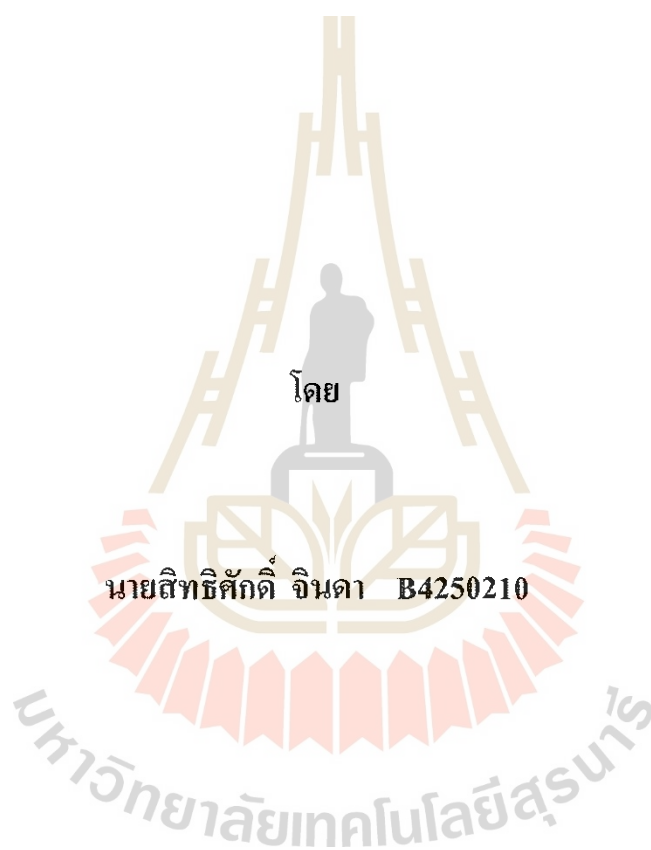


รายงานปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ของน้ำแปร่งและแปร่งแห้ง
ในบริษัท สวงวนวงศ์อุตสาหกรรม จำกัด
(SANGUAN WONGSE INDUSTRIES Co.,Ltd.)



ปฏิบัติงาน ณ

บริษัท สวงวนวงศ์อุตสาหกรรม จำกัด

(SANGUAN WONGSE INDUSTRIES Co.,Ltd.)

120 หมู่ 4 ถนนราชสีมา – โชคชัย อ.เมือง จ.นครราชสีมา 30000

บริษัท สงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด
120 หมู่ 4 ต.หนองบัวศาลา อ.เมือง
จ.นครราชสีมา 30000
วันที่ 16 ธันวาคม พ.ศ.2545

เรื่อง ขอส่งรายงานปฏิบัติงานการศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร อ.ดร.ปิยวรรณ กาสลัก

ตามที่ข้าพเจ้า นายสิทธิศักดิ์ จินดา นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษาระหว่างวันที่ 2 กันยายน พ.ศ.2545 ถึงวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ.2545 ในตำแหน่งเจ้าหน้าที่วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ แผนกประกันคุณภาพ ณ บริษัท สงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด และได้รับมอบหมายจากพนักงานที่ปรึกษา (Job supervisor) ให้ศึกษาและทำรายงาน เรื่อง การศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ของน้ำแข็งและแข็งแห้ง

บัดนี้ การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดลงแล้ว ข้าพเจ้าจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมนี้ จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับค่าปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

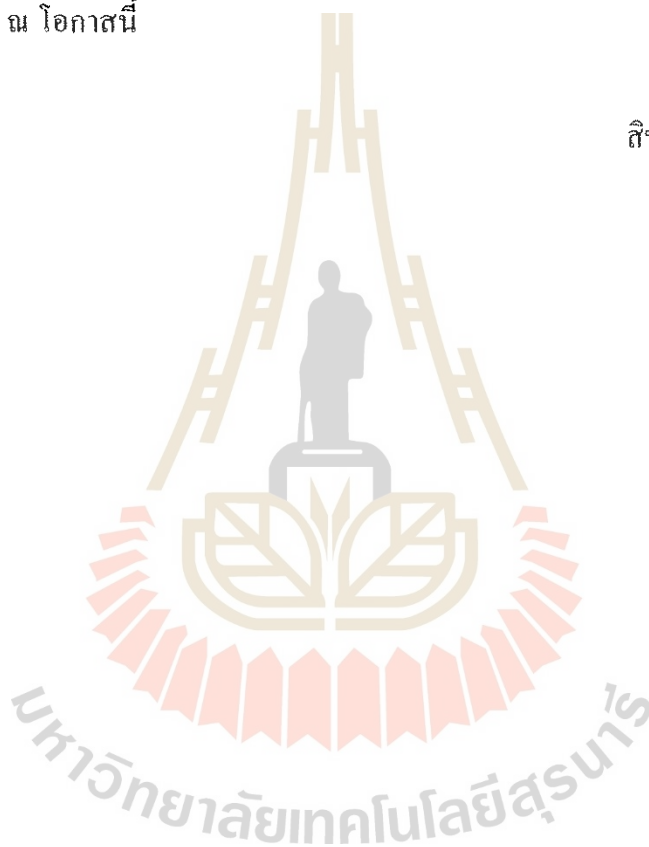
ศิริดิษฐ์ จินดา

(นายสิทธิศักดิ์ จินดา)

คำนำ

รายงานฉบับนี้จัดทำเพื่อศึกษาถึงกระบวนการในการผลิตแป้งมันสำปะหลังและวิธีการควบคุมคุณภาพของแป้งมันสำปะหลัง รวมถึงการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของแป้งมันสำปะหลัง ทางผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อท่านผู้อ่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใดทางผู้จัดทำต้องขออภัยมา ณ โอกาสนี้

สิทธิศักดิ์ จินดา



กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgment)

การที่ข้าพเจ้าได้ปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ บริษัท สวงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด ตั้งแต่วันที่ 2 กันยายน พ.ศ.2545 ถึงวันที่ 20 ธันวาคม 2545 ส่งผลให้ข้าพเจ้าได้รับความรู้ที่สามารถเก็บไว้เป็นประสบการณ์ที่มีค่ามาก สำหรับตัวข้าพเจ้า และรายงานสหกิจศึกษานี้สำเร็จลงด้วยดีจากความร่วมมือและสนับสนุนจากหลายฝ่าย ดังนี้

1. คุณทศพล ตันติวงษ์ บริษัท สวงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด ที่เห็นความสำคัญของระบบการศึกษาแบบสหกิจศึกษา และได้ให้โอกาสที่ดีและมีคุณค่ายังต่อข้าพเจ้า
2. คุณสิรินธร ทิพย์สุนทรศักดิ์ ตำแหน่งผู้จัดการแผนกประกันคุณภาพ
3. คุณนพภาภรณ์ พิมพ์เชื้อ (Job Supervisor) หัวหน้าแผนกควบคุมคุณภาพ และคุณรัฐพร ผู้ช่วยแผนกแปรรูปที่คอยให้คำปรึกษาและดูแลเป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งจากใจจริง
4. พี่ๆ ที่แผนกควบคุมคุณภาพทุกท่านที่ให้ความอบอุ่นและเป็นกันเอง ทั้ง Lab Native Starch และ Lab Midlife Starch

และบุคคลท่านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการปฏิบัติงานและการจัดทำรายงาน

ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูล เป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจเกี่ยวกับชีวิตการทำงานจริง ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ไว้ ณ ที่นี้

นายสิทธิศักดิ์ จินดา

ผู้จัดทำรายงาน

16 ธันวาคม 2545

บทคัดย่อ

บริษัท สวณวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด เป็นบริษัทที่ผลิตแป้งมันสำปะหลังและแป้งมันสำปะหลังดัดแปร ซึ่งมีกระบวนการผลิตโดยเริ่มจากการนำมันสำปะหลังดิบทำการร่อนดิน ทราบและเปลือกออกรวมทั้งล้างทำความสะอาด จากนั้นจะผ่านขั้นตอนการ สับ โม่ แยกกาก ทำให้เข้มข้นโดยผ่านเครื่องแยกน้ำแป้ง จากนั้นส่งน้ำแป้งเพื่อทำการสกัดแห้งและเข้าเครื่องอบแห้ง หลังจากที่ได้แป้งแห้งแล้วจะมีการตรวจสอบคุณภาพแป้งเช่น ความขาว ความเหนียว ปริมาณกำมะถันตกค้าง และ ค่าความเป็น กรด- ด่าง เป็นต้น บริษัทฯ มีกำลังการผลิตถึง 650 ตัน / วัน และใช้หัวมันสดจากชาวไร่จำนวน 2,500 ตัน / วัน ล่าสุดทางบริษัทฯ ได้จัดทำระบบ GMP ซึ่งกำลังอยู่ในขั้นตอนการพิจารณาอนุมัติ และจากการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ของน้ำแป้งและแป้งแห้ง โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการสุ่มเก็บข้อมูลระหว่างเดือน ตุลาคม - ธันวาคม พบว่า ใน Line การผลิตที่ 1 ซึ่งเป็น Line การผลิตแป้งแห้ง (Native) ซึ่งค่า pH ของน้ำแป้งอยู่ในช่วง 5.11 – 5.86 แป้งออกจึงสามารถประมาณค่า pH ได้เท่ากับ 5.61 – 6.36 และ ใน Line การผลิตที่ 4 จะเป็น Line การผลิตแป้งหมัก (Native) ซึ่งค่า pH ของน้ำแป้งอยู่ในช่วง 4.11 – 5.43 แป้งออกมีค่าประมาณได้เท่ากับ 4.61 – 5.93



สารบัญ

เรื่อง	หน้า
จดหมายนำส่ง	ก
คำนำ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
- ประวัติความเป็นมา	2
- ประโยชน์ของแป้งมันสำปะหลัง	3
- แป้งมันสำปะหลัง	5
- แป้งมันสำปะหลังดัดแปร	9
- การผลิตแป้งมันสำปะหลัง	12
บทที่ 2 การควบคุมคุณภาพ	18
- วัตถุประสงค์	18
- แป้งมันสำปะหลัง	18
บทที่ 3 งานที่ได้รับมอบหมาย	19
- การศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ของน้ำแป้งและแป้งแห้ง	19
บทที่ 4 สรุปผลการปฏิบัติงาน	22
บทที่ 5 ปัญหาและข้อเสนอแนะ	23
บรรณานุกรม	24
ภาคผนวก	25

