การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น ที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจ (Respirable dust) กับค่าสมรรถภาพปอด กรณีศึกษา : ผู้ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จัดทำโดย

นางสาวพรทิพย์ โนนทิง B 4260608

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โครงการศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย สำนักวิชาแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
พ.ศ. 2546

กิตติกรรมประกาศ

โครงการศึกษาฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์นิระมล จัมปะโสม อาจารย์ชลาลัย หาญเจนลักษณ์ และอาจารย์พรพรรณ วัชรวิทูร ที่ได้สละเวลาให้ความรู้ คำปรึกษาและแนะนำพร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาในครั้งนี้ จนการทำโครงการศึกษาฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้ทำการศึกษาจึงกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ คุณเมธา ทองสุก ผู้จัดการโรงงานผลิตอาหารสัตว์ รวมถึงพนักงานทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการเก็บตัวอย่างอากาศ และการตรวจสมรรถภาพปอดพร้อมทั้งการให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามเป็นอย่างดีขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการสุขศาสตร์อุตสาหกรรมที่ให้ความช่วยเหลือและเอื้อเฟื้อในการเบิกจ่ายอุปกรณ์ในการจัดทำโครงการศึกษา

สุดท้ายนี้ผู้ทำการศึกษาขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ที่ให้ความสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้ทำการศึกษาเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา และขอบคุณเพื่อน ๆ ที่คอยช่วยเหลือให้ความสนับสนุน ห่วงใยและให้กำลังใจเสมอมา

พรทิพย์ โนนทิง

11 เมษายน 2546

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น ที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจ (Respirable dust) กับค่าสมรรถภาพปอด กรณีศึกษา : ผู้ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นางสาวพรทิพย์ โนนทิง
สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (Cross sectional study) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถ เข้าสู่ทางเดินหายใจของผู้ปฏิบัติงานและเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นฝุ่นกับค่าสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงาน ณ. จุดเตรียมวัตถุดิบ ห้องควบคุม จุดเตรียมสารเสริม จุดบรรจุ จุดปล่อยกากน้ำตาลและห้องธุรการในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จำนวน 21 คน เป็นเพศชายร้อยละ 90.5 เพศหญิงร้อยละ 9.5 มีน้ำหนักเฉลี่ย 62.10±11.88 กิโลกรัม ส่วนสูงเฉลี่ย 167.05±6.97 เซนติเมตร มีประสบการณ์การทำงานในหน้าที่ปัจจุบัน 3.48±1.36 ปี ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน และทำงานล่วงเวลาเฉลี่ย 7.07±5.07 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ผู้ปฏิบัติงานร้อยละ 94.24 ประเมินว่าฝุ่นเป็นปัจจัยเสี่ยงมากที่สุดที่ได้รับสัมผัสจากการทำงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ รองลงมาเป็นการสัมผัสเสียงดังร้อยละ 76.19

ผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นฝุ่นขนาดเล็กกว่า 10 μ ที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจ (Respirable Dust) ในโรงงานผลิตอาหารสัตว์มีค่าเฉลี่ย 2.2065 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ พบว่าส่วนใหญ่มีค่าไม่เกินมาตรฐาน เมื่อเทียบกับมาตรฐานของประกาศกระทรวงมหาดไทย ซึ่งกำหนดให้ใน 8 ชั่วโมงการทำงานไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ และเมื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจแยกตามลักษณะงานพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value =0.00)

ค่าสมรรถภาพปอดของประชากรที่ทำการศึกษาพบว่าก่อนทำงานมีค่า FVC เฉลี่ย 3.49±0.64 ลิตร, ค่า FEV_1เฉลี่ย 3.30±0.73 ลิตร และค่า $FEF_{25-75\%}$ เฉลี่ย 5.06±1.65 ลิตรต่อนาที หลังทำงานนาน 8 ชั่งโมงมีค่า FVC เฉลี่ย3.31±0.76 ลิตร, ค่า FEV_1 เฉลี่ย 3.19±0.66 ลิตร และค่า $FEF_{25-75\%}$ เฉลี่ย 5.05±

1.48 ลิตรต่อนาที แต่เมื่อทำการทดสอบทางสถิติแล้ว พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value > 0.05)

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจกับค่าสมรรถภาพปอด พบว่ามีความสัมพันธ์กันเล็กน้อย มีทิศทางของความสัมพันธ์แปรผันในทิศทางตรงกันข้าม ซึ่งหมายความว่าปริมาณความเข้มข้นฝุ่นเพิ่มมากขึ้น ค่าสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานจะลดลง

ดังนั้นควรจัดให้มีมาตรการในการป้องกันโรคที่อาจเกิดจากการสัมผัสฝุ่นที่เกิดจากกระบวนการผลิตและศึกษาถึงอันตรายที่จะเกิดขึ้นจากการรับสัมผัสปัจจัยดังกล่าว พร้อมทั้งจัดหาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่เหมาะสม เช่น หน้ากากป้องกันฝุ่น ให้กับผู้ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ฟาร์ม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ทั่วไป	2
1.3 วัตถุประสงค์เฉพาะ	2
1.4 สมมติฐานการศึกษา	2
1.5 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา	2
1.6 ขอบเขตการศึกษา	3
1.7 คำนิยามศัพท์	3
1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.9 กรอบแนวคิด	4
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กายวิภาคของระบบทางเดินหายใจ	5
2.2 ปริมาตรปอด	5
2.3 ฝุ่น	6
2.4 โรคปอดจากการประกอบอาชีพ	7
2.5 การประเมินค่าความเสื่อมของระบบทางเดินหายใจ	8
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	
3.1 รูปแบบการศึกษา	14
3.2 ลักษณะข้อมูล	14
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล	14
3.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	15
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	17

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการศึกษา

4.1 ลักษณะทั่วไปของประชากรที่ทำการศึกษา 18

4.2 ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจ 29

4.3 ค่าสมรรถภาพปอด 30

บทที่ 5 อภิปรายผล สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการศึกษา 35

5.2 สรุปผลการศึกษา 37

5.3 ข้อเสนอแนะ 38

บรรณานุกรม 39

ภาคผนวก 40

ภาคผนวก ก. แผนผังกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตอาหารสัตว์ 41

ภาคผนวก ข. แบบสอบถาม 45

ภาคผนวก ค. PARTICULATES NOT OTHERWISE REGULATED,RESPIRABLE METHOD 51

ประวัติผู้ทำการศึกษา 58

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ลักษณะทั่วไปของประชากรที่ทำการศึกษา	19
ตารางที่ 2	ข้อมูลประวัติการทำงานของกลุ่มตัวอย่าง	20
ตารางที่ 3	พฤติกรรมการสูบบุหรี่	22
ตารางที่ 4	ประวัติการเจ็บป่วยและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ	23
ตารางที่ 5	ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจ ณ โรงงานผลิตอาหารสัตว์	28
ตารางที่ 6	การเปรียบเทียบค่าสมรรถภาพปอดของระหว่างก่อนทำงานและหลังเลิกงาน	29
ตารางที่ 7	การเปรียบเทียบความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดก่อนเข้าทำงานแยกตามลักษณะงาน	30
ตารางที่ 8	การเปรียบเทียบความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดหลังเลิกงานแยกตามลักษณะงาน	31
ตารางที่ 9	การเปรียบเทียบความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดระหว่างก่อนเข้าทำงานและหลังเลิกงาน	32
ตารางที่ 10	การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจกับค่าสมรรถภาพปอด	33

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

มนุษย์สามารถดำรงชีพได้อย่างปกติสุข ถ้าปราศจากโรคภัยไข้เจ็บและประกอบอาชีพได้อย่างปลอดภัย แต่ในความเป็นจริงผู้ประกอบอาชีพทุกอาชีพมีโอกาสเสี่ยงต่ออันตรายหรือการเจ็บป่วยจากการทำงาน ซึ่งมากน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ทำ สภาพแวดล้อมการทำงาน การสัมผัสชนิดของสิ่งคุกคามสุขภาพอนามัย สภาพเครื่องจักร อุปกรณ์ต่าง ๆ ชั่วโมงการทำงาน การพักผ่อน เป็นต้น

ระบบทางเดินหายใจเป็นอีกระบบหนึ่งที่มีความสำคัญต่อร่างกาย การหายใจเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนเพื่อควบคุมปริมาณการใช้และความต้องการก๊าซออกซิเจนของร่างกาย โดยมีปอดเป็นอวัยวะสำคัญซึ่งทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและขับถ่ายของเสีย ดังนั้นหากระบบทางเดินหายใจทำงานไม่ปกติแล้วย่อมก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้

การหายใจเอาสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ โดยนับตั้งแต่การค้นพบโรคปอดจากการประกอบอาชีพ จึงมีการตระหนักว่าสิ่งแวดล้อมที่ปะปนอยู่ในบรรยากาศของกานทำงานซึ่งอาจอยู่ในรูปของฝุ่น ก๊าซ หมอก ควัน ไอระเหย สารเคมี จุลินทรีย์ และอื่น ๆ สามารถทำให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจได้ด้วยวิธีการต่าง ๆ คือ เกิดการระคายเคือง หรือเป็นพิษต่อเนื้อเยื่อทางเดินหายใจกระตุ้นให้เกิดเนื้อเยื่อพังผืดในปอด ทำให้เกิดภาวะภูมิแพ้หรือทำให้เกิดพยาธิสภาพเรื้อรังของปอด เช่น กรานูโลมาตัส อินเฟลมเมชัน (Granulomatous inflammation) เป็นต้น

ปัจจุบันประเทศไทยมีความก้าวหน้าทางด้านอุตสาหกรรม มีโรงงานหลายประเภทและมีจำนวนคนงานเพิ่มมากขึ้นตามประเภทอุตสาหกรรม ซึ่งอุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์ก็เป็นอีกอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศทางด้านอุตสาหกรรมเกษตรอุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์เป็นอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดฝุ่นซึ่งมาจากวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต เช่น เมล็ดถั่ว ข้าวโพด ปาล์ม เป็นต้น ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานที่ปฏิบัติในในขั้นตอนการผลิตจึงมีโอกาสที่จะสัมผัสฝุ่นที่เกิดขึ้นนั้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ อาจทำให้เกิดการระคายเคืองและภูมิแพ้ โรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งที่สามารถป้องกันได้ โดยผู้ปฏิบัติงานเอง และการให้ความสนใจจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาในครั้งนี้มุ่งศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นกับการเสื่อมสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อเป็นการเฝ้าระวังปัญหาสุขภาพที่จะเกิดขึ้นและหาแนวทางในการป้องกันและแก้ไข

1.2 วัตถุประสงค์ทั่วไป

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจกับค่าสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.3 วัตถุประสงค์เฉพาะ

1)เพื่อศึกษาและตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจของผู้ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์

2)เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นฝุ่นกับค่าสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์

1.4 สมมติฐานการศึกษา

1)ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจมีค่าแตกต่างกันในแต่ละลักษณะงาน

2)ค่าสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานก่อนเข้าทำงานมีค่าแตกต่างกับค่าสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานหลังเลิกงาน

3)ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจมีความสัมพันธ์กับค่าสมรรถภาพปอด

1.5 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

1.5.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่

1) ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจ
2) ลักษณะงานที่ทำ
3) ประวัติการเจ็บป่วย
4) การสูบบุหรี่
5) การออกกำลังกาย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.5.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ค่าสมรรถภาพปอด

1.5.3 ตัวแปรควบคุม ได้แก่

1) จำนวนชั่วโมงการทำงาน

1.6 ขอบเขตการศึกษา

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้เป็นประชากรผู้ปฏิบัติงานทั้งหมดในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี แบ่งเป็นผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตจำนวน 18 คน และเจ้าหน้าที่ธุรการทั่วไปที่ไม่ได้อยู่ในกระบวนการผลิต จำนวน 3 คน

1.7 คำนิยามศัพท์

จำนวนชั่วโมงการทำงาน หมายถึง ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มปฏิบัติงานจนถึงเวลาเลิกงาน

ลักษณะงานที่ทำ หมายถึง หน้าที่รับผิดชอบที่ต้องปฏิบัติในขณะทำการศึกษา ซึ่งตามปกติแล้ว ผู้ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์จะมีหน้าที่รับผิดชอบหลายหน้าที่ แต่จะมีหน้าที่รับผิดชอบหลักอยู่ 1 อย่าง เช่น คุณประยุง ยุพดี มีหน้าที่ในการเตรียมวัตถุดิบลงหลุมเทวัตถุดิบในช่วงเช้าและบ่าย เมื่อทำการเทวัตถุดิบลงหลุมเทเรียบร้อยแล้ว ในช่วงบ่ายเมื่อมีรถมารอรับสินค้า คุณประยุงก็จะทำหน้าที่ในการขึ้นสินค้า

ประสบการณ์การทำงาน หมายถึง ระยะเวลาในการทำงานในอดีตก่อนที่จะมาทำงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

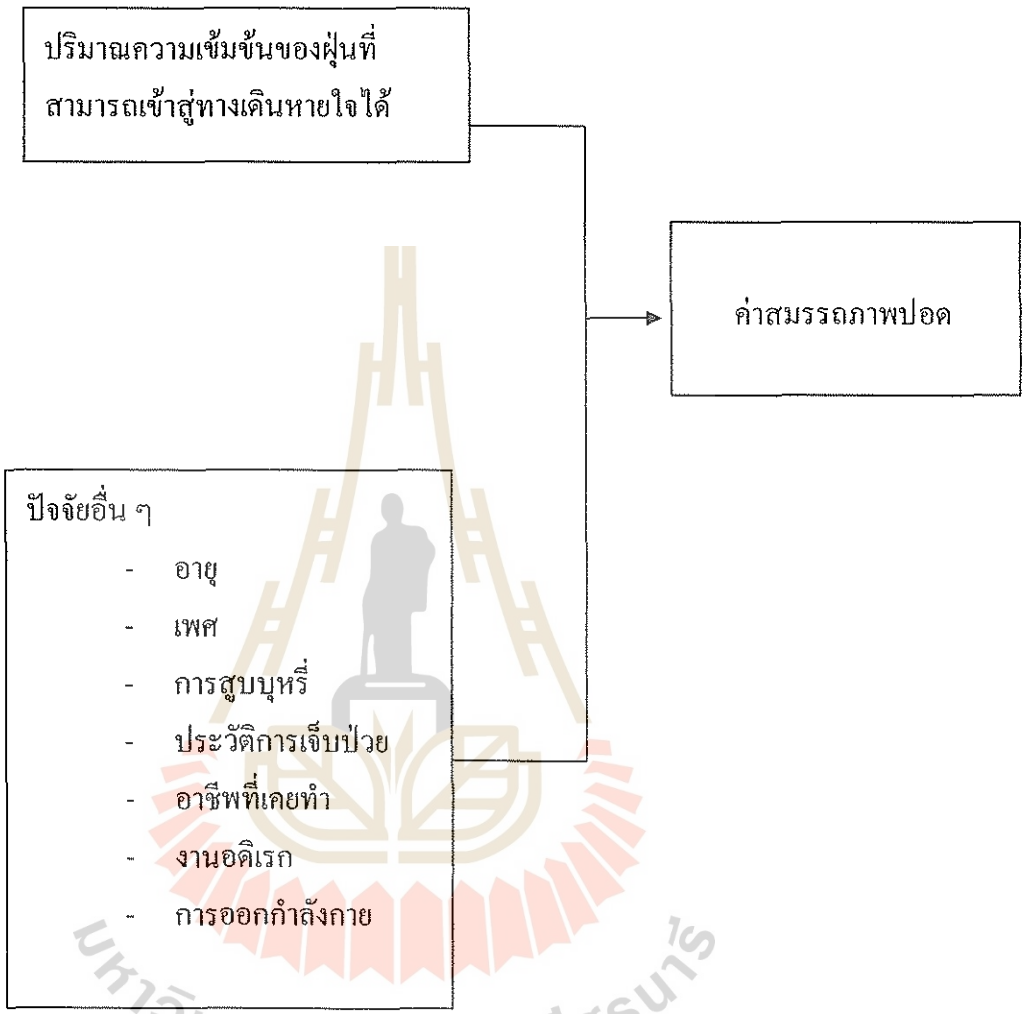
ระยะเวลาการทำงาน หมายถึง ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มเข้าปฏิบัติงานเป็นพนักงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์นับจนถึงวันที่ทำการศึกษา

ฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจ (Respiratory dust) หมายถึง อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน สามารถเข้าสู่ถุงลมปอดหรือบริเวณแลกเปลี่ยนก๊าซและก่อให้เกิดอันตรายเมื่อมีการสะสมเกิดการอุดตันหรือเป็นพังผืด

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถประเมินความเข้มข้นของฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจได้
2) ทราบถึงภาวะของโรคระบบทางเดินหายใจของผู้ปฏิบัติงานโรงงานผลิตอาหารสัตว์ได้
3) นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานและเสนอแนะอุปกรณ์ป้องกันอันตรายสวนบุคคลที่เหมาะสม

1.9 กรอบแนวคิด



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กายวิภาคของระบบทางเดินหายใจ

กายวิภาคของระบบทางเดินหายใจ แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. ทางเดินหายใจส่วนต้น (Upper respiratory tract) เริ่มจากโพรงจมูก คอ ส่วนบนและล่างและกล่องเสียง

2. ทางเดินหายใจส่วนล่าง (Lower respiratory tract) เริ่มจาก (Trachea) หลอดลมใหญ่ขวาและซ้าย หลอดลมแขนงย่อยต่าง ๆ จนถึงหลอดลมส่วนปลาย ทางเดินหายใจเหล่านี้บุด้วยเซลล์ที่มีขนโบก (Cilia) และเซลล์ที่สามารถขับเมือก (Mucous) และเซลล์อื่น ๆ อีกหลายชนิด

3. เนื้อปอด ซึ่งประกอบด้วยถุงลม (Alveoli) ซึ่งมีเส้นเลือดผ่านทั้งเส้นเลือดดำ เส้นเลือดแดง และเส้นเลือดฝอย การแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ จะเกิดขึ้นที่ถุงลมนี้ นอกจากนี้เนื้อปอดยังมีท่อน้ำเหลือง เนื้อเยื่อ และพังผืดที่แทรกอยู่ระหว่างถุงลม และเนื้อเยื่อหุ้มปอด คลุมอยู่ 2 ชั้น ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเนื้อเยื่อหุ้มปอด เรียกว่า พลูรัล คาวิตี

2.2 ปริมาตรปอด

ในทางสรีรวิทยาของการหายใจนั้นแบ่งปริมาตรปอดออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้ 8 ส่วน คือ ส่วนที่เรียกว่าปริมาตร (Volume) 4 ส่วน และส่วนที่เรียกว่าความจุ (Capacity) 4 ส่วน การตรวจหาปริมาตรปอดจะเป็นวิธีการหนึ่งในการตรวจการทำหน้าที่ของปอด ถ้าหากปอดมีปริมาตรผิดไปแสดงว่าปอดทำหน้าที่ผิดปกติด้วย

ปริมาตร (Volume)

1. ปริมาตรอากาศหายใจเข้าออกแต่ละครั้ง (Tidal Volume, TV) คือ ปริมาตรอากาศที่หายใจเข้าและออกในแต่ละครั้ง เมื่อมีการออกกำลังกายร่างกายต้องใช้ก๊าซออกซิเจนมาขึ้นค่านี้จะเพิ่มมากขึ้น

2. ปริมาตรหายใจเข้าสำรอง (Inspiratory Reserve Volume, IRV) คือ ปริมาตรอากาศที่เพิ่มขึ้นจากการหายใจเข้าธรรมดาไปเป็นการหายใจเข้าเต็มที่

3. ปริมาตรหายใจออกสำรอง (Expiratory Reserve Volume, ERV) คือ ปริมาตรอากาศที่หายใจออกเต็มที่หลังการหายใจออกธรรมดา

4. ปริมาตรส่วนเหลือ (Residual Volume, RV)คือ ปริมาตรอากาศที่ยังคงเหลืออยู่ในปอดหลังจากการหายใจออกเต็มที่แล้ว

ความจุ (Capacity)

1. ความจุส่วนเหลือใช้งานได้ (Functional Residual Capacity, FRC) คือ ปริมาตรอากาศที่เหลืออยู่ภายหลังจากการหายใจออกธรรมดาแล้ว

2. ความจุหายใจเข้า (Inspiratory Capacity, IC) คือ ปริมาตรอากาศหายใจเข้าเต็มที่ ภายหลังจากการหายใจออกธรรมดา

3. ความจุชีพ (Vital Capacity, VC) คือ ปริมาตรอากาศที่หายใจออกเต็มที่ภายหลังจากการหายใจเข้าเต็มที่

4. ความจุปอดรวม (Total Lung capacity, TLC) คือ ปริมาตรอากาศทั้งหมดขณะหายใจเข้าเต็มที่

2.3 ฝุ่น

ฝุ่นในทางสุขศาสตร์อุตสาหกรรมแบ่งได้ 2 ชนิดคือ

1. ฝุ่นอินทรีย์ (Organic dust) เป็นฝุ่นจากพืช สัตว์ จากการสังเคราะห์

1.1 ฝุ่นอินทรีย์ตามธรรมชาติ เช่น ฝุ่นชานอ้อย ฝุ่นฝ้าย มีแนวโน้มทำให้เกิดการแพ้หลังจากได้รับอย่างเฉียบพลัน หรือเรื้อรัง

1.2 ฝุ่นอินทรีย์ที่สังเคราะห์ขึ้น ทำให้เกิดการระคายเคือง การแพ้ ผิวหนังอักเสบหรือเกิดอันตรายกับอวัยวะ เช่น ตับ

2. ฝุ่นอนินทรีย์ (Inorganic dust)

2.1 ฝุ่นอนินทรีย์ของโลหะ (Inorganic metallic dust) ทำให้เกิดผิวหนังอักเสบและการแพ้ เช่น นิกเกิล ทำให้เกิดการคันตามผิวหนังการเป็นพิษที่ไต ระบบเลือด และระบบประสาทส่วนกลาง เป็นต้น

2.2 ฝุ่นอนินทรีย์ที่มีซิลิกาเจือปน (Inorganic silica bearing dust) ส่วนที่ไม่ได้อยู่ในรูปผลึก จะทำให้เกิดโรคปอดจากฝุ่น (pneumoconiosis) ซึ่งเป็นผลจากการได้รับฝุ่นเป็นระยะเวลานาน ระยะเวลาการได้รับฝุ่น โรคปอดจากฝุ่นมีหลายชนิดเช่น Silicosis, Asbestosis, Coal

worker Pneumoconiosis โดยปกติผู้ป่วยจะพิการหลังจากได้รับฝุ่นเป็นเวลาหลายปี ฝุ่นโลหะที่เป็นพิษ เช่น ตะกั่ว และแมงกานีส ทำให้เกิดปัญหาหลังจากได้รับฝุ่นหลายวันถึงสัปดาห์ เช่น 2-3 ชั่วโมงหลังจากได้รับฝุ่นโลหะ อาจทำให้เกิด Metal Fume Fever

ฝุ่นทุกชนิดยกเว้น แอสเบสตอส หาความเข้มข้นได้โดย การเก็บตัวอย่างฝุ่นด้วยกระดาษกรอง แล้วชั่งน้ำหนักเทียบกับปริมาตรอากาศที่เก็บฝุ่นนี้มาแล้วรายงานเป็น มิลลิกรัมต่อลูกบาศเมตรอากาศ

การหาชนิดฝุ่นโลหะ สามารถหาได้โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer สำหรับฝุ่นแอสเบสตอสหาได้โดยการเก็บตัวอย่างฝุ่นด้วยกระดาษกรอง แล้วนับจำนวนเส้นใยที่ยาวกว่า 5 ไมโครกรัม โดยใช้กล้องจุลทรรศน์

ขนาดของฝุ่น สามารถใช้เครื่องเก็บฝุ่นโดยแยกขนาด เช่น Cyclone ซึ่งสามารถเก็บอนุภาคขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครกรัมด้วยอัตราไหลที่กำหนดซึ่งฝุ่นขนาดนี้ถือเป็น Repirable Size Particle ซึ่งสามารถผ่านเข้าไปในปอดได้ Biological Reaction โรคปอด (Lung Disease) เกิดจาก ปฏิกิริยาของร่างกายต่อการสะสมของฝุ่นในปอด โรคปอดมีหลายชนิดได้แก่ การเกิดพังผืด (Fibrosis) หลอดลมอักเสบ (Bronchitis) หอบหืด (Asthma) โรคมะเร็ง (Cancer)

การแบ่งขนาดของฝุ่น แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

ฝุ่นทั่วไป (Total Dust) คือ อนุภาคของแข็งขนาดเล็กกระจายอยู่ในบรรยากาศ เกิดจากการบด กระแทก ขัดสี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 0.1 – 100 ไมครอน มื่อมนุษย์หายใจเข้าไปสามารถสะสมอยู่ในทางเดินหายใจตั้งแต่โพรงจมูกจนถึงถุงลมในปอด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาด รูปร่างและความหนาแน่น

ฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจ (Respirable Dust) คือ ฝุ่นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 10 ไมครอน ซึ่งเป็นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ

2.4 โรคปอดจากการประกอบอาชีพ

โรคปอดจากการประกอบอาชีพเกิดจากการสูดหายใจเอาฝุ่นละออ ควัน หรือสารพิษเข้าไปในปอดขณะทำงาน สารเหล่านี้อาจทำให้เกิดการระคายเคืองหรือเป็นพิษในทางเดินหายใจ ในบางรายอาจมีปอดอักเสบหรือพังผืดเกิดขึ้นในปอด หลายรายอาจมีอาการภูมิแพ้ ทำให้เกิดอาการหอบหืด โรคหรือภาวะดังกล่าวรวมกัน เรียกว่า โรคปอดจากการประกอบอาชีพ

โรคปอดจากการประกอบอาชีพอาจจำแนกออกจากกันตามต้นเหตุได้ดังต่อไปนี้

1. โรคปอดจากการประกอบอาชีพที่เกิดจากฝุ่นละอองสารอินทรีย์หรือฝุ่นแร่พวกที่พยาธิสภาพในปอดอาจเกิดขึ้นน้อยตัวอย่าง เช่น พวกฝุ่นละอองที่ Inert และ Nonreactive ได้แก่ เหล็ก แบเรียม พลวง และดีบุก พวกที่ทำให้เกิดพยาธิสภาพในขนาดปานกลาง ได้แก่ ถ่านหิน Kaolin และ Diatomaceous earth (ใช้ทำเซรามิค) และพวกที่ทำให้เกิดพยาธิสภาพรุนแรง ได้แก่ ซิลิกา talc และแอสเบสตอส

2. โรคปอดจากการประกอบอาชีพที่เกิดจากฝุ่นละอองสารอินทรีย์ เช่น Farmer' s Lung ที่เกิดจากการหายใจเอาฝุ่นละอองฟางข้าวที่ขึ้นรา (Mouldy hay) และบิสสิโนลิส เป็นต้น

3. โรคหอบหืดจากการประกอบอาชีพ

4. โรคปอดจากการประกอบอาชีพที่เกิดจากก๊าซและควันพิษบางชนิด

5. มะเร็งปอดและมะเร็งเยื่อหุ้มปอด

2.5 การประเมินค่าความเสื่อมของระบบทางเดินหายใจ

การประเมินความเสี่ยงสมรรถภาพการทำงานของปอดนั้น อาศัยข้อมูลมาจากการซักประวัติ การตรวจร่างกาย และการตรวจทางห้องปฏิบัติการ เช่น ภาพรังสีทรวงอก การวิเคราะห์ก๊าซในหลอดเลือดแดง และการตรวจสอบสมรรถภาพการทำงานของปอดด้วยเครื่อง Spirometer

1. การซักประวัติและการตรวจร่างกาย

การซักประวัติและการตรวจร่างกายของผู้ป่วยอย่างละเอียด โดยเฉพาะอาการและการแสดงที่เกี่ยวโยงกับระบบการหายใจรวมทั้งระบบอื่นที่เกี่ยวข้อง เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่าการประเมินความรุนแรงของความเสื่อมจะต้องอาศัยข้อมูลจากการตรวจทางสรีรวิทยาอย่างไรก็ดีข้อมูลที่ได้จากการซักประวัติและตรวร่างกายยังมีความจำเป็นโดยนำมาใช้เป็นข้อมูลเสริม สำหรับอาการหอบเหนื่อยนั้น ไม่ควรนำมาใช้เป็นข้อมูลหลักที่จะมาคำนวณความรุนแรงของความเสื่อมทั้งนี้เพราะผู้ป่วยแต่ละรายจะมีความรับรู้ของอาการหอบเหนื่อยไม่เท่ากัน

2. ภาพรังสีทรวงอก

ภาพรังสีทรวงอกขนาดมาตรฐานในท่า PA (Postero – anterior) เป็นที่ยอมรับกันว่าความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการทำงานและความผิดปกติจากภาพรังสีทรวงอกนั้นมีไม่มาก นอกจากนี้ภาพรังสีทรวงอกยังไม่มีความสัมพันธ์กับความรุนแรงของโรคหลอดลม เช่น โรคหอบหืดจากการประกอบอาชีพ ดังนั้นภาพรังสีทรวงอกจึงเป็นองค์ประกอบหนึ่งเท่านั้นในการประเมินค่าความเสื่อม

3. การตรวจทางห้องปฏิบัติการอื่น ๆ ตามความจำเป็น เช่น

3.1 การตรวจ complete blood count

3.2 การบันทึกคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

3.3 การวัดสมรรถภาพการทำงานของปอดอย่างอื่น เช่น arterial blood gases analysis

4. การทดสอบสมรรถภาพการทำงานของปอดด้วยเครื่อง Spirometer

การทดสอบสมรรถภาพปอด จะช่วยให้รู้และสามารถตรวจพบความผิดปกติ ในระยะเริ่มแรกได้ก่อนที่จะเกิดโรคร้ายแรง ซึ่งอาจหยุดยั้งการดำเนินโรคได้ ถ้ามีการปรับปรุง แก้ไข และป้องกัน

