

การพัฒนาฟิล์มเชิงประกอบบรีโคได้จากกลูโคแมนแนนของบุกและโปรตีนเวย์



นางสาวมนัสวีร์ เหลืองสุฤกษ์



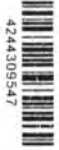
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2556
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



5472073423

DEVELOPMENT OF EDIBLE COMPOSITE FILM FROM KONJAC GLUCOMANNAN AND
WHEY PROTEIN

Miss Manusawee Leuangsukrek



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Food Technology

Department of Food Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

Thesis Title DEVELOPMENT OF EDIBLE COMPOSITE FILM
FROM KONJAC GLUCOMANNAN AND WHEY
PROTEIN
By Miss Manusawee Leuangsukrerak
Field of Study Food Technology
Thesis Advisor Theeranun Janjarasskul, Ph.D.
Thesis Co-Advisor Kanitha Tananuwong, Ph.D.
Assistant Professor Chaleeda
Borompichaichartkul, Ph.D.

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



..... Dean of the Faculty of Science

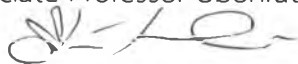
(Professor Supot Hannongbua, Dr.rer.nat.)

THESIS COMMITTEE



..... Chairman

(Associate Professor Ubonrat Siripatrawan, Ph.D.)



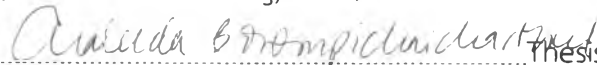
..... Thesis Advisor

(Theeranun Janjarasskul, Ph.D.)



..... Thesis Co-Advisor

(Kanitha Tananuwong, Ph.D.)



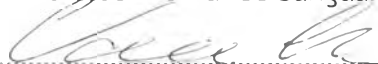
..... Thesis Co-Advisor

(Assistant Professor Chaleeda Borompichaichartkul, Ph.D.)



..... Examiner

(Assistant Professor Romanee Sanguandeeikul, Ph.D.)



..... External Examiner

(Associate Professor Vanee Chonhenchob, Ph.D.)

มนัสวีร์ เหลืองสุขฤกษ์ : การพัฒนาฟิล์มเชิงประกอบบรีโกลด์จากกลูโคแมนแนนของบุกและโปรตีนเวย์. (DEVELOPMENT OF EDIBLE COMPOSITE FILM FROM KONJAC GLUCOMANNAN AND WHEY PROTEIN) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร. อธิวัฒน์ เจริญรสสุกุล, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ. ดร. ชนิษฐา ธนานุวงศ์, ผศ. ดร. ชาลิตา บรมพิชัยชาติกุล, 74 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโปรตีนเวย์ไอโซเลตต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของฟิล์มบรีโกลด์จากกลูโคแมนแนน รวมทั้งศึกษาผลของอัตราการทำแห้ง และสมบัติของฟิล์มที่พัฒนาแล้วเมื่อเก็บรักษาในภาวะที่แตกต่างกัน เตรียมสารละลายผสมของกลูโคแมนแนนและโปรตีนเวย์ไอโซเลตโดยแปรสัดส่วนของพอลิเมอร์เป็น 5 ระดับ คือ 0:4:2 0:4:3:8 0:6:3:6 1:3:2 และ 1:0 กรัมกลูโคแมนแนน: กรัมโปรตีนเวย์ไอโซเลต / 100 กรัมของสารละลาย และแปรความเข้มข้นของกลีเซอรอลซึ่งทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์เป็น 2 ระดับ คือ 1.5 กรัม และ 1.8 กรัม / 100 กรัมของสารละลาย ทำแห้งสารละลายฟิล์มด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่า การใส่โปรตีนเวย์ไอโซเลตในฟิล์มกลูโคแมนแนนจะทำให้ค่า L เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า a และ b ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ค่าความแตกต่างของสีของฟิล์มบ่งบอกว่า ไม่สามารถแยกความแตกต่างของสีของฟิล์มประกอบและฟิล์มพอลิพรอสลินทางการค้าได้ด้วยตาเปล่า การใส่โปรตีนเวย์ไอโซเลตช่วยเพิ่มความใสและความต้านทานต่อการละลายน้ำของฟิล์มจากกลูโคแมนแนน ในขณะที่ค่าความต้านทานแรงดึงขาดของฟิล์มลดลง อย่างไรก็ตามการใส่โปรตีนเวย์ไอโซเลตไม่ส่งผลต่อค่าการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มประกอบฟิล์มเดี่ยวจากโปรตีนเวย์ไอโซเลตและฟิล์มประกอบที่มีอัตราส่วนของโปรตีนเวย์ไอโซเลตสูงสุดสามารถปิดผนึกได้ที่อุณหภูมิประมาณ 175 องศาเซลเซียส จากการวิเคราะห์โดย differential scanning calorimeter พบว่าอุณหภูมิเริ่มต้นของการหลอมเหลวของฟิล์มจากโปรตีนเวย์ไอโซเลตและฟิล์มประกอบมีค่าประมาณ 157-160 องศาเซลเซียส และมีค่าเอนทัลปีของการหลอมเหลวในช่วง 5.6-19.0 จูลต่อกรัม สูตรของฟิล์มประกอบไม่มีผลต่อค่าอุณหภูมิเริ่มต้น อุณหภูมิที่จุดพิก และค่าเอนทัลปีของการหลอมเหลวอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่จุดพิก และเอนทัลปีของการหลอมเหลวของฟิล์มโปรตีนเวย์ไอโซเลตมีค่าสูงกว่าค่าดังกล่าวของฟิล์มประกอบ การศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคแสดงให้เห็นว่าโครงสร้างของฟิล์มประกอบไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ความเข้มข้นของโปรตีนเวย์ไอโซเลตที่สูงกว่าจะเหนี่ยวนำให้เกิดการรวมกลุ่มขนาดเล็กลงของโมเลกุลของโปรตีนเวย์ในฟิล์ม ในการศึกษาผลของกระบวนการทำแห้งของฟิล์มบรีโกลด์ได้ เตรียมสารละลายผสมของกลูโคแมนแนนและโปรตีนเวย์ไอโซเลตที่สัดส่วนของพอลิเมอร์เป็น 0:4:3:8 กรัมกลูโคแมนแนน: กรัมโปรตีนเวย์ไอโซเลต / 100 กรัมของสารละลาย และความเข้มข้นของกลีเซอรอลเท่ากับ 1.5 กรัม / 100 กรัมของสารละลาย ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่ฟิล์มมีสมบัติที่เหมาะสมที่ได้จากการศึกษาในขั้นตอนแรก จากนั้นทำแห้งสารละลายฟิล์มด้วยตู้อบลมร้อนแบบกดที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราการทำแห้งสูง (ความเร็วลม เท่ากับ 3.04 ± 0.67 เมตรต่อวินาที และความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 19% เป็นเวลา 3 ชั่วโมง) หรืออัตราการทำแห้งต่ำ (ความเร็วลม เท่ากับ 0.92 ± 0.15 เมตรต่อวินาที และความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 18% เป็นเวลา 15 ชั่วโมง) พบว่า อัตราเร็วในการทำแห้งไม่ส่งผลต่อค่าสีของฟิล์มอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) วิธีการทำแห้งแบบเร็วสามารถปรับปรุงความใส และสมบัติเชิงกลของฟิล์มอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อความสามารถในการละลายน้ำและค่าการซึมผ่านของไอน้ำ ($p > 0.05$) ฟิล์มที่ทำแห้งช้ามีค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของการหลอมเหลวสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีค่าเอนทัลปีของการหลอมเหลวต่ำกว่าฟิล์มที่ทำแห้งเร็วอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม ค่าอุณหภูมิที่จุดพิกของการหลอมเหลวของฟิล์มทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) การทำแห้งแบบเร็วเหนี่ยวนำให้เกิดการรวมกลุ่มขนาดใหญ่ของโปรตีนเวย์ในเนื้อฟิล์ม ในการศึกษาผลของภาวะการเก็บต่อสมบัติของฟิล์ม เก็บฟิล์ม (สัดส่วนของพอลิเมอร์เป็น 0:4:3:8 กรัมกลูโคแมนแนน: กรัมโปรตีนเวย์ไอโซเลต / 100 กรัมของสารละลาย และความเข้มข้นของกลีเซอรอลเท่ากับ 1.5 กรัม / 100 กรัมของสารละลาย) ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 50% ในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน 3 อุณหภูมิ คือ 4, 25 และ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 วัน พบว่า ค่าความแตกต่างของสีของฟิล์มไม่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มมากขึ้นความใสของฟิล์มมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ค่าความสามารถในการยึดตัวและมอดูลัสมีการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนกว่าความต้านทานแรงดึงขาด แต่โดยรวมพบว่าสมบัติเชิงกลของฟิล์มเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความสามารถในการละลายและค่าการซึมผ่านของไอน้ำของฟิล์มอย่างมีนัยสำคัญในระหว่างการเก็บ ($p > 0.05$) โครงสร้างระดับจุลภาคของฟิล์มทั้งหมดที่ผ่านการเก็บ มีลักษณะคล้ายกับฟิล์มที่เตรียมขึ้นใหม่ กล่าวโดยสรุปคือ ฟิล์มที่ผลิตขึ้นมีความเสถียรในระหว่างการเก็บรักษาทั้ง 3 อุณหภูมิ ตลอดระยะเวลา 24 วัน ซึ่งมีศักยภาพความเป็นไปได้ในการนำมาใช้กับผลิตภัณฑ์อาหารในอนาคต

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
ปีการศึกษา 2556

ลายมือชื่อนิสิต อ.ที่ปรึกษา เบญจรงค์กร
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก SKK
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม SKK
ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม พ.ท.น.น.น.

5472073423 : MAJOR FOOD TECHNOLOGY

KEYWORDS: EDIBLE FILM / KONJAC GLUCOMANNAN / WHEY PROTEIN ISOLATE / MECHANICAL PROPERTIES / WATER VAPOR PERMEABILITY

MANUSAWEE LEUANGSUKRERK: DEVELOPMENT OF EDIBLE COMPOSITE FILM FROM KONJAC GLUCOMANNAN AND WHEY PROTEIN. ADVISOR: THEERANUN JANJARASSKUL, Ph.D., CO-ADVISOR: KANITHA TANANUWONG, Ph.D., ASST. PROF. CHALEEDA BOROMPICHAICHARTKUL, Ph.D., 74 pp.

The aim of this work was to study the effect of incorporation of whey protein isolate (WPI) on the physical and mechanical properties of konjac glucomannan (KGM) based films. Effects of drying rate and storage condition on physical properties of edible composite film from KGM-WPI were also investigated. Solutions of KGM and/or WPI at 1:0, 0.8:3.4, 0.6:3.6, 0.4:3.8 and 0.2:4.2 g KGM :g WPI/ 100 g solution were prepared. Glycerol (GLY) was used as a plasticizer at ratio of 1.5 and 1.8 g/ 100 g solution. The casting solutions were dried by using tray dryers at 50 °C for 15 h. Results showed that incorporating WPI into KGM film, significantly increased L and decreased a and b values ($p \leq 0.05$). Total color difference showed that WPI and KGM-WPI blend films were not visually different from commercial colorless polypropylene film. Incorporated WPI proportionally increased transparency and water insolubility with decreased tensile strength of KGM-based films. Nevertheless, WPI did not improve water vapor barrier of KGM-WPI films. Overall, the range of GLY in this study did not significantly affect properties of the films ($p > 0.05$). WPI and blend film with the highest concentration of WPI could be heat sealed at 175 °C. According to differential scanning calorimetry study, onset temperature of the melting of WPI and blend films was around 157-160 °C and enthalpy of melting ranged from 5.6 J/g to 19.0 J/g. Formulation of the blend films did not significantly affect onset temperature, peak temperature and enthalpy of melting ($p > 0.05$). However, peak temperature and enthalpy of melting of WPI films were obviously higher than those of the blend films. Microscopic study showed the heterogeneous structure of the blend films. Higher WPI concentration induced the formation of smaller clusters of whey protein molecules. To investigate the effect of drying process, the blend formula with 0.4 g KGM, 3.8 g WPI and 1.5 g GLY in 100 g casting solution was selected on the basis of significantly better functional properties. The casting solution of selected formula was completely dry at 50 °C using tray dryer by either fast (velocity 3.04 ± 0.67 m/s and 19% RH, 3 h drying time) or slow (velocity 0.92 ± 0.15 m/s and 18% RH, 15 h drying time) drying rates. The result showed that the drying rate did not significantly affect overall color of KGM-WPI film ($p > 0.05$). The fast drying method significantly improved transparency and mechanical properties ($p \leq 0.05$) without impairing solubility or water vapor permeability of the blend film. Slowly dried film had significantly higher onset temperature of melting but had significantly lower enthalpy of melting than quickly dried film ($p \leq 0.05$). However, peak temperature of melting of those films was not significantly different ($p > 0.05$). Fast drying induced the formation of larger whey protein clusters in the film matrix. To study the effect of storage condition on KGM-WPI film properties, the optimized blend film (0.4 g KGM, 3.8 g WPI and 1.5 g GLY / 100 g casting solution) film was stored at 50% RH in three different temperatures (4, 25 and 35 °C) for 24 days. There was no significant increase in total color difference of blend film at all controlled storage temperatures ($p > 0.05$). However, transparency of the film was significantly impaired over storage time ($p \leq 0.05$). Although the changes in tensile strength as a result of storage time and temperature were less pronounced than % elongation and elastic modulus, overall mechanical properties were gradually improved over storage. Solubility and water vapor permeability did not significantly change over time at all controlled storage conditions ($p > 0.05$). Microstructure of all aged films was relatively similar to that of the freshly prepared film. Overall, the storage stability of the KGM-WPI blend film exhibited in all three simulated commercial conditions for 24 days indicate a potential feasibility for future market use.

Department: Food Technology

Field of Study: Food Technology

Academic Year: 2013

Student's Signature Manusawee Leuangsukrerak

Advisor's Signature Theeranun Janjarasskul

Co-Advisor's Signature Kanitha Tananuwong

Co-Advisor's Signature Chaleeda Borompichaichartkul

ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my great appreciation to my advisor, Dr. Theeranun Janjarasskul and my co-advisors, Dr. Kanitha Tananuwong and Assist. Prof. Dr. Chaleeda Borompichaichartkul for their suggestions, support and encouragement during the planning, execution and writing of this research. I would also like to thank my thesis examiners, Assoc. Prof. Dr. Ubonrat Siripatrawan, Assist. Prof. Dr. Romanee Sanguandeekul and Assoc. Prof. Dr. Vanee Chonhenchob for their valuable guidance.

The financial support from the 90th Anniversary of Chulalongkorn University Fund (Ratchadaphiseksomphot Endowment Fund) and the 72nd Birthday Anniversary of His Majesty the King's Scholarship are particularly acknowledged.

Center of Excellence in Food Processing Pilot plant, Faculty of Science and Polymer Laboratory, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University are also acknowledged for providing drying equipment and permeability measurements, respectively.

I would like to thank all staffs and friends at Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, especially Miss Thunyaluck Phupoksakul, for their help and support.

My special gratitudes are extended to my father, mother and sisters for their care, morale and encouragement.