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1 แสดง กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง	8
รูปที่ 2 ภาพเครื่องมือวัดความหนาแน่นของหัวมัน	12
รูปที่ 3 ภาพเครื่องร่อนดินทรายและปอกเปลือก	13
รูปที่ 4 ภาพเครื่องตัดหัวมัน(Root Chopper)	14
รูปที่ 5 ภาพเครื่องสกัดแป้ง (Extractor)	15
รูปที่ 6 ภาพเครื่องแยก (Separator)	16
รูปที่ 7 ภาพแสดงขั้นตอนการอบแป้ง	17



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะของแป้งมันสำปะหลัง (มอก. 274-2521)	6
ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบหลักในหัวมันสำปะหลัง (ปริมาณต่อ 100 กรัมน้ำหนักหัวมัน)	7
ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบภายในเนื้อมัน (ปริมาณต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งเนื้อมัน)	7
ตารางที่ 4 แสดงผลของค่า pH น้ำแป้งใน Lineการผลิตที่ 1	20
ตารางที่ 5 แสดงผลของค่า pH น้ำแป้งใน Lineการผลิตที่ 4	20



บทที่ 1

บทนำ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษากระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง
2. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์การควบคุมคุณภาพของแป้งมันสำปะหลัง
3. เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของแป้งมันสำปะหลัง

สถานประกอบการ

1. ชื่อสถานประกอบการ
บริษัท สงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด
120 หมู่ 4 ถ. ราชสีมา – โชคชัย ต.หนองบัวศาลา อ.เมือง จ. นครราชสีมา 30000
2. สินค้าที่ผลิต
แป้งมันสำปะหลัง (Tapioca starch)
แป้งมันสำปะหลังดัดแปร (Modified starch)
3. งานที่ปฏิบัติ
เจ้าหน้าที่พัฒนาและวิจัยผลิตภัณฑ์
เจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพ และประกันคุณภาพ
4. งานที่ได้รับมอบหมาย
ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ของน้ำแป้งและแป้งแห้ง
5. Job Supervisor
คุณนพภาภรณ์ พิมพ์เชื้อ
ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกประกันคุณภาพ
การศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร
6. ระยะเวลาปฏิบัติงาน
ตั้งแต่วันที่ 2 กันยายน – 20 ธันวาคม พ.ศ. 2545

ประวัติความเป็นมา

บริษัท สวณวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ.2517 โดยคุณทศพล ตันติวงษ์และครอบครัว ในระยะแรกของการดำเนินงานเริ่มจากการทำมันเส้นและมันอัดเม็ด ด้วยกำลังการผลิต 30 ตัน / วัน ต่อมาในปี พ.ศ. 2519 โรงงานจึงก่อตั้งโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังขึ้น โดยมีกำลังการผลิต 50 ตัน / วัน หลังจากนั้นบริษัทฯ มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่องโดยมีการลงทุนซื้อเครื่องจักรใหม่ๆ และทันสมัย เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตและเพิ่มคุณภาพของแป้งมันสำปะหลังให้ดีขึ้นเสมอมา ทั้งนี้เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของตลาดได้อย่างเต็มที่ ในปี พ.ศ. 2532 บริษัทฯ ได้ทำการขยายและปรับปรุงโรงงานครั้งใหญ่ มีกำลังการผลิตมากขึ้นถึง 400 ตัน / วัน และปัจจุบันในปี พ.ศ. 2545 บริษัทฯ มีกำลังการผลิตถึง 650 ตัน / วัน และใช้หัวมันสดจากชาวไร่จำนวน 2,500 ตัน / วัน จึงนับว่าเป็น โรงงานที่ผลิตแป้งมันที่ใหญ่ที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

การบริหารงานที่เป็นมาตรฐาน

บริษัท สวณวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด เป็นธุรกิจครอบครัวที่บริหารงานอย่างเป็นสากลและมีหลักการ บริษัทฯ ได้มีการพัฒนาและปรับปรุงโรงงานอย่างต่อเนื่องและนับเป็นโรงงานแป้งมันที่ริเริ่มจัดทำกิจกรรม 5 ส อย่างเต็มรูปแบบ นอกจากนี้บริษัทฯ ยังได้รับรองระบบบริหารมาตรฐาน ISO 9002:1994 จาก AJA EQS (Thailand) Ltd. และอยู่ในขั้นตอนการจัดทำระบบบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม และล่าสุดทางบริษัทฯ ได้จัดทำระบบ GMP ซึ่งกำลังอยู่ในขั้นตอนการพิจารณาอนุมัติ

การจัดการสิ่งแวดล้อม

ขบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังเป็นขบวนการที่มีการใช้น้ำเป็นจำนวนมาก จึงต้องมีระบบการจัดการน้ำเสียที่ดี บริษัทฯ มีบ่อบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ 20 บ่อ ซึ่งน้ำดีที่ได้จากการบำบัดจะถูกนำมาใช้ในขบวนการผลิต และนำไปเลี้ยงป้าปลาอีกต่อไป

ประโยชน์ของแป้งมันสำปะหลัง

1. ใช้เป็นแหล่งแคลอรีที่สำคัญของมนุษย์ มันสำปะหลังนอกจากจะปลูกง่ายกว่าพืชชนิดอื่นแล้ว ยังให้แคลอรีมากกว่าพืชชนิดอื่นๆ ดังนั้นมันสำปะหลังจึงถูกนำไปใช้ในการบริโภคโดยตรง เพื่อใช้เป็นอาหารของประชาชน ในประเทศที่กำลังพัฒนา อดอยากทวีโยในเอเชีย แอฟริกา และลาตินอเมริกาและบทบาทของมันสำปะหลังที่จะให้แคลอรีกับภูมิภาคดังกล่าวนี้ว่ามีจำนวนเพิ่มมากขึ้น
2. ใช้ทำแป้ง แป้งที่ผลิตได้จากมันสำปะหลัง สามารถนำไปทดแทน แป้งที่ผลิตได้จากพืชชนิดอื่นๆ รวมทั้งแป้งที่ได้จากข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ฯลฯ ได้อย่างสมบูรณ์
3. ใช้ทำอาหารสัตว์ หัวมันสำปะหลังมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงมาก ราคาไม่แพง จึงเหมาะที่จะนำไปเป็นส่วนประกอบอาหารสัตว์ นอกจากนี้ยังเป็นตัวลดต้นทุนด้วย
4. อุตสาหกรรมการผลิตแอลกอฮอล์ หัวมันสำปะหลังมีส่วนประกอบของแป้งเป็นจำนวนมาก เมื่อนำมาผ่านกระบวนการเคมี หรือกระบวนการทางชีววิทยา จะสลายตัวเป็นน้ำตาลซึ่งสามารถนำไปใช้ในการผลิตแอลกอฮอล์ได้

การนำแป้งมันสำปะหลังไปใช้ในอุตสาหกรรม พอจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ดังต่อไปนี้

1. แป้งมันที่ใช้ในอุตสาหกรรมการบริโภค

- 1.1 อุตสาหกรรมกลูโคส เป็นอุตสาหกรรมที่ใช้แป้งมันเป็นวัตถุดิบโดยตรงถึง 80 % ของวัตถุดิบทั้งหมด
- 1.2 อุตสาหกรรมการทำผงชูรส การผลิตผงชูรสในประเทศไทยใช้กรรมวิธีการหมัก (Fermentation) นอกจากนี้ยังสามารถผลิตผงชูรสโดยวิธีการสกัด (Extraction) และวิธีการสังเคราะห์ (Synthesis) ก็ได้ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตส่วนมากได้แก่ แป้งมันสำปะหลังปริมาณที่ใช้มีมากถึงร้อยละ 50 นอกนั้นเป็นสารประกอบอื่นๆ

2. แป้งมันที่ใช้ในอุตสาหกรรมการอุปโภค

- 2.1 อุตสาหกรรมกระดาษ ใช้ในการฉาบผิวกระดาษ เพื่อให้ผิวกระดาษแข็งและเรียบขึ้น มีความสวยงามและมีความแข็งแรงมากขึ้น ทั้งยังช่วยป้องกันการซึมของน้ำหมึกและน้ำ และยังเป็นตัวเพิ่มความเหนียวของกระดาษ
- 2.2 อุตสาหกรรมสิ่งทอ ใช้ในการชุบเส้นด้ายที่นำมาทอเป็นผืน เพื่อที่จะทำให้ด้ายนั้นลื่นและเรียบ ไม่มีขนเวลาทอ ทั้งยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการยืดหยุ่นที่ดีขึ้น

- 2.3 อุตสาหกรรมไม้อัด เกี่ยวข้องกับการใช้มันสำปะหลัง เนื่องจากต้องนำแป้งมันไปผสม กาว ซึ่งกาวเป็นส่วนประกอบที่สำคัญยิ่ง ไม้อัดจะมีคุณภาพและมีความแข็งแรงมาก น้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับคุณภาพของกาวเป็นสำคัญ
- 2.4 อุตสาหกรรมแอลกอฮอล์ การผลิตแอลกอฮอล์จากมวลชีวภาพเพื่อใช้ในเชื้อเพลิงเป็น เรื่องที่ได้รับความสนใจพอสมควร โดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนาที่มีพื้นฐานขึ้นกับการเกษตร
- 2.5 อุตสาหกรรมการทำกาว แป้งมันคุณสมบัติคือ เมื่อถูกความร้อนหรือสารเคมีจะมี ลักษณะเหนียวและมีคุณสมบัติสามารถรักษาสภาพความเหนียวได้ดั้งเดิมไม่มีการคืน ตัว



แป้งมันสำปะหลัง

บทนำ

แป้งมันสำปะหลัง (Tapioca or manioc) ทำมาจากต้นมันสำปะหลังหรือที่เรียกว่า Cassava ซึ่งเป็นพืชหัวที่ทนต่อสภาพความแห้งแล้งได้ดี ไม่จำเป็นต้องเอาใจใส่ดูแลมากนัก ผลตอบแทนต่อไร่สูง และมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าพืชชนิดอื่น ๆ ซึ่งในประเทศไทยนิยมปลูกกันมากในเขตภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มันสำปะหลังจัดเป็นวัตถุดิบอาหารประเภทแป้ง มีโปรตีนต่ำมากประมาณ 2% มันสำปะหลังแบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ

- ชนิดหวาน เป็นมันสำปะหลังที่ใช้เพื่อการบริโภค มีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิก ต่ำ ไม่มีรสขม สามารถใช้หัวสดทำอาหารได้โดยตรง เช่น นำไปนึ่ง เชื่อม หรือทอด ซึ่งได้แก่พันธุ์ห่านที่ พันธุ์ระยอง 2 เป็นต้น
- ชนิดขม เป็นมันสำปะหลังที่มีรสขม ไม่เหมาะสำหรับการบริโภคของมนุษย์หรือหัวสดเลี้ยงสัตว์โดยตรง เนื่องจากมีปริมาณกรดไฮโดรไซยานิก มีความเป็นพิษต่อร่างกาย ต้องนำไปแปรรูปเป็นมันเส้นหรือมันอัดเม็ดก่อนจึงจะนำไปเลี้ยงสัตว์ได้

