

FORMULATION OF O/W EMULSIONS CONTAINING RICE BRAN
OIL FROM VARIOUS PRODUCTION METHODS AND
EVALUATION OF FREE RADICAL SCAVENGING ACTIVITY

Mr. Rattanachot Mongkollikit

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Pharmaceutical Technology
Faculty of Pharmaceutical Sciences
Chulalongkorn University
Academic Year 2007
Copyright of Chulalongkorn University**

การพัฒนาตัวรับอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากกรรมวิธี
การผลิตต่าง ๆ และประเมินฤทธิ์ในการกำจัดอนุมลพิษ

นายรัตนโชติ มงคลลิขิต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีเกษตรกรรม

คณะเกษตรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

501975

Thesis Title Formulation of o/w emulsions containing rice bran oil from
various production methods and evaluation of free radical
scavenging activity
By Mr. Rattanachot Mongkollikit
Field of study Pharmaceutical Technology
Thesis Advisor Associate Professor Ubonthip Nimmannit, Ph.D.
Thesis Co-Advisor Lecturer Walapa Tatong, Ph.D.

Accepted by the Faculty of Pharmaceutical Sciences, Chulalongkorn
University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

..... *Pornpen Pramyothin* Dean of the Faculty of
Pharmaceutical Sciences
(Associate Professor Pornpen Pramyothin, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

..... *Papavadee Klongpityapong* Chairman
(Associate Professor Papavadee Klongpityapong)

..... *Ubonthip Nimmannit* Thesis Advisor
(Associate Professor Ubonthip Nimmannit, Ph.D.)

..... *Walapa Tatong* Thesis Co-advisor
(Lecturer Walapa Tatong, Ph.D.)

..... *Nontima V.* Member
(Assistant Professor Nontima Vardhanabhuti, Ph.D.)


..... *Warangkana Warisnoicharoen* Member
(Assistant Professor Warangkana Warisnoicharoen, Ph.D.)

รัตนโชติ มงคลลิขิต : การพัฒนาตำรับอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวที่ได้
จากกรรมวิธีการผลิตต่าง ๆ และการประเมินฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูลอิสระ (FORMULATION
OF O/W EMULSIONS CONTAINING RICE BRAN OIL FROM VARIOUS
PRODUCTION METHODS AND EVALUATION OF FREE RADICAL
SCAVENGING ACTIVITY) อ. ที่ปรึกษา: รศ.ดร.อุบลทิพย์ นิยมานนิตย์, อ. ที่ปรึกษาร่วม:
ดร. วัลลภา ทาทอง, 132 หน้า

