สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ฎ
สารบัญภาพ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ข้าว	4
2.2 ประวัติความเป็นมา และความสำคัญของข้าวแดง	7
2.3 การผลิตข้าวแดง	9
2.4 เชื้อราโมแนสคัส	12
2.5 สารเมทาบอไลต์ที่มีประโยชน์จากเชื้อราโมแนสคัส	15
2.6 การทดสอบความเป็นพิษของสารสีโมแนสคัส	18
2.7 ซิตรินิน (Citrinin)	20
2.8 การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับซิตรินินในเชื้อราโมแนสคัส	25
2.9 การศึกษาความเป็นพิษของสารทดสอบโดยใช้เซลล์เพาะเลี้ยง	34
2.10 เซลล์มะเร็งเพาะเลี้ยงที่มีต้นกำเนิดมาจากไตของตัวอ่อนของมนุษย์ (Human Embryonic Kidney cells : HEK293T)	41
2.11 งานวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาความเป็นพิษของซิตรินินในเซลล์เพาะเลี้ยง	42
บทที่ 3 อุปกรณ์ สารเคมี และวิธีทดลอง	48
3.1 วัสดุสำหรับการเพาะเลี้ยงเซลล์	48

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการเพาะเลี้ยงเซลล์ 48
3.3 วัสดุอุปกรณ์สำหรับตรวจสอบความเป็นพิษของซิตรินินในตัวอย่างข้าวแดง 50
3.4 วัสดุอุปกรณ์สำหรับตรวจวิเคราะห์หาปริมาณซิตรินินในตัวอย่างข้าวแดง 52
3.5 เครื่องประมวลผลทางสถิติ 52
3.6 แผนการทดลอง 53
3.6.1 การทดลองตอนที่ 1 53
3.6.2 การทดลองตอนที่ 2 62
3.6.3 การทดลองตอนที่ 3 69
3.6.4 การทดลองตอนที่ 4 85
บทที่ 4 ผลการทดลอง และอภิปรายผลการทดลอง 88
4.1 ผลการทดลองตอนที่ 1 88
4.2 ผลการทดลองตอนที่ 2 91
4.3 ผลการทดลองตอนที่ 3 94
4.4 ผลการทดลองตอนที่ 4 122
4.5 วิจารณ์ผลการทดลองเกี่ยวกับความเข้มข้นสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ ATCC 16365, DMKU, และ FTCMU3385 ที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วัน ซึ่งทำให้เซลล์ HEK293T มีการรอดชีวิตอยู่ที่ 80% และปริมาณซิตรินินในข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* ทั้ง 3 สายพันธุ์นี้ที่ระยะหมักเดียวกัน ซึ่งตรวจโดยวิธีการ HPLC ในหัวข้อ 4.4.2 133
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ 137
5.1 สรุปผลการทดลอง 137
5.2 ข้อเสนอแนะ 141
เอกสารอ้างอิง 143
ภาคผนวก 150
ก วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยง และตรวจนับปริมาณเซลล์ HEK293T 151
ข การเตรียมข้าวแดงเพื่อใช้ในการทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์ HEK293T และการคำนวณปริมาณข้าวแดงในสารละลายทดสอบ 162
ค การทดสอบความเป็นพิษของสารทดสอบต่อเซลล์ HEK293T โดยวิธีการ MTT Bioassay และผลการทดสอบ 168
ง การใช้โปรแกรม ED50V1.0 ในการคำนวณค่า Effective dose 80 (ED_{80}) ของสารทดสอบ 174

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จ การใช้โปรแกรม SigmaPlot 8.0 for window 178

ฉ การวิเคราะห์ ANOVA ของค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T แบบ 3 x 4 x 5 Factorial in CRD. 180

ช การใช้โปรแกรม Chromeleon ในการควบคุมการทำงานของระบบ HPLC และการแสดงการคำนวณปริมาณซิตรินินทั้งหมดที่มีอยู่ในข้าวแดงแต่ละตัวอย่าง 192

