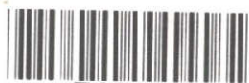


ห้องสมุดวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



E46965



**IMPROVEMENT OF THERMAL PROPERTIES OF YAKITORI SAUCE
BY ALTERING SWEETENER AND THICKENER TYPES**

MR. WATSARAT CHAISOMBONPUN

**A SPECIAL RESEARCH PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING (FOOD ENGINEERING)
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONCKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THONBURI**

2010

4.9 Viscosity of Yakitori sauces by varying type and concentration of starches replacements	53
A.1 Average Molecular Weight (M_w) of 46DE Glucose Syrup	73
A.2 Average Molecular Weight (M_w) of 39DE Glucose Syrup	74

600246629



E46965

Improvement of Thermal Properties of Yakitori Sauce
by Altering Sweetener and Thickener Types

Mr. Watsarat Chaisomboonpun B.Eng (Food Engineering)

A Special Research Project Submitted in Partial Fulfillment
of the Requirements for
the Degree of Master of Engineering (Food Engineering)
Faculty of Engineering
King Mongkut's University of Technology Thonburi
2010

Special Research Project Committee

.....
P. Vongsawasdi
(Assoc. Prof. Punchira Vongsawasdi, Ph.D.)

Chairman of Special Research
Project Committee

.....
M. NopL
(Asst. Prof. Montira Nopharatana, Ph.D.)

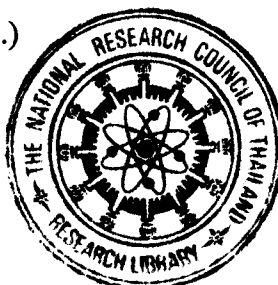
Member and Special
Research Project Advisor

.....
ชติกา วิริยรัตนาศักดิ์
(Chotika Viriyarattanasak, Ph.D.)

Member and Special
Research Project Co-Advisor

.....
S. W
(Saowakon Wongsasulak, Ph.D.)

Member



Copyright reserved

Special Research Project Title	Improvement of Thermal Properties of Yakitori Sauce by Altering Sweetener and Thickener Types
Special Research Project Credits	6
Candidate	Mr. Watsarat Chaisomboonpun
Special Research Project Advisors	Asst. Prof. Dr. Montira Nopharatana Dr. Chotika Viriyarattanasak
Program	Master of Engineering
Field of Study	Food Engineering
Department	Food Engineering
Faculty	Engineering
B.E.	2553

Abstract

E46965

This research was aimed to improve the thermal properties of Yakitori sauce by altering the sweetener and thickener types. The study was divided into 2 parts. The first part was to study the effects of various dextrose equivalent values (DE) and concentration of sweeteners on the thermal properties of Yakitori sauce in comparison to those of the control sample. 20% (w/w) of high fructose syrup was replaced by 46DE glucose syrup and 39DE glucose syrup at 5, 10, 15 and 20% (w/w) replacements. The results indicated that 20% (w/w) replacement with both types of glucose syrup did not significantly affect ($p < 0.05$) the viscosity but significantly affected the water activity and total soluble solids of the samples. On the other hand, type and concentration of glucose syrup affected both the equilibrium melting temperature (T_m) and glass transition temperature (T_g) of the sauce samples. T_m and T_g of 39DE glucose syrup at 20% (w/w) replacement increased by 3 and 5 °C, respectively. Therefore, 39DE glucose syrup was selected for further study. The second part of this study was to investigate the effects of type and concentration of crosslinked starch on the thermal properties of Yakitori sauce. 6% (w/w) of modified tapioca starch was replaced by modified waxy potato and waxy

corn starch at 1, 2 and 3% (w/w) replacements. The results showed that 1% (w/w) starch replacements did not significantly affect ($p < 0.05$) the viscosity and total soluble solids of the samples but significantly changed the water activity value. Modified waxy corn starch at 1% (w/w) replacement led to better thermal properties than modified waxy potato starch. T_g of a sample with 1% (w/w) replacement by modified waxy corn starch significantly increased by 1 °C, while no significant differences were noted for the T_m .

Keywords: Glucose Syrup/ Modified Starch/ Physical Properties/ Thermal Properties/
Yakitori Sauce

หัวข้อโครงการศึกษาวิจัยพิเศษ	การปรับปรุงสมบัติทางความร้อนของซอสซุบสำหรับ ไก่ย่างยากิโทริโดยการเปลี่ยนสารให้ความหวานและสาร ให้ความหนืด
หน่วยกิต	6
ผู้เขียน	นายวัชรภัฏ ชัยสมบูรณ์พันธ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ดร. มณฑิรา นพรัตน์ ดร. โชติกา วิริยะรัตนศักดิ์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอาหาร
ภาควิชา	วิศวกรรมอาหาร
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	2553

บทคัดย่อ

E46965

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมบัติทางความร้อนของซอสซุบสำหรับไก่ย่างยากิโทริโดยการแปรชนิดและความเข้มข้นของสารให้ความหวานและสารให้ความหนืด โดยงานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ในส่วนแรกเป็นการศึกษาผลของความแตกต่างของค่าสมมูลเดกรีโคสและความเข้มข้นของน้ำเชื่อมกลูโคสที่มีต่อสมบัติทางความร้อนของซอสซุบสำหรับไก่ย่างยากิโทริ โดยน้ำเชื่อมกลูโคสที่ใช้ในการทดลองได้แก่ น้ำเชื่อมกลูโคสชนิด 46 DE และชนิด 39 DE ที่ระดับการแทนที่ร้อยละ 5, 10, 15 และ 20 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมซึ่งใช้น้ำเชื่อมฟรักโทสร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก จากผลการทดลองพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของการแทนที่ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก น้ำเชื่อมต่างชนิดกันมีผลต่อค่าความหนืดของซอสอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่มีผลต่อค่าปริมาณน้ำอิสระ และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นอกจากนี้ยังพบว่าชนิดและความเข้มข้นของน้ำเชื่อมมีผลต่ออุณหภูมิหลอมเหลว (T_m) และอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) โดยที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก น้ำเชื่อมกลูโคสชนิด 39 DE สามารถเพิ่มอุณหภูมิหลอมเหลว และอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้วได้ 3 และ 5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จึงใช้น้ำเชื่อมกลูโคสชนิด 39 DE ในการทดลองในส่วนที่สองซึ่งเป็นการศึกษาชนิดและความเข้มข้นของแป้งคัดแปรโครอสลิงที่มีต่อสมบัติทางความร้อนของซอสซุบสำหรับไก่ย่างยากิโทริ โดยแป้งคัดแปรโครอสลิงที่ใช้ในการทดลองได้แก่ แป้งคัดแปรจากแป้งมันฝรั่งที่ไม่มีอะมิโลส และแป้งคัดแปรจากแป้งข้าวโพดเหนียว ที่ระดับการแทนที่แป้งคัดแปรจากแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 1, 2 และ 3 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับสูตรควบคุมซึ่งใช้แป้งคัดแปรจากแป้งมัน

E46965

สำปะหลังร้อยละ 6 โดยน้ำหนัก จากผลการทดลองพบว่าที่ระดับความเข้มข้นของการแทนที่ร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก แป้งต่างชนิดกันมีผลต่อค่าความหนืดของซอส และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่มีผลต่อค่าปริมาณน้ำอิสระอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นอกจากนี้ยังพบว่า ที่ระดับความเข้มข้นของการแทนที่ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักของแป้งดัดแปรจากแป้งข้าวโพดเหนียวสามารถเปลี่ยนแปลงสมบัติทางความร้อนได้มากกว่า แป้งดัดแปรจากแป้งมันฝรั่งที่ไม่มีอะมิโลส โดยแป้งดัดแปรจากแป้งข้าวโพดเหนียวสามารถเพิ่มอุณหภูมิการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) ได้ 1 องศาเซลเซียส แต่ไม่มีผลต่ออุณหภูมิหลอมเหลว (T_m) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม

คำสำคัญ: ซอสซุบสำหรับไก่ย่างยากิโทริ/ น้ำเชื่อมกลูโคส/ แป้งดัดแปร/ สมบัติทางกายภาพ/ สมบัติทางความร้อน

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my appreciation and gratitude for the assistance of those who contributed to fulfill this special research. First of all, I would like to express the deepest and sincerest gratitude to my advisors, Asst. Prof. Dr. Montira Nopharatana and Dr. Chotika Viriyarattanasak for their guidance and support as well as the extra time, advices and encouragement. My appreciation is extended to my committee members, Assoc. Prof. Dr. Punchira Vongsawasdi and Dr. Saowakon Wongsasulak, for their useful recommendations and suggestions throughout the course of this research. My special gratitude is also extended to the technicians and laboratory staff of the Food Engineering Department, KMUTT, especially Ms. Walaiporn Srichumpoung and Ms. Ruschaneeporn Aytang, for their helpful suggestions and providing the laboratory equipment. Moreover, I would like to thank all academic staff of the Food Engineering Department who established the outstanding program like FEPS and give me the great opportunity to be a part of this program. Thanks and memories to my wonderful family for their loves and inspirations. Last but not least, to my fellow students for their helps in everything and every time. I would like to thank all of them for their encouragement and inspirations.

CONTENTS

	PAGE
ENGLISH ABSTRACT	ii
THAI ABSTRACT	iv
ACKNOWLEDGEMENTS	vi
CONTENTS	vii
LIST OF TABLES	ix
LIST OF FIGURES	xii
 CHAPTER	
1. INTRODUCTION	1
1.1 Rationale	1
1.2 Objectives	3
1.3 Scopes	3
1.4 Expected Benefit	4
 2. THEORY AND LITERATURE REVIEWS	5
2.1 Yakitori	5
2.2 Ingredients of Yakitori Sauce	6
2.3 Phase Transition During Freezing	15
2.4 Glass Transition and State Diagram of Foods	17
2.5 Factors Affecting Glass Transition Temperature	22
 3. MATERIALS AND METHODS	27
3.1 Material	27
3.2 Equipments	27
3.3 Preparation of Yakitori Sauce	28
3.4 Molecular Weight Determination of Sweeteners	30
3.5 Determination of Swelling Power and Solubility Index of Starch	30
3.6 Determination of Physical Properties of Yakitori Sauce	31
3.6 Determination of Thermal Properties of Yakitori Sauce	32
3.6 Statistical Analysis	33

4. RESULTS AND DISCUSSIONS	34
4.1 Effect of Type and Concentration of Glucose Syrup on Physical and Thermal Properties of Yakitori Sauce	34
4.2 Effect of Type and Concentration of Starch on Physical and Thermal Properties of Yakitori Sauce	50
5. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATION	60
5.1 Conclusions	60
5.2 Recommendation	62
REFERENCES	63
APPENDIX	
A Average Molecular Weight Experiment Data	72
B Swelling Power and Solubility Experiment Data	75
C Physical Properties Experiment Data	77
D Thermal Properties Experiment Data	81
E Statistical Analysis	86
CURRICULUM VITAE	97

LIST OF TABLES

TABLE	PAGE
2.1 Typical sugar composition of acid enzyme converted glucose syrup	11
2.2 Typical chemical and physical properties of high fructose syrup	11
2.3 Sweetener molecular weights and freezing point factors for use in determining freezing point depression	12
3.1 Ingredients of Yakitori sauce	29
4.1 Average molecular weight (M_w) versus dextrose equivalent values (DE) of sugar syrup	35
4.2 Viscosity of Yakitori sauces with different types and concentration of syrup replacements	36
4.3 Total soluble solid of Yakitori sauces with different types and concentrations of syrup replacements	38
4.4 Water activity of Yakitori sauces with different types and concentrations of syrup replacements	40
4.5 Equilibrium melting temperature of Yakitori sauces with different types and concentrations of syrup replacements	41
4.6 Glass transition temperature for Yakitori sauces with different types and concentrations of syrup replacements	45
4.7 Properties for Yakitori sauces at 20%(w/w) concentrations of syrup replacements	49
4.8 Viscosity of Yakitori sauces with different type and concentration of starches replacements	53
4.9 Total soluble solid of Yakitori sauces with different type and concentration of starches replacements	54
4.10 Water activity of Yakitori sauces with different type and concentration of starches replacements	55
4.11 Equilibrium melting temperature of Yakitori sauces with different type and concentration of starches replacements	56
4.12 Glass transition temperature of Yakitori sauces with different type and concentration of starches replacements	57

4.13	Properties for Yakitori sauces at 1%(w/w) concentration of starch replacements	58
B.1	Swelling power of modified starch samples with the different sources	76
B.2	Solubility of modified starch samples with the different sources	76
C.1	Data of viscosity of Yakitori sauce with different types and concentrations of syrup replacements	78
C.2	Data of viscosity of Yakitori sauce with different types and concentrations of starch replacements	78
C.3	Data of total soluble solid of Yakitori sauce with different types and concentrations of syrup replacements	79
C.4	Data of total soluble solid of Yakitori sauce with different types and concentrations of starch replacements	79
C.5	Data of water activity of Yakitori sauce with different types and concentrations of syrup replacements	80
C.6	Data of water activity of Yakitori sauce with different types and concentrations of starch replacements	80
D.1	Data of equilibrium melting temperature (°C) of Yakitori sauce with different types and concentrations of syrup replacements	82
D.2	Data of equilibrium melting temperature (°C) of Yakitori sauce with different types and concentrations of starch replacements	83
D.3	Data of glass transition temperature (°C) of Yakitori sauce with different types and concentrations of syrup replacements	84
D.4	Data of glass transition temperature (°C) of Yakitori sauce with different types and concentrations of starch replacements	85
E.1	One-Way ANOVA table for the effects of type and concentration of syrup replacements on viscosity (cP) of Yakitori sauce	87
E.2	One-Way ANOVA table for the effects of type and concentration of starch replacements on viscosity (cP) of Yakitori sauce	88
E.3	One-Way ANOVA table for the effects of type and concentration of syrup replacements on total soluble solid (°Brix) of Yakitori sauce	89
E.4	One-Way ANOVA table for the effects of type and concentration of starch replacements on total soluble solid (°Brix) of Yakitori sauce	90

E.5	One-Way ANOVA table for the effects of type and concentration of syrup replacements on water activity of Yakitori sauce	91
E.6	One-Way ANOVA table for the effects of type and concentration of starch replacements on water activity of Yakitori sauce	92
E.7	One-Way ANOVA table for the effects of type and concentration of syrup replacements on equilibrium melting temperature of Yakitori sauce	93
E.8	One-Way ANOVA table for the effects of type and concentration of starch replacements on equilibrium melting temperature of Yakitori sauce	94
E.9	One-Way ANOVA table for the effects of type and concentration of syrup replacements on glass transition temperature of Yakitori sauce	95
E.10	One-Way ANOVA table for the effects of type and concentration of starch replacements on glass transition temperature of Yakitori sauce	96

LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
2.1 Yakitori production process	5
2.2 Typical cooling curves; A: water, B: solution, a: ice crystallization temperature, b: equilibrium or initial freezing point (T_c), c: end of freezing (T'_m), d: formation of first solute crystal, e: eutectic point (T_u)	16
2.3 State diagram showing different regions and state of foods (T_{bw} : boiling point, T_u : eutectic point, T'_m : end point of freezing, T'_g : glass transition at end point of freezing, T_{gw} : glass transition of water, T_{ms} : melting point of dry solids, T_{gs} : glass transition of dry solids)	18
2.4 Typical DSC thermograms for glass transition of samples containing unfreezable water	21
2.5 Typical DSC thermograms showing glass transition, freezing and melting endotherms for sample containing freezable water	22
4.1 Viscosity of Yakitori sauces at varying concentration of syrup replacements	36
4.2 Total soluble solid of Yakitori sauces at varying concentration of syrup replacements	38
4.3 Water activity of Yakitori sauces at varying concentration of syrup replacements	39
4.4 DSC thermogram to showing the equilibrium melting temperature of Yakitori sauces at different percentage of syrup replacements: (a) replaced high fructose syrup(HFS) with 46DE glucose syrup (46DE GS) and (b) replaced high fructose syrup(HFS) with 39DE glucose syrup (39DE GS)	42
4.5 Relationship between concentration of glucose syrup replacements and equilibrium melting temperature of Yakitori sauces	44
4.6 DSC thermogram to showing the glass transition temperature of Yakitori sauces at different percentage of syrup replacements: (a) replaced high fructose syrup(HFS) with 46DE glucose syrup (46DE GS) and (b) replaced high fructose syrup(HFS) with 39DE glucose syrup (39DE GS)	46
4.7 Relationship concentration of glucose syrup replacements and glass transition temperature of Yakitori sauces	47
4.8 Swelling properties of 1% (w/v) starch suspension as a function of temperature	51