การทดสอบสมรรถภาพปอด เป็นการทดสอบ หลอดลมหรือระบบทางเดินหายใจ ว่ามีการหดตัวหรือมีการอุดกั้นหรือปกติอย่างไร โดยใช้เครื่องมือ สไปโรมิเตอร์ (Spirometer) วัดปริมาตรของอากาศที่หายใจออก เร็วและแรง หลังจากหายใจเข้าเต็มที่ และความจุอากาศของปอดช่วยประเมินการทำงานของปอด

การทดสอบสมรรถภาพปอด (Pulmonary function test) หมายถึง การตรวจร่างกายขั้นต้นเพื่อประเมินค่าการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ในระบบทางเดินหายใจ และกลไกการหายใจเข้า – ออก โดยค่าที่ได้จากการทดสอบนี้สามารถบอกได้ว่า การทำงานของระบบทางเดินหายใจปกติหรือไม่ ในการศึกษาครั้งนี้ค่าที่ได้จากการทดสอบสมรรถภาพปอด เรียกว่า “ค่าสมรรถภาพปอด” ซึ่งประกอบด้วยค่าต่าง ๆ ดังนี้

1.Vital Capacity (VC) หมายถึง ปริมาตรอากาศเมื่อหายใจออกเต็มที่ หลังจากการหายใจเข้าอย่างเต็มที่ มีค่าปกติประมาณ 5 ลิตร

2.Forced Vital Capacity (FVC) หมายถึง ปริมาตรของอากาศสูงสุดที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและเต็มที่ ภายหลังการหายใจเข้าอย่างเต็มที่ หน่วยเป็นลิตร

3. Forced Expiratory Volume in one second (FEV_1) หมายถึง ปริมาตรอากาศเมื่อหายใจออกอย่างเต็มที่ โดยใช้แรงดันในช่วง 1 วินาทีแรก ภายหลังจากการหายใจเข้าอย่างเต็มที่ หน่วยเป็นลิตร

4. Forced Expiratory Ratio (FEV_t/FVC) หมายถึง ปริมาตรอากาศที่หายใจออกอย่างเต็มที่ในช่วง 1 วินาทีแรกของการหายใจออก ภายหลังการหายใจเข้าอย่างเต็มที่กับปรอมาตรสูงสุดของการหายใจออกอย่างเต็มที่ภายหลังการหายใจเข้าอย่างเต็มที่ หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

5. Forced Expiratory Flow 25 – 75 % ($FEF_{25-75\%}$) หมายถึง อัตราเฉลี่ยการไหลของอากาศระหว่างช่วงกลางของปริมาตรอากาศทั้งหมดที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและเต็มที่โดยใช้แรงดัน หน่วยเป็นลิตรต่อนาที

การประเมินผลโดยเปรียบเทียบกับค่าพยากรณ์

การแปลผลการทดสอบสมรรถภาพปอดว่าผิดปกติหรือไม่นั้น ต้องนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากกลุ่มคนปกติที่มีลักษณะสำคัญที่คล้ายคลึงกัน ได้แก่ ความสูง เพศ อายุ และเชื้อชาติ

- อายุเท่ากัน เพศชายจะมีความจุปอดมากกว่าเพศหญิง
- เพศเดียวกัน คนสูงกว่าจะมีความจุปอดมากกว่าคนเตี้ย
- คนผิวขาวมีความจุปอดมากกว่าคนผิวดำที่มีความสูงเท่ากันเพราะว่ามีขนาดทรวงอกใหญ่กว่า

โดยทั่วไปถือว่าค่าสมรรถภาพปอดจะดปกติเมื่อค่าที่วัดได้ต่ำกว่าเฉลี่ยลบ 2 เท่าของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าพยากรณ์ แต่เพื่อความสะดวกในทางปฏิบัติ ให้ถือว่า

FVC, FEV1 ปกติมีค่ามากกว่าร้อยละ 80 ของค่าพยากรณ์

FEV1/FVC ไม่ต้องเทียบค่าพยากรณ์ให้ถือว่าต่ำกว่าปกติถ้าน้อยกว่าร้อยละ 80

$FEF_{25-75\%}$ ปกติควรมีค่ามากกว่า ร้อยละ 70 ของค่าพยากรณ์

การแปลผลความผิดปกติทางสรีรวิทยาของการทดสอบสมรรถภาพปอด

การทดสอบสมรรถภาพปอดไม่สามารถให้การวินิจฉัยโรคแบบจำเพาะเจาะจงได้ แต่สามารถบ่งชี้ถึงความผิดปกติทางสรีรวิทยาได้ว่ามรความผิดปกติแบบมีการจำกัดการขยายตัวหรือเป็นความผิดปกติแบบที่มีการอุดกั้นของลมหายใจออก หรือมีความผิดปกติทั้ง 2 แบบ ดังตาราง

ค่าปริมาตรปอด	ภาวะการอุดกั้น (Obstruction)	ภาวะจำกัดการขยายตัว (Restriction)
FVC	ปกติ หรือ ↓	↓
FEV1	↓	↓
FEV1/FVC	↓	ปกติ หรือ ↑
FEF_{25-75}	↓	ปกติ, ↓,↑
FEFR	↓	ปกติ หรือ ↑

ผลการทดสอบสมรรถภาพปอด

พบได้ 3 ลักษณะ ได้แก่

1. ปกติ
2. ผิดปกติแบบหลอดลมถูกอุดกั้น (Obstructive Pattern) เช่น พบได้ในโรคหอบหืด หลอดลมอักเสบเรื้อรัง ถุงลมปอดโป่งพอง เนื้องอก ตุ่มพังผืด โรคปอดอักเสบจากฝุ่นบางชนิด เช่น ฝุ่นซิลิกา ฝุ่นไยหิน
3. ผิดปกติแบบจำกัดการขยายตัว (Restrictive Pattern) เนื่องจากมีโรคของกล้ามเนื้อทรวงอก หรือมีความผิดปกติของเนื้อปอด เช่น โรคของเยื่อหุ้มปอด ปอดอักเสบ ปอดมีน้ำคั่ง และเกิดพังผืดหรือเนื้องอก เป็นต้น เนื้อปอดถูกทำลาย ปอดขยายตัวได้ไม่เต็มที่

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- พรพรรณ (6) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเสื่อมสมรรถภาพปอดของคนงาน คือ ปริมาณความเข้มข้นสะสมของฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นทุกขนาด การออกกำลังกาย และอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจที่มีเสมหะมานานกว่า 3 ปี

- นพมาศ (4) ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเสื่อมสมรรถภาพปอดของประชาชนที่อาศัยในตำบลหน้าพระลาน คือ ระยะเวลาที่สัมผัสฝุ่น และระยะทางระหว่างที่พักอาศัยกับพื้นที่ที่มีกิจกรรมการระเบิดและย่อยหิน โดยระยะเวลาที่สัมผัสฝุ่นมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับการเสื่อมสมรรถภาพปอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และระยะทางระหว่างที่พักอาศัยกับพื้นที่ที่มีกิจกรรมการระเบิดหินและย่อยหินมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับการเสื่อมสมรรถภาพปอดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

- บุญรักษ์ (5) การศึกษาสภาวะฝุ่นละอองในสิ่งแวดล้อมและฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจได้ที่ตำรวจจราจรได้รับในขณะปฏิบัติ ในเขตเทศบาลขอนแก่น ตัวแปร ได้แก่ ปริมาณฝุ่นรวม ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ในสิ่งแวดล้อม ประวัติการทำงาน และการป้องกันตนเองของตำรวจจราจร กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา ได้แก่ ตำรวจจราจร จำนวน 28 คน แยกตามจุดที่ตำรวจจราจรปฏิบัติงานที่ใช้ศึกษา จำนวน 4 แห่ง การเก็บตัวอย่างฝุ่นรวม ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง และค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นในอากาศชนิดปริมาตรสูง สำหรับฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจได้ เก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่นในอากาศชนิดติดตัว การเก็บข้อมูลของตำรวจจราจรกลุ่มตัวอย่างใช้การสัมภาษณ์ตามแบบสอบถาม

- เฮดเดอริก (11) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฝุ่นกับการเสื่อมสมรรถภาพปอดในพนักงานโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ซึ่งเป็นการศึกษาเชิงพรรณาในส่วนแรกของการศึกษาแบบ Follow – up ในพนักงานโรงงานผลิตอาหารสัตว์ 50 คน และพนักงานในโกดังเก็บเมล็ดพืช การศึกษาในอดีตเชื่อว่า การเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพปอดมีระยะเวลามากกว่า 5 ปี แต่จากการศึกษาพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงภายใน 1 – 2 ปี ของการสัมผัสฝุ่น คนงานที่ได้รับฝุ่นในปริมาณความเข้มข้นสูง ๆ พบว่าการเสื่อมสมรรถภาพปอดสูงกว่าคนงานที่สัมผัสฝุ่นในปริมาณความเข้มข้นต่ำกว่า

- โครี่ (12) ศึกษาความสัมพันธ์ของสมรรถภาพปอดที่เปลี่ยนแปลง ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่สัมผัสและระดับที่มีผลกระทบกับคนงานที่ทำงานในโกดังเก็บและขนส่งเมล็ดพืช โดยจุดประสงค์ของการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ของลักษณะการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพปอด ซึ่งทำการทดสอบสมรรถภาพปอดในระยะเวลาก่อนเริ่มงานและหลังเลิกงานทุกวัน พบว่ามีความผิดปกติของปอดแบบอุดกั้น (Obstructive) ภายในวันนั้น นอกจากนี้อาจมีความผิดปกติของปอดแบบตีบตัน (Restrictive) บ้างเล็กน้อย ซึ่งจะเกิดหลังจากสัมผัสฝุ่นมากกว่า 1 สัปดาห์ ส่วนคนงานกลุ่มควบคุมพบว่า ภายใน 1 สัปดาห์มีความผิดปกติของปอดแบบอุดกั้น(Obstructive) โดยปราศจากการเกี่ยวข้องกับการเกิด Restriction ของปริมาตรปอด จากข้อมูลที่ใช้ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่สัมผัสและระดับที่มีผลกระทบต่อคนงานในโกดังเก็บและขนส่งเมล็ดพืช ซึ่งจะได้ Baseline ของสมรรถภาพปอดและผลการวัดสมรรถภาพปอดที่เปลี่ยนแปลงภายในวันนั้น โดย Baseline นี้ได้จากคนงานที่ไม่สวมอุปกรณ์ป้องกันทางเดินหายใจ การลดลงของสมรรถภาพปอดในคนงานที่สัมผัสฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจได้ ซึ่งจะแปรผกผันกับค่าเฉลี่ยการสัมผัสฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ (<10 u) ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละ 1 mg/m3 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

ของคนที่มีค่าความจุปอดลดลงประมาณ 50 % ของค่า Vmax 50 % ส่วนฝุ่นที่ไม่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจจะไม่มีผลกระทบต่อ Baseline หรือกับการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอดภายในวันนั้น การเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพปอดที่เฉียบพลันนี้ไม่ได้รับอิทธิพลจากอายุ ช่วงระยะเวลาการทำงาน ระยะเวลาการสูบบุหรี่

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 รูปแบบการศึกษา

การศึกษาในครั้งนี้มีรูปแบบการศึกษาแบบภาคตัดขวาง(Cross – sectional study) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นฝุ่นกับค่าสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยแบ่ง กลุ่มประชากรที่ศึกษาแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มตามลักษณะงาน ได้แก่ จุดเตรียมวัตถุดิบ ห้องควบคุม จุดเตรียมสารเสริม จุดบรรจุ จุดปล่อยกากน้ำตาล และห้องธุรการ

3.2 ลักษณะข้อมูล

ข้อมูลที่ทำการศึกษาครั้งนี้ แบ่งออกเป็น

3.2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารเข้าสู่ทางเดินหายใจได้โดยเก็บตัวอย่างอากาศที่ตัวบุคคล

3.2.2 ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม

3.2.3 ข้อมูลการทดสอบสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในการศึกษา แบ่งเป็น

3.3.1 แบบสำรวจและสอบถาม

- แบบบันทึกการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นอนุภาค
- แบบสอบถามผู้เข้ารับการตรวจสมรรถภาพปอด
- แบบบันทึกผลการทดสอบสมรรถภาพปอด

3.3.2 เครื่องมือในการเก็บตัวอย่างมลพิษทางอากาศที่เป็นอนุภาค ได้แก่

3.3.3 เครื่องมือในการทดสอบสมรรถภาพปอด คือ Spirometer

3.4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4.1 การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อประเมินปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจ ทำได้โดยการสุ่มเลือกผู้ปฏิบัติงานตามลักษณะงานต่าง ๆ ลักษณะงานละ 1 คน รวมจำนวน 6 คน และทำการเก็บตัวอย่างอากาศแบบติดตัวบุคคลอ้างอิงมาตรฐานตาม NIOSH METHOD หมายเลข 0600 มีรายละเอียด ดังนี้

เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง

ก. กระดาษกรองชนิด PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตรซึ่งมีขนาดของรู 2-5ไมโครเมตร และ supporting pad ในตลับมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 เซนติเมตร

ข. ไซโคลน: 10 –mm nylon

2. ปั๊มเก็บตัวอย่างมีอัตราไหล 1.7 ลิตร/นาที

3. เครื่องชั่งน้ำหนักมีความละเอียด 0.001 mg.

4. Static neutralizer เช่น Po-210 เปลี่ยน 9 เดือนหลังจากวันผลิต

5. Forceps

6. ห้องควบคุมสิ่งแวดล้อมหรือห้องควบคุมสมดุล ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ± 1องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 50 ± 5 %

การเตรียมกระดาษกรองก่อนการเก็บตัวอย่าง

1.ทำสมดุลกระดาษกรองภายในห้องควบคุมสิ่งแวดล้อม อย่างน้อย 2 ชม.

2. ลงหมายเลข back up pads ด้วยปากกาลูกลื่น และ ชั่งน้ำหนักของกระดาษกรองภายในห้องควบคุมสิ่งแวดล้อม จดบันทึกของน้ำหนักกระดาษกรองซึ่งหักออกจากน้ำหนักภาชนะที่ใส่แล้วแทนค่าเป็น W1 (mg)

ก. ปรับเครื่องชั่งน้ำหนักให้มีค่าเป็น 0 ก่อนการชั่งน้ำหนัก

ข.ใช้ forceps จับกระดาษกรอง

ค. ผ่าน anti static radiation source ทำซ้ำ ๆ ถ้ากระดาษกรองไม่หลุดออกจาก forceps โดยง่าย หรือถ้ากระดาษกรองถูกดูด เพราะไฟฟ้าสถิตจะเป็นเหตุให้ ค่าที่อ่านได้ผิดพลาดได้

3. ประกอบกระดาษกรองในตลับแล้วปิดให้มั่นคง ปิดจุกทุกช่องเปิดของตลับ ติดกระดาษกาวให้รอบตลับเขียนหมายเลขแล้วนำไปดูดความชื้น

4.ถอดส่วนประกอบของไซโคลนออกเพื่อทำความสะอาดก่อนที่จะมีการตรวจวัด

5. ประกอบตลับกระดาษกรองเข้ากับไซโคลน ตรวจสอบจุดเชื่อต่อของตลับกระดาษกรองและไซโคลนโดยยึดติดกันให้แน่น

การเก็บตัวอย่าง

1.ทำการปรับเทียบความถูกต้องของปั๊มเก็บตัวอย่าง กับ a representative sampler

2.ใช้อัตราการไหลของอากาศที่ 1.7 ลิตรต่อนาที โดยปริมาตรอากาศทั้งหมด 20 - 400 ลิตร

3. การเก็บตัวอย่างใช้เวลาตั้งแต่ 45 นาที ถึง 8 ชั่วโมง ควรทำการเก็บตัวอย่าง 2 – 4 ตัวอย่างในแต่ละจุด

การเตรียมตัวอย่าง

1.เช็ดฝุ่นภายนอกตลับด้วยกระดาษที่มีความชื้นและปนเปื้อนน้อย

2. ถอดจุกหัวท้ายออกจากตลับแล้วทำสมดุลภายในห้องสมดุลอย่างน้อย 2 ชม.

3. ถอดตลับแล้วนำกระดาษกรองออกมาโดยหลีกเลี่ยงการสูญเสียฝุ่น

การปรับเทียบความถูกต้องและการควบคุมคุณภาพ

1.ปรับเครื่องชั่งน้ำหนักให้มีค่าเป็น 0 ก่อนการชั่งน้ำหนักและใช้เครื่องชั่งน้ำหนักที่เหมือนกันทั้งก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง

2. ชุดของ replicate samples ควรถูกเปิดออกภายในสิ่งแวดล้อมที่มีฝุ่นชนิดเดียวกันทั้งในห้องปฏิบัติการฝุ่นและในภาคสนาม การควบคุมคุณภาพตัวอย่างต้องใช้เครื่องมือและขั้นตอนการเก็บตัวอย่างที่เหมือนกัน

การตรวจวัด

1.ชั่งน้ำหนักของกระดาษกรองและจดบันทึกน้ำหนักของตัวอย่างหลังการเก็บตัวอย่างแทนค่าด้วย W_2 (mg)

การคำนวณ

1. การคำนวณความเข้มข้นของปริมาณฝุ่นรวม , C (mg/m^3) , ในปริมาตรอากาศ V(L)

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1) * 10^3}{V}$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักของกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง (mg)

W_2 = น้ำหนักของกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง (mg)

B_1 = น้ำหนักของ blank ก่อนเก็บตัวอย่าง (mg)

B_2 = น้ำหนักของ blank หลังเก็บตัวอย่าง (mg)

V = ปริมาตรอากาศทั้งหมด ที่มีอัตราการไหลของอากาศเป็น 1.7 ลิตรต่อนาที

3.4.2 การทดสอบสมรรถภาพปอด สามารถทำได้ ดังนี้

การเตรียมผู้เข้ารับการตรวจ

1. ต้องไม่ออกกำลังกายอย่างย้อย 30 นาทีก่อนตรวจ
2. ไม่สวมเสื้อรัดทรวงอกและท้อง
3. หลีกเลี่ยงอาหารมื้อใหญ่อย่างน้อย 2 ชั่วโมง
1. หยุดสูบบุหรี่อย่างน้อย 24 ชั่วโมงก่อนการตรวจ
2. หยุดทานยาขยายหลอดลม

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ให้ผู้ถูกทดสอบยืดอก และศีรษะตั้งตรง โดยจะอยู่ในท่ายืน
2. ใส่ที่หนีบจมูก (nose clip) เพื่อให้ลมผ่านเข้าออกทางปากเท่านั้น
3. สูดหายใจเข้าเต็มที่ แล้วกลั้นไว้ 1 – 2 วินาที
4. เป่าลมออกอย่างแรงและเร็ว ผ่าน Mouth – piece ที่ต่อไว้กับเครื่องมือทดสอบสมรรถภาพปอด
5. เป่าลมออกไปจนหมดให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ โดยเป่านานอย่างน้อย 3 วินาทีในเด็ก ส่วนในผู้ใหญ่ควรต้องเป่านาน 6 วินาทีขึ้นไป โดยผู้ที่เป่าจะต้องไม่ไอและไม่แอบหายใจเข้าไปขณะที่เป่าออกแต่ละครั้ง
6. เป่าซ้ำแบบเดิมอย่างน้อย 3 ครั้ง โดยที่ค่าปริมาตรลมที่เป่าออกมาได้แต่ละครั้งควรแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 10 หลังจากนั้นจึงเลือกค่าปริมาตรลมที่เป่าออกมาได้มากที่สุดอย่างถูกขั้นตอนนำไปแปลผล

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้มาทั้งหมดจะทำการตรวจสอบความถูกต้อง แล้วนำมาลงรหัสเพื่อนำไปวิเคราะห์ทางสถิติด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. สถิติเชิงพรรณา เพื่อศึกษาการกระจายตัวของข้อมูลทั่วไป เช่น จำนวน ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. สถิติเชิงวิเคราะห์ ใช้สถิติ Paired t – test, Chi -- square test, ANOVA, Pearson Correlation ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 ลักษณะทั่วไปของประชากรที่ทำการศึกษา

ประชากรที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ เป็นผู้ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ฟาร์ม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทั้งหมดจำนวน 21 คน โดยมีระยะเวลาในการทำงานตั้งแต่ 08.00 – 17.00 น. ทำงาน 6 วันต่อสัปดาห์ เป็นเพศชาย 19 คน คิดเป็นร้อยละ 90.50 และเพศหญิง 2 คน คิดเป็นร้อยละ 9.50 มีอายุเฉลี่ย 32.57 $\pm$ 10.75 ปี ความสูงเฉลี่ย 167.05 $\pm$ 6.97 เซนติเมตร และมีน้ำหนักเฉลี่ย 62.10 $\pm$ 11.88 กิโลกรัม ร้อยละ 66.70 จะสัมผัสฝุ่นบริเวณที่พักอาศัย ร้อยละ 57.10 สัมผัสเสียงดัง และสัมผัสสารเคมีหรือไอระเหย ร้อยละ 28.60 ผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่ไม่ได้เลี้ยงสัตว์ในบริเวณที่พักอาศัยที่เป็นปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจ มีเพียงร้อยละ 14.30 ที่เลี้ยงแมวและร้อยละ 9.50 ที่เลี้ยงสุนัข และผู้ปฏิบัติงานมีการออกกำลังกายสม่ำเสมอ, ออกกำลังกายนาน ๆ ครั้ง และไม่ได้ออกกำลังกาย ในสัดส่วนที่ไม่แตกต่างกัน รายละเอียดของประชากรจำแนกตามลักษณะทั่วไป ดังแสดงในตารางที่ 1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 1_ลักษณะทั่วไปของประชากร

ลักษณะทั่วไป	ประชากร			
	จำนวน	ร้อยละ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. จำนวนตัวอย่าง	21	100.00		
- ฝ่ายผลิต	18	85.71		
- ฝ่ายธุรการ	3	14.29		
2. อายุ (ปี)			32.57	10.75
3. เพศ				
- ชาย	19	90.50		
- หญิง	2	9.50		
4. ความสูง(เซนติเมตร)			167.05	6.97
5. น้ำหนัก(กิโลกรัม)			62.10	11.88
6. บริเวณโดยรอบที่พักอาศัย				
- สัมผัสฝุ่น	14	66.70		
- สัมผัสสารเคมีหรือไอระเหย	6	28.60		
- สัมผัสเสียงดัง	12	57.10		
- อื่น ๆ	1	4.80		
7. ท่านเลี้ยงสัตว์ประเภท				
- แมว	3	14.30		
- สุนัข	2	9.50		
- ไม่ได้เลี้ยง	16	76.19		
8. การออกกำลังกาย				
- ไม่ได้ออกกำลังกาย	7	33.30		
- สม่ำเสมอทุกวัน	6	28.60		
- น้อยกว่าสัปดาห์ละ 3 วัน	1	4.80		
- นาน ๆ ครั้ง	7	33.30		

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2 ข้อมูลประวัติการทำงานของประชากร

ลักษณะทั่วไป	ประชากร			
	จำนวน	ร้อยละ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. ประสบการณ์การทำงานที่ผ่านมา (ปี)			3.62	1.72
2. ระยะเวลาการทำงานในหน้าที่ปัจจุบัน (ปี)			3.48	1.36
3. จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน			8.00	0.00
4. ทำงานล่วงเวลา (ชม./สัปดาห์)			7.05	5.07
5. ปัจจัยเสี่ยงที่ได้รับสัมผัสจากงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี				
- สัมผัสฝุ่น				
- มาก	20	95.24		
- ปานกลาง	1	4.76		
- น้อย	0	0.00		
- สัมผัสสารเคมี				
- มาก	3	14.29		
- ปานกลาง	9	42.86		
- น้อย	9	42.86		
- สัมผัสเสียงดัง				
- มาก	16	76.19		
- ปานกลาง	4	19.05		
- น้อย	1	4.76		

ตารางที่ 2 ข้อมูลประวัติการทำงานของกลุ่มตัวอย่าง (ต่อ – 1)

ลักษณะทั่วไป	กลุ่มตัวอย่าง			
	จำนวน	ร้อยละ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
- สัมผัสความร้อน				
- มาก	6	28.57		
- ปานกลาง	9	42.86		
- น้อย	6	28.57		
- สัมผัสความสั่นสะเทือน				
- มาก	3	14.29		
- ปานกลาง	10	47.62		
- น้อย	8	38.10		
- ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ				
- มาก	10	47.62		
- ปานกลาง	6	28.57		
- น้อย	5	23.81		
6. การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตราย				
ส่วนบุคคล				
- ไม่ใช้	2	9.50		
- ใช้ผ้าปิดจมูก	19	90.50		

ผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 70 ประเมินว่าฝุ่นและเสียงดังเป็นปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบมาก มากกว่าร้อยละ 40 ประเมินว่าการสัมผัสสารเคมี, ความร้อน, ความสั่นสะเทือน เป็นปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบในระดับปานกลาง และร้อยละ 47 ประเมินว่าการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ เป็นปัญหาที่พบบ่อยจากการทำงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ และผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่ร้อยละ 90.50 ใช้ผ้าปิดจมูกในการป้องกันอันตรายที่เกิดจากการสัมผัสฝุ่นในขณะปฏิบัติงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3 พฤติกรรมการสูบบุหรี่

ลักษณะทั่วไป	ประชากร			
	จำนวน	ร้อยละ	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1. พฤติกรรมการสูบบุหรี่				
- ไม่เคยสูบ	11	52.38		
- ปัจจุบันสูบ	10	47.62		
2. ระยะเวลาการสูบบุหรี่ (ปี)			14.00	5.64
3. ปริมาณการสูบบุหรี่ (มวน/วัน)			12.90	5.02
6. ชนิดของบุหรี่ที่สูบ				
- ยาเส้นหรือบุหรี่แบบธรรมดา ไม่มีก้นกรอง	5	50.00		
- บุหรี่แบบก้นกรอง	5	50.00		
7. ลักษณะการสูบบุหรี่				
- อัดควันเข้าปอด	5	50.00		
- สูบพ่นออกมา	5	50.00		

ผู้ปฏิบัติงานสูบบุหรี่ คิดเป็นร้อยละ 47.62 และไม่สูบบุหรี่ คิดเป็นร้อยละ 52.38 โดยมีระยะเวลาการสูบบุหรี่เฉลี่ย 14 $\pm$ 5.64 ปี ปริมาณการสูบบุหรี่ 12.90 $\pm$ 5.02 มวนต่อวัน ซึ่งมีการสูบบุหรี่แบบยาเส้นหรือบุหรี่แบบธรรมดาไม่มีก้นกรอง และบุหรี่แบบมีก้นกรองในสัดส่วนที่เท่ากัน คือ ร้อยละ 50 โดยมีลักษณะการสูบบุหรี่แบบอัดควันเข้าปอดและสูบพ่นออกมา ร้อยละ 50 เท่ากัน

ตารางที่ 4 ประวัติการเจ็บป่วยและอาการแสดงอาการโรคระบบทางเดินหายใจ

ลักษณะทั่วไป	ประชากร	
	จำนวน	ร้อยละ
1. ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่		
- ไม่มี	18	85.71
- มี	3	14.29
2. ท่านเคยเป็นโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจหรือไม่		
- ไม่เคย	16	76.19
- เคย	5	23.81
3. ท่านเคยประสบอุบัติเหตุ ได้รับบาดเจ็บบริเวณอก ช่องท้องด้านบนหรือไม่		
- ไม่เคย	17	80.95
- เคย	4	19.05
4. ท่านมีอาการคัดจมูกในตอนเช้าของวันแรก ที่มาทำงานหรือไม่		
- ไม่มี	17	80.95
- มี	4	19.05
5. ท่านมีอาการคัดจมูกในตอนเช้าของทุกวันหรือไม่		
- ไม่มี	19	90.48
- มี	2	9.52
6. ท่านมีอาการคัดจมูกตอนกลางวันขณะทำงานหรือไม่		
- ไม่มี	21	100.00
- มี	0	0.00

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4 ประวัติการเจ็บป่วยและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ (ต่อ – 1)

ลักษณะทั่วไป	ประชากร	
	จำนวน	ร้อยละ
7. ท่านมีอาการคัดจมูกในตอนเย็นหลังเลิกงาน หรือในตอนดึกหรือไม่		
- ไม่มี	20	95.24
- มี	1	4.76
8. ท่านมีอาการไอในตอนเช้าของวันแรก ที่มาทำงานหรือไม่		
- ไม่มี	20	95.24
- มี	1	4.76
9. ท่านมีอาการไอในตอนเช้าของทุกวันหรือไม่		
- ไม่มี	21	100.00
- มี	0	0.00
10. ท่านมีอาการไอตอนกลางวันขณะทำงานหรือไม่		
- ไม่มี	20	95.24
- มี	1	4.76
11. ท่านมีอาการไอตอนเย็นหลังเลิกงาน หรือในตอนดึกหรือไม่		
- ไม่มี	20	95.24
- มี	1	4.76
12. ท่านมีเสมหะในตอนเช้าของวันแรก ที่มาทำงานหรือไม่		
- ไม่มี	19	90.48
- มี	2	9.52

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4 ประวัติการเจ็บป่วยและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ (ต่อ – 2)

ลักษณะทั่วไป	ประชากร	
	จำนวน	ร้อยละ
13. ท่านมีเสมหะในตอนเช้าของทุกวันหรือไม่		
- ไม่มี	20	95.24
- มี	1	4.76
14. ท่านมีเสมหะตอนกลางวันขณะทำงานหรือไม่		
- ไม่มี	21	100.00
- มี	0	0.00
15. ท่านมีเสมหะตอนเย็นหลังเลิกงาน หรือในตอนดึกหรือไม่		
- ไม่มี	19	90.48
- มี	2	9.52
16. ท่านมีอาการแน่นหน้าอกในตอนเช้าของวันแรกที่มาทำงานหรือไม่		
- ไม่มี	20	95.24
- มี	1	4.76
17. ท่านมีอาการแน่นหน้าอกในตอนเช้าของทุกวันหรือไม่		
- ไม่มี	20	95.24
- มี	1	4.76
18. ท่านมีอาการแน่นหน้าอกตอนกลางวันขณะทำงานหรือไม่		
- ไม่มี	20	95.24
- มี	1	4.76
19. ท่านมีอาการแน่นหน้าอกตอนเย็นหลังเลิกงาน หรือในตอนดึกหรือไม่		
- ไม่มี	21	100.00
- มี	0	0.00

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4 ประวัติการเจ็บป่วยและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ (ต่อ – 3)

ลักษณะทั่วไป	ประชากร	
	จำนวน	ร้อยละ
20. ท่านมีอาการหายใจไม่ออกในตอนเช้าของวันแรกที่มาทำงานหรือไม่		
- ไม่มี	20	95.24
- มี	1	4.76
21. ท่านมีอาการหายใจไม่ออกในตอนเช้าของทุกวันหรือไม่		
- ไม่มี	21	100.00
- มี	0	0.00
22. ท่านมีอาการหายใจไม่ออกตอนกลางวันขณะทำงานหรือไม่		
- ไม่มี	21	100.00
- มี	0	0.00
23. ท่านมีอาการหายใจไม่ออกตอนเย็นหลังเลิกงานหรือในตอนดึกหรือไม่		
- ไม่มี	21	100.00
- มี	0	0.00
24. ท่านมีอาการหายใจมีเสียงหวีดในตอนเช้าของวันแรกที่มาทำงานหรือไม่		
- ไม่มี	21	100.00
- มี	0	0.00
25. ท่านมีอาการหายใจมีเสียงหวีดในตอนเช้าของทุกวันหรือไม่		
- ไม่มี	21	100.00
- มี	0	0.00
26. ท่านมีอาการหายใจมีเสียงหวีดตอนกลางวันขณะทำงานหรือไม่		
- ไม่มี	21	100.00
-มี	0	0.00

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4 ประวัติการเจ็บป่วยและอาการแสดงของโรคระบบทางเดินหายใจ (ต่อ – 4)

ลักษณะทั่วไป	ประชากร	
	จำนวน	ร้อยละ
27. ท่านมีอาการหายใจมีเสียงหวีดตอนเย็นหลังเลิกงาน หรือในตอนดึกหรือไม่		
- ไม่มี	21	100.00
- มี	0	0.00
28. ท่านไอเป็นประจำหรือไม่		
- ไม่มี	18	85.71
- มี	3	14.29
29. ท่านมีเสมหะหรือไม่		
- ไม่มี	14	66.67
- มีเล็กน้อย	7	33.33
- มีมาก	0	0.00
30. ท่านมีอาการเจ็บหน้าอกหรือไม่		
- ไม่มี	20	95.24
- มี เมื่อทำงานหนัก	1	4.76
31. ลักษณะการหายใจของท่านเป็นปกติหรือไม่		
- ปกติ	19	90.48
- หอบเหนื่อย ขณะทำงาน	2	9.52
32. ท่านเคยได้รับการตรวจสมรรถภาพปอดหรือไม่		
- ไม่เคย	5	23.81
- เคย	16	76.19

มีผู้ปฏิบัติงานน้อยกว่าร้อยละ 19.05 ที่มีแนวโน้มว่าจะมีความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจแบบหลอดลมอุดกั้น (Obstructive pattern) และมีผู้ปฏิบัติงานเพียงร้อยละ 14.29 ที่มีแนวโน้มว่าจะมีความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจแบบจำกัดการขยายตัว (Restrictive pattern)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2 ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจ

การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อประเมินปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจได้ (Respirable dust) โดยทำการเก็บตัวอย่างอากาศแบบติดตัวบุคคล (personal sampling) เมื่อวันที่ 19 มีนาคม – 25 มีนาคม พ.ศ. 2546 ผลการตรวจวัดดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจ ณ โรงงานผลิตอาหารสัตว์

ลำดับที่	ลักษณะงาน	จำนวนตัวอย่าง	ปริมาณความเข้มข้นฝุ่น (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตรอากาศ)
1	หลุมเทวัตถุดิบ	1	1.4706
2.	ห้องควบคุม	1	0.4905
3.	จุดบรรจุ	1	3.9216
4.	จุดเตรียมสารเสริม	1	0.0000
5.	จุดปล่อยกากน้ำตาล	1	5.3922
6.	ห้องธุรการ	1	1.9643
	เฉลี่ย		**2.2065**
	F-ratio = 0.0000	**d.f. = 5**	**P-value = 0.000**

ค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจ (Respirable Dust) มีค่า 2.2065 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ ซึ่งเมื่อเทียบกับมาตรฐานของประกาศกระทรวงมหาดไทย ซึ่งกำหนดให้ใน 8 ชั่วโมงการทำงานไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ พบว่าส่วนใหญ่มีค่าไม่เกินมาตรฐาน แต่ในจุดปล่อยกากน้ำตาลเกินมาตรฐานที่กำหนด และเมื่อทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจได้พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value = 0.00)

4.3 ค่าสมรรถภาพปอด

การตรวจวัดสมรรถภาพปอดของกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา ก่อนทำงานและหลังเลิกงานของพนักงานทุกคน ซึ่งค่าสมรรถภาพปอดที่นำมาใช้วิเคราะห์ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วยค่า Forced Vital Capacity (FVC), Forced Expiratory Volume in one second (FEV_1), Forced Expiratory Ratio (FEV_1/FVC) และค่า Forced Expiratory Flow 25 – 75 %($FEF_{25-75\%}$) ผลการตรวจวัดแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบค่าสมรรถภาพปอดของระหว่างก่อนทำงานและหลังเลิกงาน

ค่าสมรรถภาพปอด	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t-test	df	p-value	ผล
1. ค่า Forced Vital Capacity (FVC) (ลิตร)							
- ก่อนทำงาน	21	3.49	0.644	1.621	20	0.121	NS
- หลังเลิกงาน	21	3.31	0.762				
2. ค่า Forced Expiratory Volume in one second (FEV_1) (ลิตร)							
- ก่อนทำงาน	21	3.30	0.729	0.899	20	0.380	NS
- หลังเลิกงาน	21	3.19	0.665				
3. ค่า Forced Expiratory Ratio (FEV_1/FVC) (%)							
- ก่อนทำงาน	21	94.76	11.753	-0.833	20	0.415	NS
- หลังเลิกงาน	21	96.99	5.000				
4. ค่า Forced Expiratory Flow 25 – 75 % ($FEF_{25-75\%}$) (ลิตร/วินาที)							
- ก่อนทำงาน	21	5.06	1.653	0.015	20	0.988	NS
- หลังเลิกงาน	21	5.05	1.480				

การศึกษาเปรียบเทียบค่าสมรรถภาพปอดระหว่างก่อนเข้าทำงานและหลังเลิกงาน พบว่า ค่า FVC, ค่า FEV_1 และค่า FEF 25 – 75% ก่อนทำงานมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าหลังเลิกงาน แต่จากการทดสอบทางสถิติพบว่าค่า FVC, FEV_1 , FEV_1/FVC และค่า FEF 25 – 75% ก่อนทำงานและหลังเลิกงานไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P – value > 0.05)

ตารางที่ 7 การเปรียบเทียบความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดก่อนเข้าทำงานแยกตามลักษณะงาน

กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา	ค่าสมรรถภาพปอด			
	ปกติ		ผิดปกติ	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
1. จุดเตรียมวัตถุดิบ	4	66.67	2	33.33
2. ห้องควบคุม	1	50.00	1	50.00
3. จุดบรรจุ	4	66.67	2	33.33
4. จุดเตรียมสารเสริม	1	50.00	1	50.00
5. จุดปล่อยกากน้ำตาล	1	50.00	1	50.00
6. ห้องธุรการ	0	0.00	3	100.00
รวม	**11**	**52.48**	**10**	**47.62**

$X^2 = 4.295$ **df = 5** **P – value = 0.508**

จากการเปรียบเทียบความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดก่อนเข้าทำงานแยกตามลักษณะงาน พบว่า ค่าสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานในแต่ละลักษณะงานมีความผิดปกติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P – value = 0.508)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดหลังเลิกงานแยกตามลักษณะงาน

กลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา	ค่าสมรรถภาพปอด			
	ปกติ		ผิดปกติ	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
1. จุดเตรียมวัตถุดิบ	3	50.00	3	50.00
2. ห้องควบคุม	1	50.00	1	50.00
3. จุดบรรจุ	3	50.00	3	50.00
4. จุดเตรียมสารเสริม	1	50.00	1	50.00
5. จุดปล่อยกากน้ำตาล	1	50.00	1	50.00
6. ห้องธุรการ	1	33.33	2	66.67
รวม	**10**	**47.62**	**11**	**52.48**

X^2 = 0.583 df = 5 P – value = 0.989

จากการเปรียบเทียบความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดหลังเลิกงานแยกตามลักษณะงาน พบว่า ค่าสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานในแต่ละลักษณะงานมีความผิดปกติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P – valuc = 0.989)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดระหว่างก่อนเข้าทำงานและหลังเลิกงาน

เวลาที่ตรวจ	ค่าสมรรถภาพปอด		
	ปกติ	ผิดปกติ	รวม
ก่อนทำงาน	11	10	21
หลังเลิกงาน	10	11	21
$X^2 = 0.095$	df = 1	P-value = 0.758	

จากการเปรียบเทียบความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดก่อนทำงานและหลังเลิกงาน พบว่า หลังเลิกงานมีจนวนผู้ที่มีความผิดปกติเพิ่มขึ้น 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4.76 แต่เมื่อทำการทดสอบทางสถิติแล้ว ค่าสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานก่อนทำงานและหลังเลิกงานมีความผิดปกติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P – value = 0.758)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 10 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจกับค่าสมรรถภาพปอด

ตัวแปรที่ศึกษา	ค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r)	P-value
ฝุ่น + FVC	- 0.183	0.427
ฝุ่น + FEV_1	- 0.223	0.331
ฝุ่น + FEV_1/FVC	- 0.030	0.896
ฝุ่น + $FEF_{25-75\%}$	0.208	0.366

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจกับค่าสมรรถภาพปอด ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson Correlation)พบว่า

1. ปริมาณความเข้มข้นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจมีความสัมพันธ์กับค่า FVC ในทิศทางแปรผกผันกันระดับเล็กน้อย (r = -0.183) หมายความว่า เมื่อปริมาณความเข้มข้นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น ค่าสมรรถภาพปอดจะลดลง

2. ปริมาณความเข้มข้นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจมีความสัมพันธ์กับค่า FEV_1 ในทิศทางแปรผกผันกันระดับเล็กน้อย (r = -0.223) หมายความว่า เมื่อปริมาณความเข้มข้นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น ค่าสมรรถภาพปอดจะลดลง

3. ปริมาณความเข้มข้นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจไม่มีความสัมพันธ์กับค่า FEV_1/FVC (r = -0.030)

4. ปริมาณความเข้มข้นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจมีความสัมพันธ์กับค่า $FEF_{25-75\%}$ ในทิศทางแปรผันตามกันระดับเล็กน้อย (r = 0.208) หมายความว่า เมื่อปริมาณความเข้มข้นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจเพิ่มขึ้น ค่าสมรรถภาพปอดจะเพิ่มขึ้น

บทที่ 5
อภิปราย สรุป และข้อเสนอแนะ

5.1 อภิปรายผลการศึกษา

5.1.1 ผลการศึกษา

1) ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจ ทำการเก็บตัวอย่างแยกตามลักษณะงาน พบว่าปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่หลุมเทวัตถุดิบ มีค่า 1.4706 mg/m^3 ห้องควบคุมมีค่าความเข้มข้นฝุ่น 0.4905 mg/m^3 จุดบรรจุมีค่าความเข้มข้นฝุ่นเป็น 3.9216 mg/m^3 จุดปล่อยกากน้ำตาลมีค่าความเข้มข้นฝุ่นเป็น 5.3922 mg/m^3 ห้องธุรการมีค่าความเข้มข้นฝุ่นเป็น 1.9643 mg/m^3 และไม่พบค่าความเข้มข้นฝุ่นในบริเวณจุดเตรียมสารเสริม จากผลที่ได้ พบว่าจุดปล่อยกากน้ำตาลมีค่าความเข้มข้นฝุ่นเกินมาตรฐานเมื่อเทียบกับประกาศกระทรวงมหาดไทยซึ่งกำหนดให้มีปริมาณความเข้มข้นใน 8 ชั่วโมงการทำงานไม่เกิน 5 mg/m^3 แต่ในจุดเตรียมสารเสริมที่อยู่ในกระบวนการผลิตไม่พบค่าความเข้มข้นฝุ่นนั้น ควรทำการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นฝุ่นซ้ำอีกครั้ง เพื่อเป็นการยืนยันผล และเมื่อทำการทดสอบทางสถิติแล้ว พบว่าปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจแยกตามลักษณะงานมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value = 0.00) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของพรพรรณ, 2542 (6) ที่ศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเสื่อมสมรรถภาพปอดของคนงานที่ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ซึ่งทำการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นฝุ่นเข้าสู่ทางเดินหายใจที่กลุ่มตัวอย่างสัมผัสแยกตามลักษณะงานพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P-value<0.05)

2) ค่าสมรรถภาพปอดของประชากรที่ทำการศึกษา ประกอบด้วยค่า Forced Vital Capacity (FVC), Forced Expiratory Volume in one second (FEV_1), Forced Expiratory Ratio (FEV_1/FVC) และค่า Forced Expiratory Flow 25 – 75 %($FEF_{25-75\%}$)

-ค่าสมรรถภาพปอดของประชากรที่ศึกษาเปรียบเทียบก่อนทำงานและหลังเลิกงาน พบว่า ค่าปริมาตรอากาศสูงสุดที่หายใจออกอย่างรวดเร็วและเต็มที่ ภายหลังการหายใจเข้าอย่างเต็มที่ (FVC), ค่าปริมาตรอากาศที่หายใจออกอย่างเต็มที่ ใน 1 วินาที ภายหลังจากการหายใจเข้าอย่างเต็มที่ (FEV_1) และค่าอัตราเฉลี่ยการไหลของอากาศระหว่างช่วงกลางของปริมาตรอากาศทั้งหมดที่หายใจออก ก่อนทำงานมีค่าเป็น 3.49 ลิตร,3.30 ลิตร และ 5.06 ลิตรต่อนาที ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยสูง

กว่าหลังเลิกงานซึ่งมีค่าเป็น 3.31 ลิตร, 3.19 ลิตรและ 5.05 ลิตรต่อนาที แต่เมื่อทำการทดสอบทางสถิติแล้ว พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value > 0.05)

-การเปรียบเทียบความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดก่อนเข้าทำงานแยกตามลักษณะงาน พบว่า ผู้ปฏิบัติงานมีความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอด ดังนี้ ร้อยละ 33.33 เป็นผู้ปฏิบัติงานในจุดเตรียมวัตถุดิบและจุดบรรจุ ร้อยละ 50 เป็นผู้ปฏิบัติงานในห้องควบคุม, จุดเตรียมสารเสริม และจุดปล่อยกากน้ำตาล ร้อยละ 100 เป็นผู้ปฏิบัติงานในห้องธุรการ ซึ่งผลที่ได้จากการตรวจวัดนั้นมีความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดมีแตกต่างกันตามลักษณะงาน แต่เมื่อทำการทดสอบทางสถิติแล้ว ค่าสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานในแต่ละลักษณะงานมีความผิดปกติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P – value = 0.508) อย่างไรก็ตามค่าความผิดปกติของสมรรถภาพปอดที่ได้ก่อนเข้าทำงาน อาจจะมีปัจจัยอื่นที่ทำให้เกิดความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอด เช่น การสูบบุหรี่ ดังนั้นควรมีการควบคุมปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวด้วย

-การเปรียบเทียบความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดหลังเลิกงานแยกตามลักษณะงาน พบว่า มีผู้ปฏิบัติงานที่มีความผิดปกติเพิ่มขึ้นจากความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดก่อนเข้าทำงาน 2 คน คือ ในจุดเตรียมวัตถุดิบ 1 คน และจุดบรรจุ 1 คน ซึ่งร้อยละความผิดปกติในแต่ละลักษณะงานมีสัดส่วนใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 50 แต่เมื่อทำการทดสอบทางสถิติแล้ว ค่าสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานในแต่ละลักษณะงานมีความผิดปกติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P – value = 0.989)

-การเปรียบเทียบความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดก่อนทำงานและหลังเลิกงาน พบว่า ก่อนเข้าทำงานมีจำนวนผู้ที่มีค่าสมรรถภาพปอดปกติ 11 คน และมีค่าสมรรถภาพปอดผิดปกติ จำนวน 10 คน และหลังจากเลิกงาน พบว่ามีจำนวนผู้ที่มีค่าสมรรถภาพปอดผิดปกติ เพิ่มขึ้น 1 คน แต่เมื่อทำการทดสอบทางสถิติแล้ว ค่าสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานก่อนทำงานและหลังเลิกงานมีความผิดปกติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P – value = 0.758)

-การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจกับค่าสมรรถภาพปอด พบว่าปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจมีความสัมพันธ์กันในระดับเล็กน้อยในทิศทางแปรผกผันกับค่า FVC , FEV_1 และค่า FEV_1/FVC แสดงว่าถ้าปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจมีค่าสูงขึ้น ค่าสมรรถภาพปอดจะลดลง

จากผลการศึกษาที่ได้ทำให้ปฏิเสธสมมติฐานที่กล่าวว่าค่าสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานก่อนเข้าทำงานมีค่าแตกต่างกับค่าสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานหลังเลิกงาน อาจเนื่องมาจากจำนวนประชากรที่ศึกษามีจำนวนน้อยจึงทำให้มีการกระจายของข้อมูลมีน้อย และค่าสมรรถภาพปอดที่ได้จากการศึกษานั้นอาจมีปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องนอกจากปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่ผู้

ปฏิบัติงานสัมผัส เช่น เพศ อายุ ระยะเวลาการทำงานที่สัมผัสกับฝุ่น โรคระบบทางเดินหายใจ พฤติกรรมการสูบบุหรี่ ซึ่งทำให้ค่าสมรรถภาพปอดมีความแตกต่างกัน

5.1.2 วิธีดำเนินการศึกษา

1) รูปแบบการศึกษา

รูปแบบการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง (Cross sectional study) ดังนั้นการเก็บข้อมูลในการศึกษาจะไม่สามารถทราบได้ว่ามีจำนวนตัวอย่างเท่าใดที่มีค่าสมรรถภาพปอดปกติหรือมีค่าสมรรถภาพปอดไม่ปกติ แต่จะทราบได้ก็ต่อเมื่อได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและทำการตรวจวัด ข้อดีของการศึกษารูปแบบนี้ คือ รูปแบบทำได้ง่าย รวดเร็ว ข้อเสีย คือ ไม่สามารถกำหนดจำนวนตัวอย่างที่มีค่าสมรรถภาพปอดปกติและไม่ปกติให้เท่ากันได้

2) การเก็บตัวอย่างอากาศ

ในการศึกษาครั้งนี้ทำการเก็บตัวอย่างปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจ โดยเก็บตัวอย่างใน 6 ลักษณะงาน ควรมีการเก็บตัวอย่างซ้ำในจุดเดิมเพื่อยืนยันผลที่ได้จากการตรวจวัดให้มีความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้น

3) การตรวจสมรรถภาพปอด

ในการตรวจสมรรถภาพปอดผู้ทำการศึกษามีผู้ช่วยในการตรวจ ซึ่งความผิดพลาดของข้อมูลที่ได้มาอาจจะเกิดจากเทคนิคของผู้ทำการตรวจ หรือการกรอกข้อมูลที่ผิดพลาดไป

5.2 สรุปผลการศึกษา

1) การตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจ ซึ่งได้ทำการเก็บในแต่ละลักษณะงาน พบว่าปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจได้ คือ จุดเตรียมวัตถุดิบ ห้องควบคุม จุดเตรียมสารเสริม จุดบรรจุ และห้องธุรการมีค่าความเข้มข้นของฝุ่นไม่เกินมาตรฐานของประกาศกระทรวงมหาดไทย คือไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ ใน 8 ชั่วโมงการทำงาน แต่ในจุดปล่อยกากน้ำตาลมีค่าเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนดไว้ และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจในแต่ละลักษณะงานพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value = 0.00)

2) ค่าสมรรถภาพปอดของประชากรที่ทำการศึกษา ประกอบด้วยค่า Forced Vital Capacity (FVC), Forced Expiratory Volume in one second (FEV_1), Forced Expiratory Ratio (FEV_1/FVC) และค่า Forced Expiratory Flow 25 – 75 %($FEF_{25-75\%}$) มีผลการศึกษา ดังนี้

-ค่าสมรรถภาพปอดของประชากรที่ศึกษาเปรียบเทียบก่อนทำงานมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่าเฉลี่ยค่าสมรรถภาพปอดหลังเลิกงาน แต่เมื่อทำการทดสอบทางสถิติแล้ว พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P-value > 0.05)

-การเปรียบเทียบความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดก่อนเข้าทำงานแยกตามลักษณะงาน พบว่า ความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดมีค่าแตกต่างกัน แต่เมื่อทำการทดสอบทางสถิติแล้ว พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P – value = 0.508)

-การเปรียบเทียบความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดหลังเลิกงานแยกตามลักษณะงาน พบว่า ความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดมีค่าแตกต่างกัน แต่เมื่อทำการทดสอบทางสถิติแล้ว พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P – value = 0.989)

-การเปรียบเทียบความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดก่อนทำงานและหลังเลิกงาน พบว่า ความผิดปกติของค่าสมรรถภาพปอดมีค่าแตกต่างกัน แต่เมื่อทำการทดสอบทางสถิติแล้ว ค่าสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานก่อนทำงานและหลังเลิกงานมีความผิดปกติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P – value = 0.758)

-การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจกับค่าสมรรถภาพปอด พบว่าปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจมีความสัมพันธ์กันในระดับเล็กน้อยในทิศทางแปรผกผันกับค่า FVC , FEV_1 และค่า FEV_1/FVC แสดงว่าถ้าปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจมีค่าสูงขึ้น ค่าสมรรถภาพปอดจะลดลง

5.3 ข้อเสนอแนะ

1) ข้อเสนอแนะในการนำผลการศึกษาไปใช้

1.1) จากการศึกษาพบว่าปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจในจุดปล่อยกากน้ำตาลมีค่าเกินกว่าที่มาตรฐานกำหนด ดังนั้นจึงควรมีการจัดหาหน้ากากป้องกันฝุ่นแทนผ้าปิดจมูกที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ผู้ปฏิบัติงานสัมผัสกับฝุ่นที่อาจก่อให้เกิดโรคปอดจากการประกอบอาชีพได้

1.2) ข้อมูลจากการตรวจสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานทางด้านสุขภาพและใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบในการตรวจสมรรถภาพปอดในปีต่อไป

2) ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

2.1) การศึกษาในครั้งต่อไปควรศึกษาแบบไปข้างหน้า (Prospective study) โดยใช้ข้อมูลจากการศึกษาในครั้งนี้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาต่อไป เพื่อติดตามผลและเฝ้าระวังการ

ตรวจสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีต่อไป

2.2) ควรศึกษาถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อสมรรถภาพปอด เช่น เพศ อายุ การสูบบุหรี่ ระยะเวลาการทำงานที่สัมผัสกับฝุ่น เป็นต้น

บรรณานุกรม

กองอาชีวอนามัย. **รายงานวิจัยเรื่อง สภาพแวดล้อมการทำงาน สภาวะทันตสุขภาพและสมรรถภาพปอดของคนงานในโรงงานผลิตกรดกำมะถัน**, 2537.

กัลยา วานิชย์บัญชา. **การวิเคราะห์ข้อมูลด้วย SPSS for Windows**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542 .

ธวัชชัย วรพงศธร.**หลักการวิจัยทางสาธารณสุขศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 4 . กรุงเทพ ฯ : สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. , 2543

นพมาศ หริมเทพาธิป.**การเสื่อมสมรรถภาพปอดของประชาชนที่อาศัยในพื้นที่ที่มีกิจกรรมการระเบิดและย่อยหิน กรณีศึกษา ตำบลหน้าพระลาน อำเภอเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสระบุรี**, 2541

บุญรักษ์ นวลศรี .สภาวะฝุ่นละอองในสภาพแวดล้อมและฝุ่นขนาดที่สามารถเข้าสู่ทางเดินหายใจได้ที่ตำรวจจราจรได้รับในเขตเทศบาลนครขอนแก่น, 2540.

พรพรรณ วัชรวิทูร.**ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเสื่อมสมรรถภาพปอดของคนงานที่ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์** , 2542.

ไพบูลย์ โล่ห์สุนทร. ระบาดวิทยา.พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพ ฯ :สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

ศิริชัย กาญจนวาสี. **การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS สำหรับงานวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมาย**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ :โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2543.

สมเกียรติ วงษ์ทิมและคณะ. ตำราโรคปอด 1 โรคปอดจากสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพ ฯ : คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

อัมพรพรรณ ธีรานุตร, **โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง**. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ศิริภัณฑ์ ออฟเซ็ท .ขอนแก่น, 2542.

Corey P. **Grain elevator workers show work – related pulmonary function changes and dose – effect**. Br J Ind Med, 1982.

Heederik D. **Dust – related in lung function among animal feed workers**. Am J Ind Med, 1994.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก. แผนผังโรงงานผลิตอาหารสัตว์
ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข. แบบสอบถาม

ภาคผนวก ค. PARTICULATES NOT OTHERWISE
REGULATED,RESPIRABLE METHOD

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

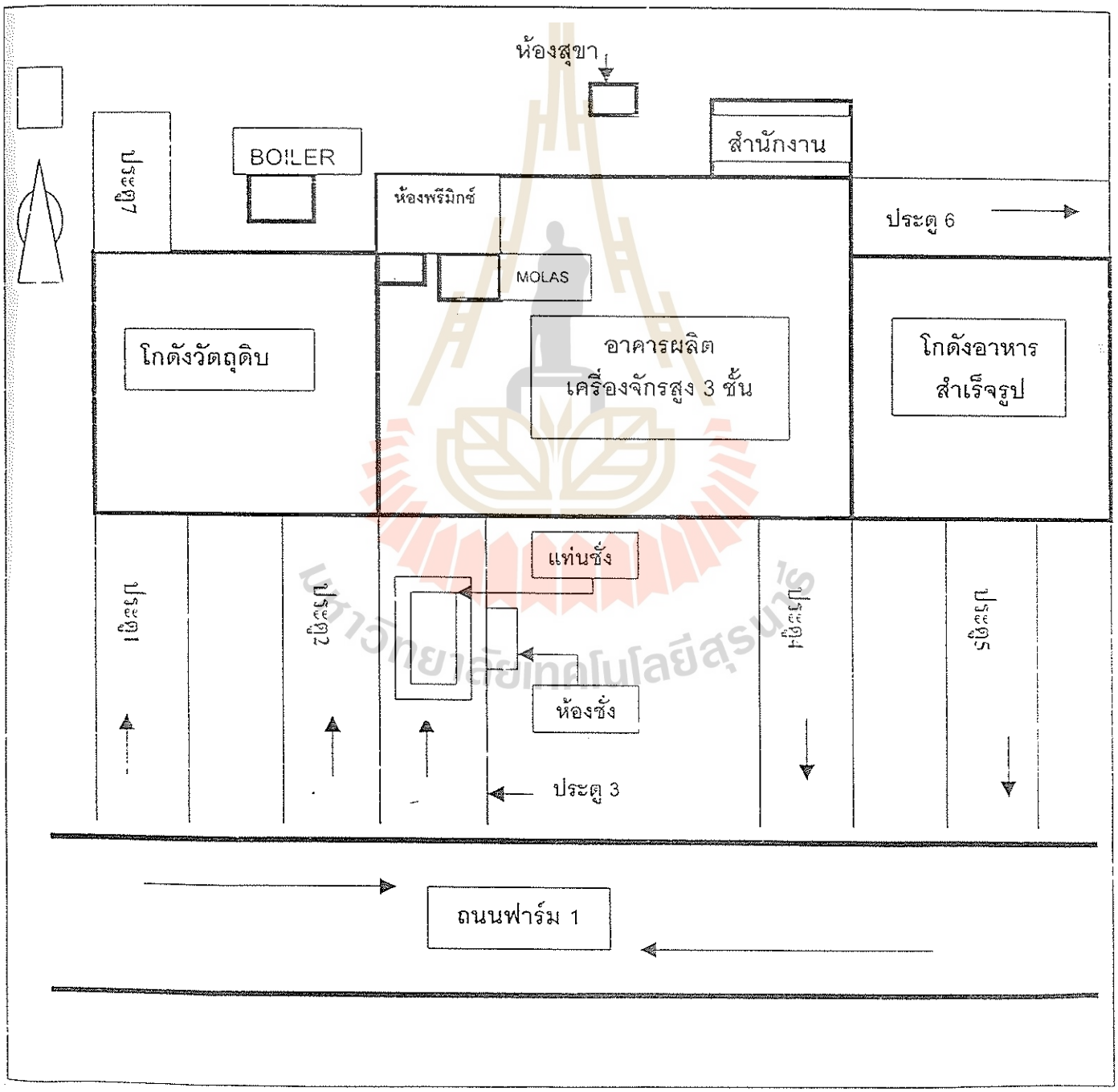
ภาคผนวก ก.

แผนผังโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี งานโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ฟาร์มมหาวิทยาลัย				
เรื่อง	เลขที่	แก้ไขครั้งที่	วันที่บังคับใช้	หน้า
แผนผังโรงงานผลิตอาหารสัตว์	RF-P	0		1/1

จัดทำโดย	ตรวจสอบโดย	อนุมัติโดย
คณะกรรมการดำเนินงาน GMP	นายชิราวุฒิ ชุณหปราณ	นายเมธา ทองสุก

แผนผังงานโรงงานผลิตอาหารสัตว์

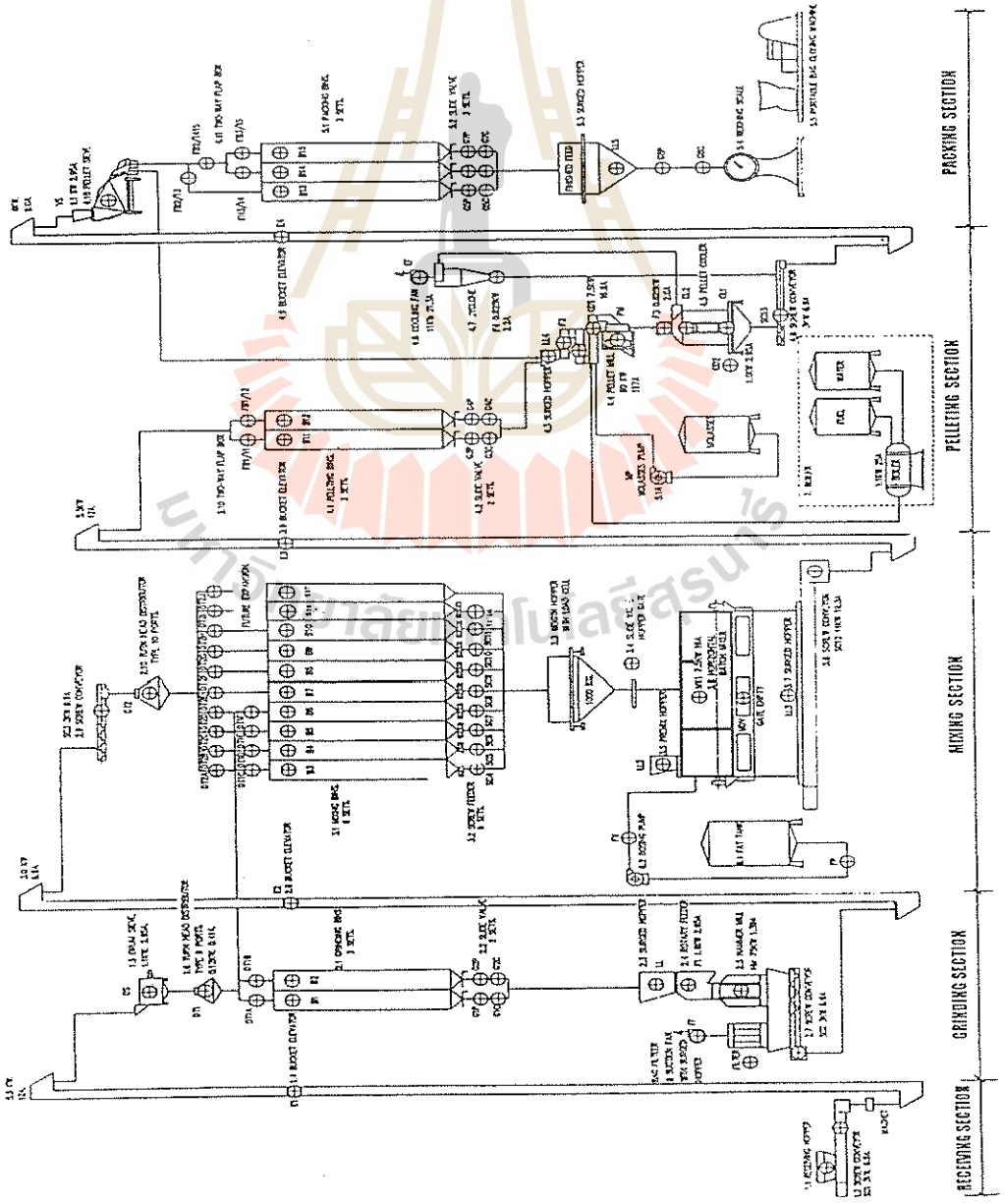


มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี งานโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ฟาร์มมหาวิทยาลัย				
เรื่อง	เลขที่	แก้ไขครั้งที่	วันที่บังคับใช้	หน้า
คู่มือคุณภาพ	QM 01	0	1 ก.พ. 2545	1/20

จัดทำโดย	ตรวจสอบโดย	อนุมัติโดย
คณะกรรมการดำเนินงาน GMP	นายชิราวุฒิ ชุณหปราณ	นายเมธา ทองสุก

แผนผังแสดงกระบวนการผลิต

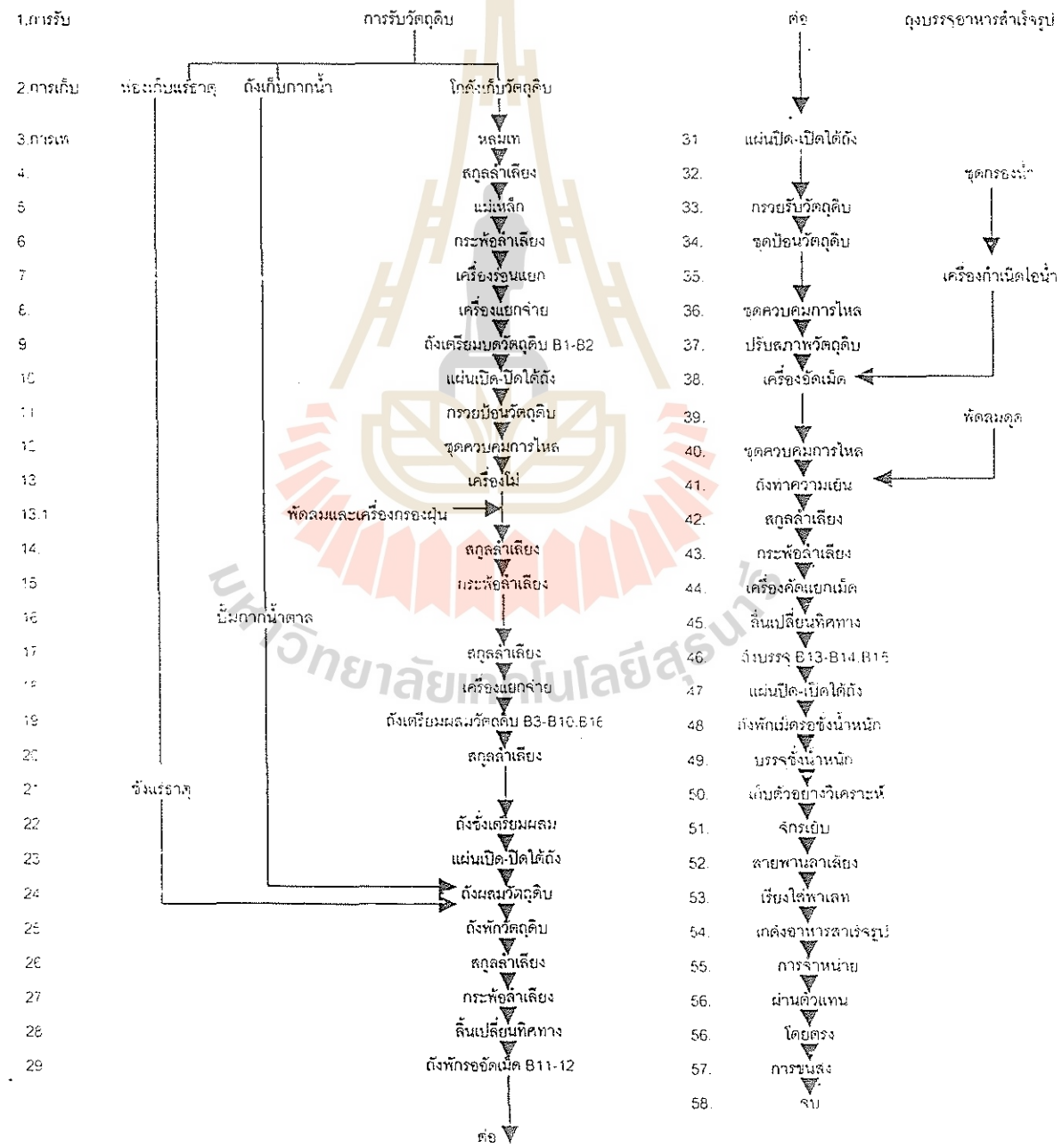
ภาพแสดงที่ 1 แผนผังแลดงขั้นตอนกระบวนการผลิตอาหารโคนม



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี งานโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ฟาร์มมหาวิทยาลัย				
เรื่อง	เลขที่	แก้ไขครั้งที่	วันที่บังคับใช้	หน้า
แผนภูมิการผลิต	RF-P	0	1 พ.ค. 45	1/1

จัดทำโดย	ตรวจสอบโดย	อนุมัติโดย
คณะกรรมการดำเนินงาน GMP	นายชิราวุฒิ ชุณหปราณ	นายเมธา ทองสุก

แผนภูมิแสดงขบวนการผลิต



ภาคผนวก ข.

แบบสอบถาม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

แบบสอบถามเลขที่.....

แบบสอบถาม เรื่อง การศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณความเข้มข้นฝุ่นกับค่าสมรรถภาพปอด
กรณีศึกษา : โรงงานผลิตอาหารสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำชี้แจง :

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณความเข้มข้นฝุ่นกับค่าสมรรถภาพปอดของผู้ปฏิบัติงานในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามในครั้งนี้จะนำไปประกอบการพิจารณาร่วมกับผลการทดสอบสมรรถภาพปอด ดังนั้น ใคร่ขอความกรุณาท่านได้โปรดกรอกแบบสอบถามโดยตอบตามความเป็นจริงและตอบให้ครบทุกคำถามเพื่อให้การศึกษาในครั้งนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ที่สุด ทั้งนี้คำตอบที่ได้ของท่านจะถือเป็นความลับ

พรทิพย์ โนนทิง
ผู้ทำการศึกษา

ขอขอบพระคุณล่วงหน้าเป็นอย่างสูงในความร่วมมือตอบแบบสอบถามของท่าน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

หมวด 1 ข้อมูลทั่วไป

1. ชื่อ - สกุล (นาย/นาง/นางสาว).....
   อายุ.....ปี.....เดือน น้ำหนัก.....กิโลกรัม ส่วนสูง.....เซนติเมตร
2. บริเวณโดยรอบที่พักอาศัยของท่านมีปัจจัยเสี่ยงที่ท่านต้องสัมผัสดังต่อไปนี้หรือไม่
   - ☐ สัมผัสฝุ่นมาก จาก.....
   - ☐ สัมผัสสารเคมีหรือไอระเหย จาก.....
   - ☐ เสียงดัง จาก.....
   - ☐ อื่น ๆ ระบุ.....
3. ท่านเลี้ยงสัตว์เลี้ยงดังต่อไปนี้หรือไม่ และท่านจัดที่พักอาศัยของสัตว์เลี้ยงท่านอย่างไร
   - ☐ แมว .....
   - ☐ สุนัข.....
   - ☐ นก.....
   - ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ค.

PARTICULATES NOT OTHERWISE REGULATED,RESPIRABLE METHOD

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

PARTICULATES NOT OTHERWISE REGULATED, RESPIRABLE 0600

DEFINITION: aerosol collected by sampler with 4-µm median cut point CAS: None RTECS: None

METHOD: 0600, Issue 3 **EVALUATION: FULL** **Issue 1: 15 February 1984**
Issue 3: 15 January 1998

OSHA: 5 mg/m³
NIOSH: no REL
ACGIH: 3 mg/m³

PROPERTIES: contains no asbestos and quartz less than 1%; penetrates non-ciliated portions of respiratory system

SYNONYMS: nuisance dusts; particulates not otherwise classified

SAMPLING

SAMPLER: CYCLONE + FILTER (10-mm nylon cyclone, Higgins-Dewell [HD] cyclone, or Aluminum cyclone + tared 5-µm PVC membrane)

FLOW RATE: nylon cyclone: 1.7 L/min
HD cyclone: 2.2 L/min
Al cyclone: 2.5 L/min

VOL-MIN: 20 L @ 5 mg/m³
-MAX: 400 L

SHIPMENT: routine

SAMPLE STABILITY: stable

BLANKS: 2 to 10 field blanks per set

MEASUREMENT

TECHNIQUE: GRAVIMETRIC (FILTER WEIGHT)

ANALYTE: mass of respirable dust fraction

BALANCE: 0.001 mg sensitivity; use same balance before and after sample collection

CALIBRATION: National Institute of Standards and Technology Class S-1.1 or ASTM Class 1 weights

RANGE: 0.1 to 2 mg per sample

ESTIMATED LOD: 0.03 mg per sample

PRECISION: <10 µg with 0.001 mg sensitivity balance; <70 µg with 0.01 mg sensitivity balance [3]

ACCURACY

RANGE STUDIED: 0.5 to 10 mg/m³ (lab and field)

BIAS: dependent on dust size distribution [1]

OVERALL PRECISION ($\hat{S}_{rt}$): dependent on size distribution [1,2]

ACCURACY: dependent on size distribution [1]

APPLICABILITY: The working range is 0.5 to 10 mg/m³ for a 200-L air sample. The method measures the mass concentration of any non-volatile respirable dust. In addition to inert dusts [4], the method has been recommended for respirable coal dust. The method is biased in light of the recently adopted international definition of respirable dust, e.g., + +7% bias for non-diesel, coal mine dust [5].

INTERFERENCES: Larger than respirable particles (over 10 µm) have been found in some cases by microscopic analysis of cyclone filters. Over-sized particles in samples are known to be caused by inverting the cyclone assembly. Heavy dust loadings, fibers, and water-saturated dusts also interfere with the cyclone's size-selective properties. The use of conductive samplers is recommended to minimize particle charge effects.

OTHER METHODS: This method is based on and replaces Sampling Data Sheet #29.02 [6].

EQUIPMENT:

1. Sampler:
   a.Filter: 5.0-µm pore size, polyvinyl chloride filter or equivalent hydrophobic membrane filter supported by a cassette filter holder (preferably conductive).
   b. Cyclone: 10-mm nylon(Mine Safety Appliance Co., Instrument Division, P. O. Box 427, Pittsburgh, PA 15230), Higgins-Dewell(BGI Inc., 58 Guinan St., Waltham, MA 02154)[7], aluminum cyclone (SKC Inc., 863 Valley View Road, Eighty Four, PA 15330), or equivalent.
2. Personal sampling pump, 1.7 L/min ± 5% for nylon cyclone, 2.2 L/min ± 5% for HD cyclone, or 2.5 L/min ± 5% for the Al cyclone with flexible connecting tubing.
   NOTE: Pulsation in the pump flow must be within ± 20% of the mean flow.
3. Balance, analytical, with sensitivity of 0.001 mg.
4. Weights, NIST Class S-1.1, or ASTM Class 1.
5. Static neutralizer, e.g., Po-210; replace nine months after the production date.
6. Forceps (preferably nylon).
7. Environmental chamber or room for balance, e.g., 20 °C ± 1 °C and 50% ± 5% RH.

SPECIAL PRECAUTIONS: None.

PREPARATION OF SAMPLERS BEFORE SAMPLING:

1. Equilibrate the filters in an environmentally controlled weighing area or chamber for at least 2 h.
2. Weigh the filters in an environmentally controlled area or chamber. Record the filter tare weight, W_1 (mg).
   a. Zero the balance before each weighing.
   b. Handle the filter with forceps (nylon forceps if further analyses will be done).
   c. Pass the filter over an anti-static radiation source. Repeat this step if filter does not release easily from the forceps or if filter attracts balance pan. Static electricity can cause erroneous weight readings.
3. Assemble the filters in the filter cassettes and close firmly so that leakage around the filter will not occur. Place a plug in each opening of the filter cassette.
4. Remove the cyclone's grit cap before use and inspect the cyclone interior. If the inside is visibly scored, discard this cyclone since the dust separation characteristics of the cyclone may be altered. Clean the interior of the cyclone to prevent reentrainment of large particles.
5. Assemble the sampler head. Check alignment of filter holder and cyclone in the sampling head to prevent leakage.

SAMPLING:

6. Calibrate each personal sampling pump to the appropriate flow rate with a representative sampler in line.
   NOTE 1: Because of their inlet designs, nylon and aluminum cyclones are calibrated within a large vessel with inlet and outlet ports. The inlet is connected to a calibrator (e.g., a bubble meter). The cyclone outlet is connected to the outlet port within the vessel, and the vessel outlet is attached to the pump. See APPENDIX for alternate calibration procedure. (The calibrator can be connected directly to the HD cyclone.)
   NOTE 2: Even if the flowrate shifts by a known amount between calibration and use, the nominal flowrates are used for concentration calculation because of a self-correction feature of the cyclones.
7. Sample 45 min to 8 h. Do not exceed 2 mg dust loading on the filter. Take 2 to 4 replicate samples for each batch of field samples for quality assurance on the sampling procedure (see Step 10).
   NOTE : Do not allow the sampler assembly to be inverted at any time. Turning the cyclone to anything more than a horizontal orientation may deposit oversized material from the cyclone body onto the filter.

SAMPLE PREPARATION:

8. Remove the top and bottom plugs from the filter cassette. Equilibrate for at least 2 h in an environmentally controlled area or chamber.

CALIBRATION AND QUALITY CONTROL:

9. Zero the microbalance before all weighings. Use the same microbalance for weighing filters before and after sample collection. Calibrate the balance with National Institute of Standards and Technology Class S-1.1 or ASTM Class 1 weights.
10. The set of replicate field samples should be exposed to the same dust environment, either in a laboratory dust chamber [8] or in the field [9]. The quality control samples must be taken with the same equipment, procedures, and personnel used in the routine field samples. Calculate precision from these replicates and record relative standard deviation (S_r) on control charts. Take corrective action when the precision is out of control [8].

MEASUREMENT:

11. Weigh each filter, including field blanks. Record this post-sampling weight, W_2 (mg), beside its corresponding tare weight. Record anything remarkable about a filter (e.g., visible particles, overloading, leakage, wet, torn, etc.).

CALCULATIONS:

12. Calculate the concentration of respirable particulate, C (mg/m^3), in the air volume sampled, V (L):

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \cdot 10^3, \; mg/m^3$$

where: W_1 = tare weight of filter before sampling (mg)
W_2 = post-sampling weight of sample-containing filter (mg)
B_1 = mean tare weight of blank filters (mg).
B_2 = mean post-sampling weight of blank filters (mg)
V = volume as sampled at the nominal flowrate (i.e., 1.7 L/min or 2.2 L/min)

EVALUATION OF METHOD:

1. Bias: In respirable dust measurements, the bias in a sample is calculated relative to the appropriate respirable dust convention. The theory for calculating bias was developed by Bartley and Breuer [10]. For this method, the bias, therefore, depends on the international convention for respirable dust, the cyclones' penetration curves, and the size distribution of the ambient dust. Based on measured penetration curves for non-pulsating flow [1], the bias in this method is shown in Figure 1.

   For dust size distributions in the shaded region, the bias in this method lies within the ± 0.10 criterion established by NIOSH for method validation. Bias larger than ± 0.10 would, therefore, be expected for some workplace aerosols. However, bias within ± 0.20 would be expected for dusts with geometric standard deviations greater than 2.0, which is the case in most workplaces.

   Bias can also be caused in a cyclone by the pulsation of the personal sampling pump. Bartley, et al. [12] showed that cyclone samples with pulsating flow can have negative bias as large as -0.22 relative to samples with steady flow. The magnitude of the bias depends on the amplitude of the

pulsation at the cyclone aperture and the dust size distribution. For pumps with instantaneous flow rates within 20% of the mean, the pulsation bias magnitude is less than 0.02 for most dust size distributions encountered in the workplace.

Electric charges on the dust and the cyclone will also cause bias. Briant and Moss [13] have found electrostatic biases as large as -50%, and show that cyclones made with graphite-filled nylon eliminate the problem. Use of conductive samplers and filter cassettes(Omega Specialty Instrument Co., 4 Kidder Road, Chelmsford, MA 01824) is recommended.

2. Precision: The figure 0.068 mg quoted above for the precision is based on a study [3] of weighing procedures employed in the past by the Mine Safety and Health Administration (MSHA) in which filters are pre-weighed by the filter manufacturer and post-weighed by MSHA using balances readable to 0.010 mg. MSHA [14] has recently completed a study using a 0.001 mg balance for the post-weighing, indicating imprecision equal to 0.006 mg.

   Imprecision equal to 0.010 mg was used for estimating the LOD and is based on specific suggestions [8] regarding filter weighing using a single 0.001 mg balance. This value is consistent with another study [15] of repeat filter weighings, although the actual attainable precision may depend strongly on the specific environment to which the filters are exposed between the two weighings.

REFERENCES:

[1] Bartley DL, Chen CC, Song R, Fischbach TJ [1994]. Respirable aerosol sampler performance testing. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., *55*(11): 1036-1046.
[2] Bowman JD, Bartley DL, Breuer GM, Shulman SA [1985]. The precision of coal mine dust sampling. Cincinnati, OH: National Institute for Occupational Safety and Health, DHEW (NIOSH) Pub. No. 85-220721.
[3] Parobeck P, Tomb TF, Ku H, Cameron J [1981]. Measurement assurance program for the weighings of respirable coal mine dust samples. J Qual Tech 13:157.
[4] ACGIH [1996]. 1996 Threshold limit values (TLVs™) for chemical substances and physical agents and biological exposure indices (BEIs™). Cincinnati, OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
[5] American Conference of Governmental Industrial Hygienists [1991]. Notice of intended change - appendix D - particle size-selective sampling criteria for airborne particulate matter. Appl Occup Env Hyg *6*(9): 817-818.
[6] NIOSH [1977]. NIOSH Manual of sampling data sheets. Cincinnati, OH: National Institute for Occupational Safety and Health, DHEW (NIOSH) Publication No. 77-159.
[7] Higgins RI, Dewell P [1967]. A gravimetric size selecting personal dust sampler. In: Davies CN, Ed. Inhaled particles and vapors II. Oxford: Pergammon Press, pp. 575-586.
[8] Bowman JD, Bartley DL, Breuer GM, Doemeny LJ, Murdock DJ [1984]. Accuracy criteria recommended for the certification of gravimetric coal mine dust personal samplers. NTIS Pub. No. PB 85-222446 (1984).
[9] Breslin, JA, Page SJ, Jankowski RA [1983]. Precision of personal sampling of respirable dust in coal mines. U.S. Bureau of Mines Report of Investigations #8740.
[10] Bartley DL, Breuer GM [1982]. Analysis and optimization of the performance of the 10-mm cyclone. Am Ind Hyg Assoc J *43*: 520-528.
[11] Caplan KJ, Doemeny LJ, Sorenson S [1973]. Evaluation of coal mine dust personal sampler performance, Final Report. NIOSH Contract No. PH CPE-r-70-0036.
[12] Bartley DL, Breuer GM, Baron PA, Bowman JD [1984]. Pump fluctuations and their effect on cyclone performance. Am Ind Hyg Assoc J *45*(1): 10-18.
[13] Briant JK, Moss OR [1983]. The influence of electrostatic charge on the performance of 10-mm nylon cyclones. Unpublished paper presented at the American Industrial Hygiene Conference, Philadelphia, PA, May 1983.
[14] Koqut J [1994]. Private Communication from MSHA, May 12, 1994.
[15] Vaughn NP, Chalmers CP,Botham [1990]. Field comparison of personal samplers for inhalable dust. Ann Occup Hyg *34*: 553-573.

METHOD REVISED BY: David L. Bartley, Ph.D., NIOSH/DPSE/ARDB and Ray Feldman, OSHA.

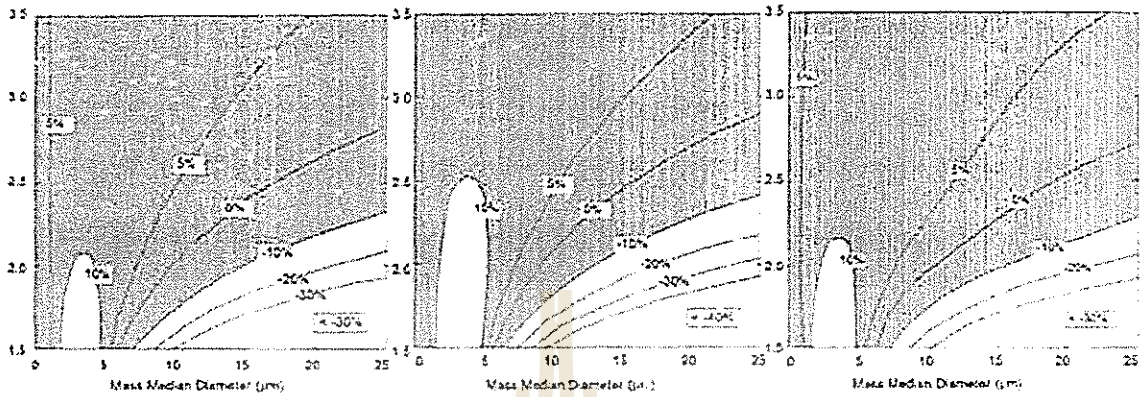


Figure 1. Bias of three cyclone types relative to the international respirable dust sampling convention.

APPENDIX: Jarless Method for Calibration of Cyclone Assemblies

This procedure may be used in the field to calibrate an air sampling pump and a cyclone assembly without using the one-liter "calibration jar".

(1) Connect the pump to a pressure gauge or water manometer and a light load (adjustable valve or 5-µm filter) equal to 2" to 5" H_2O with a "TEE" connector and flexible tubing. Connect other end of valve to an electronic bubble meter or standard bubble tube with flexible tubing (See Fig. 2.1).

NOTE: A light load can be a 5-µm filter and/or an adjustable valve. A heavy load can be several 0.8-µm filters and/or adjustable valve.

(2) Adjust the pump to 1.7 L/min, as indicated on the bubble meter/tube, under the light load conditions (2" to 5" H_2O) as indicated on the pressure gauge or manometer.

(3) Increase the load until the pressure gauge or water manometer indicates between 25" and 35" H_2O. Check the flow rate of the pump again. The flow rate should remain at 1.7 L/min ± 5%.

(4) Replace the pressure gauge or water manometer and the electronic bubble meter or standard bubble tube with the cyclone having a clean filter installed (Fig. 2.2). If the loading caused by the cyclone assembly is between 2" and 5" H_2O, the calibration is complete and the pump and cyclone are ready for sampling.

Figure 2.1 Block Diagram of Pump/Load/Flow Meter Set-up.

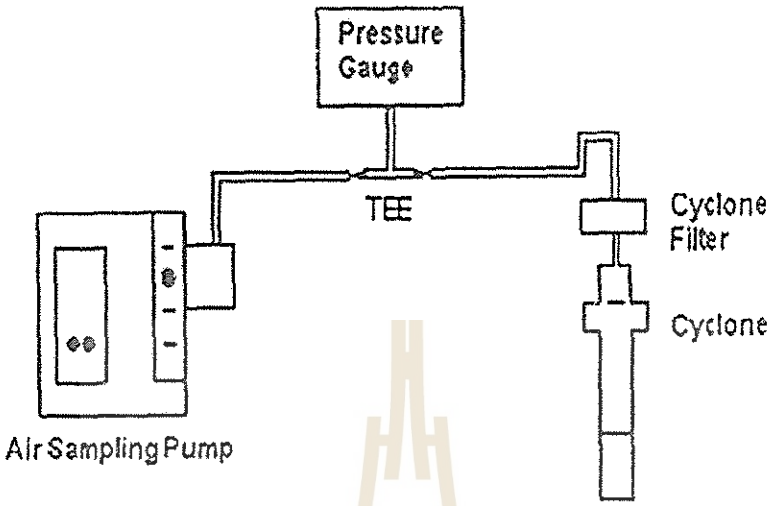
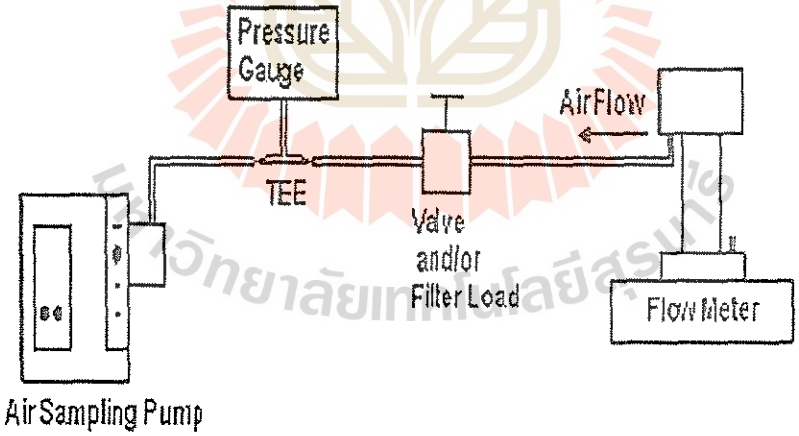


Figure 2.2. Block Diagram with Cyclone as the Test Load.



ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	นางสาวพรทิพย์ โนนทิง
วัน เดือน ปี เกิด	15 กันยายน พ.ศ. 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดขอนแก่น ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา	โรงเรียนศรีบุญเรืองวิทยาคาร , พ.ศ. 2536 – 2538 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนศรีบุญเรืองวิทยาคาร , พ.ศ. 2539 – 2541 มัธยมศึกษาตอนปลาย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, พ.ศ. 2542 – 2546 วิทยาศาสตรบัณฑิต (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี