแข็งเหมือนหนัง ด้านนอกมีขนสีน้ำตาลเข้ม ตามขอบมีขนเป็นเส้น ครีบกาบค่อนข้างบางมีสปริง เกือบกลม กระจังกาบเห็นได้ชัด ขอบหยัก และมีขนแข็งสีน้ำตาลเข้ม ใบเป็นรูป lanceolate ถึง linear-lanceolate ปลายแหลม โคนเป็นมุมป้าน ผิวหลังใบเกลี้ยง ท้องใบมีขน เส้นกลางใบสีเหลือง เส้นลายใบมี 8-10 เส้น กาบหุ้มใบเรียบ ข้างนอกไม่มีขน (ภาพ 2 ข)

ก

ข

ภาพ 2 ก. ไผ่เลี้ยง (*Bambusa ventricosa* Me Clure) ข. ไผ่บงป่า (*Bambusa longispatha* Kurz)

ไผ่บง

ไผ่บงมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *B. natan* Wall เป็นไผ่ขนาดกลางและไม้มีความแข็งแรง เหนียว ตรง คุณภาพดี มักใช้ทำเครื่องจักสาน เป็นวัตถุดิบที่ให้เปอร์เซ็นต์เยื่อไม้ทำกระดาษสูง นิยมนำหน่อมาประกอบอาหาร ไผ่บงมีลำต้นเปลางามและมักขึ้นแยกเป็นลำๆ (ภาพ 3 ก) ลำตรง ข้อไม่พองมาก มักมีขน ข้อตามปล้องล่างๆมักมีรากเล็กๆติดอยู่บ้าง เนื้อไม้หนาด้านหลังกาบหุ้มลำมีขนแข็งสีดำปกคลุมทั่วไป ใบมีรูป linear-lanceolate โคนใบกลมหรือเกือบกลม ก้านใบยาว 3-5 mm ใบสดมีสีเขียวเหมือนกันทั้งสองด้าน เวลาแห้งข้างล่างท้องใบมีสีขาว ข้างบนเกลี้ยง แต่มีขนแข็งๆบ้างตามขอบใบและเส้นกลางใบ เส้นลายใบมีประมาณ 7-10 เส้น กาบหุ้มใบเป็นร่อง เมื่อยังอ่อนมีขน ปลายจะมีส่วนพองเรียบ มีขนแข็ง 2-3 เส้น

ไผ่ป่าหรือไผ่หนาม

ไผ่ป่าหรือไผ่หนามมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *B. arundinacea* Wild มีกระจัดกระจายอย่างกว้างขวางในโซนร้อนของเอเชีย ในประเทศไทยมักพบขึ้นตามริมห้วย ริมแม่น้ำ ในบริเวณที่ชุ่มชื้น เป็นไผ่จำพวกกอใหญ่ มีหนาม มีกิ่งโค้งๆออกมาจากกอที่แน่นทึบเป็นส่วนใหญ่ ลำสีเขียวสดใส เนื้อหนา ตามกิ่งมีหนามแข็งงอ 2-3 อันในแต่ละข้อ ใบอาจมีบ้างในแต่ละกิ่ง ข้อต่ำๆจะมีรากแตกออกไป ใบเป็นรูป linear-lanceolate ปลายเรียวแหลม (ภาพ 3 ข)

ก

ข

ภาพ 3 ก. ไผ่บง (*Bambusa natan* Wall) ข. ไผ่ป่า (*Bambusa arundinacea* Wild)

ไผ่สกุล *Thyrsostachys* จำนวน 2 ชนิดได้แก่

ไผ่รวก

ไผ่รวกมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Thyrsostachys siamensis* Gamber สามารถขึ้นในที่แห้งแล้ง ดินระบายน้ำดีได้ มักพบอยู่ทั้งภาคเหนือ ภาคตะวันตก ภาคอีสาน และภาคตะวันออกบางส่วน มักนำไปใช้ในการตบแต่งบริเวณบ้านหรือสวน มีความสวยงาม ไผ่รวกขึ้นเป็นกอแน่น ลำสูง ลำตรง เนื้อไผ่หนา กาบหุ้มลำมักจะติดต้นอยู่นาน สีฟาง บาง อ่อน ด้านหลังปกคลุมด้วยขนอ่อนสีขาว ใบเป็นรูป linear-lanceolate ปลายใบเรียวแหลม โคนใบเกือบกลม ใบทั้งสองด้านไม่มีขน เส้นลายใบมีข้างละ 3-5 เส้น ขอบใบคายและคม ก้านใบสั้น ไม่มีครีบหรือหูใบ กาบหุ้มใบข้างนอกไม่มีขน หน่อรับประทานได้ (ภาพ 4 ก)

ไผ่รวกดำ

ไผ่รวกดำมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *T. oliveri* Gamber เป็นไผ่ที่อยู่ในป่าผสมผลัดใบชื้น ส่วนมากอยู่ปะปนกับไม้สักหรือไม้อื่น มีลักษณะใกล้เคียงกับไผ่รวกมากแต่มีปล้องยาวกว่าไผ่รวกถึง 2 เท่าโดยประมาณ แม้จะยาวและโตกว่าแต่เนื้อบางกว่า ใบใหญ่กว่า เส้นลายใบมี 6 เส้นเป็นต้น เมื่ออ่อนไผ่รวกดำมีสีเขียวสด มีขนอ่อนสีเทา พอแก่จะมีสีเขียวอมเหลืองด้าน กาบหุ้มลำหลุดจากลำยาก มีสีเขียวถึงสีส้มหรือน้ำตาล ใบมีสีเขียวอ่อนเป็นรูป linear-lanceolate ปลายเรียวแหลม โคนกลม หน่อรับประทานได้แต่ไม่เป็นที่นิยม (ภาพ 4 ข)

ก.

