บทที่ 2

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับมันสำปะหลัง

2.1 <u>แหล่งกำเนิด</u>

มันสำปะหลังเป็นพืชดั้งเดิมในทวีปอเมริกา ตั้งแต่อเมริกากลางคือตอนใต้ของเม็กซิโกลงไปจนถึงบราซิล ส่วนในทวีปอื่นเช่น เอเชียหรืออัฟริกายังไม่มีพืชนี้ ถิ่นกำเนิดของมันสำปะหลังจึงอยู่ในบริเวณดังกล่าว บริเวณที่พบมันสำปะหลังมากคือบริเวณประเทศบราซิล บริเวณทางเหนือของอเมริกาใต้และบริเวณอเมริกากลาง

ประเทศไทยเริ่มมีการปลูกมันสำปะหลังเป็นครั้งแรก ทางภาคใต้เมื่อร่วมร้อยกว่าปีที่ผ่านมา ซึ่งเป็นการปลูกขึ้นเพื่อใช้เป็นอาหารของมนุษย์ ต่อมาได้ขยายไปยังจังหวัดต่างๆ ตามชายฝั่งทะเลตะวันออก คือ ชลบุรี ระยอง และจังหวัดข้างเคียง และได้มีการตั้งโรงงานแปรรูปในบริเวณแหล่งดังกล่าวด้วย ต่อมาจึงได้มีการขยายการเพาะปลูกไปยังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันตก และภาคกลางตอนบน การเพาะปลูกมันสำปะหลังของไทยในปัจจุบันส่วนใหญ่ปลูกกันมากในทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และทางภาคตะวันออก ซึ่งทั้งสองภาคคิดเป็นเนื้อที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 90 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั้งหมด และได้ผลผลิตประมาณร้อยละ 89 ของผลผลิตทั้งหมด

มันสำปะหลังที่ปลูกอยู่ทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ (เจริญศักดิ์ 2519:59)

2.1.1 <u>ประเภทที่ใช้เป็นอาหารมนุษย์ หรือประเภทหวาน</u> หัวมันสำปะหลังประเภทนี้อาจใช้บริโภคแบบผักธรรมดา เช่น โดยการต้ม ปิ้ง หรือทอด หรืออาจเป็นอาหารประกอบ เช่น ผสมข้าว มันสำปะหลังจัดเป็นอาหารที่มีความสำคัญเป็นอันดับที่ 7 ของอาหารมนุษย์ทั่วโลก กล่าวคือ เป็นอาหารหลักของมนุษย์กว่า 200 ล้านคน ประมาณ 95 % ของผลิตผลมันสำปะหลังของโลกใช้เป็นอาหารมนุษย์ทั้งในรูปอาหารหลัก อาหารรอง และอาหารเสริม บราซิลเป็นประเทศที่บริโภคมันสำปะหลังเป็นอาหารหลักมากที่สุดเฉลี่ยคนละ 124 กก ต่อปี อินโดนีเซียรับประทานมันสำปะหลังเป็นอาหารหลักเหมือนกัน ประชากรในชวา และมาดูราได้พลังงานจากมันสำปะหลัง 1,010 แคลอรี่ จากทั้งหมด 1,592 แคลอรี่ต่อวัน

2.1.2 <u>ประเภทที่ใช้ในการอุตสาหกรรม หรือประเภทขม</u> ซึ่งมีประมาณ 1-3 % ของ

ผลิตผลมันสำปะหลังของโลก มีแป้งมาก มีกรดไฮโดรไซยานิคสูง มีรสขม ไม่เหมาะในการรับประทาน จึงใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ เช่น วัว เนื้อ หมู ไก่ แพะ มันสำปะหลังอีกส่วนหนึ่งใช้ในการอุตสาหกรรมต่าง ๆ

สำหรับประเทศไทย มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศมาก และมันสำปะหลังที่นิยมปลูกเป็นมันสำปะหลังชนิดขม ประมาณ 97 % ของผลผลิตจากมันสำปะหลัง (หัวมันสด) ถูกส่งเข้าโรงงานทำการแปรสภาพเป็นผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังมากมายหลายชนิดในจำนวนนี้ประมาณ 70 % ใช้เป็นอาหารสัตว์ ส่วนที่เหลือใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ เช่น ทำแป้ง ทำน้ำตาล ทำผงชูรส

2.2 องค์ประกอบทางเคมี

มันสำปะหลังเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรท และเป็นที่รู้ทั่วไปว่ามีปริมาณของโปรตีนต่ำ ซึ่งปริมาณโปรตีนนี้จะต่ำโดยทั่วๆไปในพืชหัว เช่น มันฝรั่งและมันเทศ โดยเฉลี่ยแล้วพืชหัวจะประกอบด้วยน้ำ 60 - 65 % ,คาร์โบไฮเดรท 30 - 35 % , โปรตีน (crude protein) 1 - 2 % ปริมาณของแร่ธาตุและวิตามินค่อนข้างจะต่ำ แต่มีปริมาณของแคลเซียมและวิตามินซีสูงมาก

คาร์โบไฮเดรทในหัวมันสำปะหลังจะเป็นองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่ ตามน้ำหนักสดประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรท 30 - 35 % เทียบได้ประมาณ 70 - 90 % ของน้ำหนักแห้ง คาร์โบไฮเดรทประกอบด้วยแป้ง น้ำตาล hemicellulose และcellulose ซึ่ง hemicellulose กับ cellulose ร่างกายของมนุษย์ไม่สามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้

แป้งเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของคาร์โบไฮเดรท ในแป้งมีองค์ประกอบ 2 อย่าง คือ amylose ประมาณ 16 - 18 % และ amylopectin ประมาณ 72 - 74 % ซึ่ง amylose เกิดจากกลูโคส (glucose) ต่อกันเป็น straight chain ส่วน amylopectin เกิดจากกลูโคส (glucose) ต่อกันเป็น branch chain

ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบของหัวมันสำปะหลังที่ปอกเปลือกแล้ว

ส่วนประกอบหัวมันสำปะหลัง	วิเคราะห์โดย		
	INCAP (1986)	Chadha (1961)	Akinrele etal. (1962)
Water %	66.0	62.5	71.5
Nitrogen free extract %	30.8	34,7	26.8
Ether extract %	0.3	0.3	0.1
Crude fibre %	1.4	1.3	0.1
Protein %	0.7	1.2	0.7
Mineral matter %	0.9	1.3	0.7
kcal/100 g	127.5	146.0	-

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของหัวมันสำปะหลังที่ยังไม่ได้ปอกเปลือก

ส่วนประกอบหัวมันสำปะหลัง	วิเคราะห์โดย	
	INCAP(1968)	Akinrele etal.(1982)
Water %	37.8	68.1
Nitrogen-free extracts %	28.6	29.1
Crude fibre %	1.6	1.0
Crude protein %	0.7	0.9
Ether extract %	0.3	0.2
Ash %	0.9	0.9
kcal/100 g	120.0	-

ตารางที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรทในหัวมันสำปะหลังรวมทั้งเปลือก (กรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) ในอายุต่างๆ กัน

องค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรท	อายุของมันสำปะหลัง (เดือน)				
	5	6	7	8	9
แป้ง	71.8	67.2	72.5	81.0	77.6
Hemicellulose	1.0	1.0	0.9	0.8	1.0
Cellulose	4.5	5.4	3.7	3.2	3.4
น้ำตาลทั้งหมด	3.1	5.1	2.6	3.5	5.7

ตารางที่ 2.4 แสดงปริมาณของ amylose และ amylopectin ในแป้งมันสำปะหลัง

อายุ (เดือน)	Amylose (%)	Amylopectin (%)
5	16.5	84.3
6	16.2	83.3
7	17.4	82.2
8	17.3	81.2
9	16.8	85.1

(Ketiku and Oyenuga 1972:25-30)

ปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ในหัวประมาณ 2 - 5 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งนั้นส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ sucrose เป็นส่วนใหญ่ ดังต่อไปนี้

sucrose 71.03 % glucose 12.84 %

maltose 2.98 % fructose 7.98 %

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำตาลทั้งหมด จาก Ketiku and Oyenuga 1970 : 25-30