ประวัติผู้เขียน 198

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	เปรียบเทียบองค์ประกอบของข้าวกล้องและข้าวขาว	5
2.2	การแบ่งประเภทข้าวตามปริมาณอะไมโลส	6
2.3	การจัดแบ่งข้าวพันธุ์ดีบางพันธุ์ตามคุณภาพการหุงต้ม และปริมาณอะไมโลส	6
2.4	สายพันธุ์ต่าง ๆ ของเชื้อราโมแนสคัส	14
2.5	กิจกรรมเอนไซม์ที่แตกต่างกันในเชื้อราโมแนสคัสสายพันธุ์ต่าง ๆ	15
2.6	สารเมทาบอไลต์ที่มีประโยชน์จากเชื้อราโมแนสคัส	18
3.1	ผลการตรวจนับปริมาณเซลล์ HEK293T ในการทดลองตอนที่ 2 จากชุดตรวจนับ	63
3.2	แสดงตำแหน่งของหลุมที่เติมสารละลาย DMSO เข้มข้น 1, 2, 3, และ 4% ณ ความเข้มข้นสุดท้ายใน Complete RPMI-1640 ลงในถาดทดสอบชนิด 96 หลุม โดยมี 81 หลุมที่ไม่ใช้	67
3.3	แสดงน้ำหนักแห้ง (dry weight) ของสารสกัดข้าวแดง และความเข้มข้นของสารสกัดข้าวแดงใน DMSO	71
3.4	ผลการตรวจนับปริมาณเซลล์ HEK293T ในการทดลองตอนที่ 3 จากชุดตรวจนับ	72
3.5	แสดงตำแหน่งของหลุมที่เติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M.purpureus* สายพันธุ์ ATCC 16365 ที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วัน สารละลาย DMSO เข้มข้น 1 และ 2% ณ ความเข้มข้นสุดท้ายใน Complete RPMI-1640 (vehicle control : DMSO 1 และ 2%) ภายในถาดทดสอบชนิด 96 หลุม ถาดที่ 1 โดยมี 24 หลุมที่ไม่ใช้	78
3.6	แสดงตำแหน่งของหลุมที่เติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M.purpureus* สายพันธุ์ FTCMU 3385 ที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วัน สารละลาย DMSO เข้มข้น 1 และ 2% ณ ความเข้มข้นสุดท้ายใน Complete RPMI-1640 (vehicle control : DMSO 1 และ 2%) ภายในถาดทดสอบชนิด 96 หลุม ถาดที่ 2 โดยมี 24 หลุมที่ไม่ใช้	78

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.7	แสดงตำแหน่งของหลุมที่เติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ DMKU ที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วัน สารละลาย DMSO เข้มข้น 1 และ 2% ณ ความเข้มข้นสุดท้าย (vehicle control : DMSO 1 และ 2%) และสารละลายซิตรินินมาตรฐานใน Complete RPMI-1640 ภายในถาดทดสอบชนิด 96 หลุม ถาดที่ 3 โดยมี 6 หลุมที่ไม่ใช้	79
3.8	แสดงความเข้มข้นของสารละลายของสารสกัดข้าวแดงใน Complete RPMI-1640 (มี DMSO 1% ณ ความเข้มข้นสุดท้าย) ในช่วงก่อนและหลังการเติมสารละลายดังกล่าวลงในถาดทดสอบชนิด 96 หลุม	83
3.9	แสดงความเข้มข้นของสารละลายซิตรินินมาตรฐานใน Complete RPMI-1640 (มี DMSO 1% ณ ความเข้มข้นสุดท้าย) ในช่วงก่อนและหลังการเติมสารละลายดังกล่าวลงในถาดทดสอบชนิด 96 หลุม	84
4.2.1	เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลาย DMSO เข้มข้น 1, 2, 3, และ 4% ณ ความเข้มข้นสุดท้ายใน Complete RPMI-1640	93
4.3.1	เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ ATCC 16365, DMKU, และ FTCMU 3385 ใน Complete RPMI-1640	96
4.3.2	เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วันใน Complete RPMI-1640	98
4.3.3	เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดง ที่มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.45-0.47, 0.89-0.94, 1.77-1.87, และ 3.54-3.74 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร	100
4.3.4	เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ ATCC 16365, DMKU, และ FTCMU 3385 ใน Complete RPMI-1640 ที่มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.45-0.47, 0.89-0.94, 1.77-1.89, และ 3.54-3.74 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร	102
4.3.5	เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ ATCC 16365, DMKU, และ FTCMU 3385 ที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วันใน Complete RPMI-1640	103

