



การพัฒนาเจลไวต์ต่ออุณหภูมิจากสารสกัดกานพลูเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญเชื้อรา
Development of a Thermosensitive Gel Incorporated with Clove Extract to
Enhance Fungal Growth Inhibition

พณิศา ลิ้นรัตน์ เตชาวัต พงษ์พิทักษ์
รพีพร ตะเคียนราม¹ ลาวัลย์ ศิริสุข² จาตุรงค์ จงจิ้น³

¹โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารามราชวิทยาลัย บุรีรัมย์ 299 หมู่ 2 ตำบลสตึก อำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์ 31150

²รองผู้จัดการหน่วยบ่มเพาะวิสาหกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี

Email : 467pannitaleenurat@pcshsbr.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพของตำรับเจลไวต์ต่ออุณหภูมิที่ผสมสารสกัดยูจีนอลจากกานพลูในการยับยั้งเชื้อรา โดยทำการสกัดน้ำมันกานพลูด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค GC-MS เพื่อยืนยันปริมาณสารยูจีนอลที่เป็นสารสำคัญ จากนั้นนำสารสกัดที่ได้มาทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งการเจริญด้วยวิธี Disk Diffusion จากนั้นนำสารสกัดมาพัฒนาเป็นตำรับเจลไวต์ต่ออุณหภูมิ พร้อมทั้งตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และสมบัติความหนืดตามอุณหภูมิ

ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดกานพลูมีองค์ประกอบหลักเป็นสารยูจีนอลสูงถึง 78.17% และเมื่อทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา พบว่าสารสกัดที่มีความเข้มข้น 250 µg/ml ให้ผลดีที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยการเจริญของเชื้อราเพียง 0.03516 mm และให้บริเวณยับยั้งเชื้อราเฉลี่ย 7.68 mm ซึ่งสูงกว่าชุดควบคุมบวกที่มีค่า 7.29 mm และสูงกว่าชุดควบคุมลบที่มีค่า 6.34 mm แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของสารสกัดยูจีนอลในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราอย่างชัดเจน สำหรับตำรับเจล พบว่าสูตรความเข้มข้น 1.5% w/w มีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากเนื้อเจลใส ไม่ตกตะกอน และมีค่า pH อยู่ในช่วงปลอดภัยต่อผิวหนัง อีกทั้งเมื่ออยู่ในรูปแบบเจลยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราได้ดียิ่งขึ้น โดยให้ขนาดบริเวณยับยั้งเชื้อราเฉลี่ย 8.07 mm สูงกว่าชุดควบคุมบวกและชุดควบคุมลบที่มีค่า 6.76 และ 5.50 mm ตามลำดับ นอกจากนี้ตำรับเจลดังกล่าว ยังแสดงคุณสมบัติเป็นเจลไวต์ต่ออุณหภูมิอย่างเด่นชัด โดยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 5 เป็น 15 °C ค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดเพิ่มขึ้นจาก 1.420×10^{-3} เป็น 2.942×10^{-3} Pa·s แสดงถึงความสามารถในการเปลี่ยนแปลงความหนืดตามอุณหภูมิได้อย่างมีประสิทธิภาพ สรุปได้ว่า ตำรับเจลไวต์ต่ออุณหภูมิที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงในการยับยั้งเชื้อรา และมีสมบัติทางจลนศาสตร์ที่เหมาะสมในการยัดเกาะผิวหนังเพื่อควบคุมการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ได้อย่างยาวนาน ซึ่งสามารถนำไปต่อยอดใช้ประโยชน์จริงได้ในอนาคต

คำสำคัญ: เจลไวต์ต่ออุณหภูมิ, สารสกัดกานพลู, ยูจีนอล, ประสิทธิภาพยับยั้งเชื้อ, ความหนืด