2.2.1 <u>กรดไฮโดรไซยานิคในมันสำปะหลัง</u>

เป็นที่รู้จักกันทั่วไปว่ามันสำปะหลังนี้มีสารที่เป็นพิษ คือ กรดไฮโดรไซยานิค (HCN) หรือจาก prussic ซึ่งเกิดจากสารที่เรียกว่า cyanogenic glycoside ซึ่ง Horrii and Morimoto 1969 : 63 - 67 พบครั้งแรกเรียกว่า manihotoxin สาร cyanogenic glycoside พบในพืชมีถึง 12 ชนิด แต่ที่พบในมันสำปะหลังมีอยู่ 2 ชนิด คือ linamarin กับ lotaustralin โดยพบ linamarin เป็นส่วนใหญ่และพบ lotaustralin ประมาณ 2-8 เปอร์เซ็นต์ ของ cyanogenic glycoside (Butter 1969 :127-131)

วิธีการลดปริมาณ cyanogenic glycoside

มีวิธีการหลายอย่างที่จะลดปริมาณของ cyanogenic glycoside ในหัวมันสำปะหลังให้น้อยลง เพื่อใช้เป็นอาหารของมนุษย์ และผสมอาหารสัตว์เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรท

วิธีการที่ปฏิบัติพอจะแบ่งได้ดังนี้ คือ

(1) โดยการต้ม เคี่ยว ย่าง เผา หรือทอด

มันสำปะหลังที่จะใช้กินสดๆ ต้องเป็นชนิดที่มีปริมาณ cyanogenic glycoside ต่ำที่สุดที่จะปลอดภัย และพันธุ์ที่ใช้ประกอบอาหารโดยวิธีการดังกล่าวก็ควรจะเป็นพันธุ์ที่มีสารนี้ต่ำเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าการต้มหัวมันพันธุ์หนึ่งที่มีปริมาณสารนี้ 322 มิลลิกรัมกรดไฮโดรไซยานิคต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด หลังจากต้มเสร็จจะเหลือเพียง 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเท่านั้น และทดลองหลายพันธุ์ที่มีปริมาณ cyanogenic glycoside ตั้งแต่ 103-232 มิลลิกรัมกรดไฮโดรไซยานิคต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด ภายหลังจากการต้มจะเหลือ 27 - 87 มิลลิกรัมกรดไฮโดรไซยานิคต่อกิโลกรัม แสดงว่าการต้มก็เป็นวิธีการที่ลดสารนี้เป็นที่น่าพอใจ

(2) การทำให้แห้งโดยใช้ความร้อนหรือโดยแสงแดด

การหั่นหัวมันเป็นแผ่นแล้วอบให้แห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ นั้น การใช้อุณหภูมิที่สูงกว่า 72 °ซ มักจะลดปริมาณสารนี้ได้น้อยกว่าที่อุณหภูมิต่ำกว่า 72 °ซ และหลังจากการหั่นเป็นแผ่นแล้วทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง โดยผึ่งไว้สัก 24 ชั่วโมง จะทำให้ cyanogenic glycoside ถูกไฮโดรไลซ์ (hydrolyse) ได้กรดไฮโดรไซยานิค และเวลาเข้ากระบวนการทำให้แห้งนั้น กรดไฮโดรไซยานิคจะระเหยออกไปจะลดปริมาณสารนี้ได้ดีกว่า ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงกรรมวิธีต่าง ๆ ในการลดกรดไฮโดรไซยานิค (HCN)

หัวมันสำปะหลัง	อุณหภูมิที่ทำให้แห้ง (°ซ)	ปริมาณสาร HCN ที่ออกไป (%)
หั่นเป็นแผ่นแล้วทำให้แห้งทันที	60	50
หั่นเป็นแผ่นแล้วทำให้แห้งทันที	90–100	16
หั่นแล้วผึ่งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง	60	83
หั่นแล้วผึ่งทิ้วไว้ 24 ชั่วโมง	90–100	73

(Charavanapavan 1972:164-168)

การทำให้แห้งโดยแสงแดดนั้นจะลดปริมาณสารนี้ ได้น้อยกว่าการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ดังแสดงไว้ตามข้างล่างนี้ ปริมาณของกรดไฮโดรไซยานิคที่เหลือจากการทำให้แห้งโดยวิธีต่าง ๆ

