ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246595

การออกแบบช่องทางการของเครื่องทีบน้ำมันแบบสกรูอัด สำหรับมะแกและมะหาด

ณัฐพล วิชาญ

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ตุลาคม 2554

b 00251749

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
246595

การออกแบบช่องคายกากของเครื่องหีบน้ำมันแบบสกรูอัด สำหรับมะแตกและมะเยาหิน

ณัฐพล วิชาญ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ตุลาคม 2554

การออกแบบช่องคายกากของเครื่องหีบน้ำมันแบบสกรูอัด
สำหรับมะแตกและมะเยาหิน

ณัฐพล วิชาญ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีระ ฟ้าเฟื่องวิทยากุล

.....กรรมการ
อาจารย์ ดร. ดามร บัณฑุรัตน์

.....กรรมการ
อาจารย์ ดร. วิบูลย์ ช่างเรือ

.....กรรมการ
อาจารย์ ดร. สฤทธิ์พร วิทยผดุง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

.....
อาจารย์ ดร. ดามร บัณฑุรัตน์

17 ตุลาคม 2554

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร.ดามร บัณฑุรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ซึ่งกรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนการแก้ไข จนวิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีระ ฟ้าเฟื่องวิทยากุล อาจารย์ ดร. วิบูลย์ ช่างเรือ และอาจารย์ ดร. สฤทธิ์พร วิทยผดุง ที่เสียสละเวลาอันมีค่าเพื่อกรุณารับเป็นกรรมการ ในการสอบ และได้ให้ข้อเสนอแนะในการเขียนวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์กรมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดมะแตกและมะเยาหินที่ใช้ในการทดสอบ

นอกจากนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณอาจารย์ และเจ้าหน้าที่ในภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ทุกท่านที่ให้การช่วยเหลือ ถ่ายทอดวิชาความรู้ ให้คำปรึกษาแนะนำ รวมถึงอำนวยความสะดวกต่าง ๆ แก่ผู้เขียน

ท้ายที่สุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณชลิน วิชาญ (บิดา) คุณปราณี คุณสิทธิ์ (มารดา) และทุกคนในครอบครัวที่ได้ให้การสนับสนุนทุนทรัพย์ กำลังใจ และความช่วยเหลือต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ถ้าหากมีสิ่งขาดตกบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขออภัยไว้เป็นอย่างสูง และผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์สำหรับนักวิชาการ ผู้ประกอบการ ผู้อ่าน ตลอดจนผู้ที่สนใจศึกษาในรายละเอียดต่อไปในอนาคต

ณัฐพล วิชาญ

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การออกแบบช่องคายกากของเครื่องหีบน้ำมันแบบสกรูอัดสำหรับมะแตกและมะเยาหิน

ผู้เขียน นายณัฐพล วิชาญ

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร. ดามร บัณฑุรัตน์

บทคัดย่อ

246595

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดมะแตกและเมล็ดมะเยาหินมะเยาหินที่มีผลต่อแรงดันภายในกระบอกอัดของเครื่องหีบน้ำมัน โดยทำการออกแบบสร้างและทดสอบช่องคายกากให้เหมาะสมสำหรับเมล็ดมะแตกและมะเยาหิน เครื่องหีบน้ำมันที่ใช้เป็นแบบสกรูอัดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในกระบอกอัด 28 มิลลิเมตร ทำงานโดยใช้สกรูอัดลักษณะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนสกรูเพิ่มขึ้นตามแนวแกน จาก 13 มิลลิเมตร ถึง 18 มิลลิเมตร สกรูอัดมีความยาว 110 มิลลิเมตร มีระยะพิทช์คงที่ 15 มิลลิเมตร รับกำลังขับมาจากมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1/4 แรงม้า ปรับความเร็วรอบด้วยอินเวอร์เตอร์ผ่านชุดพูเล่ย์ ความเร็วรอบที่ใช้ในการหีบน้ำมัน คือ 20, 30, 40, 50, 60 และ 70 รอบต่อนาที ช่องคายกากที่ใช้ในการทดสอบออกแบบให้มีลักษณะเป็นรูปวงแหวน สามารถปรับความกว้างวงแหวนของช่องคายกากในแนวรัศมี 4 ระดับ คือ 1, 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร และติดตั้งโหลดเซลล์วัดแรงดันภายในกระบอกอัดเพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์แรงดันภายในกระบอกอัดกับขนาดช่องคายกาก