แป้งมันสำปะหลัง (Tapioca, cassava, manihot flour/starch) หมายถึง แป้งที่ทำจากหัวมันสำปะหลัง manihot utilissima เป็นแป้งที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง ประกอบไปด้วย อะมิโลส และ อะมิโลเพกติน แป้งมันสำปะหลังมีปริมาณ อะมิโลสประมาณ 17 % มี degree of polymerization (DP) ของอะมิโลสอยู่ในช่วง 1,000 – 6,000 และมีปริมาณ อะมิโลเพกติน ประมาณ 83 % ซึ่งมี DP เท่ากับ 2×10^6 เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ จะประกอบด้วยเม็ดแป้งตั้งแต่ 2 – 8 เม็ดมารวมกัน แต่ละเม็ดยาวตั้งแต่ 5 – 35 ไมโครเมตร เม็ดแป้งของแป้งมันสำปะหลังมีรูปร่างกลมคล้ายไข่ที่มีรอยตัด และผิวตรงส่วนที่ตัดออกมีลักษณะเว้าเข้าข้างในบางเม็ดอาจมีริมด้านหนึ่งโค้ง อีกด้านหนึ่งแบนไม่สม่ำเสมอกัน เม็ดแป้งเหล่านี้จะแสดงให้เห็นรอยปุ่ม อย่างชัดเจนและบางครั้งอาจเห็นชั้นของแป้งด้วย เม็ดแป้งมันสำปะหลังมีขนาดที่ใกล้เคียงกับเม็ดแป้งข้าวโพด

คุณภาพของแป้งมันสำปะหลังแบ่งออกได้ 3 ชั้นคุณภาพ คือ

1. ชั้นคุณภาพที่ 1
2. ชั้นคุณภาพที่ 2
3. ชั้นคุณภาพที่ 3

คุณลักษณะที่ต้องการของแป้งมันสำปะหลังคือ ต้องเป็นผงละเอียด มีสีขาว หรือสีครีมอ่อน ไม่เกิดการหมัก ไม่เหม็นอับหรือมีกลิ่นที่น่ารังเกียจและไม่ควรมีการปนเปื้อนหรือปลอมปนของแมลง และนอกจากนี้แป้งมันสำปะหลังควรมีคุณลักษณะตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะของแป้งมันสำปะหลัง (มอก. 274-2521)

คุณภาพ	ชั้น 1	ชั้น 2	ชั้น 3
ความชื้น ไม่เกิน	13	14	14
ปริมาณแป้ง ไม่น้อยกว่า	97.5	96	94
ปริมาณเถ้า ไม่เกิน	0.15	0.3	0.5
ปริมาณเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ไม่เกิน	0.5	0.10	0.15
ปริมาณโปรตีน ไม่เกิน	0.3	0.3	0.3
ปริมาณเยื่อ(ลบ.ชม.150 กรัมก่อนอบแห้ง) ไม่เกิน	0.2	0.5	1.0
ความเป็นกรด-ด่าง ไม่เกิน	4.5-7	3.5-7	3.0-7
ความละเอียด แป้งที่ค้ำงบนตะแกรงขนาด 150 ไมโครเมตร ร้อยละ	1	3	5

ที่มา: มาตรฐานอุตสาหกรรม, 2521 อ้างใน กล้าณรงค์, 2542

สีเนื้อของแป้งมันสำปะหลังจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ ปัจจัย เช่น พันธุ์ของมันสำปะหลัง สภาพการเก็บเกี่ยว เป็นต้น ภายหลังการเก็บเกี่ยวจะมีการเปลี่ยนแปลงของ parenchyma ที่ชัดเจน พบสารประกอบพวก, leucoanthocyanin และ catechin ซึ่งต่อไปจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลและดำ ซึ่งสีของเนื้อแป้งเหล่านี้จะมีผลต่อสีของแป้งและมีผลต่อกระบวนการผลิต แม้ว่าสีเหล่านี้จะสามารถละลายน้ำได้ก็ตาม โอกาสของการพัฒนาพันธุ์ในอนาคตสำหรับอุตสาหกรรมมันสำปะหลังนั้นแป้งมันสำปะหลังควรมีสีขาวและสามารถเก็บได้เป็นเวลานาน ดังนั้นในการทดลองจึงทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสีของแป้งมันสำปะหลังโดยศึกษาปัจจัยด้าน ปริมาณกำมะถัน ค่าความเป็นกรด-ด่าง และ น้ำที่ใช้ในการสกัดแป้งมันสำปะหลัง

องค์ประกอบหลักของหัวมันสำปะหลังและองค์ประกอบภายในเนื้อมันสำปะหลัง ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบหลักในหัวมันสำปะหลัง (ปริมาณต่อ 100 กรัมน้ำหนักหัวมัน)

องค์ประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
น้ำ	60.21-75.32
เปลือก	4.08-14.08
เนื้อ (แป้ง)	25.87-41.88
ไซยาไนด์ (ppm)	2.85-39.27

ที่มา : วิจารย์ และคณะ, 2545

ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบภายในเนื้อมัน (ปริมาณต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้งเนื้อมัน)

องค์ประกอบ	ปริมาณ (กรัม)
แป้ง	71.9-85.0
โปรตีน	1.57-5.78
เยื่อใย	1.77-3.95
เถ้า	1.20-2.80
ไขมัน	0.06-0.43
คาร์โบไฮเดรต	3.59-8.66

ที่มา : วิจารย์ และคณะ, 2545

ปริมาณแป้งอาจจะมีได้สูงถึง 30 % ซึ่งองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในหัวมันสำปะหลังเป็นลักษณะที่สำคัญทางอุตสาหกรรมของมันสำปะหลัง ปัจจุบัน บราซิล อินโดนีเซีย และประเทศในทวีปแอฟริกา บริโภคมันสำปะหลังเป็นอาหารและสนใจคุณสมบัติการรับประทานเป็นอาหารเป็นหลัก ประเทศไทยถือว่าเป็นประเทศที่ใช้มันสำปะหลังในแง่อุตสาหกรรมแป้งและแป้งแปรรูปมากที่สุด ปริมาณแป้งในหัวมันเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดขององค์ประกอบทั้งหมดปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังแต่ละสายพันธุ์จะแตกต่างกันซึ่งจะมีอยู่ประมาณ 14 – 28 % ซึ่งอาจจะมีสูงได้ถึง 30 % (2002) กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังดังแสดงในรูปที่ 1

รูปที่ 1 แสดง กระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง
ที่มา: กล้าณรงค์, 2542

แป้งมันสำปะหลังดัดแปร (Modified Tapioca Starches)

แป้งดัดแปร (Modified Starch) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำแป้ง (starch) เช่น แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งมันฝรั่ง แป้งสาลี มาเปลี่ยนสมบัติทางเคมีหรือทางฟิสิกส์จากเดิม ด้วยความร้อน การใช้เอนไซม์ หรือโดยการใช้สารเคมีชนิดต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่าง ๆ ซึ่งคุณลักษณะเกณฑ์ซึ่งต่าง ๆ ของแป้งดัดแปรแต่ละประเภทจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.1073, 2535 อ้างใน ก้านรงค์, 2542)

แป้งดิบโดยทั่วไปมีคุณสมบัติบางประการที่ไม่เหมาะสมกับการผลิตในอุตสาหกรรม ได้แก่ มีช่วงความหนืดที่แคบ มีลักษณะทางเนื้อสัมผัสที่ไม่ดี มีความคงทนต่อแรงเฉือนในกระบวนการผลิตหรือความคงทนต่อสภาวะต่าง ๆ ต่ำ ส่งผลให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำ และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการผลิตโดยไม่จำเป็น จึงได้มีการดัดแปรคุณสมบัติบางประการของแป้งดิบเพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งาน ทำให้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี คงทนต่อสภาวะการผลิตได้ดี การเกิดเจลาติไนซ์ (gelatinization) การคืนตัว (retrogradation) และ การสูญเสีย น้ำของเจลลดลง มีความคงตัวในสารละลายระหว่างกระบวนการแช่เยือกแข็ง (freeze-thaw) เพิ่มมากขึ้นทำให้มีลักษณะเนื้อเจลดีขึ้น มีคุณสมบัติการเป็นกาวเพิ่มมากขึ้น มีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำ และมีความสามารถในการผสมกับตัวละลายอื่น ๆ เพิ่มมากขึ้น แป้งมันสำปะหลังเป็นแป้งที่มีความบริสุทธิ์สูง มีการปนเปื้อนของสารประกอบเคมีอื่น ๆ ต่ำ เหมาะสำรับนำมาทำปฏิกิริยาเคมี ซึ่งส่วนอสัณฐาน (amorphous) ของอะมิโลเพกทินจะเป็นส่วนที่ทำปฏิกิริยาได้ดีที่สุด จึงได้มีการดัดแปรแป้งมันสำปะหลังเพื่อให้มีลักษณะสัมผัสที่เรียบเนียน (smoother) เพื่อใช้ในการปรับปรุงลักษณะสัมผัสของผลิตภัณฑ์นม (dairy-based products) เช่น yogurt, sour cream and sour cream dips เป็นต้น ซึ่งแป้งมันสำปะหลังดัดแปรจะให้ลักษณะเนื้อสัมผัส smooth และ creamy ในผลิตภัณฑ์ yogurt, sour cream ที่ระดับการใช้แป้งมันสำปะหลังดัดแปร ในช่วง 1 % - 5 % โดยที่แป้งมันสำปะหลังดัดแปรจะมีความเสถียรในผลิตภัณฑ์นมที่มีความเป็นกรด คือ ที่ระดับ pH 3.5- 4.5 ทำให้แป้งไม่ถูก ไฮโดรไลซ์ด้วยกรด ส่งผลให้มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีและไม่เกิดการแยกน้ำเกิดขึ้น (Labell, 2002 อ้างใน กนกอร ,2542) นอกจากนี้การดัดแปรแป้งมันสำปะหลังถูกพัฒนาเพื่อให้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมอาหาร เช่น เพื่อใช้เป็นสารเพิ่มความหนืด เป็นสารที่ช่วยในการเกิดเนื้อเจลที่ดี ให้ความคงตัวกับผลิตภัณฑ์ ทำให้แป้งเกิดเจลาติไนซ์ ที่อุณหภูมิต่ำกว่า แป้งที่ไม่ได้ดัดแปร (native tapioca starch) เป็นต้น ซึ่งคุณลักษณะการเกิดเจลของแป้งสามารถเปลี่ยนแปลงทางเคมีได้โดยการเปลี่ยนแปลงหมู่หน้าที่ (functional groups) ของโมเลกุลของ starch ได้ดังนี้