ข.

ภาพ 4 ก. ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamber) ข. ไผ่รวกดำ (*Thyrsostachys oliveri* Gamber)

ไผ่สกุล *Dendrocalamus* จำนวน 3 ชนิดได้แก่

ไผ่ซางและไผ่ซางดอย

ไผ่ซางและซางดอยมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Dendrocalamus nudius* Pilg และ *D. membranaceus* Munro ตามลำดับ (ภาพ 5ก และ 5ข) สำหรับไผ่ซางดอยเป็นไผ่ที่มักขึ้นอยู่ในป่าผสมผลัดใบชื้นและแห้งแล้ง เป็นไม้ขนาดกลาง เนื้อหนา กิ่งตามข้อตอนบนๆจะเล็กและห้อยลงมามีใบมาก ลำอ่อนมีผงสีขาวคลุมอยู่ พอแก่ขึ้นจึงจะเห็นลำสีเขียว ข้อลำใกล้ผิวดินจะเห็นรากโผล่ออกมาเป็นฝอยรอบข้อ กาบหุ้มลำอาจเกลี้ยงหรือมีขนแข็งสีน้ำตาลเข้ม ใบอยู่ตามกิ่งเรียวเล็ก บางสีจาง รูป lanceolate โคนกลม ปลายใบเรียวแหลม ข้างบนมีขน และที่เส้นกลางใบของท้องใบก็มีขน ขอบใบสากและคม

ก ข

ภาพ 5 ก. ไผ่ซาง (*Dendrocalamus nudius* Pilg) ข. ไผ่ซางดอย (*Dendrocalamus membranaceus* Munro)

ไผ่ตง

ไผ่ตงมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *D. asper* Backer ชื่อสามัญ Sweet Bamboo อาจเรียกว่าไผ่บ้านหรือไผ่หวาน จัดเป็นไม้ร่วมสกุลกับไผ่ซาง มีลำต้นใหญ่และสูง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8-18 cm สูง 20 m ลำปล้องยาว 40-50 cm ไม่มีหนาม ลำเมื่อยังอ่อนจะมีขนสีน้ำตาลละเอียดคลุมแนบเรียบลำต้น เมื่ออายุมากขึ้นขนเหล่านี้จะหลุดไป ลำมีสีเขียวมากขึ้น ลักษณะข้อนูนเห็นได้ชัด ที่ข้อแต่ละข้อซึ่งอยู่ในระดับต่ำๆจะมีรากฝอยแตกออกมา เนื้อหนาและมีกิ่งเล็กๆตามข้อหลายกิ่ง หน่อใหญ่มีน้ำหนัก 3-10 kg กาบหุ้มลำเล็กมีขนหรือหนามเรียว กระจังกาบหุ้มลำต้นเห็นได้ชัดเจน สูงประมาณ 7-10 cm ปลายจะแยกเป็นแฉกๆมีขน ใบยอดกาบเป็นรูปหอก ปลายใบยอดกาบเรียวแหลมและมักจะงอขอบหยักแบบฟันเลื่อย ขอบใบม้วนเข้าที่โคน ใบเป็นรูปหอกปลายใบเรียวแหลม โคนใบป้านและมีขนาดไม่เท่ากันทั้งสองข้าง ขอบใบสากและคม ขนาดของใบยาว 20-30 cm กว้าง 1-3.5 cm หลังใบไม่มีขน ท้องใบบางทีอาจมีขนอ่อนแน่น มีเส้นลายใบ 11-13 คู่ ก้านใบสั้นประมาณ 0.3 cm ไม่มีครีบกาบใบและกาบใบข้างนอกไม่มีขน (ภาพ 6)

ภาพ 6 ไผ่ตง (*Dendrocalamus asper* Backer)

ไผ่ตงนี้สันนิษฐานว่าเข้ามาสู่ประเทศได้ 2 ทางคือ มีชาวจีนนำเข้ามาปลูกเมื่อ 90 ปีที่ผ่านมา อีกทางหนึ่งเชื่อกันว่าไผ่ตงมีถิ่นกำเนิดอยู่ทางแหลมมาลายู เพราะเป็นไผ่ที่ต้องการความชุ่มชื้นค่อนข้างสูง จึงน่าจะเป็นภูมิอากาศแถบมรสุมเขตร้อนมากกว่าเขตอบอุ่น และมีการกระจายพันธุ์ขึ้นมาในประเทศไทยนานมาแล้ว โดยมีชาวจีนเป็นผู้เริ่มปลูกจนมีทั่วทุกภาคของประเทศ