โดยการตากแดด 228.0 มก กรดไฮโดรไซยานิค/กก มันสด

โดยการใช้ความร้อนต่ำกว่า 72° ซ 59.0 มก กรดไฮโดรไซยานิค/กก มันสด

(3) <u>โดยการหมัก (fermentation)</u>

อาหารหลายอย่างที่ทำจากมันสำปะหลัง ในแถบประเทศที่ใช้เป็นอาหาร มักจะผ่านกระบวนการหมักจะทำให้รสชาดดีขึ้น อย่างเช่นในประเทศไนจีเรีย ทำการิ(gari) โดยนำหัวที่ปอกเปลือกแล้วบดให้ละเอียดใส่ในกระสอบผ้า เอาของหนักๆ ทับไว้บนกระสอบให้น้ำออกไป ทิ้งไว้ประมาณ 44 วัน ระหว่างทิ้งไว้ในกระสอบจะเกิดการหมัก(ferment) หลังจากนั้นนำไปทอดเป็นอาหาร ระหว่างการหมักนั้น จะมีแบคทีเรีย <u>Corynebacterium</u> ทำให้พีเอช (pH) ต่ำลงเป็นกรด จะทำให้สภาพเหมาะสมที่จะเกิดไฮโดรไลซ์ (hydrolyse) สาร cyanogenic glycoside ให้เป็นกรดไฮโดรไซยานิคออกไปกับน้ำที่ไหลออกจากกระสอบ และที่เหลือจะลดลงไปอีกโดยการทอดภายหลัง อย่างไรก็ตามการิ (gari) ที่ขายอยู่ตามท้องตลาดของไนจีเรียก็ยังตรวจพบกรดไฮโดรไซยานิค เป็นปริมาณ 19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมมันสด จะเห็น

ได้ว่าอาหารที่เตรียมจากมันสำปะหลัง ก็ยังตรวจพบกรดไฮโดรไซยานิคอยู่เสมอแต่ปริมาณไม่มากนัก ไม่เป็นอันตรายต่อชีวิต เพราะในปริมาณที่น้อยร่างกายมนุษย์สามารถทำลายกรดไฮโดรไซยานิคให้เป็นสารอื่นที่ไม่เป็นพิษ

(4) โดยการทำเป็นแป้ง

ช่วงที่ให้ความร้อนเพื่อทำให้แป้งแห้งจะเป็นการกำจัดกรดไฮโดรไซยานิคออกไป และอีกประการหนึ่งการนำแป้งมาประกอบอาหาร จะผ่านขั้นตอนการให้ความร้อน ซึ่งก็เป็นการทำให้กรดไฮโดรไซยานิคที่ยังเหลืออยู่ในแป้งลดลงอีกจนไม่เป็นอันตราย

2.3 การแปรรูปมันสำปะหลัง (กองเศรษฐกิจการเกษตร 2529)

หัวมันสำปะหลังเมื่อขุดจากดินแล้วจะเก็บไว้ไม่ได้นานเหมือนพืชอื่น ๆ กล่าวคือหัวมันสำปะหลังจะเน่าภายใน 1 - 2 สัปดาห์ เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในหัวมันนั่นเอง ก็คือแป้งจะเปลี่ยนเป็นน้ำตาล ดังนั้นเมื่อขุดขึ้นมาแล้วจำเป็นต้องทำการแปรรูปทันที

2.3.1 กรรมวิธีการผลิตแป้งมันสำปะหลัง แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

(1) การทำความสะอาดและจัดเตรียมหัวมัน เริ่มตั้งแต่นำหัวมันสดเข้าสู่เครื่องร่อนเพื่อแยกเอาดินออก จากนั้นก็ลำเลียงเข้าสู่เครื่องล้าง เพื่อทำความสะอาดหัวมันอีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงนำไปสู่เครื่องสับและขูดเปลือกเพื่อให้หัวมันมีขนาดเล็กลงและแยกเอาเปลือกออก เพื่อสะดวกต่อการสกัดเอาน้ำแป้งออกต่อไป

(2) การสกัดเอาน้ำแป้งออก ทำได้โดยนำท่อนมันที่ขูดเอาเปลือกออกแล้วเข้าสู่เครื่องบด เมื่อบดเสร็จแล้วก็จะนำเข้าสู่เครื่องแยกเอากากและน้ำแป้งออกจากกัน กากมันนี้จะถูกนำไปตากแดดให้แห้ง เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบอาหารสัตว์หรือนำไปผสมกับมันเส้นเพื่อทำมันอัดเม็ด

