# PERUBAHAN SIFAT FISIKO KIMIA DAN MIKROSTRUKTUR ROTI SELAMA PENYIMPANAN BEKU DENGAN PEMASAKAN AWAL PENGUKUSAN

**CHANGES IN CHEMICAL PHYSICAL PROPERTIES AND MICROSTRUCTURE OF BREAD DURING FROZEN STORAGE WITH INITIAL COOKING OF STEAM**

Siti Nur Azizah1, Wisnu Adi Yulianto2, CH. Lilis Suryani2\*

1 Mahasiswa Program Studi Magister Ilmu Pangan - Fakultas Agroindustri – Universitas Mercu Buana Jl. Wates km. 10 – Yogyakarta 55753

2, 3 Staf pengajar Program Studi Magister Ilmu Pangan - Fakultas Agroindustri – Universitas Mercu Buana Jl. Wates km. 10 – Yogyakarta 55753

# ABSTRAK

Dalam industri roti metode pembekuan telah banyak digunakan untuk mempertahankan kualitas dan memperpanjang umur simpan. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai perubahan sifat fisikokimia dan mikrostruktur roti selama penyimpan beku. Maka perlu dilakukan evaluasi yang mencakup sifat fisk, kimia, maupun sifat mikrostruktur roti. Penelitian dlakukan pada 6 sampel dengan variasi lama penyimpanan beku H ke-0, H ke-14, H ke-28, H ke-42, H ke-56, dan H ke-

70. Parameter yang dianalisis pada roti yang disimpan beku meliputi pengujian kadar air, pengujian teksur, pengujian protein terlarut, dan pengujian mikrostruktur (SEM). Hasil penelitan menunjukan bahwa lama penyimpanan berpengaruh pada kadar air, tekstur, protein terlarut, serta sifat mirostruktur roti. Analisa kadar air dengan metode termogravimetri menunjukan penurunan berkelanjutan dari angka 30.02% hingga 26.70%. Sebaliknya, tekstur roti mengalami peningkatan kekerasan seiring dengan lama waktu penyimpanan beku yaitu 8.70 N meningkat menjadi 17.44 N. Perubahan kadar air dan teksur dipengaruhi karena proses retrogradasi pati yang terjadi selama proses penyimpanan. Sedangkan hasil uji kelarutan protein menunjukan bahwa kadar protein terlarut tertinggi diperoleh pada hari ke-14 yaitu 1.53% dan terendah pada hari ke-70 yaitu 1.31%. Hal ini dikarenakan pada hari ke-14 terjadi fermentasi ragi yang optimal, sedangkan penurunan kadar protein terlarut terjadi karena proses fermentasi melebihi batas optimal. Pada Uji mikrostruktur (SEM), terjadi perubahan struktur dan pengecilan rongga udara dari hari ke 0-70 dikarenakan proses gelatinisasi dan retrogradasi pati selama penyimpanan.

**Kata Kunci** : Peyimpanan beku, Siat fisikokimia, Gelatinisasi Pati.

# ABSTRACT

In the bakery industry, freezing methods have been widely used to maintain quality and extend shelf life. So that further research is needed on changes in the physicochemical structure and microstructure of bread during frozen storage. So it is necessary to do an evaluation that includes physical, chemical, and mricrostucture characteristic of bread. The study was conducted on 6 samples with variations in frozen storage time H-0, H-14, H-28, H-42, H-56, and H-70. Parameters analyzed in frozen bread included moisture content testing, texture testing, soluble protein testing, and mricrostucture characteristic (SEM). The results showed that storage time had an effect on water content, texture, dissolved protein, and mricrostucture characteristic of bread. Analysis of water content using the thermogravimetric method showed a continuous decrease from 30.02% to 26.70%. On the other hand, the texture of the bread increased in hardness along with the length of frozen storage time, which was 8,700 and increased to 17,447. Changes in water content and texture are influenced by the retrogradation of starch that occurs during the storage process. While the results of the protein solubility test showed that the highest dissolved protein content was obtained on the 14th day, namely 1.53% and the lowest on the 70th day, namely 1.31%. This is because on the 14th day optimal yeast fermentation occurs, while the decrease in dissolved protein levels occurs because the fermentation process exceeds the optimal limit. In the SEM test, there was a change in the structure and a reduction in air voids from day 0-70 due to the gelatinization process and starch retrogradation during storage.

Keywords : Frozen storage, Physicochemical properties, Gelatinization of starch.