CONTENTS

	Page
THAI ABSTRACT	iv
ENGLISH ABSTRACT	v
ACKNOWLEDGEMENTS	vi
CONTENTS	vii
LIST OF TABLES	x
LIST OF FIGURES	xiii
CHAPTER I INTRODUCTION	1
CHAPTER II LITERATURE REVIEW	1
2.1 Edible film	1
2.1.1 Definition	1
2.1.2 Film forming materials.....	4
2.1.2.1 Polysaccharides-based films and coating.....	4
2.1.2.2 Protein-based films and coating.....	4
2.1.2.3 Lipid-based films and coating.....	4
2.1.3 Plasticizers	5
2.2 Konjac glucomannan.....	6
2.2.1 Chemistry.....	6
2.2.2 Konjac glucomannan film formation and properties	7
2.3 Whey protein	8
2.3.1 Chemistry.....	8
2.3.2 Whey protein film formation and properties.....	9
2.4 Composite edible films	11
2.5 Drying rate effect	13
2.6 Storage stability.....	15
CHAPTER III MATERIALS AND METHODS.....	17
3.1 Materials	17
3.2 Methods.....	17



	Page
3.2.1 Effect of incorporation of whey protein isolate (WPI) on properties of konjac glucomannan (KGM) based films.....	17
3.2.1.1 Film preparation and formation	17
3.2.1.2 Film properties measurements.....	18
3.2.1.3 Criteria for selecting the composite film for the next step.....	23
3.2.2 Effect of drying rate on mechanical and physical properties of konjac glucomannan-whey protein isolate blend films	23
3.2.2.1 Film preparation and formation	23
3.2.2.2 Film properties measurements.....	24
3.2.3 Effect of storage temperatures on properties of konjac glucomannan-whey protein isolate blend films	24
3.2.3.1 Film preparation and formation	24
3.2.3.2 Film properties measurements.....	24
CHAPTER IV RESULTS AND DISCUSSION.....	25
4.1 Effect of incorporation of whey protein isolate (WPI) on properties of konjac glucomannan (KGM) based films.....	25
4.1.1 Film preparation and formation	25
4.1.2 Film properties measurements.....	26
4.2 Effect of drying rate on mechanical and physical properties of konjac glucomannan-whey protein isolate blend films.....	43
4.2.1 Film preparation and formation	43
4.2.2 Film properties measurements.....	44
4.3 Effect of storage temperatures on properties of konjac glucomannan-whey protein isolate blend films	50
4.3.1 Film properties measurements.....	50
CHAPTER V CONCLUSIONS	58
5.1 CONCLUSIONS	58
5.2 SUGGESTIONS	59



	Page
REFERENCES	61
APPENDIX	67
APPENDIX A STATISTICAL ANALYSIS	68
VITA	74



LIST OF TABLES

Table	Page
Table 2.1 Physicochemical characteristics of the major (bovine) whey proteins	10
Table 4.1 Thickness of konjac glucomannan (KGM), whey protein isolate (WPI) and blend films	27
Table 4.2 Color of konjac glucomannan (KGM), whey protein isolate (WPI) and blend films, and total color difference (ΔE) between biopolymer-based samples and commercial polypropylene film	28
Table 4.3 Transparency of konjac glucomannan (KGM), whey protein isolate (WPI) and blend films	30
Table 4.4 Parameters from the endothermic transitions of konjac glucomannan (KGM), whey protein isolate (WPI) and blend films determined by differential scanning calorimetry	37
Table 4.5 Color and transparency of konjac glucomannan (KGM) and whey protein isolate (WPI) blend film with 0.4 g KGM, 3.8 g WPI and 1.5 g glycerol in 100 g casting solution dried by different drying rate	45
Table 4.6 Mechanical properties of konjac glucomannan (KGM) and whey protein isolate (WPI) blend film with 0.4 g KGM, 3.8 g WPI and 1.5 g glycerol in 100 g casting solution dried by different drying rate	46
Table 4.7 Solubility and water vapor permeability of konjac glucomannan (KGM) and whey protein isolate (WPI) blend film with 0.4 g KGM, 3.8 g WPI and 1.5 g glycerol in 100 g casting solution dried by different drying rate	47
Table 4.8 Endothermic transitions of konjac glucomannan (KGM) and whey protein isolate (WPI) blend film with 0.4 g KGM, 3.8 g WPI and 1.5 g glycerol in 100 g casting solution dried by different drying rate	48
Table 4.9 Effect of storage temperatures on total color difference of konjac glucomannan (KGM) and whey protein isolate (WPI) blend film with 0.4 g KGM, 3.8 g WPI and 1.5 g glycerol in 100 g casting solution	50



4244309547

Table	Page
Table 4.10 Effect of storage temperatures on solubility of konjac glucomannan (KGM) and whey protein isolate (WPI) blend film with 0.4 g KGM, 3.8 g WPI and 1.5 g glycerol in 100 g casting solution.....	55
Table 4.11 Effect of storage temperatures on water vapor permeabilities of konjac glucomannan (KGM) and whey protein isolate (WPI) blend film with 0.4 g KGM, 3.8 g WPI and 1.5 g glycerol in 100 g casting solution.....	56
Table A.1 The ANOVA table showing the effect of incorporation of whey protein isolate (WPI) on thickness of konjac glucomannan (KGM) based films	68
Table A.2 The ANOVA table showing the effect of incorporation of whey protein isolate (WPI) on color and transparency of konjac glucomannan (KGM) based films..	68
Table A.3 The ANOVA table showing the effect of incorporation of whey protein isolate (WPI) on mechanical properties of konjac glucomannan (KGM) based films ...	68
Table A.4 The ANOVA table showing the effect of incorporation of whey protein isolate (WPI) on solubility and water vapor permeability of konjac glucomannan (KGM) based films.....	69
Table A.5 The ANOVA table showing the effect of incorporation of whey protein isolate (WPI) on onset temperature and enthalpy of endothermic transitions of konjac glucomannan (KGM) based films.....	69
Table A.6 The ANOVA table showing the effect of drying rate on thickness of konjac glucomannan-whey protein isolate blend films	69
Table A.7 The ANOVA table showing the effect of drying rate on color and transparency of konjac glucomannan-whey protein isolate blend films	70
Table A.8 The ANOVA table showing the effect of drying rate on mechanical properties of konjac glucomannan-whey protein isolate blend films	70
Table A.9 The ANOVA table showing the effect of drying rate on solubility and water vapor permeability of konjac glucomannan-whey protein isolate blend films	70
Table A.10 The ANOVA table showing the effect of drying rate on onset temperature and enthalpy of endothermic transitions of konjac glucomannan-whey protein isolate blend films.....	71



Table	Page
Table A.11 The ANOVA table showing the effect of storage temperatures on color of konjac glucomannan-whey protein isolate blend films	71
Table A.12 The ANOVA table showing the effect of storage temperatures on transparency of konjac glucomannan-whey protein isolate blend films	71
Table A.13 The ANOVA table showing the effect of storage temperatures on tensile strength of konjac glucomannan-whey protein isolate blend films	72
Table A.14 The ANOVA table showing the effect of storage temperatures on elongation of konjac glucomannan-whey protein isolate blend films	72
Table A.15 The ANOVA table showing the effect of storage temperatures on elastic modulus of konjac glucomannan-whey protein isolate blend films.....	72
Table A.16 The ANOVA table showing the effect of storage temperatures on solubility of konjac glucomannan-whey protein isolate blend films	73
Table A.17 The ANOVA table showing the effect of storage temperatures on water vapor permeability of konjac glucomannan-whey protein isolate blend films	73



LIST OF FIGURES

Figure	Page
Figure 2.1 Edible films (a) colorful fruit- and vegetable-based edible films and (b) antimicrobial edible film	1
Figure 2.2 Structure of konjac glucomannan	7
Figure 2.3 Konjac glucomannan film	7
Figure 2.4 Heat denatured whey protein.....	9
Figure 2.5 Whey protein isolate film.....	11
Figure 2.6 Drying rate curve	14
Figure 4.1 Appearance of the films (a) KGM film, (b) WPI film and (c) KGM-WPI blend film prepared from 0.4 g KGM, 3.8 g WPI and 1.5 g glycerol in 100 g casting solution	26
Figure 4.2 Mechanical properties; tensile strength (a), elastic modulus (b) and elongation (c), of konjac glucomannan (KGM), whey protein isolate (WPI) and blend films. Error bar shows standard deviation. Bars with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$	32
Figure 4.3 Solubility of konjac glucomannan (KGM), whey protein isolate (WPI) and blend films. Error bar shows standard deviation. Bars with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$	34
Figure 4.4 Water vapor permeability of konjac glucomannan (KGM), whey protein isolate (WPI) and blend films. Error bar shows standard deviation. Bars with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$	35
Figure 4.5 Differential scanning calorimetry thermograms of konjac glucomannan (KGM), whey protein isolate (WPI) and blend films at (a) 1.0:0 g KGM: g WPI/ 100 g solution, (b) 0.8:3.4g KGM :g WPI/ 100 g solution, (c) 0.6:3.6g KGM :g WPI/ 100 g solution, (d) 0.4:3.8g KGM :g WPI/ 100 g solution and (e) 0:4.2 g KGM or WPI/ 100 g solution.....	38
Figure 4.6 Mode of failure of heat seal during seal strength test (a) peeled seal and (b) material break	39



Figure	Page
Figure 4.7 Microstructure of konjac glucomannan (KGM), whey protein isolate (WPI) and blend films at (a) 0.8:3.4g KGM :g WPI/ 100 g solution, (b) 0.6:3.6g KGM :g WPI/ 100 g solution and (c) 0.4:3.8g KGM :g WPI/ 100 g solution, obtained from trinocular phase contrast microscope using 1000X magnification. Blue green and gray area indicated the presence of WPI clusters.	42
Figure 4.8 Microstructure of konjac glucomannan (KGM) and whey protein isolate (WPI) blend film with 0.4 g KGM, 3.8 g WPI and 1.5 g glycerol in 100 g casting solution, dried with (a) slow drying rate (velocity 0.92 ± 0.15 m/s and 18% RH, 15 h drying time) and (b) fast drying rate (velocity 3.04 ± 0.67 m/s and 19% RH, 3 h drying time) obtained from trinocular phase contrast microscope using 1000X magnification. Blue green and gray area indicated the presence of WPI clusters.	49
Figure 4.9 Effect of storage temperatures on transparency of konjac glucomannan (KGM) and whey protein isolate (WPI) blend film with 0.4 g KGM, 3.8 g WPI and 1.5 g glycerol in 100 g casting solution. Error bar shows standard deviation. Bars with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$	52
Figure 4.10 Effect of storage temperatures on mechanical properties; (a) tensile strength, (b) %elongation and (c) elastic modulus of konjac glucomannan (KGM) and whey protein isolate (WPI) blend film with 0.4 g KGM, 3.8 g WPI and 1.5 g glycerol in 100 g casting solution. Error bar shows standard deviation. Bars with different letters are significantly different at $p \leq 0.05$	54
Figure 4.11 Microstructure of konjac glucomannan (KGM) and whey protein isolate (WPI) blend film with 0.4 g KGM, 3.8 g WPI and 1.5 g glycerol in 100 g casting solution, stored for 24 days at (a) 4 °C, (b) 25 °C and (c) 35 °C obtained from trinocular phase contrast microscope using 1000X magnification. Blue green and gray area indicated the presence of WPI clusters.	57