จากผลการทดสอบคุณสมบัติและลักษณะทางกายภาพของเมล็ดมะแตกและมะเยาหินที่ผ่านการย่อย พบว่า เมล็ดมะแตกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 5.30 มิลลิเมตร เมื่อทดสอบหีบน้ำมันโดยใช้ช่องคายกากขนาด 1 มิลลิเมตร ที่ความเร็วรอบ 6 ระดับ และใช้ช่องคายกากขนาด 2 มิลลิเมตร ที่ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาทีขึ้นไป ทำให้เกิดการอุดตันของกาก ส่วนเมล็ดมะเยาหินมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 8.12 มิลลิเมตร เมื่อทดสอบหีบน้ำมันโดยใช้ช่องคายกากขนาด 1 และ 2 มิลลิเมตร ที่ความเร็วรอบ 6 ระดับ ทำให้เกิดการอุดตันของกาก เมื่อปรับเพิ่มขนาดช่องคายกาก

ตรวจสอบความถูกต้องแล้ว
21 ต.ค. 2554
กัทรจารินทร์ มหายศ

246595

เป็น 3 และ 4 มิลลิเมตร พบว่าเมล็ดมะแตกและเมล็ดมะเยาหินสามารถหีบน้ำมันออกมาได้ และไม่เกิดการอุดตันของกาก สำหรับความหนาแน่นรวมจะแปรผันตรงกับปริมาณความชื้นของเมล็ด ซึ่งส่งผลต่อแรงดันภายในกระบอกอัด เมล็ดมะแตกที่ใช้ในการทดสอบมีความหนาแน่นรวม 545 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียก 6.07 เปอร์เซ็นต์ มีแรงดันภายในกระบอกอัด 0.97 ถึง 1.67 MPa ส่วนเมล็ดมะเยาหินที่ใช้ในการทดสอบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเฉลี่ย 8.12 มิลลิเมตร มีความหนาแน่นรวม 548 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นฐานเปียก 7.61 เปอร์เซ็นต์ มีแรงดันในกระบอกอัด 0.53 ถึง 1.22 MPa

การหีบน้ำมันเมล็ดมะแตกและเมล็ดมะเยาหินโดยใช้ช่องคายกากขนาดเล็ก และใช้ความเร็วรอบต่ำ สามารถหีบน้ำมันได้ปริมาณมากและมีแรงดันภายในกระบอกอัดสูงกว่าช่องคายกากที่มีขนาดใหญ่ และใช้ความเร็วรอบสูง ซึ่งการหีบน้ำมันเมล็ดมะแตกโดยใช้ช่องคายกากขนาด 2 มิลลิเมตร และความเร็วรอบที่ 20 รอบต่อนาที ได้ปริมาณน้ำมัน 74.39 กรัม จากปริมาณเมล็ดมะแตก 200 กรัม คิดเป็น 37.20 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเมล็ดมะแตกที่ใช้ในการทดสอบ มีค่าแรงดันภายในกระบอกอัดเท่ากับ 1.67 MPa เป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการหีบน้ำมันเมล็ดมะแตก ส่วนเมล็ดมะเยาหินใช้ช่องคายกากขนาด 3 มิลลิเมตร และความเร็วรอบที่ 20 รอบต่อนาทีและ ได้ปริมาณน้ำมัน 76.46 กรัม จากปริมาณเมล็ดมะเยาหิน 200 กรัม คิดเป็น 38.23 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเมล็ดมะเยาหินที่ใช้ในการทดสอบ มีค่าแรงดันภายในกระบอกอัดเท่ากับ 1.22 MPa เป็นสภาวะที่ดีที่สุดในการหีบน้ำมันเมล็ดมะเยาหิน