- **Cross-linking** เป็นปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับ OH group กับสารที่มีหมู่หน้าที่หลายหมู่ (di- หรือ poly-functional reagents) สารประกอบที่ใช้ได้แก่ phosphorus oxychloride, adipic acid anhydride และ epichlorohydrin ที่นิยมใช้ทำ ester linking กับ OH group ของแป้งดังรูปที่ 3

Cross-linked starch มีคุณสมบัติที่ทนต่อการย่อยด้วยกรด(acid hydrolysis) ทนต่อแรงเฉือน(shear resistance) ทนต่อความร้อนที่สูงขึ้นเพิ่มความหนืดของแป้งเปียกที่ร้อน ทำให้แป้งเปียกมีลักษณะคล้ายจี๊ตัง เพิ่มความเหนียวให้แก่เม็ดแป้งที่พองตัว ทำให้เม็ดแป้งมีลักษณะเป็นหนึ่งเดียวกัน ไม่แตกออกต้องใช้อุณหภูมิสูงขึ้นสำหรับการอุ่นน้ำของ granule เป็นสารเพิ่มความข้นที่มีความหนืดสูง ซึ่งจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของแป้งให้เหมาะสมแก่การหุงต้ม แป้งชนิดนี้ใช้ผลิตอาหารประเภทมีความเป็นกรด (acid food products)

- **Substitution with stabilizing functional groups** ปฏิกิริยาประกอบด้วย การเติม monofunctional group เช่น hydroxyl propyl, phosphate และ acetyl ให้กับ OH group ของแป้ง ทำให้มีการรบกวนการรวมตัวกันของโมเลกุลของ amylose ด้วย hydrogen bonding (ดังรูปที่ 3) ทำให้แป้งยังคงรวมตัวกันกับน้ำ (hydrated) ได้เจลมีความใสและเสถียร แป้งชนิดนี้ใช้อุณหภูมิต่ำสำหรับรวมตัวกันกับน้ำ และเพิ่มความหนืดให้กับสารละลาย ลดการเยิ้ม(neresis) ของอาหาร และเพิ่มความเสถียรต่อการแช่เยือกแข็งและการหลอมตัว (freeze-thaw)

substituted starch ใช้กับผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง และผลิตภัณฑ์ที่ต้องการเก็บในตู้เย็น(frozen or refrigerated food product)

- **Cleavage** การทำ acid hydrolysis เป็นการทำให้ molecule ของแป้งแตกตัวแบบสุ่มโดยย่อยที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า gelatinization temperature เพื่อให้เกิด amorphous region ของ granules จะได้แป้งที่มีคุณสมบัติที่ไม่ละลายในน้ำเย็นเหมือนกับแป้งดิบ แต่ขณะที่ให้ความร้อนเม็ดแป้งจะแตกออกได้แป้งเปียกเป็นของเหลวที่มีความหนืดลดลง แต่เกิดเจลที่มีอุณหภูมิต่ำ ความทนต่อความร้อนต่ำ มีความคงตัวของโครงสร้างเจลสูง ทำ oxidative cleavage ด้วย sodium hypochlorite จะได้ modified starch ที่มีคุณสมบัติการไหลดีมาก และไม่เกิดจับกันเป็นก้อน(caking) ระหว่างการแปรรูปอาหาร นอกจากนี้แป้งชนิดนี้ยังมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะใช้ขึ้นรูปฟิล์ม เนื่องจากมีความหนืดต่ำ สามารถให้ความร้อนได้แม้ว่าแป้งจะมีความเข้มข้นสูง อดน้ำหรือระเหยน้ำได้น้อย จึงส่งผลให้ฟิล์มแห้ง แข็ง และเกาะติดได้เร็ว (Wurzburg, 1986 อ้างใน กล้าณรงค์, 2542)

แป้งชนิดนี้จะใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น การผลิตลูกกวาด ท็อฟฟี่ ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เช่น ใช้เคลือบเส้นด้าย ทำให้เส้นใยผ้าแข็งแรง ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ เช่น ผลิตกระดาษถูกฟูก (Rohwer และ Klem, 1984 อ้างใน กล้าณรงค์, 2542)

- **Pregelatinized starch** ทำแป้งให้เกิดเจล แล้วทำให้แห้งจะได้ pregelatinized starch ที่รวมตัวได้ดีกับน้ำหรือสามารถละลายกระจายตัวได้ในน้ำเย็น ให้ความหนืดได้ทันที เหมาะสำหรับอาหารได้โดยไม่ต้องให้ความร้อน ใช้กับพุดดิ้งสำเร็จ น้ำเกรวี่ (instant pudding) ซอส ไข่พาย (Pie filling) ครีมแต่งหน้าเค้ก (cake frosting) และส่วนผสมของซูปผง (กนกอร, 2542 , Powell, 1967)

นอกจากนี้การดัดแปรแป้งยังมีผู้แบ่งกลุ่มไว้หลายประเภทและหลายรูปแบบ ซึ่งจากการแบ่งกลุ่มของ BeMiller (1997, อ้างใน กล้าณรงค์ 2542)สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. การดัดแปรทางเคมี แบ่งออกเป็น

1.1 การเกิดอนุพันธ์ (derivatization)

- การแทนที่สารในโมเลกุลเดี่ยวของแป้ง ทั้งปฏิกิริยาเอสเทอร์รีฟิเคชัน เช่นแป้งแอซีเตต หรือปฏิกิริยาอีเทอร์รีฟิเคชันเช่นแป้งไฮดรอกซีเอทิล
- การแทนที่โมเลกุลที่มีหมู่ฟังก์ชันมากกว่า 1 หมู่ เช่น แป้งครอสลิง

1.2 การลดขนาดโมเลกุลของแป้งโดยกรด เช่นการย่อยแป้งด้วยกรด

1.3 เดกซ์ทรินในเซชัน เป็นการลดขนาดหรือเปลี่ยนการจับเกาะโดยใช้ความร้อน หรือความร้อนกับกรด เช่น มอลโตเดกซ์ทริน

1.4 ออกซิเดชัน ทำให้เกิดการฟอกสีและลดขนาดของโมเลกุลโดยปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น แป้งออกซิไดซ์

1.5 การย่อยสลาย โดยใช้เอนไซม์หรือกรดเพื่อย่อยสลายให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเล็ก เช่น enzymatically modified starch

2. การดัดแปรทางกายภาพ

2.1 เจลาติไนเซชัน เป็นการให้ความร้อนกับแป้งจนผ่านขั้นตอนของการเจลาติไนเซชันแล้วทำให้แห้งทันที เช่นแป้งพรีเจลาติไนซ์

2.2 แป้งละลายน้ำเย็น เป็นการแปรรูปจนได้แป้งที่สามารถละลายได้ในน้ำเย็น โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการเกิดเจลาติไนเซชัน

2.3 การลดขนาดโมเลกุลแป้งโดยทางกล เป็นการทำให้เม็ดแป้งแตกโดยทางกล ซึ่งจะทำได้เม็ดแป้งที่มีขนาดเล็กกว่าปกติ

2.4 annealing เป็นการให้ความร้อนในขณะที่เม็ดแป้งอยู่ในอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเจลาติไนเซชัน

การแปรรูปด้วยความร้อนขึ้น เป็นการให้ความร้อนสูงกว่าจุดเจลาติไนเซชันแก่แป้งในขณะที่แป้งมีความชื้นต่ำ

3. การดัดแปรทางเทคโนโลยีชีวภาพ เป็นการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของแป้งโดยใช้การเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม

การผลิตแป้งมันสำปะหลัง

การรับและการตรวจสอบคุณภาพหัวมันสำปะหลัง

หลังจากที่หัวมันสำปะหลังส่งมายังโรงงานและผ่านการชั่งน้ำหนักแล้ว จะมีการสุ่มตัวอย่างจากรถบรรทุกมาทำการวัดความหนาแน่น เพื่อเป็นการประมาณปริมาณของแป้ง (เปอร์เซ็นต์แป้ง) โดยอาศัยหลักการลอยตัว (Buoyancy) ของวัตถุในของเหลว เมื่อทำการวัดหาปริมาณแป้งแล้วก็จะนำหัวมันมาเทรวมที่ลาน การเทหัวมันบนลานนั้นจะต้องมีการแยกหัวมันเก่าและหัวมันใหม่ออกจากกัน เนื่องจากปริมาณแป้งนั้นจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป จึงต้องมีการแยกหัวมันเก่าออกจากหัวมันใหม่เพื่อสะดวกต่อการนำไปผ่านกระบวนการผลิตโดยจะต้องใช้หัวมันเก่าจนหมดก่อนแล้วจึงจะนำหัวมันใหม่มาใช้ในการผลิตต่อไป



รูปที่ 2 ภาพเครื่องมือวัดความหนาแน่นของหัวมัน

ที่มา : กล้าณรงค์, 2542

การกำจัดเศษหัวมันสำปะหลัง

ในระหว่างการเก็บเกี่ยว ต้องทำการกำจัดเศษดิน หิน ทราายและเหง้าที่ติดหัวมันสำปะหลังออกให้หมด เนื่องจากเศษเหล่านี้จะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องปอกเปลือก การขูดและบดหัวมันลดลง รวมทั้งเป็นการเพิ่มปริมาณของเสียที่โรงงานต้องกำจัดทิ้งด้วย (การกำจัดเหง้าออกจะเป็นไปตามข้อตกลงของโรงงานในการรับซื้อหัวมัน ว่าจะต้องมีเปอร์เซ็นต์เหง้าไม่เกินตามที่กำหนด ถ้าเกินกำหนดจะถูกหักค่ามันที่ขายได้ ดังนั้นเกษตรกรจึงต้องทำการตัดเหง้าออกจนเห็นเนื้อมันสีขาว เพื่อเป็นการลดรายจ่ายในการกำจัดของเสียของทางโรงงานอีกทางหนึ่ง)