บทนำ

ปัญหาการปนเปื้อนและการดื้อยาของเชื้อราส่งผลกระทบต่อการใช้ยาต้านเชื้อรา การเกษตร การพึ่งพา สารเคมีสังเคราะห์อย่างต่อเนื่องก่อให้เกิดสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม การพัฒนาสารต้านเชื้อราจากธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกนวัตกรรมสีเขียวที่จำเป็นอย่างยิ่ง แม้สารยูจีนอล (Eugenol) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในกานพลู (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & L.M.Perry) จะมีฤทธิ์ทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อราได้ดี แต่การใช้น้ำมันหอมระเหยโดยตรงมีข้อจำกัดเนื่องจากระเหยง่ายและคงตัวต่ำ งานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้ระบบเจลไวต์ออลูมิเนียม จาก Poloxamer 407 ร่วมกับโคโตซานและ EDTA เพื่อเป็นระบบนำส่งสารที่คงสถานะของเหลวในออลูมิเนียมต่ำ ช่วยให้กระจายตัวเคลือบผิวได้ง่ายและจะเปลี่ยนเป็นเจลเหนียวขึ้นยึดเกาะพื้นผิวเมื่อออลูมิเนียมสูงขึ้น ซึ่งช่วยลดการระเหยและควบคุมการปลดปล่อยสารยูจีนอลได้อย่างต่อเนื่อง โดยในส่วนของ การศึกษาการประเมินประสิทธิภาพเบื้องต้นได้เลือกใช้ *Saccharomyces cerevisiae* เป็นเชื้อราต้นแบบเนื่องจากมีความปลอดภัยสูง มีโครงสร้างและสรีรวิทยาคลายคลึงกับเชื้อราก่อโรค โดยทำการทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อราด้วยวิธี Disk Diffusion พร้อมทั้งศึกษาอัตราส่วนตำรับที่เหมาะสมและคุณลักษณะความเป็นกรด-ด่าง เพื่อสร้างองค์ความรู้พื้นฐานในการพัฒนาระบบนำส่งสารสกัดสมุนไพรที่มีประสิทธิภาพ ปลอดภัย และสามารถนำไปต่อยอดใช้ควบคุมเชื้อราได้อย่างยั่งยืนในอนาคต

วิธีการดำเนินงาน

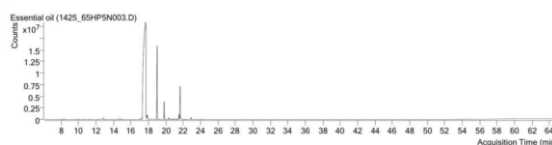
ตอนที่ 1 การสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยนำกานพลูแห้งมาบดและสกัดน้ำมันหอมระเหยด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ จากนั้นนำน้ำมันหอมระเหยไปด้วยสอบหาสารสกัดยูจีนอลด้วยเทคนิค Gas chromatography - Mass spectrometry

ตอนที่ 2 การทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อ *S. cerevisiae* ทดสอบหาความเข้มข้นต่ำสุดที่ยับยั้งเชื้อได้ โดยใช้สารสกัดที่ความเข้มข้น 250, 500 และ 1,000 µg/ml จากนั้นทดสอบด้วยวิธี Disk Diffusion นำกระดาษกรองชุบสารสกัดวางบนจานเพาะเชื้อรา เพื่อวัดขนาด โซนยับยั้ง

ตอนที่ 3 การพัฒนาตำรับเจลไวต์ออลูมิเนียมต่อ Poloxamer 407 ผสมกับโคโตซานและ EDTA ที่ความเข้มข้น 1.0% 1.5% 2.0% w/w จากนั้นทดสอบคุณสมบัติโดยการวัดค่า pH สังเกตลักษณะ สีของตำรับ ความใสและความหนืดของเจลที่ออลูมิเนียมต่าง ๆ เป็นต้น

ผลและอภิปรายผล

ตอนที่ 1 การสกัดน้ำมันหอมระเหยจากกานพลูได้สำเร็จ โดยมีองค์ประกอบหลักคือ ยูจีนอลสูงถึง 78.17%



No.	Component	Compound Name	CAS Number	Match Factor	Area %
10	17.6403	Eugenol	97-53-0	99.6	78.17

รูปที่ 1 ผลการวิเคราะห์สารสกัดยูจีนอลในน้ำมันหอมระเหยด้วยเทคนิค GC-MS

ตอนที่ 2 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อ สารสกัดที่ความเข้มข้น 250 µg/ml มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อได้ดีที่สุด

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยขนาดสารบ่งชี้การเจริญเติบโตของเชื้อ *S. cerevisiae* ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ตัวอย่างที่วิเคราะห์	ขนาดการเจริญของเชื้อราเฉลี่ย (mm) ± SD
สารสกัดยูจีนอล 250 µg/ml	0.03516 ± SD
สารสกัดยูจีนอล 500 µg/ml	0.06778 ± SD
สารสกัดยูจีนอล 1,000 µg/ml	0.03756 ± SD
ชุดควบคุม control +	0.0196 ± SD
ชุดควบคุม control -	0.0196 ± SD

จากตารางแสดงการหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถยับยั้งเชื้อรา พบว่าสารสกัดยูจีนอลจากกานพลูที่มีความเข้มข้น 250 µg/ml มีค่าเฉลี่ยการเจริญเท่ากับ 0.03516 mm สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุด

ตารางที่ 2 เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้งของสารสกัดยูจีนอลต่อเชื้อ *S. cerevisiae* ด้วยวิธี Disk diffusion

ตัวอย่างที่วิเคราะห์	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้งเฉลี่ย (mm) ± SD
สารสกัดยูจีนอล 250 µg/ml	7.68 ± SD
ชุดควบคุม control +	7.29 ± SD
ชุดควบคุม control -	6.34 ± SD

จากตารางแสดงการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเชื้อราโดยวิธี Disk diffusion ยับยั้งเชื้อได้ ซึ่งมีค่าบริเวณยับยั้งเชื้อราเท่ากับ 7.68 mm ซึ่งยืนยันถึงฤทธิ์การยับยั้งเชื้อราในรูปแบบการแพร่ของสารออกฤทธิ์

ตารางที่ 3 เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้งของเจลไวต์ต่ออุณหภูมิผสมสารสกัดยูจีนอลต่อเชื้อ *S. cerevisiae*

ตัวอย่างที่วิเคราะห์	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้งเฉลี่ย (mm) ± SD
สารสกัดยูจีนอล 250 µg/ml	8.07 ± SD
ชุดควบคุม control +	6.76 ± SD
ชุดควบคุม control -	5.50 ± SD

จากตารางแสดงผลการทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเชื้อเมื่อนำสารสกัดยูจีนอลผสมลงในเจลและทดสอบฤทธิ์การยับยั้งเชื้อราด้วยวิธี Disk Diffusion พบว่ายังคงเกิดบริเวณยับยั้งเชื้อราเท่ากับการทดสอบด้วยยูจีนอลที่ยังไม่ได้ผสมเจล สามารถก่อให้เกิดบริเวณยับยั้งเชื้อราได้ซึ่งมีค่าบริเวณยับยั้งเชื้อรา เท่ากับ 8.07 mm

ตอนที่ 3 คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของตำรับเจล

ไวต์ต่ออุณหภูมิที่มีสารสกัดยูจีนอลที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ

ตารางที่ 1 คุณลักษณะทางกายภาพและเคมีของตำรับเจลไวต์ต่ออุณหภูมิที่มีสารสกัดยูจีนอลที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้น (%w/w)	ลักษณะของเนื้อเจลและการก่อตัว	ค่า pH เฉลี่ย ± SD
1.0%	ขุ่นเล็กน้อย มีตะกอน	ไม่ได้ทำการตรวจวัด*
1.5%	ใส ไม่มีตะกอน ก่อตัวเป็นเจลที่อุณหภูมิห้อง	6.758 ± 0.007
2.0%	ขุ่นและเหลืองเล็กน้อย มีตะกอน	ไม่ได้ทำการตรวจวัด*

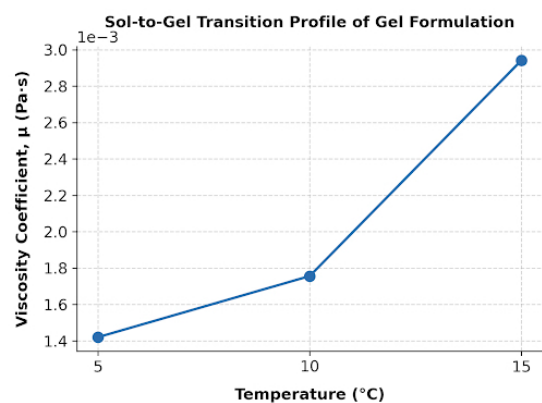
*หมายเหตุ: เนื่องจากตำรับความเข้มข้น 1.0% และ 2.0% w/w มีลักษณะทางกายภาพที่ไม่เหมาะสม คณะผู้จัดทำจึงไม่นำมาทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่างต่อไป

ตารางที่ 2 ผลการวัดสัมประสิทธิ์ความหนืด (µ) และแรงหนืด (F) ของตำรับเจลที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อุณหภูมิ (°C)	เวลา (s)	µ (Pa·s)	F (N)
5	0.35	1.420 × 10 ⁻³	2.67 × 10 ⁻⁵
10	0.43	1.756 × 10 ⁻³	2.687 × 10 ⁻⁵
15	0.72	2.942 × 10 ⁻³	2.688 × 10 ⁻⁵

พบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น สัมประสิทธิ์ความหนืด ของตำรับเจลจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 1.420 × 10⁻³ เป็น 2.942 × 10⁻³ Pa·s และใช้เวลาเคลื่อนที่นานขึ้น ในขณะที่แรงหนืดมีค่าคงที่และเสถียร

กราฟที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับสัมประสิทธิ์ความหนืด (µ) ของตำรับเจลไวต์ต่ออุณหภูมิผสมสารสกัดยูจีนอลจากกานพลู



จากกราฟพบว่าสัมประสิทธิ์ความหนืดของตำรับเจลมีค่าแปรผันตรงตามอุณหภูมิ โดยเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 5°C

เป็น 15°C ค่าความหนืดพุ่งสูงขึ้นจาก 1.420×10^{-3} เป็น $2.942 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ แนวโน้มกราฟที่ชันขึ้นนี้เป็นหลักฐานยืนยันพฤติกรรมการณ์เปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นเจลของตัวรับเจลไวต่ออุณหภูมิที่พัฒนาขึ้นอย่างเด่นชัด

สรุปผล

1. อภิปรายผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC-MS พบสารยูจินอล สูงถึง 78.17% ซึ่งสารกลุ่มนี้มีฤทธิ์เด่นในการทำลายเยื่อหุ้มเซลล์ของเชื้อรา สอดคล้องกับผลการทดลองตอนที่ 1 และ 2 ที่พบว่า สารสกัดที่ความเข้มข้นต่ำสุด $250 \mu\text{g/ml}$ สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *S.cerevisiae* ได้ดีที่สุด โดยมีขนาดการเจริญต่ำที่สุดที่ 0.03516 mm . เมื่อเทียบกับการเจริญของเชื้อราในชุดความเข้มข้น $500 \mu\text{g/ml}$ และ $1,000 \mu\text{g/ml}$ ที่มีค่าสูงกว่า และให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณยับยั้ง กว้างถึง 7.68 mm . ซึ่งสูงกว่าชุดควบคุมบวกและชุดควบคุมลบที่มีค่าเพียง 7.29 mm . และ 6.34 mm . ตามลำดับ

เมื่อนำสารสกัดความเข้มข้นดังกล่าวมาพัฒนาเป็นตัวรับเจลไวต่ออุณหภูมิ พบว่าตัวรับที่ความเข้มข้น $1.5\% \text{ w/w}$ มีความเหมาะสมทางกายภาพที่สุดเมื่อเทียบกับตัวรับความเข้มข้น 1.0% และ $2.0\% \text{ w/w}$ เนื่องจากเนื้อเจลมีความใส ไม่ตกตะกอน และมีค่า pH อยู่ในช่วงปลอดภัย 6.758 ± 0.007 อีกทั้งเมื่อนำไปทดสอบฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา พบว่าให้บริเวณงยับยั้งกว้างขึ้นเป็น 8.07 mm . ซึ่งให้ผลการยับยั้งดีกว่าเมื่อเทียบกับรูปแบบสารสกัดที่ยังไม่ได้ผสมเจลที่มีความกว้าง 7.68 mm . ซึ่งพิสูจน์ว่าการกักเก็บสารสกัดไว้ในโครงสร้างเจลไม่ได้ส่งผลให้ประสิทธิภาพของเจลลดลง แต่ช่วยให้ระบบสามารถควบคุมการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ได้อย่างต่อเนื่องและลดการระเหยง่ายของน้ำมันหอมระเหย

จากผลการทดสอบความหนืดทำให้เห็นว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น สมบัติความหนืด ของตัวรับเจลจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 1.420×10^{-3} เป็น $2.942 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ซึ่งแปรผันตรงตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ถูกต้องของเจลไวต่ออุณหภูมิ

