

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



E42118

**HYPOGLYCEMIC EFFECT OF THAI AND NIGERIAN
MEDICINAL PLANTS**

MOSES ZERA ZARUWA

**DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN PHARMACY**

**THE GRADUATE SCHOOL,
CHIANG MAI UNIVERSITY
AUGUST 2011**

600256229

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



**HYPOGLYCEMIC EFFECT OF THAI AND NIGERIAN
MEDICINAL PLANTS**

MOSES ZIRA ZARUWA

**A THESIS SUBMITTED TO THE GRADUATE SCHOOL IN
PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF
DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN PHARMACY**



**THE GRADUATE SCHOOL
CHIANG MAI UNIVERSITY
AUGUST 2011**

**HYPOGLYCEMIC EFFECT OF THAI AND NIGERIAN
MEDICINAL PLANTS**

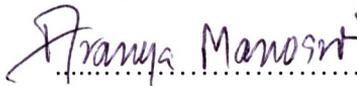
MOSES ZIRA ZARUWA

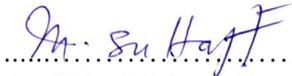
THIS THESIS HAS BEEN APPROVED
TO BE A PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
IN PHARMACY

EXAMINING COMMITTEE

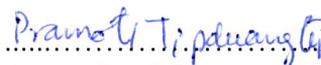

.....CHAIRPERSON
Dr. Wilawan Juengprasert


.....MEMBER
Prof. Dr. Jiradej Manosroi

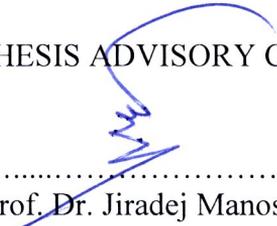

.....MEMBER
Prof. Dr. Aranya Manosroi


.....MEMBER
Prof. Dr. Maitree Suttajit


.....MEMBER
Dr. Pramote Stientrut


.....MEMBER
Assoc. Prof. Pramote Tipduangta

THESIS ADVISORY COMMITTEE


.....ADVISOR
Prof. Dr. Jiradej Manosroi


.....CO-ADVISOR
Prof. Dr. Aranya Manosroi


.....CO-ADVISOR
Prof. Dr. Toshihiro Akihisa

8 August, 2011

© Copyright by Chiang Mai University

ACKNOWLEDGEMENT

My deepest appreciation goes to my advisor, Prof. Dr. Jiradej Manosroi for his encouragement, moral support and endless assistance during the period of my study in Thailand. I also deeply appreciate the support and good will of my co-advisors, Prof. Dr. Aranya Manosroi and Prof. Dr. Toshihiro Akihisa.

I am sincerely grateful to the faculty members of the Faculty of Pharmacy, Chiang Mai University. I am also grateful to the staff and students of the College of Science and Technology, Nihon University, Tokyo, Japan for their assistance and good will to me in the course of my study.

My sincere gratitude goes to the Management of Adamawa State University, especially the Vice Chancellor, Dr. Alkasum Abba and the Registrar Mrs. J. M. Garnvwa, for their support and encouragement.

A special appreciation goes to all the staff and research scholars in the Natural Products Research and Development Center (NPRDC), Chiang Mai University, Thailand.

Finally, a very special gratitude to my family, my loving and patient wife, Mrs. Zipporah Zaruwa, my daughter Christiana Tzafu Zaruwa (Sanah) and my son Moses Zira Zaruwa II (Dang) for their endurance, prayers and good will throughout the course of my study.

Moses Zira Zaruwa

Thesis Title	Hypoglycemic Effect of Thai and Nigerian Medicinal Plants	
Author	Mr. Moses Zira Zaruwa	
Degree	Doctor of Philosophy (Pharmacy)	
Thesis Advisory Committee	Prof. Dr. Jiradej Manosroi	Advisor
	Prof. Dr. Aranya Manosroi	Co-advisor
	Prof. Dr. Toshihiro Akihisa	Co-advisor

Abstract

E 42118

The aqueous extracts of twenty hypoglycemic medicinal plants and recipes from Thailand and Nigeria were screened for their hypoglycemic effects. The medicinal plants and recipes were as follows: *Anogeissus acuminata* (Roxb. ex DC) Guill. & Perr., *Catunaregam tormentosa* (DC.) Tirveng, *Dioecrescis erythroclada* (Kurz) Tirveng, *Dendrophthoe pentandra* (L.) Miq, *Mimosa pudica* Linn. var. *hispida* Bren, *Moringa oleifera* Linn., *Pterocarpus macrocarpus* kurz, *Rauwolfia serpentina* (L.) Benth. ex. Kurz, Yamed Boraped Pungchang and Mai Tau Lusi from the Northern part of Thailand and *Anisopus mannii* N.E.Br, *Anogeissus leiocarpus* (D.C) Guill & Perr., *Daniella oliveri* (Rolfe) Hutch & Dalz., *Detarium macrocarpum* Harms, *Leptedenia hastata* (Pers) Dec'ne, *Mimosa invisa* var. *inermis* Adelb, *Moringa oleifera*, *Pterocarpus erinaceus*, *Rauwolfia serpentina* and Maganin Ciwon Suga recipe (comprising of *Ficus Thonningii*. Blume, *Raphia vinifera* P. Beauv and *Leptedenia hastata* (Pers) Dec'ne) from the Northeastern part of Nigeria. The phytochemistry showed the presence of anthraquinones, flavones, glycosides, saponins, xanthonones, tannins and alkaloids in high intensities in the methanol extracts,

E 42118

while the free radical scavenging activities of the extracts were high in the methanolic extracts of both groups of the extracts. *A. acuminata* and *A. leiocarpus* showed 5 and 7 fold activities above the standards, ascorbic acid and tocopherol and 2 and 5 fold activities for *A. leiocarpus*, respectively. The Thai hypoglycemic medicinal plants, *M. pudica*, YBP, *P. macrocarpus*, *M. oleifera* and *R. serpentina* showed the highest significant ($p < 0.05$) FBG reduction in normoglycemic mice with 47.43, 29.15, 44.71, 25.18 and 24.18% mostly at the 4 h representing between 0.21 – 0.68 and 0.33 – 1.04 fold range of insulin and glibenclamide, respectively. All the aqueous extracts tested in the alloxan induced diabetic mice showed significant hypoglycemic effects at various time intervals with the highest effects observed with the extracts of *A. acuminata*, *R. serpentina*, *C. tormentosa*, *P. macrocarpus*, *Yamed Boraped Pungchang* and *D. pentandra* which showed 78.96, 66.62, 57.00, 54.63, 45.02 and 49.00% at the 4 h with 0.58 – 0.9 and 1.22 – 1.76 fold of insulin and glibenclamide, respectively. The Nigerian medicinal plants, *R. serpentina*, *D. macrocarpum*, *P. erinaceous* and *A. mannii* showed the highest significant ($p < 0.05$) FBG reduction of 49.75, 44.94, 36.37 and 21.63% which were 0.38 – 0.88 and 0.76 – 1.72 fold range of insulin and glibenclamide in normoglycemic mice, respectively. All aqueous extracts of the selected medicinal plants showed significant hypoglycemic effect at various time intervals in the alloxan induced diabetic mice, with the highest significant ($p < 0.05$) FBG reduction in *A. mannii*, Maganin Ciwon Suga, *A. leiocarpus*, *D. macrocarpum*, *R. serpentina*, *P. erinaceous* and *L. hastata* of 70.39, 67.91, 64.53, 64.05, 58.88, 57.83 and 55.22% at the 4 h, representing 0.77 – 0.98 and 1.30 – 1.54 fold of insulin and glibenclamide, respectively. The *A. acuminata* and *A. mannii* showed significant FBG reduction of 35.15 and 21.63% with the ethyl acetate and

E 42118

chloroform sub-fractions in the normoglycemic mice, representing 0.53 and 0.82, 0.33 and 0.51 fold of insulin and glibenclamide, respectively. In the alloxan induced diabetic mice, the methanolic and chloroform-methanol sub-fractions showed 42.45 and 29.96% reduction in FBG, representing 0.48 and 0.95, and 0.34 and 0.67 fold of insulin and glibenclamide, respectively. OGTT was effective on the mice group fed with glucose and lactose. Intraperitoneal administration of the methanolic sub-fraction was more effective in the FBG reduction than the group treated by oral route with the *A. acuminata* sub-fraction, while the FBG reduction was equal in the *A. mannii* group. Ca^{2+} and K^{+} channel regulators indicated a possible mechanism of *A. acuminata* binding to beta cells to enhance insulin release, while the reverse was found in *A. mannii* sub-fraction. Alterations were observed in the body and organ weights of the mice and also in the levels of the biochemical parameters, blood urea nitrogen, creatinine, aspartate transaminases, alanine transaminases and total bilirubin in both groups. The isolation, purification and elucidation of the pure compounds from the two plants yielded 1, 2, 3, 5-nonahydroxytriphenoyl-4, 6-hexahydroxydiphenoyl-glucose (Castalagin) and a probably new compound (Manosrin) 3, 23, 28-Trihydroxy-12-oleanen-3-*O*-(β -D-glucopyranosyl-(1,6)- β -D-glucopyranosyl-(1,6)- β -D-xylopyranosyl)-28-*O*- β -D-glucopyranosyl-(1,6)- β -D-glucopyranoside. Significant ($p < 0.05$) reduction of FBG was observed in alloxan induced diabetic mice, of 65.06% observed for castalagin at the 4 h with the 4 ug/kg bw, while 67.97% FBG reduction was observed with manosrin, at dose of 32 ug/kg bw, respectively.

The results from this study have confirmed the traditional use of the Thai and Nigerian hypoglycemic medicinal plants, *A. acuminata* and *A. mannii*, respectively, for the treatment of diabetes mellitus and the sulfonylurea and thiazolidinediones

E 42118

mimicking hypoglycemic effects. The isolated compounds including castalagin and manosrin have been shown to have potentials for the development into modern hypoglycemic agents.

E 42118

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์

ฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือดของพืชสมุนไพรไทยและ
ในจີเรีย

ผู้เขียน

นายโมเสส ชีรา ซารูวา

ปริญญา

วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (เภสัชศาสตร์)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ศ. ดร. จีรเดช มโนสร้อย	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
ศ. ดร. อรัญญา มโนสร้อย	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
ศ. ดร. โทษิชิโร อากิฮิซา	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อ

จากการศึกษาฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือดของสารสกัดซึ่งสกัดด้วยน้ำของพืชสมุนไพร และตำรับยาสมุนไพรรักษาโรคเบาหวานจำนวน 20 ชนิด โดยแบ่งเป็น พืชสมุนไพรจากภาคเหนือของประเทศไทย ได้แก่ *Anogeissus acuminata* (Roxb. ex DC) Guill. & Perr., *Catunaregam tomentosa* (DC.) Triveng, *Dioecrescis erythroclada* (Kurz) Triveng, *Dendrophthoe pentandra* (L.) Miq, *Mimosa pudica* Linn. var. *hispida* Bren, *Moringa oleifera* Linn., *Pterocarpus macrocarpus* Kurz และ *Rauwolfia serpentina* (L.) Bth. ex. Kurz และพืชและตำรับยาสมุนไพรจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ได้แก่ *Anisopus mannii* N.E.Br, *Anogeissus leiocarpus* (D.C) Guill & Perr., *Daniella Oliveri* (Rolfe) Hutch & Dalz, *Detarium macrocarpum* Harms, *Leptedenia hastata* (Pers) Dec'ne, *Mimosa invisa* var. *inermis* Adelb, *Moringa oleifera*, *Pterocarpus erinaceus*, *Rauwolfia serpentina* และตำรับยาสมุนไพร Maganin Ciwon Suga ซึ่งประกอบด้วยพืชสมุนไพร ได้แก่ *Ficus thonningii*. Blume, *Raphia vinifera* P. Beauv และ *Leptedenia hastata* (Pers) Dec'ne

จากผลการทดสอบทางพฤกษเคมีพบว่า anthraquinones, flavones, glycosides, saponins, xanthonnes, tannin และ alkaloids เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ที่พบในสารสกัดพืชสมุนไพรที่สกัดด้วยเมทานอล ขณะที่ผลการทดสอบฤทธิ์ในการยับยั้งอนุมูลอิสระพบว่า สารสกัดซึ่งสกัดด้วยเมทานอลของพืชสมุนไพร *A. acuminata* และ *A. leiocarpus* เป็นสารสกัดที่มีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระสูงสุด โดยสารสกัดจากพืช *A. acuminata* มีฤทธิ์เป็น 5 และ 7 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน ซึ่งได้แก่ ascorbic acid และ tocopherol ตามลำดับ ขณะที่สารสกัดจากพืช *A. leiocarpus* มีฤทธิ์เป็น

2 และ 5 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานซึ่งได้แก่ ascorbic acid และ tocopherol ตามลำดับ สำหรับผลการทดสอบฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือดพบว่า พืชสมุนไพรจากประเทศไทย ได้แก่ *M. invisa*, *YBP*, *P. macrocarpus*, *M. oleifera* และ *R. serpentina* สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดในหนูปกติ (normoglycemic mice) ได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้เท่ากับ 44.71, 29.15, 26.46, 25.18 และ 23.71% ตามลำดับ ที่เวลา 4 ชั่วโมง โดยฤทธิ์ดังกล่าวคิดเป็น 0.21-0.68 และ 0.33-1.44 เท่าของ insulin และ glibenclamide ตามลำดับ และเมื่อนำสารสกัดดังกล่าวมาทดสอบฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือดในหนูกลุ่มที่เป็นเบาหวาน (diabetic mice) พบว่า สารสกัดดังกล่าวสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยสารสกัดจากพืชชนิดต่างๆ ได้แก่ *A. acuminata*, *R. serpentina*, *C. tormentosa*, *P. macrocarpus*, Yamed Boraped Pungchang และ *D. pentandra* สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้เท่ากับ 78.96, 66.62, 58.68, 54.63, 54.10 และ 50.81% ตามลำดับ ที่เวลา 4 ชั่วโมง โดยฤทธิ์ดังกล่าวคิดเป็น 0.58-0.9 และ 1.22-1.76 เท่าของ insulin และ glibenclamide ตามลำดับ สำหรับพืชสมุนไพรจากประเทศไนจีเรียที่มีฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือดอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ได้แก่ *R. serpentina*, *D. macrocarpum*, *P. erinaceous* และ *A. mannii* โดยสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดในหนูปกติ (normoglycemic mice) ได้เท่ากับ 49.75, 44.94, 36.37 และ 21.63% ตามลำดับ ที่เวลา 4 ชั่วโมง โดยฤทธิ์ดังกล่าวคิดเป็น 0.38-0.88 และ 0.76-1.72 เท่าของ insulin และ glibenclamide ตามลำดับ และเมื่อนำสารสกัดดังกล่าวมาทดสอบฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือดในหนูกลุ่มที่เป็นเบาหวาน (diabetic mice) พบว่า สารสกัดดังกล่าวสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยสารสกัดจากพืชชนิดต่างๆ ได้แก่ *A. mannii*, Maganin Ciwon Suga, *A. leiocarpus*, *D. macrocarpum*, *R. serpentina*, *P. erinaceous* และ *L. histata* สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้เท่ากับ 70.39, 67.91, 64.53, 64.05, 58.88, 57.83 และ 55.22% ตามลำดับ ที่เวลา 4 ชั่วโมง โดยฤทธิ์ดังกล่าวคิดเป็น 0.77-0.98 และ 1.30-1.54 เท่าของ insulin และ glibenclamide ตามลำดับ สำหรับการทดสอบฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือดของสารสกัดกึ่งบริสุทธิ์ซึ่งสกัดแยกด้วย ethyl acetate และ chloroform จากพืช *A. acuminata* และ *A. mannii* พบว่า สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดของหนูปกติได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้เท่ากับ 35.15 และ 21.63% ตามลำดับ และคิดเป็น 0.53 และ 0.82 เท่าของ insulin และ 0.33 และ 0.51 เท่าของ glibenclamide ตามลำดับ เมื่อทดสอบฤทธิ์ลด

E42118

ระดับน้ำตาลในเลือดในหนูกลุ่มที่เป็นเบาหวานของสารสกัดกิ่งบริสุทธิ์ของพืชสมุนไพรดังกล่าวซึ่งสกัดแยกด้วย methanol และ chloroform-methanol พบว่า สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้เท่ากับ 42.45 และ 29.96% ตามลำดับ และคิดเป็น 0.48 และ 0.95 เท่าของ insulin และ 0.34 และ 0.67 เท่าของ glibenclamide ตามลำดับ สำหรับการทดสอบการตอบสนองของฮอร์โมนอินซูลินต่อระดับน้ำตาลในเลือดโดยวิธี Oral Glucose Tolerance Test (OGTT) พบว่ามีประสิทธิภาพในหนูกลุ่มที่ได้รับ glucose และ lactose สำหรับการทดสอบเกี่ยวกับผลของวิธีการบริหารยา (Route of administration) พบว่า การให้ยาโดยการฉีดเข้าช่องท้องของสารสกัดกิ่งบริสุทธิ์ซึ่งสกัดแยกด้วย methanol จากพืช *A. acuminata* สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้ดีกว่าการให้ทางปาก ขณะที่สารสกัดกิ่งบริสุทธิ์จากพืช *A. mannii* พบว่า การให้ยาด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้นสามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดได้เท่ากัน สำหรับการทดสอบกลไกการออกฤทธิ์เกี่ยวกับ Ca^{2+} และ K^+ channel regulators พบว่า มีความเป็นไปได้ที่ *A. acuminata* มีกลไกการออกฤทธิ์ที่เกี่ยวข้องกับการจับของ beta cell เพื่อกระตุ้นให้เกิดการหลั่ง insulin ขณะที่ *A. mannii* จะเกี่ยวข้องกับกลไกดังกล่าวแบบย้อนกลับ นอกจากนี้จากการทดสอบความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน (Acute toxicity) ของสารสกัดสมุนไพรทั้ง 2 ชนิด พบว่า สารสกัดดังกล่าวมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวและอวัยวะของสัตว์ทดลอง และมีผลต่อระดับ blood urea nitrogen, creatinine, aspartate transaminase, alanine transaminase และ total bilirubin สำหรับการสกัดแยกเพื่อให้ได้สารบริสุทธิ์ตลอดจนการพิสูจน์โครงสร้างทางเคมีของพืชสมุนไพร *A. acuminata* และ *A. mannii* ได้แก่ 1, 2, 3, 5-nonahydroxytriphenoyl-4, 6-hexahydroxydiphenoyl-glucose (Castalagin) และสารใหม่ (manosrin) 3, 23, 28-Trihydroxy-12-oleanen-3-O-(β -D-glucopyranosyl-(1,6)- β -D-xylopyranosyl)-28-O- β -D-glucopyranosyl-(1,6)- β -D-glucopyranoside ตามลำดับ โดย castalagin ในขนาด 4 มก./กก. น้ำหนักตัว สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดในหนูเบาหวานได้อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยคิดเป็น 65.06% ขณะที่ manosrin ในขนาด 32. น้ำหนักตัว สามารถลดระดับน้ำตาลในเลือดในหนูเบาหวานได้ โดยคิดเป็น 67.97% ตามลำดับ

จากการศึกษาดังกล่าวสามารถยืนยันได้ว่าสมุนไพรพื้นบ้านของประเทศไทยและไนจีเรีย โดยเฉพาะ *A. acuminata* และ *A. mannii* สามารถนำไปใช้ในการรักษาโรคเบาหวานได้ โดยมีกลไก

E 42118

การออกฤทธิ์คล้ายกับยาในกลุ่ม sulfonylurea และ thiazolidinediones ดังนั้นพืชสมุนไพรทั้ง 2 ชนิด
สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาเป็นยาแผนปัจจุบันรักษาโรคเบาหวานได้ต่อไป

TABLE OF CONTENTS

	Page
Acknowledgement	iii
Abstract (English)	iv
Abstract (Thai)	viii
Table of Contents	xii
List of Tables	xxi
List of Figures	xxiv
Abbreviations	xxxii
Chapter 1 Introduction	
1.1 Statement and significance of the problem	1
1.2 Objectives	3
1.3 Scope of the study	3
1.4 Literature review	5
1.4.1 Diabetes mellitus	8
1.4.2 Diagnosis	12
1.4.3 Treatment of diabetes	12
1.4.4 Drugs used for diabetes mellitus treatment	15
a. Insulin	16
b. Incretins	19
c. Sulfonylureas	21
d. Thiazolidinediones (TZDs)	24
e. Alpha Glucosidase Inhibitors (AGIs)	26
f. Biguanides	29

1.5	Hypoglycemic medicinal plants	31
1.5.1	Hypoglycemic medicinal plants studied	34
1.5.2	Thai hypoglycemic medicinal plants	34
a.	<i>Anogeissus acuminata</i> (Roxb. ex DC) Guill. & Perr.	34
b.	<i>Catunaregam tormentosa</i> (DC.) Tirveng	35
c.	<i>Dendrophthoe pentandra</i> (L.) Miq	36
d.	<i>Mimosa pudica</i> Linn. var <i>hispida</i> Bren	37
e.	<i>Moringa oleifera</i>	39
f.	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	41
g.	<i>Dioecrescis erythroclada</i> (Kurz) Tirveng	42
h.	Yamed Boraped Pungchang (YBP)	44
i.	<i>Stephania rotunda</i>	44
j.	<i>Acanthus ilicifolius</i>	45
k.	<i>Cyprus rotundus</i>	47
l.	<i>Rhinaeanthus nasutus</i>	48
m.	Mai Tau Lusi	49
n.	<i>Curcuma zedoria</i> (Berg) Roscoe	50
o.	<i>Eugenia caryophyllum</i> Bullock and Harrison	51
p.	<i>Piper chaba</i> Hunt	52
q.	<i>Ambroma malvaceae</i>	53
r.	<i>Piper nigrum</i> Linn	54
s.	<i>Myristica fragrans</i> Houtt	56
t.	<i>Amomum krevanh</i> Pierre	57
u.	<i>Zingiber cassumunar</i> Roxb	58

v. <i>Rauwolfia serpentina</i>	60
1.5.3 Nigerian Medicinal Plants used	61
a. <i>Anisopus mannii</i> N. E. Br.	61
b. <i>Anogeissus leiocarpus</i> (D.C) Guill & Perr	62
c. <i>Daniella oliveri</i> (Rolfe) Huctch & Dalz	63
d. <i>Detarium macrocarpum</i> Harms	64
e. Maganin Ciwon Suga –Recipe	66
f. <i>Ficus Thonningii</i>	66
g. <i>Raphia vinifera</i> P. Beauv	68
h. <i>Leptedenia hastata</i> (Pers) Dec'ne	69
i. <i>Leptedenia hastata</i> (Pers) Dec'ne	70
j. <i>Mimosa in visa var. inermis</i> Adelb	72
k. <i>Moringa oleifera</i> Linn	72
l. <i>Pterocarpus erinaceus</i>	74
m. <i>Rauwolfia serpentina</i>	76
1.5.4 Biological activity assay	77
1.5.5 DPPH free radical scavenging activity	77
1.5.6 Hypoglycemic activity tests	82
1.5.7 Limit test/toxicological studies	88
1.5.8 Mechanism of action	89

Chapter 2 Materials and methods

2.1 Materials and equipment	91
2.2 Medicinal plants	91

2.3 Selected Thai/Nigerian hypoglycemic medicinal plants	91
Part 1 Collection of the hypoglycemic medicinal plants	92
Thai hypoglycemic medicinal plants	92
a. <i>Anogeissus acuminata</i>	92
b. <i>Pterocarpus macrocarpus</i> kurz	94
c. <i>Mimosa pudica</i> Linn.	95
d. <i>Rauwolfia serpentina</i>	95
e. <i>Catunaregam tomentosa</i> (DC.) Tirveng	96
f. <i>Dioecrescis erythroclada</i> (Kurz) Tirveng	97
g. <i>Moringa oleifera</i> Linn.	98
h. <i>Dendrophthoe pentandra</i> (L.) Miq	99
i. Yamed Boraped Pungchang (YBP)	100
j. Mai Tau Lusi (MTL)	101
Nigerian hypoglycemic medicinal plants	103
a. <i>Anisopus mannii</i>	103
b. <i>Anogeissus leiocarpus</i>	104
c. <i>Daniella oliveri</i>	105
d. <i>Detarium macrocarpum</i>	106
e. <i>Leptedenia hastata</i>	107
f. <i>Mimosa invisa</i>	108
g. <i>Moringa oleifera</i>	109
h. <i>Rauwolfia serpentina</i>	110
i. <i>Pterocarpus erinaceous</i>	111
j. Maganin Ciwon Suga	112

k. <i>Ficus thonningii</i>	112
l. <i>Raphia vinifera</i>	113
m. <i>Leptedenia hastata</i>	114
2.4 Chemicals	115
2.5 Equipment	116
2.6 Methods	117
Part 2: Preparation of the crude extracts and bioactivities screening test	118
2.6.1 Preparation of the crude extracts	118
2.6.2 Partitioning of crude extracts	120
2.6.3 Phytochemical analysis	121
2.6.4 Free radical scavenging activity (DPPH assay)	122
2.6.5 Experimental Animals	123
2.6.6 Production of diabetic mice	123
2.6.7 Hypoglycemic studies	124
2.6.8 Oral glucose tolerance test (OGTT)	124
2.6.9 Co-treatment with Ca ⁺ and K ⁺ ion channel regulators	125
2.6.10 Intraperitoneal injection and oral administration studies	125
2.6.11 Acute oral toxicity studies	125
2.6.12 Experimental execution/Histopathological examination	126
2.6.13 TLC/UV Spectrometric/HPLC analysis	127
2.6.14 Ethical clearance	127
2.6.15 Statistical analysis	127

2.6.16	Extraction, isolation, purification and structure elucidation of selected (<i>A. acuminata</i> and <i>A. mannii</i>) fractions by ODS gel chromatography	128
Part 3	Hypoglycemic activities of the isolated compounds	128
Chapter 3 Results		
Part 1	Collection of anti-hyperglycemic medicinal plants	129
3.1	Thai anti-hyperglycemic medicinal plants	129
3.2	Nigerian hypoglycemic medicinal plants	130
3.3	Preparation of the crude extract and bioactivity screening test	132
3.4	The phytochemistry of Thai and Nigerian medicinal plants	135
3.5	Free radical scavenging activity (DPPH) of Thai and Nigeria medicinal plants	139
Part 2:	Hypoglycemic effects/activities of medicinal plants	143
3.6.1	Thai hypoglycemic medicinal plants (A)	143
3.6.2	Thai hypoglycemic medicinal plants (B)	146
3.6.3	Thai hypoglycemic medicinal recipes (C)	150
3.6.4	Hypoglycemic effects of Nigerian medicinal plants (A)	155
3.6.5	Hypoglycemic effects of Nigerian medicinal plants (B)	159
3.6.6	Hypoglycemic effects of Nigerian medicinal recipe (C)	162
3.7	Fractionation and hypoglycemic activity of Thai medicinal plant <i>Anogeissus acuminata</i>	167

3.7.1 Hypoglycemic activity of the methanol/chloroform sub-fractions of <i>A. acuminata</i>	168
3.8 Fractionation and hypoglycemic activity of Nigerian medicinal plant <i>A. mannii</i>	181
3.8.1 Hypoglycemic activity of the fractions of <i>A. mannii</i>	182
Part 4: Purification and isolation of the selected fractions	
A Thai hypoglycemic medicinal plant (methanolic sub-fraction of <i>A. acuminata</i>)	197
B Nigerian hypoglycemic medicinal plant (methanolic sub-fraction of <i>A. mannii</i>)	202
Part 5: Hypoglycemic effect of the isolated compounds	207
Chapter 4	
4.1 Collection of medicinal plants	209
4.2 Physico-chemical characteristics of the Thai/Nigerian hypoglycemic medicinal plants	212
4.3 Free radical scavenging activities of the Thai and Nigerian medicinal plants crude extracts (DPPH assay)	215
4.4 Hypoglycemic effects of the crude extracts of Thai and Nigerian Medicinal Plants	218
4.5 Extraction, fractionation and hypoglycemic activities of the Thai and Nigerian medicinal plant fractions	222
4.5.1 Thai Medicinal Plant <i>A. acuminata</i>	222

4.5.2	Hypoglycemic activities of the methanolic fractions of <i>A. acuminata</i>	223
4.5.3	The Nigerian medicinal plants <i>A. mannii</i>	226
4.5.4	Hypoglycemic activities of the methanolic fractions of <i>A. mannii</i>	227
4.5.5	Isolation, purification and structural elucidation of the methanolic fraction of <i>A. acuminata</i> and <i>A. mannii</i>	232
4.5.5.1	The purified and elucidated compound from <i>A. acuminata</i>	233
4.5.5.2	The purified and elucidated compound from <i>A. mannii</i>	236
 Chapter 5		
5.1	Conclusion	242
	References	247
	Appendices	288
Appendix A	Calculation of insulin and glibenclamide dosage	289
Appendix B	Calculation of doses administered to mice from Thai medicinal plant extracts	290
Appendix C	Calculation of the percentage yields of the chloroform and methanol fractions of <i>A. acuminata</i> and <i>A. mannii</i>	294
Appendix D	Calculation on the dosage of <i>A. acuminata</i> sub-fractions	296
Appendix E	¹ H NMR Castalagin	303
Appendix F	Mass spectroscopy data of Castalagin (<i>A. acuminata</i> methanol sub-fraction – 3-0-6)	304
Appendix G	¹ H NMR for <i>A. mannii</i> pure compound	305

Appendix H	Mass spectroscopy data for Manosrin (<i>A. mannii</i> methanol sub-fraction)	308
Appendix I	Calculation of dosages of pure compounds for animal Treatment	310
Curriculum vitae		313

List of Tables

Table	Page
1.1 The three main types of diabetes are: Type 1, Type 2 and gestational diabetes	10
1.2 Values for diagnosis of diabetes mellitus and other categories of Hyperglycemia	14
2.1 List of hypoglycemic medicinal plants of Thai origin	91
2.2 List of hypoglycemic medicinal plants of Nigerian origin	92
3.1 Preparation of the crude aqueous extracts of Thai medicinal plants/recipes showing the percentage yields of the aqueous crude extracts of Thai hypoglycemic medicinal plants	132
3.2 Preparation of the crude aqueous extracts of Nigerian hypoglycemic medicinal plants/recipes showing the percentage yields of the aqueous crude extracts of Thai hypoglycemic medicinal plants	133
3.3 The percentage yield of the methanol and chloroform extracts of the selected Thai and Nigerian medicinal plant shown	134
3.3.1 Phytochemistry of Thai medicinal plants (aqueous extracts)	135
3.3.2 Phytochemistry of Thai Medicinal Plants (methanol Extracts)	136
3.3.3 Phytochemistry of Nigerian medicinal plants (aqueous extracts)	137
3.3.4 Phytochemistry of Nigerian medicinal plants (methanolic extracts)	138
3.4 Free radical scavenging activity (DPPH) of Thai and Nigerian medicinal plants	139

3.4.1	SC ₅₀ values of the aqueous extracts of Thai hypoglycemic medicinal plants comparing with reference compound, ascorbic acid	139
3.4.2	SC ₅₀ values of the methanol extracts of Thai hypoglycemic medicinal plants comparing with reference compound, tocopherol	140
3.4.3	SC ₅₀ values of the aqueous extracts of Nigerian hypoglycemic medicinal plants comparing with reference compound, ascorbic acid	141
3.4.4	SC ₅₀ values of the methanol extracts of Nigerian hypoglycemic medicinal plants comparing with reference compound, tocopherol	142
3.4.5	Mean body weight (g) of mice (n=5) after 14 days acute toxicity study after feeding by gavage with doses of 2000 and 5000 mg/kg <i>bw</i> of the methanolic sub-fraction	179
3.4.6	Mean organ weights (g) of mice (n=5) at 14 th day after being fed with the SF5 at the doses of 2,000 and 5,000 mg/kg <i>bw</i>	179
3.4.7	Mean body weights (g) of mice (n=5) at 14 days after being fed with methanol sub-fraction of <i>A. mannii</i> at the doses of 2,000 and 5,000 mg/kg <i>bw</i>	193
3.4.8	Mean organ weights (g) of mice (n=5) at 14 days after being fed with the M sub- fraction of <i>A. mannii</i> at the doses of 2,000 and 5,000 mg/kg <i>bw</i>	194
3.4.9	The methanol sub-fraction of <i>A. acuminata</i> (8.0 g)	197
3.4.9.1	Poling of the various fractions of <i>A. acuminata</i> based on the analytical TLC	198

3.4.9.2	HPLC analysis of <i>A. acuminata</i> sub-fraction 11 (0.4236 g) using MeCN 30% at UV 253 nm	199
3.4.9.3	RI Detection for sub-fractions 11 of <i>A. acuminata</i> using MeCN 30%	200
3.4.9.4	Purification of <i>A. acuminata</i> sub-fraction 11/5 (0.0072 g)	200
3.4.9.5	¹ H – NMR (400 MHz) Spectroscopic Data for Castalagin (D ₂ O)	201
3.5	The methanolic sub-fractions of <i>A. mannii</i> (Manosrin)	202
3.5.1	Poling of the various sub-fractions of <i>A. mannii</i> based on the analytical TLC	203
3.5.2	RI detection for sub-fractions 7 (0.3916 g) of <i>A. mannii</i> using MeOH 56%	203
3.5.3	RI detection for sub-fractions 7/1 (2.1430 g) of <i>A. mannii</i> using MeOH 56%	204
3.5.4	RI detection for sub-fractions 7/3 (0.0186 g) of <i>A. mannii</i> using MeOH 56%	204
3.5.5	¹³ C (100 MHz), spectroscopic data (δ values, CD 30D) for Fr. 7-3-4	205
3.5.6	¹ H NMR (100 MHz) C- 3	205
Part 5	Hypoglycemic effect of the isolated compounds	
3.6.1	Pure compound from <i>A. acuminata</i> sub-fraction (Castalagin)	207
3.6.2	Pure compound from <i>A. mannii</i> sub-fraction (Manosrin)	208

List of Figures

Figure	Page
1.1 Unstandardized (casual, random) blood glucose values in the Diagnosis of diabetes in $\text{mmol l}^{-1}(\text{mg dl}^{-1})$	13
1.2 Effect of insulin on glucose uptake and metabolism	17
1.3 Mechanism of incretin action	19
1.4 Thiazolidinedione	24
1.5 Chemical structure/formula: $\text{C}_{25} \text{H}_{43} \text{NO}_{18}$	27
1.6 <i>N, N</i> -dimethylimidodicarbonimidic diamide Formula($\text{C}_4\text{H}_{12}\text{N}_5\text{Cl}$)	29
1.7 <i>Anogeissus acuminata</i>	35
1.8 <i>Catunaregam tormentosa</i> (DC.) Tirveng	36
1.9 <i>Dendrophthoe pentandra</i>	37
1.10 <i>Mimosa pudica</i> var. <i>hispida</i> Bren	38
1.11 <i>Moringa oleifera</i> Linn.	40
1.12 <i>Pterocarpus macrocarpus</i>	42
1.13 <i>Dioecrescis erythroclada</i> (Kurz) Tirveng	43
1.14 <i>Stephania rotunda</i>	45
1.15 <i>Acanthus ilicifolius</i>	46
1.16 <i>Cyprus rotundus</i>	48
1.17 <i>Rhinaeanthus nasutus</i>	49
1.18 <i>Curcuma zedoria</i> (Berg) Roscoe	51
1.19 <i>Eugenia caryophyllum</i>	52
1.20 <i>Piper chaba</i> Hunt	53

1.21	<i>Ambroma malvaceae</i>	54
1.22	<i>Piper nigrum</i> Linn.	56
1.23	<i>Myristica fragrans</i> Houtt	57
1.24	<i>Amomum krevanh</i> Pierre.	58
1.25	<i>Zingiber cassumunar</i> Roxb	59
1.26	<i>Rauwolfia serpentina</i>	61
1.27	<i>Anogeissus leiocarpus</i> (D.C) Guill & Perr.	63
1.28	<i>Daniella oliveri</i> (Rolfe) Hutch & Dalz	64
1.29	<i>Detarium macrocarpum</i> Harms	66
1.30	<i>Ficus thonningii</i>	68
1.31	<i>Raphia vinifera</i> P. Beauv	69
1.32	<i>Leptedenia hastata</i> (Pers) Dec'ne	70
1.33	<i>Leptedenia hastata</i> (Pers) Dec'ne	71
1.34	<i>Mimosa in visa</i> var. <i>inermis</i> Adelb	73
1.35	<i>Moringa oleifera</i> Linn	74
1.36	<i>Pterocarpus erinaceus</i>	75
1.37	<i>Rauwolfia serpentina</i>	76
2.1	The herbarium specimen of <i>Anogeissus acuminata</i> (Roxb. ex DC) <i>Guill. & Perr.</i>	93
2.2	The herbarium specimen of <i>Pterocarpus macrocarpus</i> kurz	94
2.3	The herbarium specimen of <i>Mimosa pudica</i> Linn. var <i>hispida</i> .Bren	95
2.4	The herbarium specimen of <i>Rauwolfia serpentina</i> (L.) Bth. ex Kurz	96
2.5	The herbarium specimen of <i>Catunaregam tormentosa</i> (DC.) Tirveng	97
2.6	The herbarium specimen of <i>Dioecrescis erythroclada</i> (Kurz) Tirveng	98
2.7	The herbarium specimen of <i>Moringa oleifera</i> Linn.	99
2.8	The herbarium specimen of <i>Dendrophthoe pentandra</i> (L.) Miq	100

2.9	Yamed Boraped Pungchang	101
2.10	Mai Tau Lusi	102
2.11	Herbarium specimen of <i>Anisopus mannii</i> N.E.Br	103
2.12	<i>Anogeissus leiocarpus</i> (D.C) Guill & Perr.	104
2.13	<i>Daniella Oliveri</i> (Rolfe) Hutch & Dalz.	105
2.14	<i>Detarium macrocarpum</i> Harms	106
2.15	Herbarium specimen of <i>Leptedenia hastata</i> (Pers) Dec'ne	107
2.16	<i>Mimosa invisa</i> var. <i>inermis</i> Adelb	108
2.17	<i>Moringa oleifera</i> Linn	109
2.18	<i>Rauwolfia serpentina</i>	110
2.19	<i>Pterocarpus erinaceous</i> kurz	111
2.20	<i>Ficus Thonningii</i> . Blume	112
2.21	Herbarium specimen <i>Raphia vinifera</i> P. Beauv	113
2.22	Herbarium specimen of <i>Leptedenia hastata</i> (Pers) Dec'ne	114
2.23	Scope of the study	117
2.24	Diagram of the preparation of crude extract	119
2.25	Diagram of the partitioning of the <i>A. acuminata</i> crude extract	120
2.26	Diagram of the partitioning of <i>A. mannii</i> crude extract	121
3.1	Map of Nigeria showing the North Eastern part	131
3.2	Hypoglycemic effects of five Thai medicinal plants in normoglycemic mice	143
3.3	Hypoglycemic effects of five Thai medicinal plants in normoglycemic Mice in fold comparing with the standard drugs, insulin and glibenclamide	144

3.4	Hypoglycemic effects of five Thai medicinal plants in alloxan induced diabetic mice	145
3.5	Hypoglycemic effects of five Thai medicinal plants in alloxan induced diabetic mice in fold comparing with the standard drugs	146
3.6	Hypoglycemic effects of three Thai medicinal plants in normoglycemic mice	147
3.7	Hypoglycemic effects of Thai medicinal plants in normoglycemic mice in fold comparing with the standard drugs	148
3.8	Hypoglycemic effects of three Thai medicinal plants in alloxan induced diabetic mice	149
3.9	Hypoglycemic effects of three Thai medicinal plants in normoglycemic mice in fold comparing with the standard drugs	150
3.10	Hypoglycemic effects of two Thai medicinal recipes in normoglycemic mice	151
3.11	Hypoglycemic effects of two Thai medicinal recipes in normoglycemic mice in fold comparing with the standard drugs	152
3.12	Hypoglycemic effects of Thai medicinal recipes in alloxan induced diabetic mice	153
3.13	Hypoglycemic effects of Thai medicinal recipes in normoglycemic mice in fold comparing with the standard drugs, insulin and glibenclamide	154

3.14	Hypoglycemic effects of five Nigerian medicinal plants in normoglycemic mice	155
3.15	Hypoglycemic effects of five Nigerian medicinal plants in normoglycemic mice in folds comparing with the standard drugs	156
3.16	Hypoglycemic effects of five Nigerian medicinal plants in alloxan induced diabetic mice in folds comparing with the standard drugs	157
3.17	Hypoglycemic effects of five Nigerian medicinal plants in alloxan induced diabetic mice in fold comparing with the standard drugs	158
3.18	Hypoglycemic effects of four Nigerian medicinal plants in normoglycemic mice in fold comparing with the standard drugs	159
3.19	Hypoglycemic effects of Nigerian medicinal plants in alloxan induced diabetic mice in fold comparing with the standard drugs	160
3.20	Hypoglycemic effects of four Nigerian medicinal plants in alloxan Induced diabetic mice in fold comparing with the standard drugs	161
3.21	Hypoglycemic effects of Nigerian medicinal recipe in normoglycemic mice in fold comparing with the standard drugs	162
3.22	Hypoglycemic effects of Nigerian medicinal recipe in normoglycemic mice in fold comparing with the standard drugs	163
3.23	Hypoglycemic effects of Nigerian medicinal recipe in alloxan induced diabetic mice in fold comparing with the standard drugs	164
3.24	Hypoglycemic effects of Nigerian medicinal recipe in alloxan induced diabetic mice in fold comparing with the standard drugs	165
3.25	Hypoglycemic effects of Nigerian medicinal recipe in alloxan induced diabetic mice in fold comparing with the standard drugs	166

- 3.26 Result of the fractionation of methanol extract of *A. acuminata* showing the yield from every solvent used 167
- 3.27 Hypoglycemic effects of methanol sub-fractions of *Anogeissus acuminata* in normoglycemic mice 168
- 3.28 Hypoglycemic effects of methanol sub-fractions of *Anogeissus acuminata* in normoglycemic mice in fold comparing with the standard drugs 169
- 3.29 Hypoglycemic effects of chloroform sub-fractions of *Anogeissus acuminata* in normoglycemic mice 170
- 3.30 Hypoglycemic effects of chloroform sub-fractions of *Anogeissus acuminata* in normoglycemic mice in fold comparing with the standard drugs 171
- 3.31 Hypoglycemic effects of methanol sub-fractions of *Anogeissus acuminata* in alloxan induced diabetic mice 172
- 3.32 Hypoglycemic effects of methanol sub-fractions of *Anogeissus acuminata* in alloxan induced diabetic mice in fold comparing with the standard drugs 173
- 3.33 Hypoglycemic effects of chloroform sub-fractions of *Anogeissus acuminata* in alloxan induced diabetic mice 174
- 3.34 Hypoglycemic effects of chloroform sub-fractions of *Anogeissus acuminata* in alloxan induced diabetic mice in fold comparing with the standard drugs 175
- 3.35 Hypoglycemic effect of chloroform sub-fraction of *A. acuminata* in alloxan induced diabetic mice in folds comparing with the standard drugs 176

- 3.36 Hypoglycemic effects of the *A. acuminata* methanol sub-fraction on postprandial glucose (PPBG) levels of normal mice with various carbohydrates 177
- 3.37 Comparison between oral and intraperitoneal administration of *A. acuminata* methanol sub-fraction 178
- 3.38 Effects of calcium or potassium channel regulators on the hypoglycemic activity of *A. acuminata* methanol sub-fractions in normal mice 179
- 3.39 Liver and kidney function tests of the ICR mice fed with 2000 and 5000 mg/kg *bw* of the methanol sub-fraction of *A. acuminata* in ICR mice 181
- 3.40 Result of the fractionation of methanolic extract of *A. mannii* showing the yields from every solvent used 182
- 3.41 Effect of three sub-fractions of *A. mannii* (methanol fraction) on normoglycemic mice. (\leftrightarrow) showing single fraction 183
- 3.42 Hypoglycemic effects of *A. mannii* methanolic fractions in normoglycemic mice comparing with the standard drugs 184
- 3.43 Effect of *A. mannii* (chloroform fractions) on normoglycemic mice 185
- 3.44 Hypoglycemic effects of *A. mannii* methanol fractions in diabetic mice 186
- 3.45 Hypoglycemic effect of *A. mannii* methanol fractions in diabetic mice comparing with standard drugs 187
- 3.46 Hypoglycemic effects of *A. mannii* chloroform fractions in alloxan diabetic mice comparing with the standard drugs 188
- 3.47 Hypoglycemic effects of *A. mannii* fractions in normoglycemic mice comparing with the standard drugs 189

3.48	Hypoglycemic effects of the <i>A. mannii</i> methanol sub-fraction on postprandial glucose (PPBG) levels of normal mice with various carbohydrates	190
3.49	Effects of oral and intraperitoneal administration of the methanol sub-fraction of <i>A. mannii</i>	191
3.50	Effects of calcium (nifedipine) and potassium (isosorbide) channel regulators on hypoglycemic activity of the methanol sub-fraction of <i>A.mannii</i> in normal mice	192
3.51	Liver and kidney function tests of the ICR mice fed with 2000 and 5000 mg/kg <i>bw</i> of the methanol sub-fraction <i>A. mannii</i> in ICR mice	195
3.52	Pathology examination of kidney	196
3.53	Purification of <i>A. acuminata</i> sub-fraction 3	199
3.54	Structure of the pure compound from <i>A. acuminata</i> (Castalagin)	201
3.54	Structure of the pure compound from <i>A. mannii</i> (Manosrin)	206

Abbreviations

AGIs	Alpha Glucosidase
¹³ C NMR	Carbon thirteen Nuclear Magnetic Resonance
¹ H NMR	Proton Nuclear Magnetic Resonance
ALT	Alanine Transaminase
ALX	Alloxan
AMI	<i>Anisopus manni</i> Isosorbide
AMN	<i>Anisopus manni</i> Nifedipine
AMS	<i>Anisopus manni</i> solution
AST	Aspartate Transaminase
ATP	Adenosine triphosphate
BUN	Blood Urea Nitrogen
CAM	Complimentary and Alternative Medicine
CEE	Crude Extract Equivalent
DEPT	Distortionless Enhancement by Polarization Transfer
DM	Diabetes Mellitus
DMPBD	Dimethoxyphenyl- butadiene
DNA	Deoxyribonucleic acid
DPP-4	Dipeptidyl peptidase-4
DPPH	2, 2 - Diphenyl -1-picrylhydrazine
DW	Distilled Water
ELSD	Evaporative Light Scattering Detector
FBG	Fasting Blood Glucose
GIP	Glucose-Dependent Insulinotropic polypeptide

GLP	Glucagon like Protein
HIV	Human Immunodeficiency Virus
HPLC	High Performance Liquid Chromatography
LDL	Low Density Lipoprotein
MeOH	Methanol
MOIs	Monoamine Oxidase Inhibitors
MS	Mass Spectroscopy
MTL	Mai Tau Lusi
NDDG	National Diabetes Data Group
NA	Not Available
NMR	Nuclear Magnetic Resonance
ODS	Octadecyl Silane
OECD	Organization of Economic Co-operation and Development
OGTT	Oral Glucose Tolerance Test
PCV	Packed Cell Volume
PPAR γ	Peroxisome Proliferators Activated Receptors gamma
PPBG	Post Prandial Blood Glucose
Ppm	Parts per million
RI	Refractive Index
ROS	Reactive Oxygen Species
SC ₅₀	Concentration scavenging 50% inhibition
SOD	Superoxide Dismutase
STZ	Streptozotocin
TCM	Traditional Chinese Medicine

TLC	Thin Layer Chromatography
TZD	Thiazolidinedione
UKPDS	United Kingdom Prospective Diabetes Study
UV	Ultraviolet
WHO	World Health Organization
YBP	Yamed Boraped Pungchang