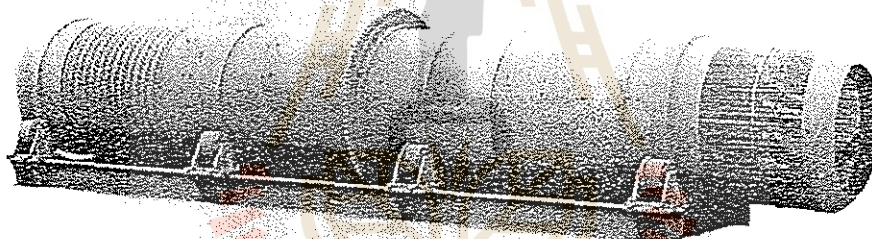
การเตรียมหัวมันสำปะหลัง

1. การกำจัดเศษดินและทราย

หัวมันสำปะหลังที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้วจะถูกถ้ำเลียงโดยการไ้ใช้รถดัก ดักหัวมันลงสู่ถังปล่อยหัวมัน (Root Hopper) แล้วผ่านระบบสายพานเข้าสู่เครื่องร่อนดินทราย (Root Siever) เพื่อทำการกำจัดดินและทรายที่ติดมากับหัวมันและทำให้ผิวหน้าของหัวมันหลุดออก

2. การปอกเปลือกและล้างหัวมันสำปะหลัง

หัวมันสำปะหลังที่ผ่านจากเครื่องร่อนทรายจะถูกส่งต่อไปยังเครื่องปอกเปลือกและเครื่องล้างหัวมัน (Root Washer) โดยการล้างในอ่างที่มีน้ำและจะมีเกลียวถ้ำเลียง ซึ่งน้ำที่ใช้ในการล้างหัวมันส่วนใหญ่จะใช้น้ำหมุนเวียนจากกระบวนการผลิต และเศษเปลือกมันจะถูกเก็บรวบรวมเพื่อขายให้แก่เกษตรกรเพื่อนำไปใช้ในการเพาะเห็ด

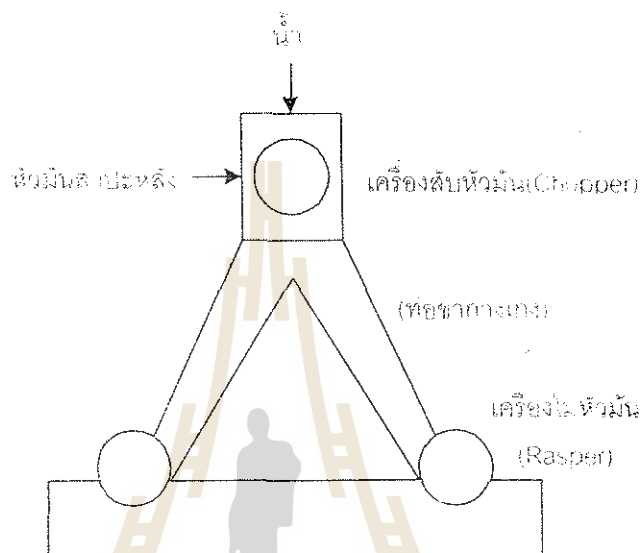
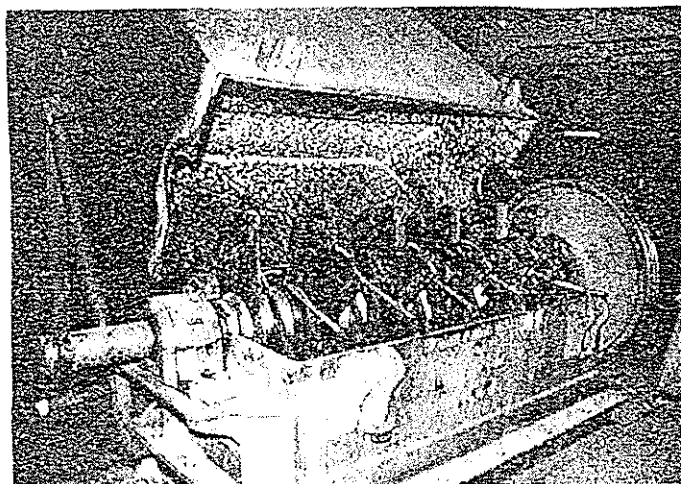


รูปที่ 3 ภาพเครื่องร่อนดินทรายและปอกเปลือก

ที่มา : กล้าณรงค์, 2542

การบดและซูดหัวมันสำปะหลัง

หัวมันที่สะอาดจะถูกส่งไปยังเครื่องสับหัวมัน (Root Chopper) เพื่อทำการสับหัวมันให้เป็นชิ้นเล็กๆ ขนาดประมาณ 1 – 2 นิ้ว แล้วผ่านเข้าเครื่องซูดหัวมันทำให้ได้มันสำปะหลังที่มีความละเอียดมากขึ้น เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดแป้ง จากนั้นมันสำปะหลังที่ได้จะผ่านเข้าเครื่องโม้ (Rasper) เพื่อทำการบดหัวมันที่ผ่านการสับแล้ว มีการเติมน้ำเพื่อที่จะให้สามารถโม้ได้ง่ายขึ้น โดยมากน้ำที่ใช้จะเป็นน้ำหมุนเวียนเพื่อเป็นการประหยัดน้ำและลดการสูญเสียแป้งไปกับน้ำทิ้ง หลังจากการโม้จะทำให้ได้ของเหลวที่มีความข้น (Middle Fresh Pulp) ที่มีส่วนผสมของแป้ง น้ำ กากมันและสิ่งเจือปนต่างๆ



รูปที่ 4 ภาพเครื่องสับหัวมัน(Root Chopper)

ที่มา : กล้าณรงค์, 2542

การสกัดแป้งและแยกแป้ง

หลังจากผ่านการโม่แล้วจะถูกส่งไปยังเครื่องสกัดแป้ง (Extractor) เพื่อทำการแยกเซลลูโลส (เส้นใยและกาก) ออกจากน้ำแป้ง เรียกกันในโรงงานว่า “เทอร์โบ” (Turbo) โดยทั่วไปจะเป็นการสกัดแบบหลายครั้ง (Multi - Stage Extractor) โรงงานจึงต้องวางเครื่องมือนี้ใช้งานเป็นชุดต่อกันประมาณ 4 - 6 ชุด ซึ่งแต่ละชุดจะมีประมาณ 6 - 12 เครื่อง และมีการแบ่งหน้าที่ออกเป็น 2 ชุดคือ ชุดสกัดหยาบ (Coarse Extractor) โดยใช้ตะแกรงสแตนเลส และชุดสกัดละเอียด (Fine Extractor) โดยผ่านผ้ากรอง (แต่โรงงานแห่งนี้จะใช้การสกัดแบบละเอียดเลยโดยการใส่การสกัดผ่านผ้ากรองโดยตรง)

การทำงานของเครื่องสกัดแป้ง จะเป็นเครื่องแยกแบบหมุนเหวี่ยงโดยใช้หลักของแรงหนีศูนย์กลาง (Continuous Perforatebasket Centrifugal) ในขณะที่เครื่องหมุนก็จะมีน้ำแป้งถูกส่งเข้ามาตลอดเวลา ในขณะที่เดียวกันก็จะมีน้ำเข้ามาอย่างสม่ำเสมอแบบสวนทิศทาง (Counter - Current) และมีการนำน้ำกำมะถันและน้ำคั้นช่วยในการสกัดแป้งออกจากกากอ่อน น้ำกำมะถันช่วยในการกำจัดกรดเมื่อที่จะไปอุดตันแผ่นกรอง และเป็นการป้องกันการสูญเสียจากจุลินทรีย์ รวมทั้งเป็นการฟอกสีแป้งให้ขาว ส่วนน้ำทิ้งจากการสกัดแป้งจะนำกลับไปใช้ในขั้นตอนการสับหัวมัน หรือการโม่ต่อไป

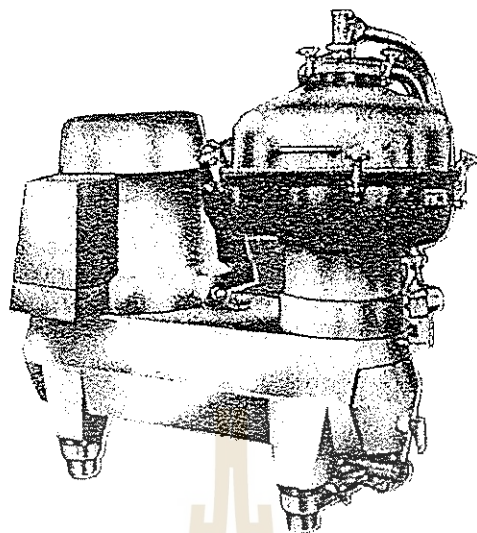
น้ำแป้งจากการสกัดละเอียดจะถูกนำมาทำให้บริสุทธิ์และเข้มข้นโดยการผ่านเข้าเครื่องมือที่เรียกว่า “เครื่องแยก” (Separator) เพื่อทำการแยกแป้งในรูปของสารละลายคอลลอยด์ออกจากน้ำแป้ง ทำให้น้ำแป้งที่ได้มีความเข้มข้นสูงขึ้น โดยอาศัยหลักการเหวี่ยงแยกให้น้ำและสิ่งเจือปนไหลผ่านไปด้านบนของเครื่อง น้ำทั้งส่วนนี้สามารถนำไปใช้หมุนเวียนในกระบวนการผลิตขั้นต้น เช่น การล้างหัวมัน การสกัดแป้ง เป็นต้น ส่วนน้ำแป้งที่มีความเข้มข้นมากจะไหลออกด้านล่าง เพื่อเข้าสู่เครื่องแยกเครื่องถัดไป จนได้น้ำแป้งที่มีความเข้มข้นสูง

อีกวิธีสำหรับการแยกแป้งสามารถใช้ไฮโดรไซโคลอน (Hydrocyclone) แทนได้ โดยน้ำแป้งจะถูกป้อนเข้าส่วนบนด้านข้าง แล้วจะหมุนรอบๆ ภายในกระบอกจนเกิดแรงปั่นเหวี่ยงทำให้น้ำแป้งตกลงสู่ด้านล่าง น้ำจะแยกออกที่ส่วนบน ซึ่งไม่ต้องใช้มอเตอร์ในการหมุนเพื่อให้เกิดแรงปั่นเหวี่ยงเหมือนเครื่องแยกแป้ง ทำให้ประหยัดพลังงาน สามารถควบคุมการทำงานได้ง่ายเพียงแค่ทำการเปิดปิดวาล์วด้านบน ซึ่งในการใช้งานจริงจะมีการต่อแบบอนุกรมหลายตัว น้ำแป้งที่มีความเข้มข้นสูงเพื่อเข้าหน่วยสกัดแห้งถัดไป ก่อนที่จะส่งน้ำแป้งที่ได้ไปยังเครื่องสกัด น้ำแป้งจะถูกเก็บไว้ที่ถังพักเพื่อทำการปรับปริมาณ กัมมะถันและ pH ก่อนโดยการปรับจะต้องปรับให้ได้ในขอบเขตที่กำหนด เช่น น้ำแป้งต้องมี pH ในช่วง 5.0 – 6.0 เพื่อให้ได้แป้งแห้งที่มี pH 6.0 – 7.0 เป็นต้น ปริมาณกัมมะถันและ pH จะปรับตามที่ลูกค้าต้องการหรือตามเกรดแป้ง



รูปที่ 5 ภาพเครื่องสกัดแป้ง (Extractor)

ที่มา : กล้าณรงค์, 2542



รูปที่ 6 ภาพเครื่องแยก (Separator)

ที่มา : กล้าณรงค์, 2542

การสกัดแห้ง

หลังจากทำการปรับปริมาณค่ามอดินและ pH ได้ตามต้องการแล้วน้ำแป้งที่ได้ก็จะถูกลำเลียงส่งไปยังหน่วยสกัดแห้ง ซึ่งเป็นการเหวี่ยงเอาน้ำออกจากน้ำแป้งเข้มข้น โดยใช้เครื่องสกัดแห้ง (Centrifuge) น้ำแป้งจะถูกป้อนเข้าสู่เครื่อง ซึ่งหมุนด้วยมอเตอร์เกิดแรงเหวี่ยงที่ผลักดันให้น้ำแป้งชั้นให้ซึมผ่านผ้ากรอง น้ำที่ผสมในน้ำแป้งจะซึมผ่านผ้ากรองออกไปด้านล่าง เรียกว่า “หางน้ำแป้ง” ซึ่งจะนำกลับไปใช้ยังเครื่องแยกแป้ง ส่วนเนื้อแป้งจะถูกกรองและเกาะติดบนผิวผ้ากรอง แป้งที่ได้นี้เรียกว่า “แป้งหมาด” (Starch Cake) ซึ่งมีความชื้นประมาณ 32 – 38 % ก่อนที่จะถูกส่งไปยังหน่วยอบแป้ง

การอบแห้ง

แป้งหมาดจะถูกเป่าด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 180 - 200 C จากเตาเผา (air heater) ขึ้นไปในปล่องอบแห้ง (flash dryer) แล้วตกลงมาเข้าสู่ไซโคลนร้อน (drying cyclone) ความชื้นจะถูกกระเหยออกไปบางส่วน ซึ่งมีการตรวจสอบความชื้นของแป้ง ถ้ามีความชื้นมากอาจมีการปรับอัตราเร็วของแป้งที่ปล่อยเข้าปล่องอบแห้ง โดยลดปริมาณแป้งเข้าหรือลดอัตราเร็วของลมร้อนที่เป่า เพื่อให้แป้งมีความชื้นน้อยลงตามต้องการ หลังจากแป้งเข้าสู่ไซโคลนร้อนแล้ว แป้งจะถูกดูดเข้าสู่ไซโคลนเย็น (Cooling cyclone) อีกชุดหนึ่ง แล้วผ่านเข้าเครื่องร่อนแป้ง ก่อนที่จะถูกบรรจุซึ่งแสดงขั้นตอนดังภาพ

บทที่ 2

การควบคุมคุณภาพ

1. การควบคุมคุณภาพแป้งมันสำปะหลัง

เนื่องจากบริษัทสงวนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด เป็นโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งทางบริษัทได้ทำการรับซื้อหัวมันสำปะหลังจากเกษตรกรโดยตรงทุกวัน ดังนั้นจึงมีวัตถุดิบเพื่อใช้ในการผลิตในแต่ละวันเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงมีการตรวจคุณภาพ ตั้งแต่วัตถุดิบไปจนถึงผลิตภัณฑ์สุดท้าย

ก. วัตถุดิบ

1. หัวมันสำปะหลัง จะมีการตรวจหาปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลัง (หา % แป้ง) โดยอาศัยหลักการลอยตัว (Buoyancy) ของวัตถุในของเหลว เพื่อหาความหนาแน่นแล้วนำมาคำนวณหาปริมาณแป้ง และยังมีการตรวจคุณภาพของวัตถุดิบอีก เช่น ตรวจเปอร์เซ็นต์มันหัก, การตรวจหาเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของดิน และการตรวจหาปริมาณของเหง้าที่ติดกับหัวมัน ถ้าปริมาณมากก็จะทำให้เกษตรกรขายมันสำปะหลังได้ในราคาที่ต่ำลง

ข. แป้งมันสำปะหลัง

แป้ง Native

1. การตรวจดูสีของแป้งสุก เพื่อตรวจดูสีของแป้งสุก ถ้าแป้งมีลักษณะใสและขาว แสดงว่าแป้งสะอาด แต่ถ้าแป้งไม่สะอาดจะมีสีคล้ำ สีเหลืองหรือมีสีแดง
2. การตรวจดูความขาวของแป้ง (Whiteness) จะใช้เครื่องวัดความขาว โดยเครื่อง Kett Electric Laboratory C – 300 – 3 และ เครื่อง Hunter Color Meter
3. การตรวจวัดความชื้น (Moisture content) จะใช้เครื่องวัดความชื้น โดยเครื่อง Kett Infrared moisture meter model F – 1A (เหมาะสำหรับการหาความชื้นแป้งหมด) และเครื่อง Automatic Moisture Meter MA 30
4. การตรวจวัดค่า pH จะใช้เครื่อง pH meter เพื่อตรวจสอบความเป็นกรด – ด่าง ของแป้ง
5. การตรวจหาปริมาณซัลเฟอร์ (SO_2) เพื่อตรวจสอบปริมาณของกำมะถันที่ตกค้างในแป้ง โดยใช้หลักการไทเทรต
6. การหาปริมาณกากใย (Filter) เพื่อตรวจดูสิ่งปนเปื้อนต่างๆ ที่ปนมาเช่น จุลินทรีย์ ทราย กากอ่อน
7. การหาความหนืด (Viscosity) เพื่อทดสอบความหนืดของแป้งโดยใช้เครื่อง Brabender Amylograph

บทที่ 3

งานที่ได้รับมอบหมาย

1. การศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ของน้ำแ่่งและแ่่งแ่่ง

การศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ของน้ำแ่่งและแ่่งแ่่ง จะเป็นการศึกษาเพื่อหาค่าที่สามารถบอกได้ ถ้าต้องการให้แ่่งแ่่งที่ได้มีค่า pH ในช่วงที่ต้องการจะต้องให้น้ำแ่่งมีค่า pH เป็นเท่าใด เช่น ต้องการค่า pH ของแ่่งแ่่ง ประมาณ 5.0 – 6.0 จะต้องให้น้ำแ่่งมีค่า pH ประมาณ 4.5 – 5.5 เป็นต้น

น้ำแ่่งเริ่มต้นจะมีค่า pH ประมาณ 5.0 – 5.3 เมื่อห้มันสำปะหลังผ่านการโม่จนละเอียดแล้ว จะถูกส่งไปยังเครื่องแยกกาก (Turbo) ,ชุดกรองทรายและเครื่องแยก ในระหว่างการส่งน้ำแ่่งผ่านส่วนต่างๆ ค่า pH ของน้ำแ่่งจะมีค่าลดลง เนื่องจากจุลินทรีย์ที่อยู่ในท่อส่งน้ำแ่่ง เพราะทางโรงงานเดินเครื่องจักรตลอด 24 ชั่วโมง จึงไม่มีการล้าง line เพื่อทำความสะอาดในส่วนของการส่งน้ำแ่่ง ทำให้จุลินทรีย์เจริญและทำการย่อยแ่่ง ส่งผลให้ค่า pH ของน้ำแ่่งจึงมีค่าลดลง

เมื่อน้ำแ่่งถูกส่งมายังส่วนของเครื่องแยก (Separate) จะมีการเติม SO_2 และกรด HCl เข้มข้นเพื่อทำการปรับ pH ของน้ำแ่่ง ในการเติม SO_2 เป็นการเติมเพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำแ่่ง ช่วยในการกำจัดเมือกที่จะไปอุดตันแผ่นกรองและใช้ในการฟอกขาวน้ำแ่่ง ดังนั้นในการเติม SO_2 จะต้องดูปริมาณของ SO_2 ที่ตกค้างในแ่่งตามมาตรฐานที่กำหนด เพื่อให้การเติม SO_2 มีปริมาณไม่มาก เนื่องจาก การเติม SO_2 มากเกินไปจะส่งผลให้ค่า pH ลดลง ส่วนในการควบคุม pH จะอาศัยการเติม HCl เป็นหลัก

ขั้นตอนการปฏิบัติ

ในการเติม SO_2 และกรด HCl จะเป็นการเติมโดยไม่มีการควบคุมปริมาณ เนื่องจากเป็นระบบต่อเนื่อง การควบคุมปริมาณจึงใช้การเปิดจากวาล์ว ปิด – เปิด ซึ่งควบคุมโดยคน การเติมจะเติม SO_2 และกรด HCl พร้อมกัน เมื่อทางห้อง Lab ควบคุมคุณภาพตรวจวิเคราะห์คุณภาพแ่่งแ่่งแล้วพบว่า แ่่งแ่่งมีค่า pH ที่สูงหรือคาดว่าค่า pH อาจจะเกินมาตรฐานที่กำหนด จะมีการแ่่งไปยังส่วนของเครื่องแยกให้มีการหยุดเติม SO_2 หรือ กรด HCl เพื่อให้ค่า pH ของน้ำแ่่งอยู่ในช่วงที่กำหนด

เพื่อให้สามารถทราบโดยประมาณว่าค่า pH ของแ่่งแ่่งเป็นเท่าใด ดังนั้นในการศึกษาจะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลค่า pH ของน้ำแ่่งและแ่่งแ่่งในแต่ละวันตั้งแต่เดือนตุลาคม - ธันวาคม จากนั้นนำค่า pH ที่ได้มาหาผลต่างแล้วนำมาหาค่าของความแตกต่างระหว่างค่า pH ของน้ำแ่่งและแ่่งแ่่งว่ามีค่าเท่าใด เมื่อได้ค่าที่เป็นช่วงของความแตกต่างแล้วจึงนำค่าที่ได้มาบวกค่า pH ของน้ำแ่่ง เพื่อให้สามารถประมาณค่า pH ของแ่่งแ่่งได้

ตารางที่ 4 แสดงผลของค่า pH น้ำแป้งใน Lineการผลิตที่ 1

น้ำแป้ง Line 1			
เดือน	Min	Max	ผลต่างของน้ำแป้งและแป้งแห้ง
ตุลาคม	4.94	5.88	-
พฤศจิกายน	5.07	5.79	0.5
ธันวาคม	5.31	5.91	0.4
Avg.	5.11	5.86	0.5

ตารางที่ 5 แสดงผลของค่า pH น้ำแป้งใน Lineการผลิตที่ 4

น้ำแป้ง Line 4			
เดือน	Min	Max	ผลต่างของน้ำแป้งและแป้งแห้ง
พฤศจิกายน	4.08	5.34	0.6
ธันวาคม	4.14	5.51	0.4
Avg.	4.11	5.43	0.5

จากตารางที่ 4 จะเห็นว่าค่า pH ของน้ำแป้งเฉลี่ยตั้งแต่เดือน ตุลาคม – ธันวาคม อยู่ใน ช่วง 5.11 – 5.86 และผลต่างระหว่างน้ำแป้งและแป้งแห้งมีค่าเท่ากับ 0.5 ถ้าหากต้องการทราบว่าค่า pH ของแป้งแห้งที่ออกมาจะมีค่าเท่าใด สามารถทราบได้โดย นำช่วงค่า pH ของน้ำแป้งคือ 5.11 – 5.86 บวก เข้ากับ 0.5 ดังนั้นแป้งออกจึงสามารถประมาณค่า pH ได้เท่ากับ 5.61 – 6.36 ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการควบคุมค่าของ pH แป้งแห้งให้อยู่ในมาตรฐานที่ถูกค่าต้องการคือ 5.00 – 7.00 และเป็นการลดการสูญเสียผลผลิตหากเกิดปัญหา เช่น แป้งมีค่า pH เกินซึ่งอาจต้องนำแป้งมาทำการ Reprocess เพื่อทำการผลิตใหม่

เช่นเดียวกัน สำหรับใน Line การผลิตที่ 4 จากตารางที่ 5 ซึ่งเป็น Line การผลิตที่ผลิต แป้งหมักซึ่งช่วงของค่า pH ตามมาตรฐานที่ถูกค่าต้องการคือ 4.00 – 7.00 ซึ่งค่า pH ของน้ำแป้งเฉลี่ยของเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม อยู่ในช่วง 4.11 – 5.43 และผลต่างระหว่างน้ำแป้งและแป้งแห้งมีค่าเท่ากับ 0.5 ดังนั้นแป้งออกจึงสามารถประมาณค่า pH ได้เท่ากับ 4.11 – 5.43 บวกเข้ากับ 0.5 ค่า pH ที่ประมาณได้ในช่วง 4.61 – 5.93

สำหรับค่าผลต่างระหว่างค่า pH ของ น้ำแป้งและแป้งแห้งนั้นจะแสดงไว้ในตารางใน ภาคผนวก โดยการเก็บข้อมูลจะเป็นการเก็บข้อมูลแบบสุ่มเก็บข้อมูล

สรุปผลการปฏิบัติ

จากการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ของน้ำแป้งและแป้งแห้ง โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการสุ่มเก็บข้อมูลระหว่างเดือน ตุลาคม - ธันวาคม พบว่า ใน Line การผลิตที่ 1 ซึ่งเป็น Line การผลิตแป้งแห้ง (Native) ซึ่งค่า pH ของน้ำแป้งอยู่ในช่วง 5.11 – 5.86 ผลต่างระหว่างน้ำแป้งและแป้งแห้งมีค่าเท่ากับ 0.5 แป้งออกจึงสามารถประมาณค่า pH ได้เท่ากับ 5.61 – 6.36 และ ใน Line การผลิตที่ 4 จะเป็น Line การผลิตแป้งหมัก (Native) ซึ่งค่า pH ของน้ำแป้งอยู่ในช่วง 4.11 – 5.43 ผลต่างระหว่างน้ำแป้งและแป้งแห้งมีค่าเท่ากับ 0.5 แป้งออกจึงสามารถประมาณค่า pH ได้เท่ากับ 4.61 – 5.93



บทที่ 4

สรุปผลการปฏิบัติงาน

การปฏิบัติงานใน บริษัท สวทววงษ์อุตสาหกรรม จำกัด ในแผนกประกันคุณภาพ ส่งผลให้เกิดประโยชน์ในหลายด้าน ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ด้านทฤษฎี

- ได้รับความรู้ในการขั้บรดยกอย่างปลอดภัย
- ได้รับความรู้ในขั้นตอนการผลิตแป้งมันสำปะหลัง (Tapioca starch) และ แป้งมันสำปะหลังดัดแปร(Modified starch)
- ได้รับความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาแป้งมันสำปะหลังดัดแปรชนิดต่าง

2. ด้านการปฏิบัติ

- ได้ฝึกปฏิบัติการขั้บรดยกของขั้นต้น
- ได้ทำการทดลองเพื่อพัฒนาสูตรชนิดต่าง
- ได้เข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ ของทางบริษัทเช่น กิจกรรม 5 ส. ,กิจกรรมวัน Big Cleaning Day และกิจกรรมกีฬาภายใน

3. ด้านสังคม

- ได้พัฒนาการทำงานร่วมกับบุคคลอื่น
- ได้รู้จักบุคคลต่างๆ มากมายทั้งภายในแผนกและต่างแผนก จากกิจกรรมกีฬาภายใน
- ทำให้สามารถเข้าใจถึงการทำงานจริงและการใช้ชีวิตประจำวันในการทำงาน
- ทำให้มีการผูกความสัมพันธ์ไมตรีกับเจ้าหน้าที่ในแผนกเป็นอย่างดี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5

ปัญหาและข้อเสนอแนะ

จากการปฏิบัติงานในแผนกประกันคุณภาพ บริษัท สวอนวงษ์อุตสาหกรรม จำกัด เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ ซึ่งได้นำความรู้ที่ได้รับจากมหาวิทยาลัยมาใช้ในการปฏิบัติงานจริงแล้ว ยังได้รับความรู้และประสบการณ์ใหม่ๆ เกี่ยวกับแป้งมันสำปะหลังทุกชนิดที่ทางบริษัทผลิตและจำหน่าย ซึ่งในระหว่างการปฏิบัติงานพบปัญหาและอุปสรรคบางประการ ได้แก่

1. ในกรปฏิบัติงานในระยะแรกพบปัญหาคือพนักงานบางส่วนยังไม่เข้าใจในการไปปฏิบัติสหกิจศึกษา ซึ่งบุคคลเหล่านั้นเข้าใจว่าไปฝึกงานเหมือนนักศึกษาจากสถาบันอื่น ซึ่งแนวทางในการแก้ปัญหานี้คือ การให้ความรู้และเปลี่ยนทัศนคติเกี่ยวกับนักศึกษาที่ไปปฏิบัติสหกิจศึกษาใหม่
2. ความสะอาดภาพในโรงงานเป็นเรื่องที่นำให้ความดูแลเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากทางบริษัทได้มีผู้เข้ามาเยี่ยมชม โรงงานและลูกค้าต่างประเทศที่มาติดต่อเป็นจำนวนมาก จึงควรมีการให้การอบรมแก่พนักงานในการมีส่วนร่วมในการรักษาความสะอาดเป็นประจำจะเป็นการดีมาก
3. ในการปฏิบัติในการศึกษาผลของ pH ซึ่งได้ออกไปปฏิบัติงานในสายการผลิตพบว่า ในส่วนของเครื่องแยกพบการสูญเสียน้ำแป้งมาก โดยน้ำแป้งจะมีการล้นจากถังเก็บน้ำแป้ง เนื่องจากพนักงานปิดวาล์วน้ำแป้งไม่ทันจึงทำให้เสียผลผลิตมาก ถ้าลดปัญหาในส่วนนี้จะทำให้ได้ผลผลิตที่มีปริมาณสูงตามเป้าหมายที่ตั้งไว้และเป็นการลดค่าใช้จ่ายด้วย
4. ความปลอดภัยในการทำงานถือว่าอยู่ในขั้นที่ดี แต่อยากให้เน้นความปลอดภัยในส่วนของการใช้สารเคมีในการผลิตแป้งคัดแปร เนื่องจากมีการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพในปริมาณที่มาก จึงควรให้พนักงานทุกคนสวมเครื่องป้องกัน เช่น หมวกนิรภัย , หน้ากากกรองอากาศและแว่นตา เป็นต้น เพื่อความปลอดภัยของพนักงานทุกคน

บรรณานุกรม

- กล้าณรงค์ ศรีรอด. (2542). เทคโนโลยีของแป้ง. ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มานิชญ์ สุธีรพัฒนานนท์. (2545). เอกสารประกอบการบรรยายรายวิชา cereal product tecnology. สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร สำนักวิชาเทคโนโลยีการ เกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.





ตาราง ก แสดงค่า pH ของน้ำแ่่ง Line 1 เดือนตุลาคม

น้ำแ่่ง							
Line 1 เดือนตุลาคม							
No.	Min	Max	Avg.	No.	Min	Max	Avg.
1	4.96	6.01	5.48	13	4.82	5.92	5.49
2	4.83	6.19	5.4	14	4.80	5.9	5.44
6	5.06	5.99	5.45	15	5.37	5.69	5.57
4	4.89	5.74	5.36	16	4.88	5.93	5.56
5	4.93	5.61	5.18	17	5.39	5.67	5.48
6	4.86	5.98	5.45	18	4.70	5.35	5.06
7	5.09	6.27	5.61	19	4.95	5.89	5.45
8	5.00	5.49	5.24	20	5.43	6.24	5.73
9	4.88	5.59	5.18	21	4.5	5.23	4.95
10	4.98	6.00	5.49	22	5.05	5.67	5.32
11	5.09	5.84	5.52	23	4.94	5.75	5.29
12	4.67	5.79	5.18	Avg.	4.94	5.88	5.38

ตาราง ข แสดงค่า pH ของน้ำแ่่ง Line 1 เดือนพฤศจิกายน

น้ำแ่่ง							
Line 1 เดือนพฤศจิกายน							
No.	Min	Max	Avg.	No.	Min	Max	Avg.
1	4.73	5.8	5.29	12	4.77	5.66	5.30
2	4.73	6.17	5.32	13	5.06	5.75	5.33
3	5.59	5.67	5.64	14	4.33	5.61	5.03
4	5.41	5.64	5.55	15	5.63	5.76	5.70
5	5.36	5.36	5.36	16	5.02	5.88	5.44
6	4.87	5.59	5.33	17	5.14	5.57	5.37
7	5.07	5.57	5.32	18	5.00	5.37	5.20
8	5.13	5.97	5.43	19	5.00	6.00	5.56
9	5.06	5.95	5.55	20	5.40	5.99	5.73
10	4.91	5.70	5.32	21	5.00	5.78	5.30
11	4.86	6.26	5.45	Avg.	5.07	5.79	5.41