คุณสมบัตินี้ช่วยให้ตัวรับยาคงสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิต่ำทำให้กระจายตัวง่าย และจะเปลี่ยนเป็นเจลที่มีความหนืดสูงขึ้นเมื่อได้รับความร้อนจากร่างกาย ส่งผลให้เกิดการยึดเกาะผิวหนังหรือบริเวณเนื้อเยื่อได้ดี

2. สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการสกัดน้ำมันกานพลูที่มีสารยูจินอลสูงถึง 78.17% ซึ่งทดสอบสารสกัดที่ความเข้มข้น $250 \text{ } 500$ และ $1,000 \mu\text{g/ml}$ พบว่าที่ความเข้มข้น $250 \mu\text{g/ml}$ เป็นค่า MIC ที่ยับยั้งเชื้อรา *S. cerevisiae* ได้ดีที่สุด เมื่อนำมาพัฒนาเป็นตัวรับเจลไวต่ออุณหภูมิ พบว่าสูตร $1.5\% \text{ w/w}$ เหมาะสมที่สุดเนื่องจากเนื้อเจลใส ไม่ตกตะกอน มีค่า pH ปลอดภัย และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราให้กว้างขึ้นเป็น 8.07 mm นอกจากนี้ เจลยังมีสมบัติแสดงความไวต่ออุณหภูมิเด่นชัด โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 1.420×10^{-3} เป็น $2.942 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ ซึ่งช่วยส่งเสริมการยึดเกาะผิวหนังเพื่อการออกฤทธิ์ที่ยาวนานขึ้นเมื่อนำไปใช้งานจริง

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาความเสถียรของตัวรับเจลในอุณหภูมิและระยะเวลาที่ต่างกัน รวมถึงศึกษาอัตราการปลดปล่อยสารสำคัญอย่างต่อเนื่อง เพื่อยืนยันประสิทธิภาพในการควบคุมการออกฤทธิ์ นอกจากนี้ ควรนำตัวรับเจลไปทดสอบกับเชื้อราสายพันธุ์ที่ก่อโรคผิวหนังในมนุษย์โดยตรง ร่วมกับการทดสอบการระคายเคืองต่อผิวหนัง เพื่อความปลอดภัยและเป็นแนวทางในการพัฒนาสู่ผลิตภัณฑ์ยาใช้ภายนอก

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิทยาศาสตร์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความกรุณาจาก คุณครูพิพร ตะเคียนราม ครูที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำและดูแลการทดลองอย่างใกล้ชิด ขอขอบพระคุณ ว่าที่ ร.ต.จตุรงค์

จกจกน อออรอญที่ปรกรออออออ ที่ดอไดอออออออออออออออออออออ
คออ
คูนคูนออออออออ สออสอ พนอองออออออออ ที่สนอสนออ
วอสอออออออออออออ และกรออออออออออ ดร.ศออส
อนนอ อนนอสอ ออออออออออออออออออออออออออออออ
กรออออออออออ บออสออ ที่ออออออออออออออออออออ
คณออสอออออออออออออออออออออออออออออออออ
มา ณ โอกาสอ

เอกสอรอออออ

คณออสอออออ มออออออออออ (2563).

การออออออออออออออออออออออ
ออออออออออออออออออออออ

คณออสอออออ มออออออออออ (2563).

ออออออออออออออออออออออ
ออออออออออออออออออออออ

ออออออออออออออออออออ มออออออออออ.

(2559).การออออออออออออออ
ออออออออออออออออออออ

ออออออออออออ มออออออออออ. (2562).

นออออออออออออออออออออ
ดออออออ Staphylococcus aureus และ
Candida albicans สออออออออ
ผลอออออออออออ

อออสออส ผลอออส และคณอ. (2562). การออออออ
ออออออออออออออออออออ
ออออออ. วารออออออออออออออออออ,
27(3), 455-467.

Dumortier, G., et al. (2006). *A review on
poloxamer 407: pharmaceutical
applications in drug delivery.*
Pharmaceutical Research, 23(12), 2709-
2728.

Manose Health and Beauty Research
Center. (2565). การออออออออ

ออออออออออออออออออออออ
(Minimum Inhibitory Concentration
MIC) [PDF].