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับฤทธิ์ในการกำจัดอนุมูลอิสระ ปริมาณแกมมาโอโรซานอลและวิตามินอี ของ
น้ำมันรำข้าวที่ได้จากกรรมวิธีการผลิตต่าง ๆ และการพัฒนาตำรับอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวที่ได้จากการ
ผลิตต่าง ๆ จากการศึกษาน้ำมันรำข้าวที่ผลิตจากกรรมวิธีที่ต่างกัน 5 ชนิดได้แก่ น้ำมันรำข้าวที่ใช้ตัวทำละลายในการสกัด (SE-RBO)
น้ำมันรำข้าวที่ใช้ตัวทำละลายในการสกัดและผ่านกระบวนการฟอกสี (BSE-RBO) น้ำมันรำข้าวที่ใช้วิธีการบีบเย็น (CP-RBO) น้ำมัน
รำข้าวที่ใช้วิธีการบีบเย็นและผ่านกระบวนการฟอกสี (BCP-RBO) และ น้ำมันรำข้าวที่ผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์ (RE-RBO) ฤทธิ์ใน
การต้านอนุมูลอิสระ (IC_{50}) เรียงลำดับจากมากสุดไปน้อยสุดได้ดังนี้ น้ำมันรำข้าวที่ใช้ตัวทำละลายในการสกัด ($IC_{50} = 2.23 \pm 0.22$
mg/mL) น้ำมันรำข้าวที่ใช้วิธีการบีบเย็น ($IC_{50} = 2.29 \pm 0.04$ mg/mL) น้ำมันรำข้าวที่ใช้ตัวทำละลายในการสกัดและผ่านกระบวนการ
ฟอกสี ($IC_{50} = 2.46 \pm 0.21$ mg/mL) น้ำมันรำข้าวที่ใช้วิธีการบีบเย็นและผ่านกระบวนการฟอกสี ($IC_{50} = 2.59 \pm 0.14$ mg/mL) น้ำมันรำ
ข้าวที่ผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์ ($IC_{50} = 4.53 \pm 0.12$ mg/mL) ซึ่งทุกตัวไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยกเว้นน้ำมันรำข้าวที่ผ่าน
กรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์ ที่ต่างจากน้ำมันรำข้าวชนิดอื่นที่กล่าวข้างต้นอย่างมีนัยสำคัญ การศึกษาปริมาณแกมมาโอโรซานอลเรียงลำดับ
จากมากสุดไปน้อยสุดพบว่าน้ำมันรำข้าวที่ใช้ตัวทำละลายในการสกัดมีปริมาณแกมมาโอโรซานอลสูงที่สุดในปริมาณ
14614.37 \pm 70.69 ppm น้ำมันรำข้าวที่ใช้วิธีการบีบเย็นพบในปริมาณ 13917.92 \pm 115.44 ppm น้ำมันรำข้าวที่ใช้ตัวทำละลายในการ
สกัดและผ่านกระบวนการฟอกสีพบในปริมาณ 13199.41 \pm 120.57 ppm น้ำมันรำข้าวที่ใช้วิธีการบีบเย็นและผ่านกระบวนการฟอกสี
พบในปริมาณ 12855.82 \pm 77.02 ppm และ น้ำมันรำข้าวที่ผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์พบในปริมาณ 3487.03 \pm 100.02 ppm ส่วน
ปริมาณวิตามินอีเรียงลำดับจากมากสุดไปน้อยสุดพบว่าน้ำมันรำข้าวที่ใช้วิธีการบีบเย็นมีปริมาณมากที่สุดในปริมาณ 527.83 \pm 0.26
ppm น้ำมันรำข้าวที่ใช้ตัวทำละลายในการสกัดพบในปริมาณ 442.83 \pm 0.23 ppm น้ำมันรำข้าวที่ใช้วิธีการบีบเย็นและผ่านกระบวนการ
ฟอกสีพบในปริมาณ 357.57 \pm 0.38 ppm น้ำมันรำข้าวที่ใช้ตัวทำละลายในการสกัดและผ่านกระบวนการฟอกสีพบในปริมาณ 350.94
ppm และ น้ำมันรำข้าวที่ผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์พบในปริมาณ 170.56 \pm 0.31 ppm ส่วนการศึกษาความคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชัน
พบว่ากรรมวิธีการผลิตที่ต่างกันทำให้ความคงตัวต่อการเกิดออกซิเดชันต่างกันเรียงลำดับจากน้อยไปมากดังนี้ น้ำมันรำข้าวที่ใช้ตัวทำ
ละลายในการสกัดและผ่านกระบวนการฟอกสี (0.48 \pm 0.07 h) น้ำมันรำข้าวที่ใช้วิธีการบีบเย็นและผ่านกระบวนการฟอกสี (2.86 \pm 0.16
h) น้ำมันรำข้าวที่ผ่านกรรมวิธีทำให้บริสุทธิ์ (3.69 \pm 0.05 h) น้ำมันรำข้าวที่ใช้วิธีการบีบเย็น (9.39 \pm 1.07 h) และ น้ำมันรำข้าวที่ใช้ตัวทำ
ละลายในการสกัด (9.93 \pm 0.21 h) และ ในการพัฒนาตำรับของอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำที่ pH 5-6 พบว่าน้ำมันรำข้าวที่ผ่านกรรมวิธี
ทำให้บริสุทธิ์ ได้รับความพึงพอใจในเรื่องสีและการกระจายตัวของครีม น้ำมันรำข้าวที่ใช้วิธีการบีบเย็นได้รับความพึงพอใจในด้าน
ความนุ่มของครีมเมื่อทานบนผิวหนัง น้ำมันรำข้าวที่ใช้วิธีการบีบเย็นและผ่านกระบวนการฟอกสีได้รับความพึงพอใจในด้านกลิ่นและ
ความเนียนของเนื้อครีม แต่ในน้ำมันรำข้าวที่ใช้ตัวทำละลายในการสกัดพบว่าได้รับความพึงพอใจน้อยที่สุดในทุกการประเมิน ความ
คงตัวของอิมัลชันที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวต่างชนิดกันพบว่ามีความคงตัวดีทางกายภาพ หลังจากผ่านการทดสอบด้วยสภาวะเร่ง
(temperature cycling) จำนวน 6 รอบ