ไผ่สกุล *Gigantochloa* จำนวน 1 ชนิดได้แก่

ไม้หกเครือ

ไม้หกเครือมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Gigantochloa nigro-ciliata* (Munro) Kurz มักพบในภาคเหนือของไทย ลำต้นเกลี้ยงสีเขียวอ่อน มีเนื้อแข็งทนทาน นิยมใช้ทำรั้วบ้านและดอกสัตว์ ผิวของลำต้นเป็นมันเรียบ กาบจะหลุดออกหมดในระยะกำลังเจริญเติบโตและแตกใบ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-8 cm ปล้องยาวประมาณ 14-15 cm หน่อรับประทานได้แต่ไม่นิยม (ภาพ 7 ก)

ไผ่สกุล *Phyllostachy* จำนวน 1 ชนิดได้แก่

ไผ่ดำ

ไผ่ดำมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Phyllostachy nigra* (Loddiges ex Lindley) Munro มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน มีลักษณะเป็นไม้พุ่ม สูงประมาณ 2.5-5 m มักปลูกเป็นรั้วหรือเพื่อประดับ สามารถตัดแต่งทรงพุ่มให้สวยงามได้ตามต้องการ กิ่งอ่อนมีสีเขียว เมื่อแก่ขึ้นจะกลายเป็นสีดำหรือสีม่วงดำเข้ม มีใบขนาดเล็กจำนวนมาก (ภาพ 7 ข)

ก ข

ภาพ 7 ก.ไม้หกเครือ (*Gigantochloa nigro-ciliata* (Munro) Kurz) ข. ไผ่ดำ (*Phyllostachy nigra*)

โพลีแซคคาไรด์และเอนไซม์ย่อยโพลีแซคคาไรด์บางชนิด

โพลีแซคคาไรด์ (สุรีย์, 2526)

โพลีแซคคาไรด์ เป็นคาร์โบไฮเดรทที่พบมากในธรรมชาติ ประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์หลายๆโมเลกุลมาต่อกันด้วย glycosidic bond มีขนาดโมเลกุลใหญ่และน้ำหนักโมเลกุลมาก เมื่อสลายตัวอย่างสมบูรณ์ด้วยน้ำหรือกรดหรือเอนไซม์จะได้โมโนแซคคาไรด์ กลูโคสเป็นโมโนแซคคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของโพลีแซคคาไรด์ แต่ก็มีโพลีแซคคาไรด์บางชนิดที่ประกอบด้วยโมโนแซคคาไรด์อื่นๆ ได้แก่ D-mannose, D-fructose, D-and L-galactose, D-xylose และ D-arabinose และพวกอนุพันธ์ของโมโนแซคคาไรด์ ได้แก่ D-glucosamine, D-galactosamine, D-gluconic acid, N-acetyl-muramic acid และ N-Acetyl neuramiminic acid บางครั้งอาจเรียกโพลีแซคคาไรด์ว่า "glycans" โดยทั่วไปโพลีแซคคาไรด์จัดเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. โฮโมโพลีแซคคาไรด์ (Homopolysaccharide) ประกอบด้วยหน่วยโมโนแซคคาไรด์เพียงชนิดเดียวเท่านั้น เช่น แป้งที่ประกอบด้วยกลูโคสเพียงอย่างเดียว

2. เฮเทอโรโพลีแซคคาไรด์ (Heteropolysaccharide) มีหน่วยโมโนแซคคาไรด์ตั้งแต่หนึ่งชนิดขึ้นไป เช่น hyaluronic acid ประกอบด้วย D-glucoronic acid และ N-acetyl-D-glucosamine สลับกันไป

นอกจากนี้อาจแบ่งประเภทของโพลีแซคคาไรด์ตามหน้าที่เป็น 2 พวกใหญ่ๆ ได้แก่

1. โพลีแซคคาไรด์สะสม (storage polysaccharide) คือ ส่วนที่เก็บสะสมไว้ในสิ่งมีชีวิต เช่น แป้งในพืช และไกลโคเจนในสัตว์ เมื่อต้องการใช้จะถูกย่อยเป็นกลูโคสด้วยเอนไซม์

2. โพลีแซคคาไรด์โครงสร้าง (structural polysaccharide) ได้แก่ cellulose ในพืช chitin ในกระดองปู เป็นต้น

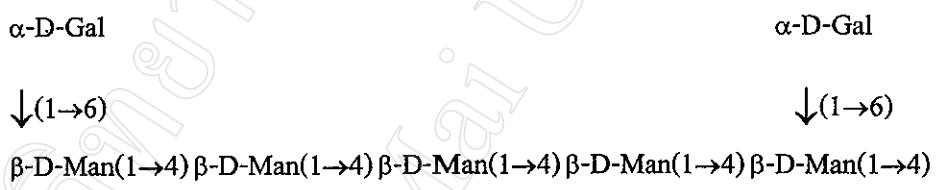
ในการทดลองครั้งนี้สนใจศึกษาโพลีแซคคาไรด์ที่สำคัญ 4 ชนิดดังนี้คือ

1. inulin เป็นโพลีแซคคาไรด์สะสมที่พบอยู่ในพืชหัวหลายชนิดและในผักที่เรียกว่า artichoke ประกอบด้วย fructose ต่อกันด้วยพันธะแบบ β-2,1

2. mannan เป็นโฮโมโพลีแซคคาไรด์ที่พบทั่วไปในแบคทีเรีย ยีสต์และพืชชั้นสูง เช่น เมล็ดกาแฟ เมล็ดพืชตระกูลถั่ว หัวบุก (Ooi and Kikuchi, 1995) กากเนื้อมะพร้าว (Regalado-Gonzalez *et al.*, 1998) โครงสร้างของ mannan ประกอบด้วย mannose ต่อกันด้วย β-1,4 จำนวนมากกว่า 6 โมเลกุล มี galactose เป็น side chain โดยทั่วไปในธรรมชาติจะพบ mannan บริสุทธิ์ได้ยาก มักพบอยู่ร่วมกับสารอื่นๆ เช่น galactose หรือ glucose เป็นต้น

mannan จากพืชที่สำคัญมี 2 กลุ่ม ได้แก่ พวกแรกคือ galactomannan ซึ่งมีโครงสร้างหลักประกอบด้วย mannose ต่อกันด้วย β-1,4 ตัวอย่างเช่น guar gum (เมล็ดของ *Cyamopsis tetragonobolus*), arabic gum(exudate ของต้น Acacia sp.), ivory nut mannan, และ locust bean gum (endosperm ของ Carob หรือ locust seed ของ *Ceratonia siliqua*) พวกที่สองคือ glucomannan ที่มีโครงสร้างหลักเป็น mannose กับ glucose เรียงต่อกัน พบมากในบุก (kojac) เช่น *Amorphophallus konjac* ในรากพืชตระกูลหอม (arum root) เช่น หน่อไม้ฝรั่ง (*Asparagus offcinalis*), Norwegian spruce (*Picea abies*), *Eremurus fuscus* สน เช่น jack pine (*Pinus banksiana*) และ salep orchid (*Tubera salep*) เป็นต้น

ในการศึกษา mannanase ครั้งนี้ได้ใช้ locust bean gum เป็นแหล่งคาร์บอน ซึ่งเป็น galalactomannan ที่ประกอบด้วย mannose เป็น back bone และ galactose เป็น side chain ดังภาพ 8



ภาพ 8 โครงสร้างของ locust bean gum (Roehrig, 1984 อ้างโดย วราคณา, 2539)

3. xylan เป็นโฮโมโพลีแซคคาไรด์ที่พบในพืชชั้นสูงเช่นเดียวกัน ประกอบด้วย D-xylose ต่อกันด้วย β-1,4 glycosidic bond

4. cellulose ซึ่งเป็นโพลีแซคคาไรด์โครงสร้างที่มีมากที่สุดในพืช ไม้ ประกอบด้วย cellulose ประมาณ 50% ส่วนสำลีหรือฝ้ายคือ cellulose ที่บริสุทธิ์ cellulose เป็นโฮโมโพลี-แซคคาไรด์สายยาว ประกอบด้วยกลูโคสต่อกันด้วย β-1,4 glycosidic bond ทนทานต่อการสลายด้วยกรด ถ้าจะสลายให้สมบูรณ์ต้องต้มด้วยกรดแก่ ถ้าสลายตัวไม่สมบูรณ์จะได้ไดแซคคาไรด์ cellobiose

เอนไซม์ย่อยโพลีแซคคาไรด์บางชนิด

เอนไซม์ย่อยโพลีแซคคาไรด์ที่ศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ inulinase, xylanase, cellulase และ mannanase ในที่นี้จะเสนอรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ mannanase เท่านั้นดังนี้

mannanase

mannanase (1,4--β-D-mannan mannanohydrolase, EC 3.2.1.78) เป็นเอนไซม์ที่สามารถสลายพันธะ β-1,4 ของ 1,4--β mannan , glucomannan, และ galactomannan เป็นเอนไซม์ที่สำคัญที่พบในพืชบางชนิดในขณะงอก นอกจากนี้ยังพบได้ใน แบคทีเรีย เชื้อรา แอคติโนมัยซีสและหอย เป็นต้น

Downie *et al.* (1994) ได้ทำการตรวจวัดปริมาณ endo-β-D-mannanase ด้วยวิธี gel diffusion โดยนำเอา crude enzyme มาหยอดลงในหลุมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 mm บนจานอาหาร phyta gel 0.7% (w/v) ผสมกับ locust bean gum 0.1% (w/v) ที่เป็น substrate ซึ่งละลายใน 0.1M citrate buffer/0.2M phosphate buffer บ่มไว้ที่ 40°C เป็นเวลา 16 ชั่วโมง แล้วย้อมทับด้วยสี congo red 1% (w/v) ตรวจวัดวงใสที่เกิดขึ้น จากวิธีนี้พบว่าสามารถวัดปริมาณเอนไซม์ที่เกิดขึ้นได้ตั้งแต่ 0.07 pkatal ถึง 14 nkatal

การศึกษาวิจัย mannanase จากเชื้อรา

วรางคณา (2539) ได้ใช้อาหารเหลวที่มี locust bean gum 1% (w/v) เพื่อเพิ่มปริมาณและคัดเลือกเชื้อราที่ผลิต mannanase โดยใช้อาหารเพาะเลี้ยงเชื้อราเพื่อผลิต mannanase ที่มี locust bean gum 1% (w/v), pH 5.5 บ่มบนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แยกได้เชื้อรา 27 ไอโซเลท เมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์โดยวิธีของ Miller และปริมาณโปรตีนโดยใช้สารละลาย coomassie พบว่าเชื้อรา *Talaromyces* sp. KM-1 ที่เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 36°C และ pH 5.5 ซึ่งแยกได้จากดินบริเวณน้ำตกผาลาด ดอยสุเทพ เป็นไอโซเลทที่มีการทำงานของเอนไซม์และ specific activity ได้ดีเท่ากับ 3.31 U/ml และ 97.38 U/mg ตามลำดับ เมื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิต mannanase พบว่าแหล่งคาร์บอนที่เหมาะสมที่สุดคือ locust bean gum 1.5% (w/v) ส่วนแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมประกอบด้วย corn steep solid 0.1% (w/v) ผสมกับ $NaNO_3$ 0.2% (w/v) pH 5.5 สภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์คือ อุณหภูมิ 55°C pH 5.5 ในเวลา 15 นาที เอนไซม์มีการทำงานสูงสุด 6.02 U/ml และ specific activity 261.52 U/mg

อนุวัฒน์ (2541) แยก endophytic fungi ได้ทั้งสิ้น 142 ไอโซเลท จากส่วนต่างๆ ของกิ่งก่อต้นที่เจริญในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ แล้วคัดเลือกเชื้อที่สามารถผลิต mannanase ได้ดีโดยวิธี gel diffusion นำเชื้อที่ให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางวงใสใหญ่กว่า 1.5 cm จำนวน 20 ไอโซเลทมาหมักใน cultivation medium ที่ประกอบด้วย locust bean gum 1% (w/v) หรือ coconut residue 1% (w/v) เป็นแหล่งคาร์บอน บ่มที่อุณหภูมิห้อง เขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อ

นาที เป็นเวลา 3 วัน วิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของน้ำเลี้ยงเชื้อด้วย DNS reagent และหาปริมาณโปรตีนด้วย Lowry method พบว่าไอโซเลท 120 ใช้ locust bean gum ได้ดี มีค่าการทำงานของเอนไซม์เท่ากับ 8.2 U/ml และมี specific activity เท่ากับ 132.4 U/mg ไอโซเลท 127 สามารถใช้ coconut residue ได้ดี มีค่าการทำงานของเอนไซม์เท่ากับ 5.7 U/ml และ specific activity เท่ากับ 103.8 U/mg

Araujo and Ward (1990) ได้ศึกษาการผลิต mannanase และ galactanase จาก thermophillic fungi 8 ชนิด พบว่า *Talaromyces byssochlamydoides* และ *T. emersonii* ผลิต mannanase ได้สูงที่สุด สามารถชักนำให้เชื้อราทุกตัวผลิต mannanase ได้ดีโดยใช้ locust bean gum ยกเว้น *Thermoascus aurantiacus* ที่ต้องชักนำด้วย mannose นอกจากนี้ locust bean gum ยังสามารถชักนำให้เชื้อราเหล่านี้ผลิต galactanase และ β–mannosidase ได้อีกด้วย แต่ *T. emersonii* ต้องใช้ galactose เป็นสารชักนำ *Talaromyces* จะผลิต mannanase ได้ดีที่สุดเมื่อใช้ peptone เป็นแหล่งไนโตรเจน ในขณะที่ *Thielavia terrestris* และ *T. aurantiacus* ต้องใช้ sodium nitrate แทน ระดับ pH ที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์จากเชื้อราเหล่านี้อยู่ในช่วง 5.0-6.6 ซึ่งตรงข้ามกับ pH ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเอนไซม์จาก *Aspergillus niger* ที่มีค่าต่ำกว่า (pH 3.2) ส่วน pH ที่เหมาะสมสำหรับการผลิต galactanase อยู่ในช่วง 4.3-5.8 mannanase จาก *T. emersonii* และ galactanase จาก *T. terrestris* มีความคงทนที่สุดเป็น 100% ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

Johnson (1990) ได้ศึกษาการผลิต exocellular β–mannanase และ xylan-degrading enzyme ของเชื้อราทำลายไม้ 8 ชนิดคือ *Coriolus versicolor* NRCC 5906, *Haematosterium sanguinolentum* NRCC 5902, *Glionatix trabeum* NRCC 5907, *Lenzites saepiaria* NRCC 5910, *Polyporus versicolor* NRCC 5909, *Poria placenta* NRCC 5909, *Schizophyllum commune* NRCC 5911 และ *Trichocladium candense* NRCC 5903 ทุกชนิดสามารถผลิต β–mannanase, endoxylanase และ acetylxylan esterase บางชนิดสามารถผลิต L-αarabinosidase และ 4-O-methyl-glucuronidase และไม่มีเชื้อใดผลิต β–mannanosidase ได้ *Polyporus vesicolor* และ *Schizophyllum commune* ผลิต β–mannanase และ endoxylanase ได้ดีที่สุดเมื่อเลี้ยงในอาหาร Avicel-supplemented media β–mannanase จาก *Linzites saepira* และ *S. commune* สามารถย่อย glucomannan และ galactomannan ได้ ส่วน β–mannanase จาก *P. vesicolor* ย่อย glucomannan ได้ แต่ไม่ย่อย guar gum galactomannan

Arisan *et al.* (1993) ได้ศึกษาการผลิต β–mannanase จาก *Trichoderma reesei* ในอาหารที่มีแหล่งคาร์บอนต่างชนิดกัน เชื้อนี้ผลิต β–mannanase สูงสุดในอาหารที่มี cellulose เป็นแหล่งคาร์บอน ขณะที่ให้ค่าการทำงานของเอนไซม์ต่ำในอาหารที่มีแหล่งคาร์บอนเป็น β–mannan

(ตัวอย่างเช่น แป้งบุกหรือ locust bean gum) เมื่อนำเอนไซม์ไปทำให้บริสุทธิ์ด้วยการทำ chromatofocusing และ ion exchange fast protein liquid chromatography พบว่า β–mannanase นี้เป็น glycoprotein ที่มีน้ำหนักโมเลกุล 46 kDa และ isoelectric point 5.2 ระดับ pH ที่เหมาะสมคือ 5.0 และเอนไซม์มีความเสถียรในช่วง pH ค่อนข้างกว้าง (2.5-7.0) ที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 60 นาที ผลิตผลหลักที่ได้หลังจากหมักบ่มไว้ใน locust bean gum คือ trisaccharides และ disaccharides

Regalado-Gonzalez *et al.* (1998) ศึกษาการผลิตและคุณสมบัติบางประการของ β–mannanase จากการหมักในกากเนื้อมะพร้าวตากแห้งและสารละลายของเสียจากอุตสาหกรรมกาแฟโดย *Aspergillus* oryzae สำหรับการหมักในของแข็งทำในคอลัมน์ควบคุมอุณหภูมิ อาหารที่เหมาะสมประกอบด้วย 5 g/l yeast extract, 4 g/l ammonium sulphate และ 2.5xsalt matrix บ่มไว้เป็นเวลา 4 วัน ปรากฏผลหลังจากทำ ion exchange chromatography ด้วย SP-Tris-Acryl-Plus M resins ใน Gradifrac system (Phamacia) คือ การหมักในสารละลายของเสียจากอุตสาหกรรมกาแฟมี peak เดียว แต่ได้ผลผลิตต่ำ ส่วนการหมักในกากเนื้อมะพร้าวตากแห้งมี 2 peak ซึ่งเมื่อตรวจสอบความบริสุทธิ์ด้วยการทำ SDS-PAGE และ PAGE แบบธรรมดาพบว่า ประกอบด้วย isoenzyme ที่มีมวลโมเลกุล 120 kDa ค่า pI ประมาณ 4.0 purification factor 174 ซึ่งมีผลผลิตเท่ากับ 0.33% ของกากเนื้อมะพร้าวตากแห้ง

การศึกษาวิจัย mannanase จากแบคทีเรีย

นลิน (2541) ได้คัดเลือกเชื้อแอคติโนมัยซีสจากรากพืช ดิน และเชื้อบริสุทธิ์จากภาควิชาชีววิทยา จำนวน 249 ไอโซเลท พบว่ามีแอคติโนมัยซีสจำนวน 38 ไอโซเลทที่สามารถผลิต mannanase ได้เมื่อเลี้ยงในอาหารเหลวที่ประกอบด้วย locust bean gum 1% (w/v) แล้วทดสอบด้วยวิธี gel diffusion ที่ประกอบด้วย phyta gel 0.7% (w/v) และ locust bean gum 0.1% (w/v) พบว่า *Streptomyces* sp. E2/22 สายพันธุ์หนึ่งสามารถผลิต mannanase ได้สูงที่สุด เมื่อเพาะกล้าเชื้อ 3.85% (v/v) ในอาหารเหลวที่ประกอบด้วย locust bean gum 2.5% (w/v), peptone 0.5% (w/v), KH_2PO_4 0.05% (w/v) และ $MgSO_4.7H_2O$ 0.05% (w/v) pH 5.0 บ่มบนเครื่องเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 96 ชั่วโมง มีค่า mannanase activity 149.92 U/ml และ specific activity 675.62 U/mg มีค่า β–mannosidase 0.7 U/ml, specific activity 3.47 U/mg ส่วน galactanase จะผลิตได้มากที่สุดเมื่อเวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับ 2.25 U/ml, specific activity 14.43 U/mg สภาวะที่เหมาะสมต่อการทำงานของ mannanase คือ ที่ pH 6.5 อุณหภูมิ 60 °C เวลา 2 ชั่วโมง เอนไซม์มีการทำงานสูงสุด 521.68 U/ml และมีค่า specific activity 2230.35 U/mg เมื่อตรวจผลิตภัณฑ์หลังการบ่ม crude enzyme กับ locust bean gum และ gum arabic พบ mannooligosaccharide หลายชนิด