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.6	เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วันใน Complete RPMI-1640 ที่มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.45-0.47, 0.89-0.94, 1.77-1.87, และ 3.54-3.74 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร	105
4.3.7	เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ ATCC 16365 ที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วันใน Complete RPMI-1640	108
4.3.8	เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ DMKU ที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วันใน Complete RPMI-1640	110
4.3.9	เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ FTCMU 3385 ที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วันใน Complete RPMI-1640	112
4.3.10	เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ระยะเวลาหมัก 6, 12, 18, และ 24 วันซึ่งผลิตจาก *M. purpureus* ทั้ง 3 สายพันธุ์ใน Complete RPMI-1640	114
4.3.11	เปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายซิตรินินมาตรฐานใน Complete RPMI-1640 ณ ความเข้มข้นต่าง ๆ	121
4.4.1	ค่าความเข้มข้น พื้นที่ใต้กราฟ เวลา Retention time และปริมาณที่อ่านได้จากพีคของสารซิตรินินที่ใช้เป็นสารมาตรฐาน	125
4.4.2	พื้นที่ใต้กราฟ และปริมาณซิตรินินที่อ่านได้จากพีคของซิตรินินในสารละลายของข้าวตัวอย่างต่าง ๆ	126
4.4.3	เปรียบเทียบค่าเวลา retention time ที่ปรากฏพีคของซิตรินิน (เป็นนาที) ของสารละลายจากข้าวแดงที่ผลิตจากเชื้อรา *M. purpureus* สายพันธุ์ ATCC 16365, DMKU, และ FTCMU 3385 ที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วันในเมทานอล	127
4.4.4	เปรียบเทียบปริมาณซิตรินิน (หน่วยเป็น มิลลิกรัม / กิโลกรัม) ในสารละลายจากข้าวแดงที่ผลิตจากเชื้อรา *M. purpureus* สายพันธุ์ ATCC 16365, DMKU, และ FTCMU 3385 ที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วัน ในเมทานอล	128
ก-1	องค์ประกอบในสูตรของอาหารเลี้ยงเซลล์ RPMI-1640	157
ก-2	องค์ประกอบของซีรั่ม	158