สาขาวิชา.....เทคโนโลยีเภสัชกรรม.....ลายมือชื่อนิสิต.....

ปีการศึกษา.....2550.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

##4876853433: MAJOR PHARMACEUTICAL TECHNOLOGY (INTERNATIONAL) PROGRAM

KEYWORD: RICE BRAN OIL / FREE RADICAL SCAVENGING ACTIVITY / EMULSIONS

RATTANACHOT MONGKOLLIKIT: FORMULATION OF O/W EMULSIONS CONTAINING RICE BRAN OIL FROM VARIOUS PRODUCTION METHODS AND EVALUATION OF FREE RAICAL SCAVENGING ACTIVITY.

ADVISOR: ASSOC. PROF. UBONTHIP NIMMANNIT, Ph.D., THESIS CO-

ADVISOR: WALAPA TATONG, Ph.D. 132 p.p.

The purposes of this study were to report the production methods of rice bran oil (RBO) that influence free radical scavenging activity, amount of γ -oryzanol and vitamin E. Also, to study the formulation of o/w emulsions from different RBO produced from 5 methods which are called as solvent extraction RBO (SE-RBO), bleached-solvent RBO (BSE-RBO), cold-pressed RBO (CP-RBO), bleached cold-pressed RBO (BCP-RBO) and refined RBO (RE-RBO). The free radical scavenging activity (IC_{50}) of these RBOs were ranked from the highest to lowest, as follows: SE-RBO ($IC_{50} = 2.23 \pm 0.22$ mg/mL), CP-RBO ($IC_{50} = 2.29 \pm 0.04$ mg/mL), BSE-RBO ($IC_{50} = 2.46 \pm 0.21$ mg/mL), BCP-RBO ($IC_{50} = 2.59 \pm 0.14$ mg/mL) and RE-RBO ($IC_{50} = 4.53 \pm 0.12$ mg/mL). There were not significantly different between SE-RBO, BSE-RBO, CP-RBO, BCP-RBO ($P > 0.05$) except RE-RBO which was significantly lower ($P < 0.05$) in term of DPPH scavenging activity. The γ -oryzanol content were ranked from the highest to the lowest as follow: SE-RBO (14614.37 ± 70.69 ppm), CP-RBO (13917.92 ± 115.44 ppm), BSE-RBO (13199.41 ± 120.57 ppm), BCP-RBO (12855.82 ± 77.02 ppm), and RE-RBO (3487.03 ± 100.02 ppm). The γ -oryzanol content for the different production methods were significantly different ($P < 0.05$). Moreover, the amount of vitamin E for the processing of RBO showed that CP-RBO (527.83 ± 0.26 ppm) had the highest vitamin E content follow by SE-RBO (442.83 ± 0.23 ppm), BCP-RBO (357.57 ± 0.38 ppm), BSE-RBO (350.94 ± 0.38 ppm) and the RE-RBO (170.56 ± 0.31 ppm) had the lowest vitamin E content. The estimated oxidative stability can be ranked from the lowest to highest as follows: BSE-RBO (0.48 ± 0.07 h), BCP-RBO (2.86 ± 0.16 h), RE-RBO (3.69 ± 0.05 h), CP-RBO (9.39 ± 1.07 h) and SE-RBO (9.93 ± 0.21 h). In addition, O/W emulsions containing different RBO were formulated. All various RBO emulsions were approximately in an acceptable range of skin pH (5-6). RE-RBO gave the most 'satisfy' with its color and spreadability. CP-RBO gave the most 'satisfy' with skin feel and BCP-RBO gave the most 'satisfy' with odor and smooth cream mass. On the other hand, SE-RBO gave the least score in all categories. Moreover, all formulations showed good physical stability after 6 cycles of temperature cycling.