บัณฑิตวิทยาลัย Graduate School
ตรวจสอบความถูกต้องแล้ว
21 ต.ค. 2554
ภัทรจารินทร์ มหายศ

Thesis Title	Design of Sludge Outlet of Screw-Press Oil-Extracting Machine for *Celastrus Paniculatus Willd* and *Vernicia Montana Lour*
Author	Mr. Nattapon Wichan
Degree	Master of Engineering (Agricultural Engineering)
Thesis Advisor	Dr. Damorn Bundhurat

ABSTRACT

246595

The objective of this research was to study the effect of physical properties of *Celastrus Paniculatus Willd* and *Vernicia Montana Lour* on pressure of oil extracting machine and design the optimal sludge outlet for *Celastrus Paniculatus Willd* and *Vernicia Montana Lour.* The oil-extracting machine was by screw-press type, having inner-cylinder diameter of 28 mm. The screw-core diameter increased from 13 mm to 18 mm with the length of 110 mm. It has constant pitch of 15 mm, transmitted power from 1/4 HP motor. The rotary speed of screw was adjusted by the inverter and pulley set. The rotary speeds of screw for oil-extracting were 20, 30, 40, 50, 60 and 70 rpm. The sludge outlet was designed in ring shape with adjustable width of four levels. The widths of the sludge outlet were 1, 2, 3 and 4 mm. Load cell was installed to measure pressure inside the cylinder to analyze the relation of inside pressure and sludge outlet.

The physical properties of *Celastrus Paniculatus Willd* and *Vernicia Montana Lour* showed that *Celastrus Paniculatus Willd* had geometric mean diameter of 5.30 mm. When operating with 1 mm width sludge outlet and varying rotating speed of 6 speeds and using 2 mm width sludge outlet, rotating speed higher than 40 rpm caused a blocking at sludge outlet. *Vernicia Montana Lour* had geometric mean diameter of 8.12 mm. When screw-pressing with 1 mm and 2 mm gaps sludge outlet with 6 speeds, there was blocking of waste in sludge outlet. When increase gaps of sludge outlet to 3 and 4 mm., the result showed that there was no blocking of waste in sludge outlet. The bulk density was direct variation with moisture content.

บัณฑิตวิทยาลัย Graduate School
ทรัพยากรบุคคลของท่านแล้ว
21 ต.ค. 2554
กัทรจารินทร์ มหายศ

246595

seeds which effected pressure in cylinder. *Celastrus Paniculatus Willd* were 545 kg/m^3 of density, 6.07% of moisture content and 0.97 to 1.67 MPa of pressure. *Vernicia Montana Lour* were 548 kg/m^3 0f density, 7.61% of moisture content and 0.53 to 1.22 MPa of pressure.

The Extraction of *Celastrus Paniculatus Willd* and *Vernicia Montana Lour* using small sludge outlet with low can extract oil and provide a high pressure more than used large sludge outlet and high speed per round. The optimum condition of oil-extracting for *Celastrus Paniculatus Willd* are 20 rpm of speed, 2 mm gap of the ring-shape outlet, it has extracted oil volume 74.39 g. from 200 g. of *Celastrus Paniculatus Willd* (32.70% weight of *Celastrus Paniculatus Willd*) and 1.67 MPa of pressure in cylinder. Whereas the optimum condition of oil-extracting for *Vernicia Montana Lour* was 20 rpm of speed, 3 mm gap of the ring-shape outlet, it has extracted oil volume 76.46 g. from 200g. of *Vernicia Montana Lour* (38.23% weight of *Vernicia Montana Lour*) and 1.22 MPa of pressure in cylinder.

บัณฑิตวิทยาลัย Graduate School
ตรวจสอบความถูกต้องแล้ว
21 ต.ค. 2554
ภัทรจารินทร์ มหายศ

สารบาญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบาญตาราง	ญ
สารบาญภาพ	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 การสกัดน้ำมัน	3
2.2 คุณลักษณะทางกายภาพ	6
2.3 น้ำและความชื้นในผลผลิตเกษตร	7
2.4 คุณสมบัติของเมล็ดพืชน้ำมัน	10
2.5 มะแตก	12
2.6 มะเยาหิน	14
2.7 สกรูอัด	17
2.8 ความเค้น	19
2.9 การทดลองแบบแฟคทอเรียล	21
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
	25
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย	25

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย 37
3.3 วิธีการทดสอบ 38

บทที่ 4 ผลการทดสอบและอภิปรายผล 43
4.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติและลักษณะทางกายภาพของเมล็ดมะแตกและมะเยาหิน 43
4.2 ผลการทดสอบหีบน้ำมันเมล็ดมะแตกและมะเยาหินด้วยเครื่องหีบน้ำมันแบบสกรูอัด 46
4.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ 58

บทที่ 5 สรุปผลการทดสอบและข้อเสนอแนะ 64
5.1 สรุปผลการทดสอบ 64
5.2 ข้อเสนอแนะ 65

เอกสารอ้างอิง 66

ภาคผนวก 68
ภาคผนวก ก 69
ภาคผนวก ข 78
ภาคผนวก ค 85
ภาคผนวก ง 93

ประวัติผู้เขียน 105

สารบาญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	การเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของการสกัดน้ำมันพืชโดยการบีบอัด	4
2.2	เปอร์เซ็นต์น้ำมันในเมล็ดพืชน้ำมันชนิดต่าง ๆ	10
4.1	ผลการทดสอบวัดขนาดของเมล็ดมะแตกและมะเยาหิน	44
4.2	ผลการทดสอบความหนาแน่นรวมของเมล็ดมะแตกและมะเยาหิน	44
4.3	ผลการทดสอบวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดมะแตกและมะเยาหิน	45
4.4	ผลการทดสอบการหีบน้ำมันของเมล็ดมะแตก	50
4.5	ผลการทดสอบการหีบน้ำมันของเมล็ดมะเยาหิน	54
4.6	แสดงค่าทางสถิติการทดสอบหีบน้ำมันเมล็ดมะแตก	58
4.7	แสดงค่าทางสถิติการทดสอบหีบน้ำมันเมล็ดมะเยาหิน	59
4.8	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเมล็ดมะแตก (ปริมาณน้ำมัน)	60
4.9	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเมล็ดมะแตก (ปริมาณกาก)	60
4.10	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเมล็ดมะแตก (แรงดัน)	61
4.11	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเมล็ดมะแตก (เปอร์เซ็นต์ความชื้น)	61
4.12	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเมล็ดมะเยาหิน (ปริมาณน้ำมัน)	62
4.13	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเมล็ดมะเยาหิน (ปริมาณกาก)	62
4.14	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเมล็ดมะเยาหิน (แรงดัน)	63
4.15	แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเมล็ดมะเยาหิน (เปอร์เซ็นต์ความชื้น)	63

สารบาญภาพ

รูป		หน้า
2.1	Hydraulic Pressure Extractors	3
2.2	Screw Type Expeller	4
2.3	กรรมวิธีในการสกัดน้ำมันพืชดิบ การใช้วัสดุและพลังงานในกระบวนการ	5
2.4	แผนภาพจำลองการเปรียบเทียบน้ำอิสระและน้ำผูกพันระหว่างโมเลกุลภายในโมเลกุล	8
2.5	ต้นมะแตก	13
2.6	เมล็ดมะแตก	13
2.7	น้ำมันเมล็ดมะแตก	14
2.8	ต้นมะเยาหิน	15
2.9	เมล็ดมะเยาหิน	16
2.10	น้ำมันเมล็ดมะเยาหิน	16
2.11	แสดงสกรูอัดแบบเพิ่มเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาและกระบอกอัดมีเส้นผ่านศูนย์กลางคงที่	17
2.12	แสดงสกรูอัดแบบลดระยะพิทช์ เส้นผ่านศูนย์กลางเพลาคงที่	17
2.13	แสดงสกรูอัดแบบสกรูอัดภายในมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาคงที่	18
2.14	แสดงสกรูอัดแบบสกรูอัดภายในมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาคงที่	18
2.15	แบบระยะพิทช์, เส้นผ่านศูนย์กลางของสกรูอัดและเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกอัดคงที่	19
2.16	ความเค้นดึง	20
2.17	ความเค้นอัด	20
2.18	ความเค้นเฉือน	21
3.1	ลักษณะของสกรูอัดที่ใช้ในการทดสอบ	25
3.2	ลักษณะของกระบอกอัดที่ใช้ในการทดสอบ	26
3.3	ลักษณะของหัวรับแรงอัดที่ใช้ในการทดสอบ	27
3.4	ลักษณะของโหลดเซลล์ที่ใช้ในการทดสอบ	28
3.5	มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในการทดสอบ	29

สารบาญภาพ(ต่อ)

รูป		หน้า
3.6	ชุดพูเล่ย์และสายพานที่ใช้ในการทดสอบ	29
3.7	อินเวอร์เตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ	30
3.8	เครื่องหีบน้ำมันแบบสกรูอัด	31
3.9	ช่องคายกากมีลักษณะเป็นรูปวงแหวน	32
3.10	เครื่อง Universal Testing Machine	33
3.11	อุปกรณ์ขยายสัญญาณ	34
3.12	ดิจิตอลออสซิลโลสโคป	35
3.13	คอมพิวเตอร์บันทึกผล	35
3.14	ตู้อบลมร้อน	36
3.15	เครื่องชั่งดิจิตอล	36
3.16	วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเมล็ดมะแตก	38
3.17	วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยเมล็ดมะเยาหิน	39
3.18	วัดความหนาแน่นรวมเมล็ดมะแตก	39
3.19	วัดความหนาแน่นรวมเมล็ดมะเยาหิน	40
3.20	การปรับเทียบระหว่างแรง (N) ของเครื่อง Universal Testing Machine และแรงดันไฟฟ้า (mV) จากโหลดเซลล์ของเครื่องทดสอบแรงกด	42
4.1	ลักษณะเมล็ดมะแตกและเมล็ดมะเยาหินที่ใช้ในการทดสอบ	43
4.2	การทดสอบหีบน้ำมัน	46
4.3	การให้ความร้อนขณะหีบน้ำมัน	47
4.4	การไหลออกของน้ำมัน	47
4.5	ลักษณะการคายกากเมล็ดมะแตก	48
4.6	ลักษณะกากเมล็ดมะแตก	48
4.7	ลักษณะการคายกากเมล็ดมะเยาหิน	49
4.8	ลักษณะกากเมล็ดมะเยาหิน	49
4.9	เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันเมล็ดมะแตก ที่ขนาดช่องคายกาก 1, 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร	51

สารบาญภาพ(ต่อ)

รูป		หน้า
4.10	เปรียบเทียบแรงดันภายในกระบอกอัดของการทดสอบหีบน้ำมันเมล็ดมะแตกที่ขนาดช่องคายกาก 1, 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร	53
4.11	เปรียบเทียบปริมาณน้ำมันเมล็ดมะเยาหินที่ขนาดช่องคายกาก 1, 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร	55
4.12	เปรียบเทียบแรงดันภายในกระบอกอัดของการทดสอบหีบน้ำมันเมล็ดมะเยาหินที่ขนาดช่องคายกาก 1, 2, 3 และ 4 มิลลิเมตร	57