(3) การทำให้บริสุทธิ์ การทำน้ำแป้งให้บริสุทธิ์นั้น สามารถกระทำได้โดยให้น้ำแป้งผ่านไอกำมะถัน ซึ่งไอกำมะถันนี้จะช่วยฟอกและขจัดยางมันสำปะหลังที่ปะปนมากับน้ำแป้ง ทำให้น้ำแป้งขาวสะอาดขึ้น

(4) การทำให้แห้ง การทำน้ำแป้งให้แห้งเป็นแป้งมัน โดยใช้วิธีการผ่านเครื่องสลัดน้ำ เพื่อให้น้ำแป้งข้น แล้วจึงนำเข้าสู่เครื่องอบ ก็จะได้แป้งที่แห้งเพื่อบรรจุถุงส่งไปจำหน่ายได้ โดยปกติแล้วหัวมันสดหนึ่งกิโลกรัม จะสามารถทำแป้งมัน โดยเฉลี่ยประมาณ

0.20 กิโลกรัม และได้กากมันประมาณ 0.04-0.09 กิโลกรัม

ต้นทุนการผลิตแป้งมัน จำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทคือ ต้นทุนคงที่กับต้นทุนแปรผัน ต้นทุนแปรผันจะตกอยู่ในราวร้อยละ 98.69 และต้นทุนคงที่จะตกอยู่ 1.31 ของต้นทุนทั้งหมด ต้นทุนแปรผันประกอบด้วยวัตถุดิบ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าไฟฟ้าและค่าน้ำ ค่าจ้างแรงงานและภาษีเงินได้ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 76.85, 3.51, 3.84, 5.15 และ 4.65 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมดตามลำดับ ส่วนที่เหลือเป็นค่าใช้จ่ายอื่นๆ ส่วนต้นทุนคงที่นั้น ประกอบด้วยค่าประกันภัย ค่าเช่าที่ดิน ค่าเสื่อมโรงงาน และค่าเสื่อมเครื่องจักร คิดเป็นร้อยละ 0.16, 0.25, 0.17 และ 0.72 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมดตามลำดับ

2.3.2 <u>กรรมวิธีการผลิตมันเส้น</u>

ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ 3 อย่างคือ (1) เครื่องจักร ประกอบด้วยเครื่องหั่น (2) ลานตาก เป็นลานซีเมนต์ (3) โกดัง เป็นเรือนที่มีหรือไม่มีหลังคา

เมื่อนำมันสำปะหลังลำเลียงมาถึงโรงมันเส้น ก็จะถูกนำเข้าเครื่องจักรเพื่อหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ เครื่องหั่น (ศิริ 2517:15-17) นี้ประกอบด้วยจานหั่นซึ่งขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์เมื่อหั่นเสร็จแล้ว ก็จะใช้คนงานนำไปตากยังลานตาก ลานตากนี้เป็นลานซีเมนต์ซึ่งมีเนื้อที่ที่กว้างพอสมควรในเนื้อที่ 1 ไร่ จะตากมันเส้นได้ประมาณ 8 - 10 ตัน โดยใช้เวลาตากประมาณ 2 - 3 วัน การตากมันเส้นนั้นใช้แรงงานคนเป็นสำคัญ เมื่อตากแห้งดีแล้วก็จะเก็บไว้ในโกดังซึ่งอาจเป็นเรือนไม่มีหลังคาคลุมมิดชิด หรือก่อด้วยซีเมนต์บล็อกมีหลังคาคลุมมิดชิด จากการศึกษาของกองเศรษฐกิจการเกษตรพบว่า หัวมันสด 1 กิโลกรัม สามารถนำไปทำมันเส้นได้ประมาณ 0.40 กิโลกรัม

ต้นทุนการผลิตมันเส้นประกอบด้วยต้นทุนแปรผันประมาณร้อยละ 98.47 และต้นทุนคงที่ประมาณร้อยละ 1.53 ต้นทุนแปรผันที่สำคัญได้แก่ ค่าวัตถุดิบ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าไฟฟ้าและค่าน้ำ ค่าจ้างแรงงาน และค่าภาษีรายได้ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 93.85 , 0.19 , 0.05 , 3.05 และ 1.18 ตามลำดับ ที่เหลือเป็นค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ส่วนค่าใช้จ่ายคงที่ประกอบด้วย เงินเดือน ค่าเช่าที่ดิน ค่าเสื่อมโรงงาน ค่าเสื่อมเครื่องจักร และค่าเสื่อมลานตาก คิดเป็นร้อยละ 0.86 , 0.22 , 0.09 , 0.20 และ 0.16 ตามลำดับ

2.3.3 <u>กรรมวิธีการผลิตมันอัดเม็ด</u>

ขั้นตอนในการดำเนินงาน คือ นำวัตถุดิบมันเส้น และขี้แป้งเข้าสู่เครื่องบด (hammer mill) จากนั้นก็จะเข้าสู่เครื่องอัดซึ่งมีอุณหภูมิและความดันสูง มันอัดเม็ดที่ผ่านขั้นตอนนี้จะร้อน และมีลักษณะนุ่ม จากนั้นก็จะนำเข้าสู่ cooler-dryers เพื่อลดอุณหภูมิและความชื้นลง ให้ ความชื้นเหลือเพียง 14 % โดยมันเส้น 1 กิโลกรัม จะผลิตมันอัดเม็ดได้ประมาณ 0.89 กิโลกรัม

มันสำปะหลังที่ผลิตในประเทศไทย อาจจำแนกได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิดที่มียี่ห้อ (brand pellet) กับชนิดที่ไม่มียี่ห้อหรือมันเม็ดพื้นเมือง (native pellet) มันสำปะหลังชนิดที่มียี่ห้อนั้นผลิตด้วยเครื่องที่ทำจากต่างประเทศ มีขนาดเล็กมีการยึดเหนี่ยวภายในค่อนข้างดี เวลาขนถ่ายไม่แตกเป็นฝุ่น ส่วนชนิดไม่มียี่ห้อนั้นผลิตโดยเครื่องจักรที่ทำในประเทศมีขนาดเม็ดใหญ่กว่า เวลาขนถ่ายแตกร่วนง่าย การผลิตมันอัดเม็ดของไทยประมาณ 80 % เป็นมันอัดเม็ดที่ไม่มียี่ห้อ ส่วนมันอัดเม็ดชนิดมียี่ห้อผลิตได้เพียง 20 %

ต้นทุนการผลิตมันอัดเม็ดแบ่งเป็นค่าใช้จ่ายแปรผันร้อยละ 99.03 และเป็นค่าใช้จ่ายคงที่ประมาณร้อยละ 0.97 ค่าใช้จ่ายแปรผันที่สำคัญได้แก่ ค่าวัถุดิบ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าไฟฟ้าและน้ำ ค่าจ้างแรงงาน และภาษีรายได้ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 94.83, 1.35, 0.33, 1.67 และ 0.32 ตามลำดับ ที่เหลือเป็นค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ส่วนค่าใช้จ่ายคงที่ได้แก่ เงินเดือน ค่าใช้จ่ายที่ดิน ค่าเสื่อมโรงงาน และค่าเสื่อมเครื่องจักร ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 0.53, 0.22, 0.08, 0.14 ตามลำดับ

2.3.4 <u>กรรมวิธีการผลิตยีสต์โปรตีนจากมันสำปะหลัง</u> (พูนศุข 2526)

การทดลองผลิตยีสต์โปรตีนจากมันเส้นในระดับห้องปฏิบัติการ ได้กระทำโดยใช้ถังหมักขนาด 14 ลิตร ซึ่งมีอุปกรณ์อัตโนมัติสำหรับควบคุมสภาวะการหมักที่เหมาะสม แหล่งไนโตรเจนที่ใช้เป็นอาหารแก่ยีสต์ได้แก่ แอมโมเนียมซัลเฟตและยูเรีย จากการทดลองใช้มันเส้น 1 ตัน จะสามารถผลิตยีสต์ได้หนัก 0.4 ตัน ยีสต์ที่ผลิตได้มีโปรตีน 36 % ความชื้น 5.18 % มีลักษณะเป็นผงสีขาวนวลมีองค์ประกอบเหมาะที่จะนำไปใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ผสมได้