Field of study... Pharmaceutical Technology... Student's signature.....

Academic year.....2007..... Advisor's signature.....

Co-advisor's signature.....

Rattanachot Mongkollikit

Ubonthip Nimmannit

Walapa Tatong

ACKNOWLEDGEMENTS

The success of my thesis would not be realized without the support and assistance of many people who have made their kind contribution to the study.

I would like to express my sincere gratitude and deep appreciation to my advisor, Associate Professor Dr. Ubonthip Nimmannit, for all her ongoing help and support. Without her this thesis could not have been completed.

I am very grateful to Dr. Walapa Tatong, my thesis co-advisor, for her helpful suggestion of many problems, good guidance, kindness and encouragement.

Special thanks to the thesis committee for their constructive suggestions and invaluable comments. Furthermore, I am most grateful for the reviews that precede the completion of this thesis.

Thanks are also extended to Metrohm Co., Ltd. for 743 Rancimat[®]. I also thank Thai Edible Oil Co., Ltd., Thailand, Baan Idin, and Summit Chemical Co., Ltd., Thailand for supporting chemicals.

Sincere thank goes to my friends and all staff members of Pharmaceutical Technology (International) Program, Faculty of Pharmaceutical Sciences, Chulalongkorn University.

Finally, I would like to express my deepest gratitude and infinite thankfulness to my family for their endless love, understanding and encouragement that greatly support me in order to make this thesis possible.

CONTENTS

	Page
ABSTRACT (THAI).....	iv
ABSTRACT (ENGLISH).....	v
ACKNOWLEDGEMENTS.....	vi
CONTENTS.....	vii
LIST OF TABLES.....	ix
LIST OF FIGURES.....	xi
LIST OF ABBREVIATIONS.....	xiv
CHAPTER	
I INTRODUCTION.....	1
II LITERATURE REVIEW.....	3
1. Rice.....	3
2. Rice bran.....	4
3. Rice bran oil.....	5
4. Reaction of fat and fatty acid.....	8
5. Antioxidant activity of RBO components found in RBO.....	11
6. Production methods of RBO.....	16
7. Lipid oxidation tests.....	26
8. Analytical method for testing antioxidant properties of RBO.....	28
9. Analysis method for determination of γ -oryzanol in RBO.....	30
10. Analysis method for determining stability of γ -oryzanol in RBO.....	32
11. Emulsions.....	32
12. Components of oil-in-water emulsions.....	34
13. Emulsions and the HLB system.....	36
14. Stability consideration.....	38
III MATERIALS AND METHODS.....	41
Materials.....	41
Apparatus.....	42
Methods.....	43

CHAPTER	Page
IV RESULTS AND DISCUSSION.....	57
1. Extraction of RBO.....	57
2. Determination of antioxidant activity of various RBO.....	60
3. Determination of γ -oryzanol and vitamin E (α -tocopherol) content in various RBO.....	64
4. Oxidative stability of RBO produced from various production methods.....	75
5. Kinetics stability of γ -oryzanol in various production methods of RBO.....	77
6. Formulation of oil-in-water emulsions from various production methods of RBO.....	92
V CONCLUSIONS.....	100
REFERENCES.....	103
APPENDICES	110
APPENDIX A.....	111
APPENDIX B.....	117
APPENDIX C.....	123
APPENDIX D.....	126
APPENDIX E.....	130
VITA.....	132

LISTS OF TABLES

Table	Page
1. Composition of crude rice bran oil.....	6
2. Composition of unsaponifiable lipids.....	7
3. Component of oil-in-water emulsions.....	34
4. HLB determination.....	37
5. Percent ingredient of oil-in-water emulsions.....	55
6. Color of various production methods.....	58
7. The percent yield of BSE-RBO and BCP-RBO from bleaching step.....	58
8. The IC ₅₀ value for DPPH radical scavenging activity of each various production methods of RBO.....	62
9. Peak area of γ -oryzanol standard (standard curve).....	64
10. Accuracy	66
11. Intra-day precision	67
12. Inter-day precision.....	68
13. Linearity	69
14. Peak area of α -tocopherol standard (standard curve).....	72
15. Comparison between tocopherols and oryzanol content.....	75
16. Observed rate constants (k) for γ -oryzanol degradation in RE- RBO during storage at various temperatures.....	79
17. Observed rate constants (k) for γ -oryzanol degradation in SE-RBO during storage at various temperatures.....	82
18. Observed rate constants (k) for γ -oryzanol degradation in BSE- RBO during storage at various temperatures.....	85
19. Observed rate constants (k) for γ -oryzanol degradation in CP- RBO during storage at various temperatures.....	87

Table	Page
20. Observed rate constants (k) for γ -oryzanol degradation in BCP- RBO during storage at various temperatures.....	90
21. Activated energy of RBO from various production methods.....	90
22. Predicted degradation rate constant (k) and half-life ($t_{1/2}$) of oryzanol content in RBO at room temperature (32 ± 2 °C).....	91
23. Results of RBO from various production methods.....	100

LISTS OF FIGURES

Figure	Page
1. Rice kernel structure.....	4
2. Major components of γ -oryzanol.....	13
3. Molecular structures of tocopherols and tocotrienols.....	15
4. Traditional animal powered ghani.....	17
5. Power ghani.....	17
6. Plate press.....	18
7. Ram press.....	18
8. Expeller pressed.....	19
9. Cold pressed RBO steps	20
10. Solvent extraction in edible oil production.....	22
11. Rice bran oil refining process	24
12. Solvent extraction and refining process of RBO	25
13. The process of OSI.....	27
14. The OSI instrument 743 Rancimat®.....	28
15. Structure of DPPH and reaction with an antioxidant.....	29
16. HPLC chromatogram of crude RBO.....	31
17. Oil-in-water emulsions.....	33
18. Hydrophilic part and a lipophilic part.....	36
19. Main breakdown processes of emulsions.....	38
20. Cold pressed machine: model 6YL-68 screw oil press.....	44
21. The schematic diagram of the extraction of γ -oryzanol in RBO.....	50
22. Samples of oil production by different methods compared to commercial RBO (RE-RBO).....	58
23. Viscosities of RBO from various RBO.....	59
24. DPPH radical inhibition of various RBO.....	61

Figure	Page
25. The IC ₅₀ (mg/mL) of various production methods for DPPH radical inhibition.....	63
26. Standard curve of γ -oryzanol.....	65
27. Linearity graph of γ -oryzanol.....	69
28. Chromatogram of γ -oryzanol standard.....	70
29. Chromatogram of γ -oryzanol standard and RBO sample 10% w/v.....	70
30. Chromatogram of mobile phase.....	71
31. Oryzanol content in various RBO from production methods.....	71
32. Standard curve of α -tocopherol	73
33. Tocopherol content in various RBO from production methods.....	74
34. The induction time of various RBO at 120 °C.....	76
35. Degradation of gamma-oryzanol in RE-RBO at temperature 40 °C.....	78
36. Degradation of gamma-oryzanol in RE-RBO at temperature 60 °C.....	78
37. Degradation of gamma-oryzanol in RE-RBO at temperature 70 °C.....	79
38. Arrhenius plot for the first-order rate constant of γ -oryzanol degradation in RE-RBO over the temperature rang of 40-70 °C.....	80
39. Degradation of gamma-oryzanol in SE-RBO at temperature 40 °C.....	81
40. Degradation of gamma-oryzanol in SE-RBO at temperature 60 °C.....	81
41. Degradation of gamma-oryzanol in SE-RBO at temperature 70 °C.....	82
42. Arrhenius plot for the first-order rate constant of γ -oryzanol degradation in SE-RBO over the temperature rang of 40-70 °C.....	83
43. Degradation of gamma-oryzanol in BSE-RBO at temperature 40 °C.....	83
44. Degradation of gamma-oryzanol in BSE-RBO at temperature 60 °C.....	84
45. Degradation of gamma-oryzanol in BSE-RBO at temperature 70 °C.....	84
46. Arrhenius plot for the first-order rate constant of γ -oryzanol degradation in BSE-RBO over the temperature rang of 40-70 °C.....	85
47. Degradation of gamma-oryzanol in CP-RBO at temperature 40 °C.....	86

Figure	Page
48. Degradation of gamma-oryzanol in CP-RBO at temperature 60 °C.....	86
49. Degradation of gamma-oryzanol in CP-RBO at temperature 70 °C.....	87
50. Arrhenius plot for the first-order rate constant of γ -oryzanol degradation in CP-RBO over the temperature rang of 40-70 °C.....	88
51. Degradation of gamma-oryzanol in BCP-RBO at temperature 40 °C.....	88
52. Degradation of gamma-oryzanol in BCP-RBO at temperature 60 °C.....	89
53. Degradation of gamma-oryzanol in BCP-RBO at temperature 70 °C.....	89
54. Arrhenius plot for the first-order rate constant of γ -oryzanol degradation in BCP-RBO over the temperature rang of 40-70 °C.....	90
55. Physical appearances of emulsions from various RBO.....	93
56. pHs of emulsions from various RBO.....	94
57. Viscosities of emulsions from various RBO.....	95
58. Mean score of satisfactory feel evaluation by the panelists.....	96
59. pH of various RBO emulsions during heating-cooling Cycle.....	97
60. Viscosity of various RBO emulsions during heating-cooling Cycle.....	98

LIST OF ABBREVIATIONS

A	=	frequency factor
AACC	=	American Association of Cereal Chemists
AH	=	antioxidant
ANOVA	=	analysis of variance
AOAC	=	Association of Official Chemists
AOCS	=	American Oil Chemists' Society
AOM	=	Active Oxygen Method
BCP-RBO	=	bleach cold-pressed rice bran oil
BSE-RBO	=	bleach solvent-extraction rice bran oil
°C	=	degree Celsius
CP-RBO	=	cold-pressed rice bran oil
DPPH	=	1,1- diphenyl-2-picrylhydrazyl
et al.	=	et alibi, and others
Ea	=	activation energy
°F	=	degree Fahrenheit
g	=	gram
GMS SE	=	glyceryl stearate self- emulsifier
h	=	hour
HLB	=	Hydrophile-Lipophile Balance
HPLC	=	high performance liquid chromatography
i.e.	=	id est., that is
IC ₅₀	=	median inhibitory concentration
ICH	=	International Conference on Harmonization of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticeuticals for Human Use
k	=	reaction rate constant
kg	=	kilogram
K	=	degree Kelvin
mg	=	milligram
min	=	minute
mL	=	milliliter
mM	=	millimolar

mPas	=	milliPascal-second (1 cP)
M.W.	=	molecular weight
n	=	sample size
nm	=	nanometer
No.	=	number
O/W	=	oil-in-water emulsions
OSI	=	oxidative stability index
ppm	=	part per million
Paraben conc.	=	Paraben concentration
PIT	=	Phase Inversion Temperature
rpm	=	round per minute
R	=	the gas constant
R ²	=	coefficient of determination
RB	=	rice bran
RBO	=	rice bran oil
SE-RBO	=	solvent-extraction rice bran oil
S.D.	=	standard deviation
T	=	absolute temperature
UV	=	ultraviolet
UV-VIS	=	ultraviolet and visible spectrophotometry
v/v	=	volume by volume
w/v	=	weight by volume
W/O	=	water-in-oil emulsions
α	=	alpha
β	=	beta
γ	=	gamma
δ	=	delta
μg	=	microgram
μL	=	microliter
μm	=	micrometer