# Pendahuluan

Kondisi dinamika masyarakat yang semakin meningkat dalam pengembangan bisnisnya membawa perubahan gaya hidup termasuk pola konsumsi pangan. Perubahan ini menyebabkan persediaan bahan pangan di tingkat rumah tangga juga mulai bergeser dari semula menggunakan bahan pangan segar beralih sebagian ke

produk pangan beku (*frozen food*). Teknologi pembekuan makanan (*Frozen Food Technology*) dapat menjadi solusi dalam memperpanjang umur simpan dan daya tahan suatu produk. *Frozen Food Technology* merupakan teknologimengawetkan makanan dengan menurunkan temperaturnya

hingga di bawah titik beku air, (Evans, 2008).

Roti dikonsumsi diseluruh dunia karena dapat dijadikan sebagai sumber energi dengan penyajian cepat dan harganya murah. Roti dihasilkan melalui proses fermentasi dan pemanggangan sehingga didapatkan karakteristik yang khas dari aroma, rasa dan tekstur dari roti tersebut (Pico, et al., 2015). Namun roti merupakan produk yang berumur pendek, sehingga kesegarannya cepat berkurang (Cauvain et al, 2008) karena perubahan fisikokimia seperti hilangnya kadar air yang menyebabkan kekerasan roti (Barcenas et al., 2003) dan aroma yang mudah menguap (Almeida et al., 2016: Pico et al., 2015) serta perubahan

mikrobiologis (pertumbuhan kapang) pada roti (Axel et al., 2017).

Pemasakan setengah matang (pemanggangan sebagian) pada roti dan penyimpanan lebih lanjut pada suhu beku adalah cara yang efektif untuk memperlambat proses kerusakanan makanan yang dipanggang (Ba’rcenas, et al, 2004). Pembekuan mengubah air yang ada dalam makanan menjadi senyawa non aktif dan bersama dengan suhu yang rendah menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan aktivitas nzim yang memicu dalam pembusukan makanan.

Saat ini telah banyak dilakukan pengkajian terhadap metode penyimpanan beku baik pada adonan roti maupun roti setengah. Menurut Ribotta P D, 2001, menyatakan bahwa pembekuan dan penyimpanan adona pada suhu -18°C menghasilkan penurunan kualitas roti , yakni volume roti menurun, waktu fermentasi lebih lama dan elastisitas serta pengembangan roti yang berkurang. Peningkatan waktu penyimpanan suhu beku pada roti setengah panggang juga menyebabkan penurunan kualitas roti akibat hilangnya kadar air dan kekerasan roti meningkat (Ba’cenas et al, 2005). Sampai saat ini belum ada penelitian terhadap pengaruh penyimpanan roti beku dengan pemasakan awal pengukusan. Oleh karena itu, perlu dipelajari dan dilakukan penelitian bagaimana pengaruh penyimpanan beku dan cara pemasakan terhadap karakteristik fisiko kimia roti beku dengan pemasakan awal pengukusan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan struktur fisikokimia roti kukus yang dilakukan penyimpanan beku.

# Bahan dan Metode

* 1. **Bahan baku**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas terigu protein tinggi (cakra kembar), terigu protein sedang (segitiga biru), gula pasir, margarin, susu bubuk skim, air, telur, yeast (saff instant), garam, dan tepung roti (mama suka).

# Alat

Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri dari peralatan utama pembuatan roti beku meliputi timbangan digital (camry), planetary mixer, devider, roller, baskom plastik, Loyang, pengukus (plakat), improofer, spatula, scrub, nampan plastic dan sealer.

Sedangkan peralatan yang digunakan dalam pengujian meliputi freezer, moisture tester (44-15A), texturometer (TA-XT21), Microscope electron pemindah (cyro-SEM)

# Pembuatan Adonan

Pembuatan roti beku dilakukan dengan mencampurkan terigu protein tinggi sebanyak 1 kg, terigu protein sedang sebanyak 500 gram, gula pasir 330 gram, yeast 20 gram menggunakan planetary mixer. Selanjutnya menambahkan air sebanya 550 ml, telur

165 gram dilakukan pencampuran hingga homogen. Selanjutnya ditambahkan garam 15 gram dan margarin 225 gram dilakukan pencampuran hingga kalis. Adonan dilakukan pengistirahatan selama 15 menit. Adonan dilakukan pengepresan (roll) dan dilakukan pembagian masing- masing 25 gram menggunakan devider. Adonan yang sudah terbagi dilakukan rounding dan pengisian coklat. Adonan yang sudah terisi coklat dilakukan pembaluran dengan tepung roti dan dilanjutkan dengan proses fermentasi pada proofer dengan suhu 35-40°C selama 40 menit.

# Pengukusan dan Pembekuan

Adonan yang telah dibuat dan dibentuk selanjutnya dikukus selama 10 menit menggunakan pengukus plakat pada suhu 85-95°C. Roti yang telah dikukus dilakukan pendinginan sampai suhu ruang dan dilanjutkan dengan pengemasan dalam plastik jenis PE (polietilen) dengan ukuran 20x30 cm ketebalan 0,8 mm.Roti yang terkemas dilakukan pembekuan dalam freezer pada suhu -18°C selama 70 hari.

# Penyajian Kembali

Selama penyimpanan beku sampel diambil setiap 14 hari untuk dievaluasi (Gerardo-Rodriguez et al., 2016). Roti setelah disimpan beku dicairkan hingga mencapai suhu 4°C dan dilakukan pengukusan dan penggorengan kembali.Pengukusan dilakukan dengan pengukus pada suhu 85-95°C selama 5 menit dan penggorengan dilakukan secara deep frying dengan suhu 185°C selama 2-3 menit.

# Hasil dan Pembahasan

* 1. **Uji Tekstur**

Hasil Pengujian Tekstur (Kekerasan)

20

18

16

14

12

10

8 6

4

2

0

Hari ke- Hari ke- Hari ke- Hari ke- Hari ke- Hari ke- 0 14 28 42 56 70

Tekstur roti (N)

Gambar.2 Grafik perubahan tekkstur pada roti yang dilakukan penyimpanan beku (-18°C)

Tabel. 2 Hasil Pengujian Tekstur (kekerasan)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No | Lama Penyimpanan (Hari)  | Hasil Pengujian (N) |
| 123456 | 01428425670 | 8.70 ± 1.489a11.18 ± 0.851b12.21 ± 0.977b13.50 ± 1.747c17.06 ± 0.478d17.44 ± 0.870d |

Dari hasil pengujian tekstur terjadi peningkatan kekerasantekstur pada roti yang dilakukan penyimpanan beku (suhu -18°C) mulai hari ke-0 sampai hari ke-70. Perubahan tekstur roti terjadi karena adanya retrogradasi pati. Menurut Damat et al. (2017),Proses retrogradasi pati (amilopektin) yang berakibat pada meningkatnya kristalisasi atau keteraturan molekuler polimer pati (amilopektin) merupakan penyebab utama dari peningkatan kekerasan crumb. Selain itu, terperangkapnya sebagian air di dalam kristal pati selama proses retrogradasi menyebabkan distribusi air di dalam crumb bergeser dari gluten ke pati (amilopektin) sehingga menurunkan ketersediaan air sebagai plasticizer pada matriks gluten. Hal ini menyebabkan tekstur crumb menjadi kering dan rapuh.

Dari gambar. menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyimpanan beku, maka terjadi peningkatan kekerasanyang berkelanjutan. Penyimpanan pada hari ke-0 hingga hari ke-56 mengalami peningkatan secara signifikan yakni pada keerasan 8.70 N menuju ke 11.18 N,

12.21 N, 13.50 N dan 17.06 N. Sedangkan pada hari ke-56 menuju hari ke-70 tidak terjadi peningkatan yang signifikan yakni dari 17.06 N menuju 17.44 N. Peningkatan kekerasan merupakan bukti bahwa selama proses penyimpanan beku, terjadi kerusakan komponen roti seperti rekristalisasi amilosa yang memainkan peran penting dalam kekerasan remah.

# Uji Kadar Air

Hasil Pengujian Kadar Air

31

30

29

28

27

26

25

Hari ke- Hari ke- Hari ke- Hari ke- Hari ke- Hari ke 0 14 28 42 56 70

Penyimpanan beku -18°C

Tabel.1 Hasil analisa kadar air pada roti

pembentukan kristal es selama proses pembekuan menyebabkan terjadinya denaturasi protein. Menurut Zhang et al. (2005), denaturasi protein gluten terjadi karena ikatan hidrogen pada struktur polipeptida protein gluten mengalami kerusakan akibat pembentukan dan menyebabkan terjadinya penurunan daya ikat air (water holding capacity).

Gambar. 1 Grafik perubahan kadar air pada roti yang dilakukan penyimpanan beku (-18°C)

Dari gambar tersebut, menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar air berkelanjutan semakin lama waktu penyimpanan beku. Penyimpanan pada hari ke-0 hingga hari ke-28 mengalami penurunan kadar air secara signifikan yakni pada kadar air 30.02% menuju ke 29.44% dan 20.95%. Penurunan kadar air pada hari ke-42 dan hari ke-56 mengalami penurunan kadar air yang tidak berbeda nyata yakni dari 28.03% menuju 27.66%. Pada penyimpanan hari ke-70 kadar air terus menurun hingga 26.70%. Hal ini disebabkan karena roti yang telah dilakukan proses fermentasi dan

yang disimpan beku (-18°C) dilakukan pemasakan dengan

pengukusan kemudian dilakukan penyimpanan beku menyebabkan pengurangan jumlah retensi air dalam roti tersebut (Vulicevic et al. 2004).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No | Lama Penyimpanan (Hari)  | Hasil Pengujian (%) |
| 123456 | 01428425670 | 30.02 ± 0.215a29.44 ± 0.217b28.95 ± 0.646c28.03 ± 0.587d27.66 ± 0.826d26.70 ± 1.082e |

# Uji Kelarutan Protein

Tabel. 3 Data hasil Pengujian Tekstur

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| No | LamaPenyimpanan (Hari) | Hasil Pengujian (%) |
| 123456 | 01428425670 | 1.44 ± 0.266 Na1.53 ±0.041 Nab1.48 ± 0.049 Nab1.41 ± 0.009 Nab1.38 ± 0.019 Nab1.31 ± 0.033 Nb |

Berdasarkan hasil uji terjadi pengurangan kadar air pada roti yang dilakukan penyimpanan beku (suhu - 18°C) mulai hari ke-0 sampai hari ke-70. Hal ini dikarenkan akibat adanya

Dari hasil pengujian diketahui terjadi peningkatan protein terlarut di hari ke-

14. Namun, dari hari ke-14 hingga hari ke-70 kandungan protein terlarut terus mengalami penurunan. Peningkatan kadar protein terlarut ini disebabkan karena terjadinya proses fermentasi yang optimal (Morita dan Handoyo, 2006). Sedangkan penurunan protein terlarut terjadi karena proses fermentasi melebihi batas optimal yang menyebabkan enzim proteasae yang dihasilkan oleh ragi menjadi lebih sedikit. Selama proses fermentasi kapang aktif memecah senyawa-senyawa kompleks protein dalam bahan. Kapang menghasilkan enzim-enzim protease yang mampu merombak senyawa kompleks protein menjadi senyawa yang lebih sederhana (Barus, 2008). Enzim proteasae akan mendegradasi protein menjadi dipeptida dan seterusnya hingga menjadi senyawa NH3 atau NH2 yang akan menghilang melalui penguapan. Semakin lama fermentasi dapat menurunkan kadar protein karena enzim proteasae yang dihasilkan oleh kapang dapat menghidrolisis protein menjadi asam amino yang dapat dimanfaatkan kapang untuk pertumbuhan dan pengembangan.

Hasil Uji Protein Terlarut

1.55

1.5

1.45

1.4

1.35

1.3

1.25

1.2

Hari ke- Hari ke- Hari ke- Hari ke Hari ke Hari ke- 0 14 28 42 56 70

Kadar Protein terlarut (db) %

Gambar. 3 Grafik perubahan kadar protein terlarut pada roti yang dilakukan penyimpanan beku (-18°C)

Ditinjau dari grafik diatas, dapat diketahui bahwa peningkatan dan penurunan kandungan protein terlarut dipengaruhi oleh lama waktu selama proses fermentasi. Selain itu penurunan kadar protein terlarut dipengaruhi lama penyimpanan karena denaturasi protein yang terjadi selama proses pembekuan dan penyimpanan. Akhtar et al. (2013) menjelaskan bahwa denaturasi protein dapat terjadi selama proses pembekuan sebagai akibat meningkatnya kekuatan ionic pada jaringan intraseluler yang diikuti migrasi air ke jaringan ekstraseluler.

# 3.4. Uji Mikrostruktur

Pengujian mikrostruktur roti beku ini dengan menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) dilakukan untuk mengetahui fisiologis roti beku setelah dilakukan perubahan penyimpanan pada hari ke-0, ke-35, dan ke-70. Gambar perbandingan bagian- bagian struktur mikro roti beku dengan perbesaran 3000x dengan SEM dapat dilihat pada Gambar



Gambar 1. Hasil pengujian SEM pada permukaan roti beku penyimpanan hari ke-0, (C) Rongga udara, (N) jaringan protein, (G) granula pati

Gambar 1. menunjukkan penampang melintang roti pada

penyimpanan di hari ke-0, dimana tampak granula pati yang dikelilingi oleh rongga-rongga udara yang terlihat besar. Beberapa granula pati masih terikat satu sama lain dan bergerombol pada dinding sel. Granula pati mempunyai bentuk yang masih tampak bulat beraturan dan utuh serta homogen. Setelah dilakukan pengukuran, diketahui rongga udara pada sampel roti beku di hari ke-0 sebesar 11 mikrometer.



Gambar 2. Hasil pengujian SEM pada permukaan roti beku penyimpanan hari ke-35, (C) Rongga udara, (N) jaringan protein, (G) granula pati

Gambar 2. menunjukkan adanya perubahan struktur mikro dari roti setelah dilakukan penyimpanan pada hari ke-35. Antara granula pati dan komponen lainnya sudah susah untuk dibedakan. Granula tersebut berubah menjadi suatu gel yang terbentuk dari gelatinisasi pati. Perubahan bentuk granula terlihat pada penyimpanan ke- 35, dimana granula mulai memisah dan tidak bergerombol serta rongga-rongga udara semakin mengecil. Diketahui struktur rongga udara roti pada penyimpanan ke-35 setelah dilakukan pengukuran yaitu sebesar 5 mikrometer.



Gambar 3. Hasil pengujian SEM pada permukaan roti beku penyimpanan hari ke-70, (C) Rongga udara, (N) jaringan protein, (G) granula pati

Gambar 3. menunjukkan perubahan penyimpanan struktur mikro roti setelah disimpan pada hari ke-70. Proses gelatinasi menyebabkan granula Pati dan komponen lainnya susah untuk dibedakan. Granula pati sudah tidak bergerombol dan memisah serta mulai berlubang. Selain itu beberapa granula tidak lagi memiliki bentuk bulat beraturan. Hal ini sesuai dengan pendapat Ridwan (2007), bahwa proses gelatinisasi mengakibatkan molekul- molekul amilosa dan amilopektin terlepas dari granula dan akan membentuk suatu struktur jaringan tiga dimensi. Ditinjau dari struktur rongga udara, roti dengan penyimpanan selama 70 hari menunjukkan adanya perubahan rongga-rongga udara yang semakin mengecil. Ukuran rongga udara roti di hari ke-70 sebesar 1 mikrometer.

Perubahan granula Pati tersebut disebabkan oleh aktivitas enzim yang mulai intensif dalam mendegradasi dinding sel, sehingga dinding sel rusak. Akibatnya granula tersebut kemudian dihidrolisis sebagian pada permukaan granula sehingga menyebabkan granula pati berlubang. Sedangkan Pengecilan rongga udara roti dikarenakan perubahan struktur yang disebabkan oleh proses rekristalisasi yang tinggi

sehingga menyebabkan kerusakan pada struktur remah. Proses rekristalisasi meningkat seiring dengan lamanya waktu pembekuan. Sehingga roti dengan waktu pembekuan yang lebih lama akan mengalami pengecilan rongga udara yang lebih banyak. Menurut Roger et, al 1988 ada kemungkinan bahwa kerusakan juga mendorong peningkatan jumlah molekul air bebas dan retrogradasi, karena telah dilaporkan bahwa telah ada hubungan positif antara retrogradasi pati dan kadar air. Akibat proses tersebut terjadi perubahan ukuran menjadi sekitar tiga kali lipat dari ukura granula pati

# Referensi

Pico, J., Bernal, J., & Gómez, M. (2015). Wheat bread aroma compounds in crumb and crust: A review. Food Research International, 75, 200-

215.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.food> res.2015.05.051. PMid:28454949.

Havet, M., Mankai, M., & Le Bail, A. (2000). Influence of the freezing condition on the baking performances of French frozen dough. Journal of Food Engineering, 45(3), 139-145. <http://dx.doi.org/10.1016/>

S0260-8774(00)00050-9.

Cauvain, S., & Young, L. (2008). Bakery food manufacture and quality: water control and effects (2nd ed.). Ames: John Wiley & Sons. . http:// dx.doi.org/10.1002/978144430108 3.

Bárcenas, M. E., Haros, M., Benedito, C., & Rosell, C. M. (2003). Effect of freezing and frozen storage on the staling of part-baked bread. Food Research International, 36(8), 863-

869. <http://dx.doi.org/10.1016/> S0963-9969(03)00093-0.

mula-mula sehingga menyebaban struktur rongga udara terdesak.

# Kesimpulan

Penyimpanan roti beku pada suhu (- 18°C) dengan pemasakan awal pengukusan sampai hari ke 70 mempengaruhi karakteristik fisiko kimiawi dan sifat mikrostuktur roti.

Semakin lama waktu penyimpanan roti beku dengan pemasakan awal pengukusan menurunkan terhadap kadar air, kadar protein terlarut serta tingkat pengembangan roti tetapi meningkatnya tingkat kekerasan (tekstur).

Almeida, E. L., Steel, C. J., & Chang, Y. K. (2016). Par-baked bread technology: formulation and process studies to improve quality. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 56(1), 70-81. http:// dx.doi.org/10.1080/10408398.201 2.715603. PMid:25000472.

Axel, C., Zannini, E., & Arendt, E. (2017). Mold spoilage of bread and its biopreservation: a review of current strategies for bread shelf life extension. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57(16), 3528-3542.

<http://dx.doi.org/10.1080/10408> 398.2016.1147 417. PMid:26980564.

Rodriguez, Y., E, G., Wong, B., R. (2021). Effect of part-baking time, freezing rate and storage time on part- baked bread quality. Food Science and Technology Campinas, 41(Suppl. 1): 352-359, June 2021. DOI:

<https://doi.org/10.1590/fst.06820> Hariyadi P. (2019). Masa Simpan dan Batas Kedaluwarsa Produk

pangan. PT. Grmaedia, Jakarta.

Justicia, A., E. Liviawaty, dan H. Hamdani. 2012. Fortifiasi Tepung Tulang Nila Merah sebagai Sumber Kalsium terhadap Tingkat Kesukaan Roti Tawar. Jurnal Perikanan dan Kelautan

Arlene, A., Witono, RJ., Fransisca, M. 2009. Pembuatan Roti Tawar dari Tepung Singkong dan Tepung Kedelai. Simposim Nasional RAPI

VIIII. ISSN 1412-9612

Fauzi, R. 2012. Mempelajari Tingkat Kekerasan Biji Jagung selama Pengeringan Lapis Tipis. Skripsi. Makassar: Universitas Hasanuddin

Krisna, D. 2011. Pengaruh Regelatinasi dan Modifikasi Hidrotermal terhadap Sifat Fisik pada Pembuatan Edible Film dari Pati Kacang Merah (Vigna Angularis Sp.). Tesis. Semarang: Universitas Diponegoro.

Peraturan BPOM No. 13 tahun 2019 Shewrydan Tatham 1997; Shewry dan

Halford 2002; van der Borght dan lainnya 2005; Xu dan lainnya 2007; Wieser 2007; Koehler dan lainnya2010; Delcour dan lainnya 2012; Melnyk dan lainnya 2012; McCanndan Hari 2013; Khatkar dan lainnya 2013; Singh dan Singh 2013;Majzoobi dan Adebi 2014; Tuhumury dan lainnya 2014; Zhou danlainnya 2014

Wang SJ, Wang J, Zhang W, Li C, Yu J, Wang S. 2015. Molecular order and

functional properties of starches from three waxy wheat varieties grown in China. Food Chem 181:43–50.

Wang SJ, Wang J, Zhang W, Li C, Yu J, Wang S. 2015. Molecular order and functional properties of starches from three waxy wheat varieties grown in China. Food Chem 181:43–50.Melnyk dan lain-lain 2012

Hayta. M, Ertop, M. Hendek, Evaluation of microtextural properties of sourdough wheat bread obtained from optimized formulation using scanning electron microscopy and image analysis during shelf life. J Food Sci Technol (January 2018) 55(1):1–9

Wang Shujun, Li Caili, et.all., Starch Retrogradation: A Comprehensive Review. Comprehensive Reviewsin Food Science and Food Safety Vol.14,2015

Lowry, O. H. ; Rosebrough, N. J.; Farr, A. L.; Randall, R. J. (1951). “Protein measurement with the folin phenol reagent’. Journal if Biological Chemistry. 193 (1): 265-

75

Ribotta, Pablo D. dkk. (2002). Effect of freezing and frozen storage on the gelatinization and retrogradation of amylopectin in dough baked in a differential scanning calorimeter. 36 (2003) 357–363.