Abe *et al.* (1994) ได้คัดเลือกแบคทีเรีย 29 สายพันธุ์ที่แยกจากดิน พบว่า *Bacillus* สายพันธุ์หนึ่งที่เจริญที่อุณหภูมิ 30°C สามารถผลิต β–mannanase ได้ 0.004 U/ml เมื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมพบว่าอาหารที่ใช้เลี้ยงเชื้อเพื่อการผลิตเอนไซม์ประกอบด้วย copra meal 1%, corn steep liquor 2.5%, polypepton 3%, KH_2PO_4 1.5%, $CaCO_3$ 1% และ $MgSO_4$ 0.02%, pH 7.2 บ่มที่ 30°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ผลิตเอนไซม์ได้ 1.6 U/ml ผลจากการทำงานของเอนไซม์เมื่อย่อย copra mannan ในสภาวะเป็นกลางได้ผลิตผลหลักคือ mannobiose, mannotriose, และ mannotetraose และ mannose อีกเล็กน้อย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้ในการผลิต manno-oligosaccharide ต่อไป

Mendoza *et al.* (1994) ได้แยก *Bacillus subtilis* NM-39 จากดินบริเวณที่มีอุตสาหกรรมจากมะพร้าวในประเทศฟิลิปปินส์ สภาวะที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของ crude enzyme ของเชื้อนี้คือ ที่ pH 5.0-6.0 และอุณหภูมิ 50-60°C เชื้อจะผลิตเอนไซม์ได้สูงสุดเท่ากับ 8.8 U/ml เมื่อเลี้ยงใน liquid mineral salts medium 1% (w/v) ที่มี coconut residue และแป้งถั่วเหลืองเป็นแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนตามลำดับ ที่ pH 7.0 ในสภาพ aerobic อุณหภูมิ 37°C เป็นเวลา 28 ชั่วโมง

Nakajima *et al.* (1997) ศึกษาเอนไซม์ย่อย konjac glucomannan จากแบคทีเรียพวก anaerobe ที่อยู่ในลำไส้คนพวก *Clostridium butyricum* และ *C. beijerinckii* เมื่อนำมาทำให้เป็นสารบริสุทธิ์และวิเคราะห์แล้วพบว่าเอนไซม์นี้ประกอบด้วยสายโพลีเปปไตด์สายเดี่ยวๆ มีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 50,000-53,000 เป็น endo-β–mannanase ที่สามารถย่อย konjac glucomannan และ coffee mannan ได้ผลิตผลเป็นโอลิโกแซคคาไรด์และโมโนแซคคาไรด์ pH ที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของเอนไซม์กับ konjac glucomannan คือประมาณ pH 7-8 และเสถียรในสภาวะค่อนข้างเป็นด่างช่วง pH 8-10 สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ด้วยการเติม $CaCl_2$ และ dithiothreitol แสดงให้เห็นว่าเอนไซม์นี้น่าจะสามารถช่วยย่อย konjac glucomannan ในระบบย่อยอาหารของคนได้

Zagaria *et al.* (1998) ศึกษาพบว่า *Flavobacterium* sp.ซึ่งเป็นแบคทีเรียกลุ่ม psychrophile มีการผลิต β–mannanase ในอาหารเลี้ยงเชื้อ อาหารที่ทำให้มีการผลิต β–mannanase ได้สูงที่สุดประกอบด้วย แหล่งคาร์บอนคือ guar gum 1.0% (w/v) แหล่งไนโตรเจนคือ $(NH4)_2SO_4$ 0.3% และมี yeast extract อีก 0.06% (w/v) บ่มที่ 4°C เป็นเวลา 5 วัน แม้ว่าเชื้อ psychrophile นี้สามารถใช้อาหารที่มีโมโนแซคคาไรด์หรือไดแซคคาไรด์เป็นแหล่งคาร์บอนได้ แต่จะไม่ผลิต β–mannanase ยกเว้นเมื่อเลี้ยงในอาหารที่มีโพลีแซคคาไรด์จึงผลิตเอนไซม์ได้ เมื่อนำเอนไซม์ไปทำ SDS-PAGE (sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis) จะเห็นแถบปฏิกิริยาเป็นแถบเดียวชัดเจน อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเอนไซม์คือ 35°C สำหรับที่ 10°C ผลิต

เอนไซม์เพียงร้อยละ 25 β–mannanase ที่ได้สามารถย่อย guar gum, locust bean gum และ glucomannane ได้ดีเช่นเดียวกับ β–mannan

การศึกษาวิจัย mannanase จากสัตว์

Yamaura and Matsumoto (1993) ได้ศึกษา endo-1,4-β–D-mannanase จากหอยทาก (Mud Snail) *Pomacea insularus* (de Ordigny) พบว่าเอนไซม์บริสุทธิ์ให้แถบโปรตีนเพียงแถบเดียว บน SDS-PAGE เอนไซม์นี้มีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 44,000 ลำดับกรดอมิโนส่วนปลายเป็นดังนี้ H.Gly-X-Leu-Arg-Arg-Gln-Gly-Thr-Asn-Ile-Val-Asp-Ser-His-Gly-His-Lys-Val-Phe-Leu-Ser-Gly-Ala-Asn-Thr-Ala-Trp-Val-Ala-Tyr-Gly-Tyr-Asp-. เอนไซม์นี้มีความเสถียรในช่วง pH ค่อนข้างกว้างคือประมาณ 5.0-10.5 และที่ pH 5.5 เอนไซม์จะมีปฏิกิริยาดีที่สุด Ag^{+}, Hg^{2+}, Cu^{2+} และ dithiothreitol ความเข้มข้น 1mM สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์นี้ได้ นอกจากนี้ *N*-bromosuccinimide สามารถยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ได้อย่างสมบูรณ์

ประโยชน์และความสำคัญของเอนไซม์

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆขึ้น โดยผ่านกระบวนการและกรรมวิธีทางชีวเคมีที่มีเอนไซม์เป็นเครื่องมือสำคัญในการผลิตและการพัฒนา ที่เรียกว่า “oligosaccharide” ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตสายสั้นๆที่มักสร้างจากวัตถุดิบทางการเกษตรบางชนิด ซึ่งการผลิตโอลิโกแซคคาไรด์นี้นับได้ว่าเป็นกระบวนการที่ทำให้เพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบทางการเกษตรซึ่งปกติมีราคาต่ำให้มีราคาสูงขึ้นได้อย่างคุ้มค่า

ตัวอย่างเอนไซม์ สารที่สามารถใช้สังเคราะห์ oligosaccharide และผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกริยาที่สำคัญบางชนิด (Bucke and Rustall,1990.) ดังรายละเอียดในตาราง 1

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้มีการพัฒนาจนเป็นอุตสาหกรรมผลิตเพื่อจำหน่าย ได้แก่ แลคโต-ซูโครสที่สามารถผลิตได้จากน้ำตาลที่ไม่ฟอกสี เป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้แคลอรี่และไม่เพิ่มระดับน้ำตาลในเลือด ร่างกายคนเราไม่มีเอนไซม์ย่อยในระบบย่อยอาหาร เมื่อไม่ถูกย่อยสารนี้จึงสามารถเคลื่อนสู่ลำไส้ส่วนล่างที่มีแบคทีเรียประจำถิ่นพวก lactic acid bacteria ที่สำคัญอาศัยอยู่คือ bifidobacteria ซึ่งแลคโตซูโครสนี้เป็นอาหารที่ดีของเชื้อแบคทีเรียดังกล่าว จึงทำให้แบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายคนเหล่านี้เจริญเติบโตได้ดี ส่งผลให้สุขภาพโดยรวมของผู้บริโภคดีขึ้นด้วยในที่สุด (ธนิต, 2540)

ตาราง 1 เอนไซม์ สารตัวให้ สารตัวรับและผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกริยาการสังเคราะห์โอลิโกแซคคาไรด์

Enzyme	Donor	acceptor	product (oligosaccharide)
Glucosidase	Maltose	glucose	nigerose, isomaltose, kojibiose, maltotriose
β-Glucosidase	Cellobiose	glucose	gentiobiose, laminaribiose, trisaccharides
Transglucosylase	Cellobiose	lactose	Glcβ-1-6Gal
Mannosidase	p-nitrophenyl	mannose	Manα-1-2Man , Manα-1-6Man
α-Glucosidase	Pheyl α-glucoside	galactose	Glcα-1-2Gal
		mannose	Glcα-1-2Man
		xylose	Glcα-1-4Xyl
α-Glucoside	Pheyl α-glucoside	fructose	Turanose, maltulosy, 1-α-glucosyl fructose

นอกจากนี้ oligosaccharide ยังมีคุณค่าทางการแพทย์อีกมากมาย เช่น ในเลือดคนเราหมู่ A B O มี oligosaccharide ซึ่งเป็นองค์ประกอบของ glycolipid ในเนื้อเยื่อเซลล์ต่างกัน ทำให้สามารถแบ่งหมู่เลือดเป็น A, B, AB และ O ได้ เป็นต้น

สำหรับ mannanase นั้นนับวันจะมีความสำคัญมากยิ่งขึ้น เนื่องจากมีประโยชน์หลายอย่าง เช่น ช่วยลดความหนืดในกระบวนการทำกาแฟผงสำเร็จรูป (Marga *et al.* 1996) และโดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้อุตสาหกรรมฟอกกระดาษ แทนสารฟอกขาวเดิมที่มักก่อปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมพวก chlorine, hypochlorite, chlorine dioxide, oxygen, และ hydrogenperoxide เป็นต้น

mannanase นี้เป็นเอนไซม์ชนิดหนึ่งที่พบร่วมกับ cellulase, chitinase, xylanase, dextranase, protease และ lysozyme ใน fertilization envelope ของไข่ปลา *Salmo gairdneri* ซึ่งเอนไซม์เหล่านี้ทำหน้าที่ป้องกันตัวอ่อนของปลาจากเชื้อราชั้นต่ำที่เป็นศัตรูสำคัญคือ *Saprolignia parasitica* (Kudo, 1992)