ตาราง ค แสดงค่า pH ของน้ำแบ่ง Line 1 เดือนธันวาคม

น้ำแบ่ง							
Line 1 เดือนธันวาคม							
No.	Min	Max	Avg.	No.	Min	Max	Avg.
1	5.68	5.98	5.79	8	5.01	6.11	5.14
2	5.27	5.75	5.49	9	5.07	5.80	5.43
3	5.84	5.84	5.84	10	5.17	5.83	5.42
4	5.14	5.93	5.66	11	5.00	5.98	5.63
5	5.05	6.11	5.40	12	4.95	5.81	5.39
6	5.13	5.97	5.43	13	4.66	6.15	5.38
7	5.07	5.80	5.42	Avg.	5.31	5.62	5.68

ตาราง ง แสดงค่า pH ของน้ำแบ่ง Line 4 เดือนพฤศจิกายน

น้ำแบ่ง							
Line 4 เดือนพฤศจิกายน							
No.	Min	Max	Avg.	No.	Min	Max	Avg.
1	4.4	5.51	5.04	11	3.89	4.45	4.16
2	3.9	5.2	4.79	12	3.16	5.00	4.03
3	3.85	5.88	4.87	13	4.55	5.63	4.97
4	3.9	4.33	4.92	14	3.80	5.51	4.67
5	3.8	6.06	4.71	15	4.70	5.14	4.86
6	3.86	5.15	4.35	16	4.44	5.15	4.71
7	4.04	6.06	4.81	17	4.62	4.70	4.66
8	4.18	6.20	4.99	18	3.84	5.52	4.83
9	4.02	5.28	4.48	19	4.71	5.26	5.02
10	3.85	5.36	4.47	Avg.	4.68	5.34	4.70

ตาราง ข แสดงค่า pH ของน้ำเป้ง Line 4 เดือนธันวาคม

น้ำเป้ง							
Line 4 เดือนธันวาคม							
No.	Min	Max	Avg.	No.	Min	Max	Avg.
1	4.0	4.75	4.29	6	4.13	5.9	5.1
2	4.24	4.9	4.54	7	4.18	5.56	4.82
3	3.83	4.83	4.48	8	3.89	5.84	4.70
4	5.13	5.97	5.43	9	3.81	5.86	4.71
5	4.03	6.0	4.95	Avg	4.14	5.51	4.78

ตาราง จ แสดงค่า pH ของน้ำเป้งและเป้งแห้ง Line 1 เดือนพฤศจิกายน

Line 1 เดือนพฤศจิกายน				Line 1 เดือนพฤศจิกายน			
No.	น้ำเป้ง	เป้งแห้ง	Diff	No.	น้ำเป้ง	เป้งแห้ง	Diff
1	5.11	5.49	-0.4	19	5.19	5.57	-0.4
2	5.07	5.43	-0.4	20	5.13	5.40	-0.3
3	5.36	5.84	-0.5	21	4.90	6.11	-1.2
4	5.55	5.62	-0.1	22	5.30	5.55	-0.3
5	5.29	6.43	-1.1	23	5.25	5.31	-0.1
6	5.10	5.61	-0.5	24	5.10	5.35	-0.3
7	5.41	6.31	-0.9	25	5.15	5.27	-0.1
8	4.73	5.22	-0.5	26	5.70	5.49	0.2
9	5.29	5.58	-0.3	27	4.91	6.98	-2.1
10	5.23	5.62	-0.4	28	5.40	5.66	-0.3
11	5.30	5.64	-0.3	29	5.46	5.76	-0.3
12	5.17	5.43	-0.3	30	5.28	6.11	-0.8
13	4.88	5.20	-0.3	31	4.77	5.41	-0.6
14	5.62	5.42	0.2	32	5.66	6.03	-0.4
15	6.17	5.94	0.2	33	5.41	5.59	-0.2
16	5.81	6.39	-0.6	34	5.54	5.21	0.3
17	5.67	5.74	-0.1	35	5.10	5.63	-0.5
18	5.59	5.85	-0.3	36	5.70	6.10	-0.4

Line 1 เดือนพฤศจิกายน					Line 1 เดือนพฤศจิกายน			
No.	น้ำแข็ง	แข็งแห้ง	Diff		No.	น้ำแข็ง	แข็งแห้ง	Diff
40	5.66	6.15	-0.5		53	5.21	5.82	-0.6
41	5.59	5.80	-0.2		54	5.36	5.61	-0.3
42	5.64	6.66	-1.0		55	5.37	5.75	-0.4
43	5.52	5.97	-0.5		56	5.13	5.52	-0.4
44	5.54	6.02	-0.5		57	5.16	5.53	-0.4
45	5.41	5.99	-0.6		58	5.23	5.66	-0.4
46	5.37	5.86	-0.5		59	5.31	5.66	-0.4
47	5.18	5.72	-0.5		60	6.00	6.56	-0.6
48	5.56	5.79	-0.2		61	5.52	6.20	-0.7
49	5.47	5.87	-0.4		62	5.99	6.34	-0.4
50	5.26	5.90	-0.6		63	5.47	5.99	-0.5
51	5.71	6.07	-0.4		64	5.20	5.71	-0.5
52	5.97	6.59	-0.6		Avg	5.38	5.80	-0.4



ตาราง ข แสดงค่า pH ของน้ำแ่่งและแ่่งแ่่ง Line 4 เดือนพฤศจิกายน

Line 4 เดือนพฤศจิกายน					Line 4 เดือนพฤศจิกายน			
No.	น้ำแ่่ง	แ่่งแ่่ง	Diff		No.	น้ำแ่่ง	แ่่งแ่่ง	Diff
1	5.51	4.73	0.8		18	4.55	5.41	-0.9
2	5.12	6.02	-0.9		19	4.48	5.35	-0.9
3	5.08	5.38	-0.3		20	4.54	5.10	-0.6
4	4.94	4.74	0.2		21	4.11	5.37	-1.3
5	3.90	4.56	-0.7		22	3.85	5.84	-2.0
6	5.51	5.41	0.1		23	4.16	4.57	-0.4
7	4.08	4.16	-0.1		24	4.45	5.44	-1.0
8	4.38	5.15	-0.8		25	3.98	4.58	-0.6
9	3.80	4.62	-0.8		26	4.38	4.64	-0.3
10	5.25	5.54	-0.3		27	4.41	5.40	-1.0
11	3.86	5.27	-1.4		28	4.01	4.37	-0.4
12	4.83	4.92	-0.1		29	3.16	6.19	-3.0
13	4.18	4.85	-0.7		30	3.81	4.97	-1.2
14	4.76	5.90	-1.1		31	3.80	4.54	-0.7
15	3.86	6.14	-2.3		32	4.70	5.11	-0.4
16	4.02	5.24	-1.2		33	5.14	4.79	0.4
17	4.06	4.73	-0.7		Avg.	4.38	5.20	-0.7

ตาราง ข แสดงค่า pH ของน้ำแข็งและแข็งแห้ง Line 1 เดือนธันวาคม

Line 1 เดือนธันวาคม					Line 1 เดือนธันวาคม			
No.	น้ำแข็ง	แข็งแห้ง	Diff		No.	น้ำแข็ง	แข็งแห้ง	Diff
1	5.89	6.10	-0.2		23	5.83	5.85	0.0
2	5.71	6.25	-0.5		24	5.85	6.27	-0.4
3	5.75	6.23	-0.5		25	5.14	5.65	-0.5
4	5.71	6.50	-0.8		26	5.52	5.91	-0.4
5	5.68	6.09	-0.4		27	5.93	6.16	-0.2
6	5.73	5.94	-0.2		28	5.75	5.87	-0.1
7	5.62	6.30	-0.7		29	5.44	5.81	-0.4
8	5.67	6.48	-0.8		30	5.84	7.12	-1.3
9	5.62	6.38	-0.8		31	5.97	6.35	-0.4
10	5.31	6.02	-0.7		32	6.11	6.90	-0.8
11	5.27	6.02	-0.8		33	5.30	5.39	-0.1
12	5.35	6.00	-0.7		34	5.05	4.97	0.1
13	5.31	5.80	-0.5		35	5.17	5.43	-0.3
14	5.62	6.70	-1.1		36	5.39	6.62	-1.2
15	5.45	6.24	-0.8		37	5.71	6.26	-0.6
16	5.75	6.55	-0.8		38	5.47	5.87	-0.4
17	5.37	6.42	-1.1		39	5.26	5.90	-0.6
18	5.53	6.10	-0.6		40	5.71	6.07	-0.4
19	5.57	6.20	-0.6		41	5.97	6.59	-0.6
20	5.71	6.33	-0.6		42	5.19	5.57	-0.4
21	5.84	6.53	-0.7		43	5.13	5.40	-0.3
22	6.00	6.35	-0.4		Avg	5.59	6.13	-0.5

ตาราง ๗ แสดงค่า pH ของน้ำแข็งและแข็งแห้ง Line 4 เดือนธันวาคม

Line 4 เดือนธันวาคม					Line 4 เดือนธันวาคม			
No.	น้ำแข็ง	แข็งแห้ง	Diff		No.	น้ำแข็ง	แข็งแห้ง	Diff
1	5.89	6.10	-0.2		21	5.85	6.27	-0.4
2	5.71	6.25	-0.5		22	5.14	5.65	-0.5
3	5.75	6.23	-0.5		23	6.11	6.90	-0.8
4	5.71	6.50	-0.8		24	5.30	5.39	-0.1
5	5.68	6.09	-0.4		25	5.05	4.97	0.1
6	5.73	5.94	-0.2		26	5.17	5.43	-0.3
7	5.62	6.30	-0.7		27	5.39	6.62	-1.2
8	5.67	6.48	-0.8		28	5.71	6.26	-0.6
9	5.62	6.38	-0.8		29	5.47	5.87	-0.4
10	5.31	6.02	-0.7		30	5.26	5.90	-0.6
11	5.27	6.02	-0.8		31	5.71	6.07	-0.4
12	5.35	6.00	-0.7		32	5.97	6.59	-0.6
13	5.31	5.80	-0.5		33	5.19	5.57	-0.4
14	5.62	6.70	-1.1		34	5.13	5.40	-0.3
15	5.45	6.24	-0.8		35	5.73	5.94	-0.2
16	5.75	6.55	-0.8		36	5.62	6.30	-0.7
17	5.37	6.42	-1.1		37	5.67	6.48	-0.8
18	5.53	6.10	-0.6		38	5.62	6.38	-0.8
19	5.57	6.20	-0.6					
20	6.00	6.35	-0.4		Avg	5.55	6.12	-0.6