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค-1	ค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลาย DMSO เข้มข้น 0, 1, 2, 3, และ 4% ใน Complete RPMI-1640	171
ค-2	ค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายซิตรินินมาตรฐานใน Complete RPMI-1640 ณ ความเข้มข้นต่าง ๆ	171
ค-3	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ ATCC 16365, DMKU, และ FTCMU 3385 ที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วันใน Complete RPMI-1640	172
ง-1	ค่าความเข้มข้นของสารละลาย DMSO และสารละลายซิตรินินมาตรฐานใน Complete RPMI-1640 ซึ่งทำให้เซลล์ HEK293T มีการรอดชีวิตอยู่ที่ 80% (ED_{80})	177
ง-2	ค่าความเข้มข้นของสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ ATCC 16365, DMKU, และ FTCMU 3385 ที่ระยะหมัก 6, 12, 18,และ 24 วันใน Complete RPMI-1640 ซึ่งทำให้เซลล์ HEK293T มีการรอดชีวิตอยู่ที่ 80% (ED_{80} : หน่วยเป็น มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	177
ฉ-1	ผลการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Factorial in CRD. ของค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T	182
ฉ-2	ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T ซึ่งได้รับอิทธิพลจากสายพันธุ์ของ *M. purpureus* ที่ใช้ในการผลิตข้าวแดง	183
ฉ-3	ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T ซึ่งได้รับอิทธิพลจากระยะเวลาที่ใช้ในการหมักข้าวแดง	183
ฉ-4	ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T ซึ่งได้รับอิทธิพลจากความเข้มข้นของสารละลายของสารสกัดข้าวแดงใน Complete RPMI-1640	184
ฉ-5	ผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T ซึ่งได้รับอิทธิพลจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายของสารสกัดข้าวแดงใน Complete RPMI-1640 และสายพันธุ์ของเชื้อรา *M. purpureus* ที่ใช้ในการผลิตข้าวแดง	185
ฉ-6	ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T ซึ่งได้รับอิทธิพลจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์ของเชื้อรา *M. purpureus* ที่ใช้ในการผลิตข้าวแดง และระยะเวลาที่ใช้ในการหมักข้าวแดง	186

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฉ-7	ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T ซึ่งได้รับอิทธิพลจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่าง ระยะเวลาที่ใช้ในการหมักข้าวแดง และความเข้มข้นของสารละลายของสารสกัดข้าวแดงใน Complete RPMI-1640	188
ฉ-8	ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T ซึ่งได้รับอิทธิพลจากปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่าง สายพันธุ์ของเชื้อรา *M. purpureus* ที่ใช้ในการผลิตข้าวแดง ระยะเวลาที่ใช้ในการหมักข้าวแดง และความเข้มข้นของสารละลายของสารสกัดข้าวแดงใน Complete RPMI-1640	189

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	เปรียบเทียบกรรมวิธีการแปรรูปข้าวแดง 3 วิธี	12
2.2	วงจรชีวิตของเชื้อราโมแนสคัส	14
2.3	โครงสร้างของสารสีที่เชื้อราโมแนสคัสสร้างขึ้น	16
2.4	โครงสร้างของเมวิโนลินในรูปอนุพันธ์แลคโตน (ซ้าย) และอนุพันธ์กรด (ขวา)	17
2.5	โครงสร้างของซิตรินิน	21
2.6	กระบวนการสังเคราะห์ซิตรินินและสารประกอบที่มีความสัมพันธ์กัน	25
2.7	กลไกการสังเคราะห์ซิตรินินของ *M. ruber*	27
2.8	การสังเคราะห์ซิตรินินและสารสีแดงของ *M. ruber*	28
4.2.1	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลาย DMSO เข้มข้น 1, 2, 3, และ 4% ณ ความเข้มข้นสุดท้ายใน Complete RPMI-1640	92
4.3.1	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ ATCC 16365, DMKU, และ FTCMU 3385 ใน Complete RPMI-1640	96
4.3.2	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วันใน Complete RPMI-1640	98
4.3.3	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดง ที่มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0, 0.45-0.47, 0.89-0.94, 1.77-1.87, และ 3.54-3.74 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร	100
4.3.4	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ ATCC 16365 ที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วันใน Complete RPMI-1640 ในช่วงความเข้มข้น 0.45-0.47, 0.89-0.94, 1.77-1.87, และ 3.54-3.74 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร	107
4.3.5	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ DMKU ที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วันใน Complete RPMI-1640 ในช่วงความเข้มข้น 0.45-0.47, 0.89-0.94, 1.77-1.87, และ 3.54-3.74 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร	109

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3.6	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ FTCMU 3385 ที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วันใน Complete RPMI-1640 ในช่วงความเข้มข้น 0.45-0.47, 0.89-0.94, 1.77-1.87, และ 3.54-3.74 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร	112
4.3.7	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ ATCC 16365, DMKU, และ FTCMU 3385 ที่ระยะหมัก 6 วันใน Complete RPMI-1640 ซึ่งมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.45-0.47, 0.89-0.94, 1.77-1.87, และ 3.54-3.74 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร	115
4.3.8	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ ATCC 16365, DMKU, และ FTCMU 3385 ที่ระยะหมัก 12 วันใน Complete RPMI-1640 ซึ่งมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.45-0.47, 0.89-0.94, 1.77-1.87, และ 3.54-3.74 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร	116
4.3.9	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ ATCC 16365, DMKU, และ FTCMU 3385 ที่ระยะหมัก 18 วันใน Complete RPMI-1640 ซึ่งมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.45-0.47, 0.89-0.94, 1.77-1.87, และ 3.54-3.74 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร	118
4.3.10	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายของสารสกัดข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ ATCC 16365, DMKU, และ FTCMU 3385 ที่ระยะหมัก 24 วันใน Complete RPMI-1640 ซึ่งมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.45-0.47, 0.89-0.94, 1.77-1.87, และ 3.54-3.74 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร	119
4.3.11	แสดงค่าเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเซลล์ HEK293T จากการเติมสารละลายซิตรินินมาตรฐานใน Complete RPMI-1640 ณ ความเข้มข้นต่าง ๆ	121
4.4.1	กราฟมาตรฐานของสารซิตรินิน	125
ก-1	การเตรียมชุดกรองอาหารเลี้ยงเซลล์ไปทำการฆ่าเชื้อ	155
ก-2	ลักษณะรูปร่างของเซลล์ HEK293T ที่มีการเจริญในอาหาร Complete RPMI-1640 บ่มที่อุณหภูมิ 37°C ในบรรยากาศก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5.0% เป็นเวลา 18 ชั่วโมง (ที่กำลังขยาย 40 เท่า)	160
ก-3	ลักษณะรูปร่างของเซลล์ HEK293T ที่มีการเจริญในอาหาร Complete RPMI-1640 บ่มที่อุณหภูมิ 37°C ในบรรยากาศก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 5.0% เป็นเวลา 96 ชั่วโมง (ที่กำลังขยาย 40 เท่า)	160

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ก-4	กล้องจุลทรรศน์ชนิดหัวกลับ (Inverted microscope)	161
ก-5	ตู้ลามินาร์โฟล์ที่ใช้ในปฏิบัติการเกี่ยวกับเซลล์เพาะเลี้ยง	161
ก-6	ชุดตรวจนับปริมาณเซลล์ (Hemocytometer) และแสดงพื้นที่สำหรับใช้ตรวจนับเซลล์ (C1, C2, C3, และ C4)	161
ข-1	ข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ ATCC 16365 ที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วัน เปรียบเทียบกับข้าวที่ใช้เป็นชุดทดสอบควบคุม	164
ข-2	ข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ DMKU ที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วัน เปรียบเทียบกับข้าวที่ใช้เป็นชุดทดสอบควบคุม	164
ข-3	ข้าวแดงที่ผลิตจาก *M. purpureus* สายพันธุ์ FTCMU 3385 ที่ระยะหมัก 6, 12, 18, และ 24 วัน เปรียบเทียบกับข้าวที่ใช้เป็นชุดทดสอบควบคุม	164
ค-1	เครื่อง Biokinetic Reader (ELISA Reader) ที่ใช้วัดค่า O.D. ในแต่ละหลุมของถาดทดสอบชนิด 96 หลุม	170
ง-1	ลักษณะหน้าต่างของโปรแกรม ED50V1.0 ในส่วนที่ 1.1, 1.2, 2, และ 3.1	176
ง-2	ลักษณะหน้าต่างของโปรแกรม ED50V1.0 ในส่วนที่ 3.2 และ 4	176

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved