

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Tekstur

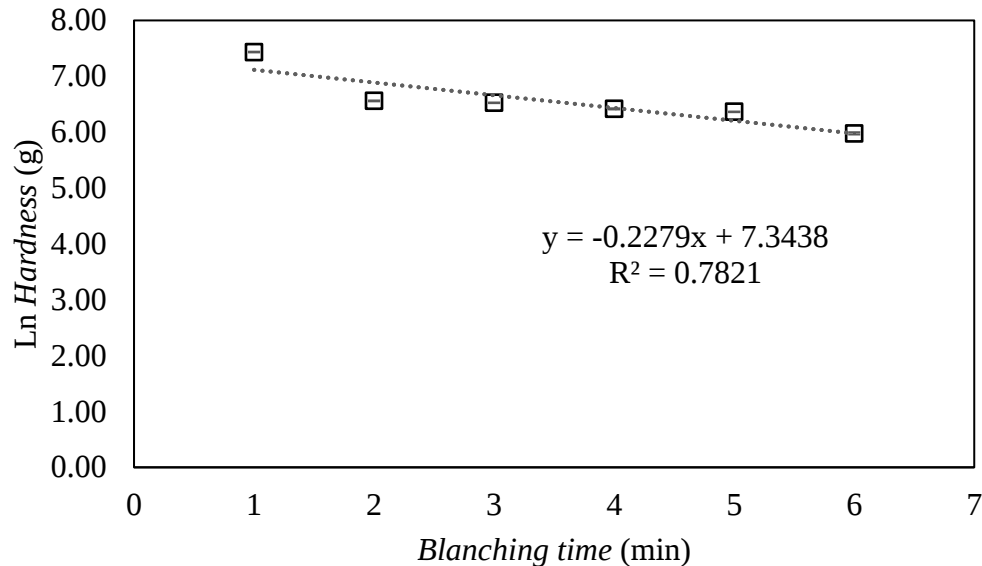
Sampel kentang yang mengalami perlakuan *blanching* dengan variasi waktu yang berbeda-beda dari 1 hingga 5 menit menunjukkan nilai *hardness* (g) secara berturut-turut, 705,90 g; 682,05 g; 612,00 g; 580,30 g; dan 394,90 g. Nilai tersebut membuktikan adanya tren penurunan seiring bertambahnya waktu *blanching*. Hal ini menunjukkan bahwa lama waktu *blanching* berpengaruh terhadap karakteristik tekstur pada kentang. Semakin lama waktu *blanching*, maka semakin menurun nilai kekerasan, yang menunjukkan terjadinya pelunakan jaringan kentang akibat gelatinisasi yang menyebabkan melemahnya integritas dinding sel dan lamela tengah. Penurunan *hardness* secara bertahap dari menit ke-1 hingga menit ke-5 menunjukkan bahwa proses gelatinisasi pati dan degradasi dinding sel terjadi secara bertahap seiring bertambahnya waktu pemanasan. Data hasil pengujian *hardness* pada kentang Granola dengan variasi waktu *blanching* 0, 1, 2, 3, 4, dan 5 menit disajikan pada Tabel 2 dan model regresi linear pada Ilustrasi 5.

Tabel 2. Nilai *Hardness* Kentang Kultivar Granola dengan Beragam Waktu *Blanching* pada Air Panas

Waktu <i>Blanching</i>	<i>Hardness</i> (g)	Ln <i>Hardness</i> (g)
Mentah	1693,05 ± 10,90	7,43 ± 0,01
1 menit	705,90 ± 5,61	6,56 ± 0,01
2 menit	682,05 ± 3,77	6,53 ± 0,01
3 menit	612,00 ± 6,37	6,42 ± 0,01
4 menit	580,30 ± 3,43	6,36 ± 0,01
5 menit	394,90 ± 8,00	5,98 ± 0,01

Nilai ditampilkan dalam rata-rata ± standar deviasi (n = 4).

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 2, hasil pengujian nilai tekstur pada sampel dengan waktu 1 menit hingga 5 menit menunjukkan bahwa nilai *hardness* kentang Granola mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu *blanching*. Pada kentang Granola mentah (0 menit) memiliki nilai rata-rata *hardness* tertinggi sekitar 1693,05 g, sedangkan kentang Granola yang di-*blanching* selama 5 menit memiliki nilai rata-rata *hardness* terendah sekitar 394,90 g yang menunjukkan bahwa tingginya nilai *hardness* pada kentang mentah disebabkan oleh kondisi granula pati yang masih berada dalam bentuk *native* dan belum mengalami hidrasi, sehingga sel parenkim masih tersusun rapat dengan dinding sel yang kaku dan membran sel yang masih utuh dalam mempertahankan tekanan turgor yang tinggi.



Ilustrasi 5. Nilai Ln *Hardness* Kentang Kultivar Granola dengan Beragam Waktu *Blanching* pada Air Panas

Berdasarkan Ilustrasi 5, hasil analisis kinetika perubahan tekstur kentang varietas Granola selama proses *blanching* menunjukkan bahwa data *hardness* tidak

membentuk hubungan linear secara langsung terhadap waktu *blanching*, yang dibuktikan dari nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,6455 pada model regresi linear orde nol yang belum memenuhi batas kesesuaian model yang baik ($R^2 \geq 0,7$), sehingga dilakukan transformasi logaritma natural ($\ln$) terhadap nilai *hardness* agar diperoleh nilai R^2 di atas 0,7. Setelah transformasi, hubungan antara $\ln$ *hardness* dan waktu *blanching* menghasilkan pola linear yang dapat dimodelkan menggunakan persamaan regresi $Y = -0,2279x + 7,3438$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,7821$. Nilai R^2 tersebut menunjukkan bahwa sebesar 78,21% variasi perubahan nilai $\ln$ *hardness* dapat dijelaskan oleh model regresi linear yang diterapkan, sehingga model kinetika orde satu dinilai menggambarkan perubahan tekstur kentang selama *blanching* berlangsung.

Secara kinetika, pola hubungan linear antara $\ln$ *hardness* dan waktu *blanching* menunjukkan bahwa perubahan tekstur kentang varietas Granola mengikuti model kinetika orde satu. Nilai *slope* negatif sebesar $-0,2279 \text{ menit}^{-1}$ menggambarkan konstanta laju perubahan tekstur (k), yang menunjukkan bahwa setiap penambahan satu menit waktu *blanching* menyebabkan penurunan nilai $\ln$ *hardness* sebesar 0,2279 g. Hal ini menunjukkan bahwa proses *blanching* secara konsisten menyebabkan pelunakan tekstur kentang seiring bertambahnya waktu perlakuan panas, yang berkaitan dengan degradasi struktur dinding sel dan gelatinisasi pati yang terjadi selama pemanasan berlangsung. Gelatinisasi pati menyebabkan perubahan struktur pada jaringan kentang yang berdampak pada penurunan kekuatan mekanik jaringan, yang dapat diamati melalui perubahan *hardness* dari kondisi mentah hingga *blanching* 5 menit.

Sampel kentang mentah menunjukkan granula pati belum menyerap air sehingga tidak terjadi pembengkakan dan granula pati masih bentuk padat dan tersusun rapat di dalam sel. Granula pati berada di dalam sel parenkim yang dikelilingi dinding sel tersusun atas selulosa, hemiselulosa, dan lignin membentuk jaringan struktural dan memberikan kekuatan mekanik yang kuat sedangkan lamela tengah yang kaya pektin mengikat antar sel sehingga menghasilkan tekstur yang keras dan kompak (Choi *et al.*, 2025). Pektin terdapat pada dinding sel menyusun hingga 35% dari total komponen dinding sel, yang berfungsi untuk menjaga integritas dan rigiditas sel (Kaczmarska *et al.*, 2024). Tekstur keras pada kentang segar juga dipengaruhi oleh tekanan turgor yang tinggi akibat membran sel yang masih utuh. Membran sel yang masih utuh mempertahankan tekanan turgor yang tinggi, sehingga jaringan kentang lebih tahan terhadap gaya tekan dari luar, sehingga sel-sel saling menekan dengan kuat, menghasilkan jaringan yang padat dan memerlukan gaya besar untuk dideformasi (Zafeiri *et al.*, 2021).

Sampel kentang yang dipanaskan pada air, akan terjadi proses gelatinisasi pati. Selama proses pemanasan, granula mengalami hidrasi yang ditandai dengan peningkatan kelarutan dalam air dan pembengkakan. Pembengkakan granula akan membuat struktur kristal tidak stabil yang terkandung di dalam granula pati menyebabkan kerusakan struktural (Zhong *et al.*, 2025). Akibatnya, keteraturan kristal-kristal ini terganggu dan secara bertahap akan menghilang, sehingga perubahan pada pati ini, dinding sel mulai mengalami pelunakan. Peningkatan waktu *blanching*, dapat mempercepat difusi air ke dalam jaringan yang menyebabkan sel membengkak dan pecah. Dampak tersebut dinding sel mengalami

pelunakan dan peningkatan permeabilitas serta pemisahan antarsel, sehingga menyebabkan kerusakan struktur jaringan (Xie *et al.*, 2025). Pemanasan selama proses *blanching* juga memicu kerusakan pada penyusun membran sel, sehingga dapat mengganggu fungsional membran dan meningkatkan permeabilitas jaringan secara drastis, sehingga sel kentang kehilangan kemampuannya untuk mempertahankan tekanan turgor alaminya secara *irreversibel* (Zafeiri *et al.*, 2021).

Seiring bertambahnya waktu *blanching*, struktur sel kentang akan semakin terganggu, menyebabkan degradasi pektin semakin meningkat. Integritas jaringan mengalami pelemahan akibat degradasi pektin pada lamela tengah, karena kandungan protopektin dipecah dan pektin terikat lainnya menurun menjadi larut dalam air meningkat mengakibatkan melemahnya adhesi antar sel memicu pemisahan sel, yang menyebabkan penurunan kekerasan pada kentang (Liu *et al.*, 2026). Selama proses gelatinisasi, granula pati mengandung amilosa cenderung lebih mudah larut dan mengalami pecah, sehingga menyebabkan tekstur menjadi lebih lembut. Rendahnya kandungan amilosa menyebabkan berkurangnya kemampuan pati dalam membentuk ikatan antar rantai yang berfungsi memperkuat struktur granula, sehingga granula pati menjadi lebih mudah terhidrasi dan mengalami pembengkakan selama pemanasan (Vamadevan dan Bertoft, 2020).

4.2. Citra Mikroskopis

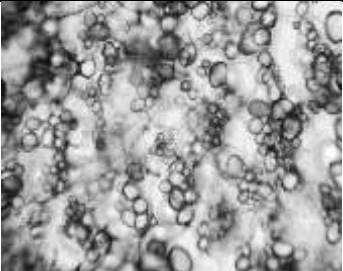
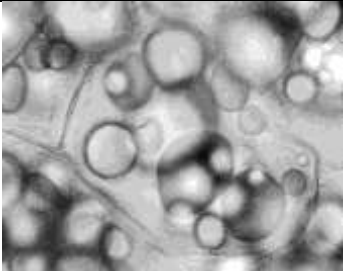
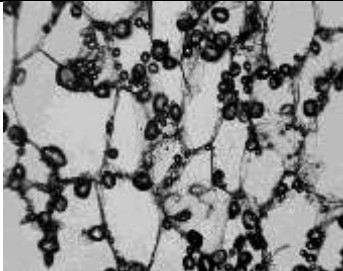
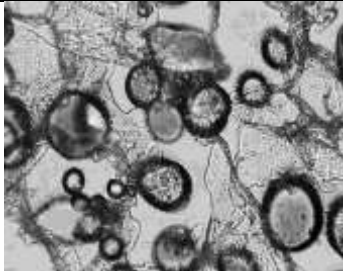
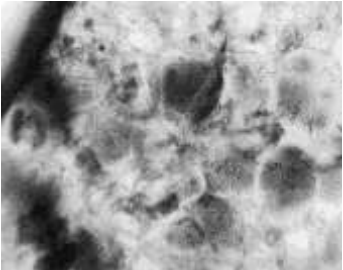
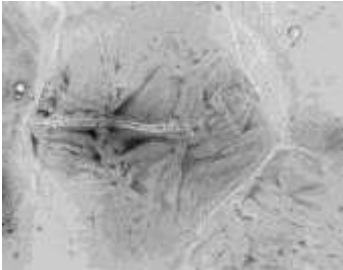
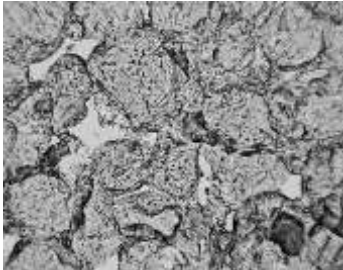
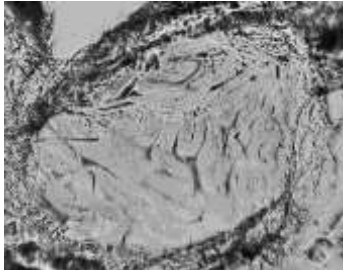
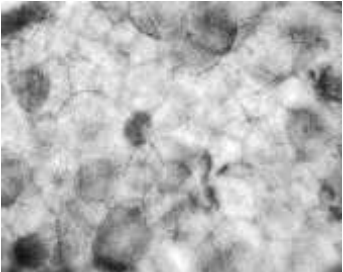
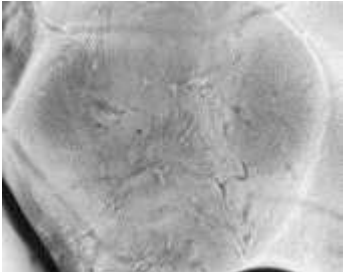
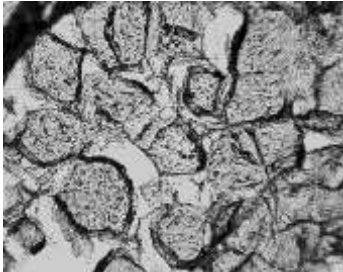
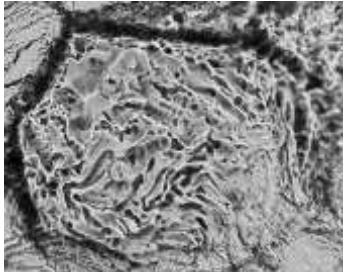
Menganalisis citra mikroskopis dilakukan untuk mengetahui perubahan struktur sifat fisik yang terjadi pada kentang Granola setelah proses *blanching*. Pengujian dilakukan pada preparat segar dan preparat awetan untuk mengamati

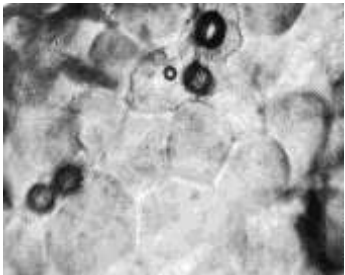
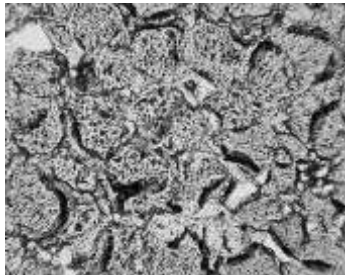
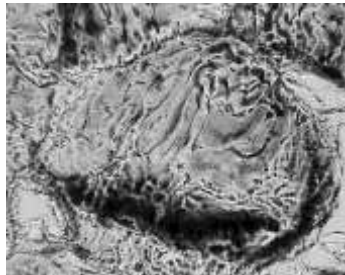
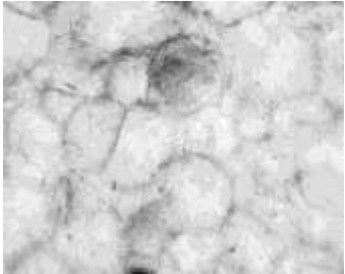
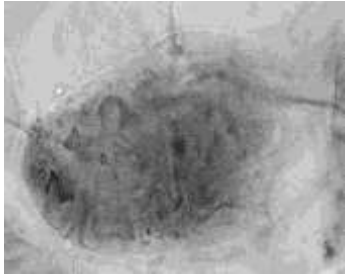
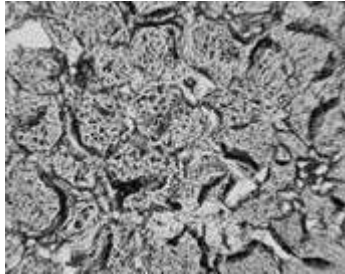
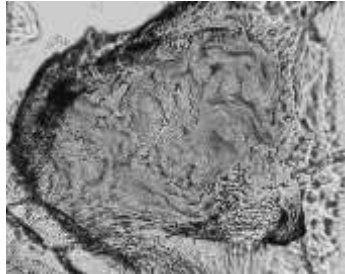
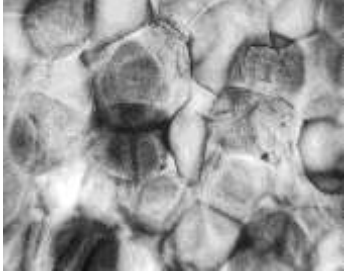
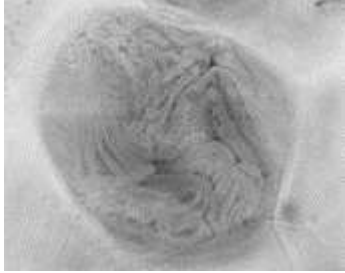
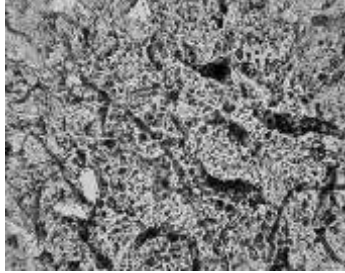
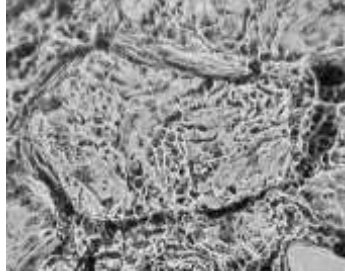
integritas dinding sel serta morfologi dan ukuran granula pati. Sampel kentang mentah memiliki jaringan parenkim tampak tersusun rapat dengan sel yang cenderung berbentuk poligonal atau heksagonal. Granula pati sampel kentang mentah menunjukkan kondisi *native* dengan bentuk oval. Perlakuan *blanching* menyebabkan granula pati menyerap air sehingga mengalami pembengkakan yang bersifat *irreversibel*, disertai perubahan bentuk dan ukuran granula. Hasil visualisasi mikroskopis ditunjukkan pada Tabel 3 untuk memberikan gambaran mengenai perbedaan struktur jaringan akibat perlakuan dengan metode preparat segar dan preparat awetan.

Pengamatan citra mikroskopis dilakukan menggunakan dua jenis preparat. Preparat segar digunakan untuk pengukuran total sel dan luas area sel karena granula pati masih berada dalam kondisi alami (*native*). Metode irisan segar, sampel tidak melalui tahapan fiksasi kimia sehingga struktur granula pati tetap terjaga dalam kondisi segar (Xu dan Wei, 2020). Preparat awetan digunakan untuk memvisualisasi secara detail pada dinding sel dan ruang antar sel pada kentang. Pemotongan menggunakan mikrotom menghasilkan irisan tipis dan seragam dengan ketebalan 5–50 μm sehingga cahaya mikroskop dapat menembus jaringan secara optimal (Thomas *et al.*, 2023).

Berdasarkan data Tabel 3, terdapat perbedaan visualisasi pada kondisi granula pati antara menggunakan metode segar (irisan) dan awetan (mikrotom). Pada preparat segar pada kentang mentah, granula pati terlihat memiliki jumlah banyak, berukuran kecil, dan tersebar merata di dalam sel dengan berbentuk oval yang jelas. Jaringan parenkim tampak tersusun rapat dengan sel yang cenderung berbentuk

Tabel 3. Citra Mikroskopis Kentang Kultivar Granola dengan Beragam Waktu *Blanching* pada Air Panas

Waktu <i>Blanching</i>	Preparat			
	Segar		Awetan	
Perbesaran	10×	40×	10×	40×
Mentah				
1 Menit				
2 Menit				

Waktu <i>Blanching</i>	Preparat			
	Segar		Awetan	
Perbesaran	10×	40×	10×	40×
3 Menit				
4 Menit				
5 Menit				

Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskopi cahaya, lalu diambil citra digital menggunakan *software* Micro Cam dan diolah data menggunakan *software* ImageJ.

poligonal atau heksagonal yang terhubung erat satu sama lain, serta dinding sel yang masih terlihat utuh dan kaku (Zafeiri *et al.*, 2021). Seiring bertambahnya waktu, sel mulai memudar dan granula tampak semakin transparan serta dinding sel mulai tampak samar dibandingkan kentang mentah. Ketebalan dinding sel parenkim berkurang setelah pemanasan, kemungkinan akibat hilangnya dinding sel primer dalam jumlah yang lebih besar, meskipun lamela tengah dan beberapa sisa dinding sel primer masih terlihat (Zhang *et al.*, 2020).

Struktur intraseluler jaringan yang terlihat kurang tajam dan cenderung mengalami tumpang tindih (*overlapping*) pada struktur jaringan yang berada di dalam kentang. Pemotongan spesimen secara manual pada sampel yang lebih keras dapat menghambat proses pemotongan dan menghasilkan ketebalan yang tidak konsisten karena sulit dikontrol (Thomas *et al.*, 2023). Ketidakkonsistenan ketebalan irisan manual juga dapat disebabkan oleh deformasi pada permukaan potongan, sel-sel pada bagian tepi irisan cenderung robek dan terlepas selama proses pemotongan sehingga menyebabkan struktur jaringan tampak tidak merata (Lhotáková *et al.*, 2008). Ketebalan yang tidak konsisten, dan tidak merata pada sayatan manual dapat menghambat transmisi cahaya dari mikroskop, sehingga cahaya tidak dapat menembus sel secara optimal. Kondisi ini menyebabkan struktur mikroskopis seperti dinding sel tidak dapat memperlihatkan secara jelas dan pengamatan struktur anatomi sel kentang menjadi terbatas pada ruang antar sel dan pembengkakan volume sel (*swelling*).

Pada preparat awetan, kentang mentah juga menunjukkan granula pati dalam jumlah banyak, berukuran kecil, dan tersebar merata dengan bentuk oval yang jelas,

serupa dengan preparat segar. Perubahan struktur jaringan seiring bertambahnya waktu *blanching* pada preparat awetan terlihat semakin hilangnya batas antar sel dan dinding sel tampak lebih tegas dan detail dibandingkan preparat segar. Metode preparat awetan menghasilkan ketebalan jaringan lebih tipis, konsisten dan seragam sehingga hasil visual menjadi lebih detail. Ketipisan ini memungkinkan cahaya mikroskop dapat menembus ke dalam sel, sehingga pengamatan mikroskopis seperti dinding sel dan batas antar sel dapat terlihat lebih jelas. Ketipisan irisan yang dihasilkan *microtome* memungkinkan seluler seperti dinding sel dan ruang antar sel pada jaringan dapat diamati secara lebih jelas dan terperinci (Xu dan Wei, 2020).

Hasil pengamatan preparat awetan terdapat perbedaan dengan preparat segar, seperti bentuk sel parenkim yang berbentuk poligonal atau heksagonal yang tidak terlihat pada preparat awetan. Hal ini dikarenakan metode awetan melibatkan beberapa tahapan kimia, seperti fiksasi menggunakan formalin, dehidrasi bertingkat menggunakan larutan alkohol, *clearing* menggunakan *xylol*, infiltrasi dan *embedding* menggunakan parafin, serta penyayatan menggunakan *microtome* sehingga dapat meminimalkan variasi ketebalan sehingga menghasilkan preparat yang lebih seragam dan konsisten (El-Aziz *et al.*, 2025). Namun, tahap fiksasi kimia pada persiapan sampel dapat mengubah struktur jaringan (Do *et al.*, 2020). Fiksasi menggunakan *formaldehyde-acetic acid-alcohol* (FAA) dan glutaraldehida dapat menyebabkan penyusutan jaringan, kerusakan mikrostruktur seluler dan hilangnya butiran pati dari sel-sel jaringan kentang selama proses fiksasi kimia berlangsung (Nikara *et al.*, 2020).

Hasil pengamatan mikroskopis terhadap granula pati kentang kultivar Granola dengan variasi waktu mentah, 1, 2, 3, 4 dan 5 menit *blanching* menunjukkan adanya perubahan struktur jaringan kentang seiring bertambahnya waktu *blanching*. Granula pati pada kentang mentah masih berada dalam kondisi alaminya (*native*) di dalam sel, yang ditandai dengan butiran pati berukuran kecil dan bentuk oval yang tersebar di sekitar sel parenkim poligonal pada kentang mentah. Sel-sel tersebut saling menempel erat satu sama lain tanpa adanya ruang antar sel yang terlihat di bawah mikroskop.

Sampel kentang mentah memiliki jaringan parenkim tampak tersusun rapat dengan sel yang cenderung berbentuk poligonal atau heksagonal yang terhubung erat satu sama lain, serta dinding sel yang masih terlihat utuh dan kaku (Zafeiri *et al.*, 2021). Kondisi ini menunjukkan bahwa jaringan kentang mentah masih berada dalam alaminya tanpa mengalami perubahan struktur akibat perlakuan panas. Granula pati pada kentang mentah memiliki bentuk oval atau elips dengan permukaan yang halus dan rata, serta menampilkan pola *birefringence*, yang menunjukkan tingkat orientasi molekuler yang sangat teratur dan struktur kristalin yang masih terjaga sepenuhnya (Xu *et al.*, 2021). Pola *birefringence* menjadi karakteristik granula pati alami yang belum mengalami gelatinisasi. Kentang utuh tersusun atas banyak sel parenkim yang saling berikatan melalui lamela tengah yang kaya pektin, dan butiran pati terkemas dalam struktur dinding sel menyerupai sarang lebah (Wang *et al.*, 2022).

Perubahan mikroskopis yang paling jelas yang teramati setelah perlakuan *blanching* adalah terjadinya gelatinisasi pati di dalam sel jaringan kentang. Selama

blanching, granula pati awalnya menyerap air sehingga mengalami pembengkakan secara perlahan yang bersifat *irreversibel*, disertai dengan pelelehan mikrokristal (*microcrystal melt*) di dalam struktur granul (Xu *et al.*, 2021). Pembengkakan granula pati terjadi secara bertahap seiring dengan peningkatan waktu pemanasan, sehingga kentang akan mengalami gelatinisasi dengan menunjukkan rongga yang lebih besar pada granula. Gelatinisasi akan membentuk struktur spons dengan rongga akibat runtuhnya granula (Gomide *et al.*, 2022). Pemanasan kentang menghasilkan gelatinisasi pati yang menyebabkan gangguan pada struktur kristalnya, seperti peristiwa hidrasi, pembengkakan, dan pengisian sel-sel di kompartemen interiornya (Zafeiri *et al.*, 2021). Proses inilah yang secara bertahap merusak keteraturan struktural granul dari dalam dan menyebabkan perubahan mikroskopis.

Seiring bertambahnya waktu, granula pati mulai kehilangan kristalinitasnya dan menjadi struktur bersifat *amorf*, dengan hilangnya kristalinitasnya dapat dibuktikan dengan menghilangnya pola *birefringence* (salib Malta) yang semula tampak jelas pada semakin sedikit granula yang masih menampilkan pola *Maltese cross* yang utuh (Muñoz *et al.*, 2015). Hilangnya pola *birefringence* ini menunjukkan ikatan hidrogen antar rantai amilosa dan amilopektin di dalam granula telah mengalami pemutusan secara bertahap, sehingga keteraturan susunan molekuler yang semula membentuk struktur kristalin tidak dapat dipertahankan. Dinding sel sampel kentang yang mengalami *blanching* mulai tampak samar dibandingkan kentang mentah, yang disebabkan oleh pembengkakan granula pati

tergelatinisasi yang mengisi ruang interior sel secara kontinu sehingga batas antar struktur di dalam sel menjadi sulit dibedakan (Lewicki dan Pawlak, 2005).

Tabel 4. Jumlah dan Luas Area Sel Kentang Kultivar Granola dengan Beragam Waktu *Blanching* pada Air Panas

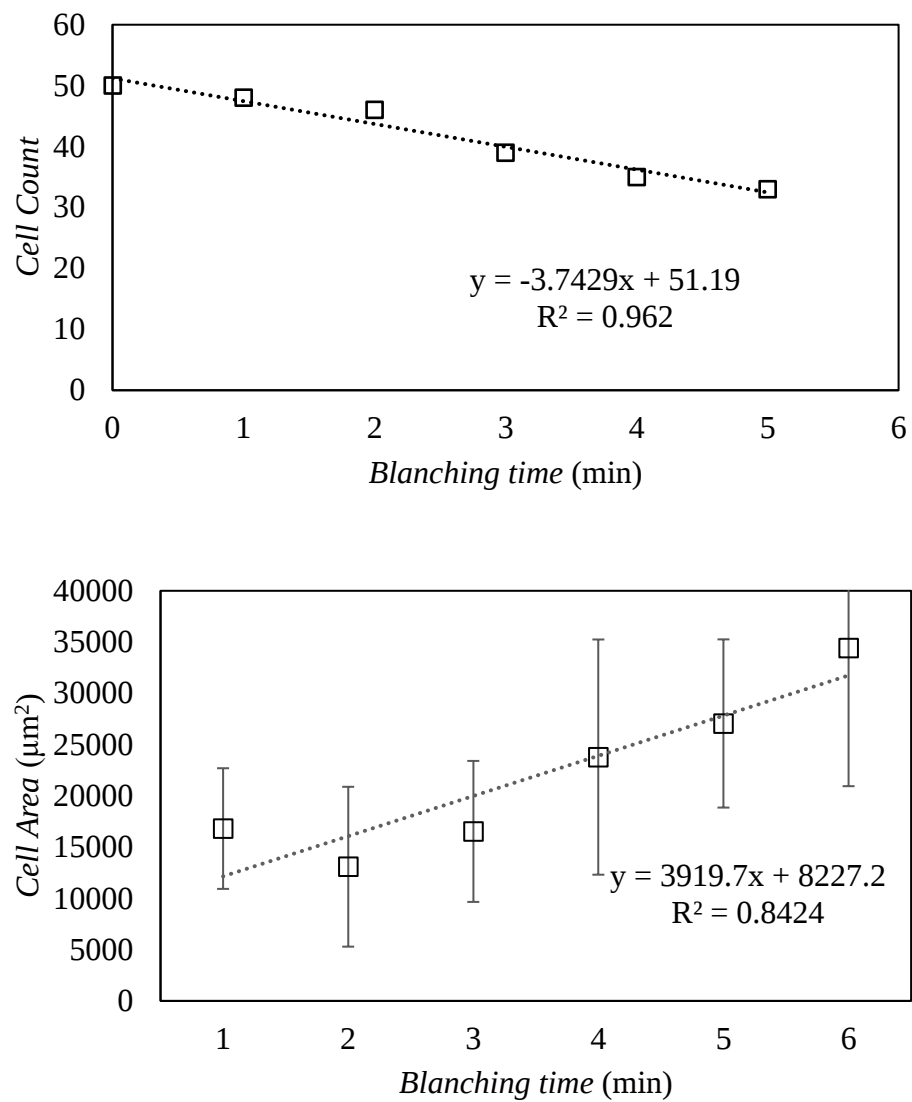
Waktu <i>Blanching</i>	Total Sel (n)	Sel Utuh (n)	Luas Area Sel (μm^2)
Mentah	50	22	16.808,83 $\pm$ 5.883,83
1 Menit	48	37	13.369,85 $\pm$ 7.693,55
2 Menit	46	36	16.530,51 $\pm$ 6.875,70
3 Menit	39	28	23.779,59 $\pm$ 11.470,73
4 Menit	35	25	27.058,14 $\pm$ 8.202,35
5 Menit	33	23	34.413,88 $\pm$ 13.470,93

Nilai ditampilkan dalam rata-rata $\pm$ standar deviasi. Luas area dihitung menggunakan *software* ImageJ.

Pada pengamatan mikroskopis menggunakan micro cam, perhitungan sel dilakukan dengan menghitung total sel yang teramati dalam satu bidang pandang. Total sel tersebut diidentifikasi sel utuh, yaitu sel yang cenderung berbentuk poligonal atau heksagonal dan tampak lengkap di dalam frame pengamatan. Sel yang berada di tepi frame hanya tampak sebagian atau tidak utuh sehingga tidak dimasukkan ke dalam kategori sel utuh. Pengukuran luas area menggunakan *software* ImageJ hanya dilakukan pada sel utuh agar seluruh batas selnya dapat teridentifikasi dan pengukuran luas area sel yang diperoleh lebih akurat.

Berdasarkan Tabel 4 jumlah total sel yang teramati dalam satu bidang pandang menunjukkan penurunan seiring bertambahnya waktu, dari $n = 50$ pada kentang mentah hingga $n = 33$ pada *blanching* 5 menit. Penurunan ini terjadi karena sel parenkim kentang mengalami pembengkakan akibat perlakuan panas, sehingga jumlah sel yang dapat teramati dalam satu bidang pandang yang sama menjadi semakin berkurang. Pembengkakan ini terjadi karena granula pati yang terperangkap di dalam sel parenkim menyerap air dan mengalami gelatinisasi,

sehingga tekanan pembengkakan yang terbentuk mendorong dinding sel ke arah luar sehingga sel menjadi lebih besar dan bulat (Do *et al.*, 2020). Hal ini sesuai dengan penurunan jumlah sel, luas area sel utuh menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya waktu *blanching*, dari 16.808,83 μm^2 pada kentang mentah hingga 34.413,88 μm^2 pada *blanching* 5 menit



Ilustrasi 6. Jumlah dan Luas Area Sel Kentang Kultivar Granola dengan Beragam Waktu *Blanching* pada Air Panas

Berdasarkan Ilustrasi 6 menunjukkan bahwa kedua parameter mikroskopis tersebut membentuk hubungan linear secara langsung terhadap waktu *blanching* tanpa memerlukan transformasi logaritmik, sehingga perubahan jumlah sel dan luas area sel selama *blanching* mengikuti model kinetika orde nol. Pemodelan kinetika terhadap jumlah sel menghasilkan persamaan regresi $Y = -3,7429x + 51,19$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,962$. Nilai R^2 tersebut menunjukkan bahwa 96,2% variasi perubahan jumlah sel dapat dijelaskan oleh model regresi linear, menunjukkan kesesuaian model yang sangat baik. Nilai *slope* negatif sebesar -3,7429 sel/menit menyatakan konstanta laju perubahan jumlah sel (k), yang berarti setiap penambahan satu menit waktu *blanching* menyebabkan penurunan jumlah sel rata-rata sebesar 3,74 sel dalam satu bidang pandang. Penurunan ini menunjukkan semakin berkurangnya jumlah sel yang dapat teramati akibat pembengkakan sel yang mendorong batas pengamatan dalam satu bidang pandang.

Selain jumlah sel, luas area sel juga menunjukkan perubahan yang konsisten seiring bertambahnya waktu *blanching*. Pemodelan kinetika terhadap luas area sel menghasilkan persamaan regresi $Y = 3998,9x + 11856$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,8608$, menunjukkan bahwa 86,08% variasi perubahan luas area sel dapat dijelaskan oleh model linear yang diterapkan. Nilai *slope* positif sebesar 3998,9 $\mu\text{m}^2/\text{menit}$ menyatakan konstanta laju peningkatan luas area sel (k), yang menggambarkan bahwa setiap penambahan satu menit waktu *blanching* menyebabkan peningkatan luas area sel rata-rata sebesar 3.998,9 μm^2 . Laju peningkatan luas area sel yang cukup besar ini berkaitan erat dengan proses gelatinisasi pati yang berlangsung secara bertahap. Pembengkakan granula pati

menghasilkan tekanan internal yang mendorong dinding sel ke arah luar sehingga ukuran sel semakin membesar seiring bertambahnya waktu pemanasan.

Tingginya jumlah sel ($n = 50$) dengan sel utuh sebanyak 22 dan ukuran sel yang relatif kecil sebesar $16.808,83 \mu\text{m}^2$ yang teramati pada sampel kentang mentah dalam satu bidang pandang berkaitan erat dengan kondisi sel yang masih berukuran kecil dan tersusun rapat satu sama lain karena belum mengalami pembengkakan sel akibat degradasi termal. Hal ini disebabkan karena sel parenkim pada kentang mentah masih memiliki struktur sel yang kompak dengan dinding yang kaku dan membran sel yang masih utuh, sehingga tekanan turgor masih dalam kondisi stabil dan tinggi. Granula pati belum menyerap air sehingga tidak terjadi pembengkakan dan granula pati masih bentuk padat dan tersusun rapat di dalam sel. Dalam kondisi sel kentang mentah masih memiliki dinding sel primer dan lamela tengah yang utuh dengan sel-sel yang saling berdekatan serta granula pati yang masih terdistribusi dengan baik di dalam sel (Zhang *et al.*, 2020).

Setelah dilakukan perlakuan *blanching*, terjadi perubahan pada jumlah sel dan ukuran sel kentang secara bertahap seiring bertambahnya waktu *blanching*. Pada *blanching* 1 menit, jumlah sel sedikit menurun ($n = 48$) dengan sel utuh sebanyak 37 dan luas area sel justru mengecil menjadi $13369,85 \mu\text{m}^2$ dibandingkan kentang mentah. Pada *blanching* 2 menit, jumlah sel kembali menurun menjadi $n = 46$ dengan sel utuh sebanyak 36, dan luas area sel meningkat kembali menjadi $16.530,51 \mu\text{m}^2$. Pola yang tidak linear pada antara mentah, *blanching* 1 dan 2 menit kemungkinan adanya kaitan dengan variasi granula pati kentang. Hal ini kemungkinan berkaitan dengan variasi granula pati kentang, karena bentuk dan

fungsi granula bervariasi antar spesies dan bahkan dalam kultivar yang sama akibat perbedaan kondisi lingkungan (Fauziah *et al.*, 2016). Oleh karena itu, perbedaan ukuran sel yang teramati pada tahap awal *blanching* belum sepenuhnya menunjukkan dampak perlakuan termal.

Pada *blanching* singkat terdapat organel, lamela tengah, dan granula pati masih dapat teramati dengan baik, dan kerusakan membran sel serta dinding sel baru terjadi secara bertahap seiring meningkatnya waktu perlakuan panas (Zhang *et al.*, 2020). Hal ini menunjukkan bahwa pada *blanching* 1 menit, struktur sel kentang masih relatif terjaga meskipun tekanan turgor sel mulai mengalami perubahan, sehingga ukuran sel belum mengalami peningkatan bahkan cenderung lebih kecil dibandingkan kentang mentah. Selain itu, penurunan ukuran sel pada *blanching* 1 menit yang lebih kecil dibandingkan kentang mentah kemungkinan juga dipengaruhi oleh keterbatasan pengamatan menggunakan preparat segar, dikarenakan tumpang tindih antar sel (*overlapping*) dapat terjadi sehingga batas antar sel tidak selalu diamati dengan jelas dan berpotensi mempengaruhi akurasi pengukuran luas area sel yang teramati.

Perlakuan *blanching* menyebabkan perubahan pada struktur sel parenkim kentang seiring bertambahnya waktu yang ditunjukkan dari peningkatan ukuran sel 13.369,85 menjadi 34.413,88 μm^2 dan penurunan jumlah sel secara konsisten, dari $n = 48$ pada *blanching* 1 menit hingga $n = 33$ pada *blanching* 5 menit yang teramati dalam satu bidang pandang. Sel kentang yang di-*blanching* akan membengkak yang secara bertahap, sehingga ruang dalam satu bidang pandang menjadi terbatas dan jumlah sel menurun. Pembengkakan granula pati selama *blanching* menghasilkan

tekanan internal yang mendorong dinding sel ke arah luar sehingga sel menjadi lebih bulat dan membesar (Do *et al.*, 2020). Granula pati pada kentang dapat kehilangan integritasnya dan pecah menjadi potongan yang lebih kecil, yang disebabkan oleh tingkat pembengkakan yang tinggi dan jumlah amilosa yang dilepaskan (Han *et al.*, 2019). Penurunan jumlah total sel dan peningkatan luas area sel yang teramati secara konsisten menjadi bukti kuantitatif terjadinya gelatinisasi pati yang berlangsung secara meningkat selama proses *blanching* pada kentang kultivar Granola.

4.3. Analisis Hidrolisis Pati

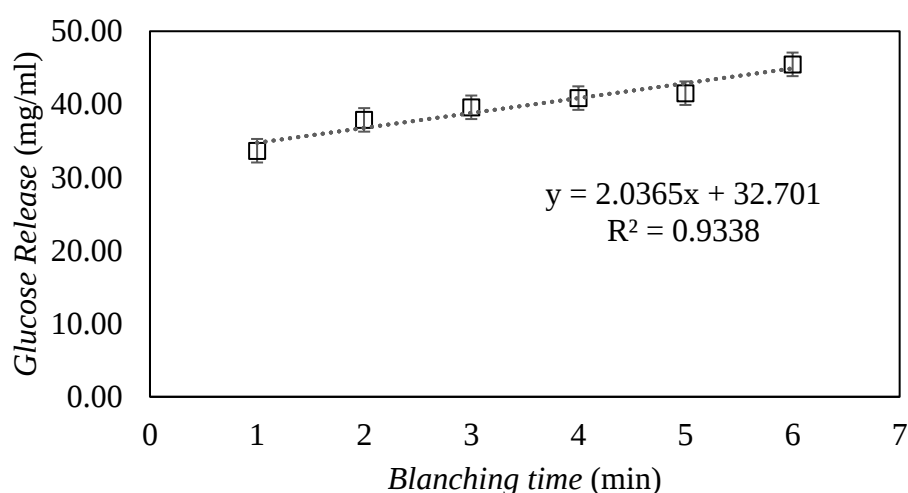
Pengujian ini dilakukan dengan hidrolisis secara enzimatis menggunakan α -amilase dan glukoamilase melalui metode *in vitro*. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur jumlah glukosa yang terlepas (*glucose release*) setelah perlakuan enzimatis. Penelitian ini tidak dilakukan pengukuran kadar pati total, sehingga persentase hidrolisis pati tidak dapat dihitung. Oleh karena itu, nilai *glucose release* digunakan sebagai indikator laju hidrolisis pati yang menunjukkan nilai pati yang dihidrolisis oleh enzim menjadi glukosa dalam kondisi simulasi pencernaan. Peningkatan *glucose release* seiring bertambahnya waktu *blanching* menjadi indikator terjadinya gelatinisasi pati yang semakin meningkat, sehingga nilai *glucose release* yang tinggi menunjukkan kondisi yang diinginkan sebagai bukti terjadinya gelatinisasi. Pengujian ini dilakukan pada pati kentang kultivar Granola untuk mengkaji pengaruh metode terhadap jumlah glukosa yang dibebaskan yang ditampilkan pada Tabel 5 dan model regresi linear pada Ilustrasi 7.

Hasil pengujian hidrolisis pati kentang Granola menunjukkan bahwa nilai glukosa yang dibebaskan meningkat seiring dengan bertambahnya waktu *blanching*. Kentang Granola mentah memiliki nilai glukosa dibebaskan terendah (33,65 mg/mL) sedangkan kentang Granola yang di-*blanching* selama 5 menit memiliki nilai tertinggi (45,47 mg/mL). Seiring dengan meningkatnya waktu *blanching* dari 1 hingga 5 menit, nilai *glucose release* menunjukkan adanya tren kenaikan secara berturut-turut, yaitu sebesar 37,87; 39,60; 40,85; 41,52; dan 45,47 mg/mL.

Tabel 5. *Glucose Release* Kentang Kultivar Granola dengan Beragam Waktu *Blanching* pada Air Panas

Waktu <i>Blanching</i>	<i>Glucose Release</i> (mg/mL)
Mentah	33,65 ± 1,24
1 menit	37,87 ± 1,56
2 menit	39,60 ± 1,03
3 menit	40,85 ± 2,22
4 menit	41,52 ± 0,83
5 menit	45,47 ± 2,54

Nilai ditampilkan dalam rata-rata ± standar deviasi (n = 3).



Ilustrasi 7. *Glucose Release* Kentang Kultivar Granola dengan Beragam Waktu *Blanching* pada Air Panas

Berdasarkan Ilustrasi 7, hasil analisis kinetika terhadap data *glucose release* menunjukkan bahwa peningkatan kadar glukosa yang dibebaskan membentuk hubungan linear secara langsung terhadap waktu *blanching*. Pemodelan kinetika menghasilkan persamaan regresi $Y = 2,0365x + 32,701$ dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,9338$, yang menunjukkan bahwa 93,38% variasi perubahan *glucose release* menggambarkan pola peningkatan hidrolisis pati selama *blanching* berlangsung. Nilai *slope* positif sebesar 2,0365 mg/mL/menit menunjukkan konstanta laju peningkatan *glucose release* (k), yang menggambarkan bahwa setiap penambahan satu menit waktu *blanching* menyebabkan peningkatan kadar glukosa yang dibebaskan rata-rata sebesar 2,0365 mg/mL. Laju peningkatan ini menunjukkan semakin meningkatnya akses enzim α -amilase dan glukoamilase terhadap granula pati yang strukturnya semakin terdegradasi akibat gelatinisasi yang berlangsung selama proses pemanasan.

Rendahnya nilai *glucose release* pada kentang Granola mentah (33,65 mg/mL) disebabkan kondisi struktur pati yang belum mengalami perubahan akibat perlakuan panas. Pati kentang mentah tersusun atas granula pati dalam keadaan semi-kristalin, sehingga rantai amilosa dan amilopektin masih terikat kuat dalam susunan yang teratur dan kompak melalui ikatan hidrogen di dalam susunan granula (Cornejo-Ramírez *et al.*, 2018). Struktur kristal inilah menjadi menghambat untuk diserap oleh enzim α -amilase dan glukoamilase. Selain itu, pati kentang tidak memiliki pori alami sehingga enzim hanya bekerja di permukaan luar granula secara *exo-acting* dengan laju yang lebih rendah (Wang *et al.*, 2022). Keterbatasan akses enzim ini menyebabkan jumlah glukosa yang dibebaskan pada kentang

mentah jauh lebih rendah dibandingkan dengan sampel yang telah mengalami *blanching*.

Pati mentah sulit dicerna daripada pati yang telah tergelatinisasi, karena struktur kristal yang teratur dan granula pati yang stabil (Li *et al.*, 2022). Laju hidrolisis pati kentang mentah sangat rendah sebesar 0,9–9,8%, tetapi setelah pati mengalami gelatinisasi laju hidrolisis menjadi meningkat sebesar 53,3–67,4% (Noda *et al.*, 2008). Dari penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa ukuran granula dapat mempengaruhi laju hidrolisis pati kentang karena pati kentang mentah memiliki ukuran granula yang lebih besar, sehingga ukuran granula yang lebih besar memiliki luas permukaan yang lebih kecil menyebabkan mengurangi penyerapan enzim amilase untuk berikatan dengan substrat.

Perlakuan *blanching* menyebabkan terjadinya gelatinisasi yang mengubah struktur granula pati dari kondisi semi kristalin menjadi *amorf*. Selama gelatinisasi, granula pati menyerap air secara bertahap sehingga mengalami pembengkakan, hilangnya kristalin dan pati bertransisi dari struktur teratur menjadi keadaan tidak teratur (*amorf*). Daerah amorf pada granula pati menyerap air sehingga granula membengkak, meleleh, dan menyatu membentuk struktur menyerupai jaring, yang menyebabkan kerusakan kristalinitas dan seluruh molekuler pati, menjadikan granula lebih mudah diakses oleh enzim pencernaan (Gomide *et al.*, 2022). Semakin lama waktu *blanching*, penyerapan air akan semakin meningkat ke dalam granula pati, sehingga semakin tinggi gelatinisasi yang terjadi dan semakin terbuka struktur granula pati yang dihasilkan. Pati yang telah mengalami gelatinisasi menjadi lebih rentan terhadap hidrolisis enzimatik karena perlakuan panas

menyebabkan terputusnya ikatan hidrogen dalam granula pati secara bertahap, yang mengakibatkan pembengkakan struktur granula sehingga enzim lebih mudah masuk dan menghidrolisis polimer pati (Teng *et al.*, 2025)

Perubahan struktur pati akibat gelatinisasi menyebabkan akses terbuka bagi enzim α -amilase dan glukamilase untuk menghidrolisis pati secara lebih efektif. Hidrolisis pati secara enzimatik menghasilkan glukosa dari pemecahan bertahap dari oligosakarida dan dekstrin. Proses hidrolisis diawali dengan pemecahan pati menjadi oligosakarida atau dekstrin dengan menurunkan viskositasnya oleh enzim α -amilase dan dekstrin diuraikan menjadi glukosa dengan memecah ikatan α -1,4 dan α -1,6 glikosidik oleh enzim glukamilase (Megavitry dan Nurhijrah, 2019).

Efektivitas kerja kedua enzim tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi struktur granula pati yang akan dihidrolisis. Dengan adanya perlakuan *blanching* mengakibatkan gelatinisasi, granula pati hancur dan membentuk jaringan gel tiga dimensi berpori menyerupai struktur *honeycomb* sehingga enzim lebih mudah mengakses dan memecah rantai pati (Xu *et al.*, 2022). Peningkatan akses granula pati kentang akibat gelatinisasi menjadi faktor utama yang mendorong peningkatan laju hidrolisis enzimatik, sehingga glukosa yang dilepaskan semakin tinggi seiring dengan semakin lamanya waktu *blanching*.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu *blanching* pada kentang kultivar Granola maka nilai kekerasan tekstur semakin menurun, ukuran sel meningkat, jumlah total sel menurun, dan *glucose release* meningkat. Perubahan ketiga parameter tersebut secara konsisten menunjukkan bahwa gelatinisasi pati berlangsung semakin meningkat seiring bertambahnya waktu *blanching* pada kentang kultivar Granola.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat dilakukan penelitian lanjutan mengenai pemanfaatan *blanching* sebagai *pretreatment* kentang Granola untuk menghasilkan karakteristik yang lebih mendekati kultivar kentang industri untuk olahan kentang goreng. Selain itu, perlu dilakukan analisis lebih lanjut mengenai pengaruh *blanching* terhadap sifat sensori dan fisik produk kentang goreng, seperti tingkat kerenyahan dan pencokelatan akibat reaksi Maillard, untuk mengetahui tingkat penerimaan konsumen terhadap produk kentang goreng kultivar Granola yang telah mendapatkan perlakuan *pretreatment* tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, S.B.M., Bintoro, V.P., Nurwantoro, N., Yunianto, V.D., dan Pramono, Y.B. 2023. Determination of the optimum pH and enzyme ratio for starch hydrolysis test and characterization of steamed, baked, dan fried wheat doughs. *J. Appl. Food Technol.* <https://doi.org/10.17728/jaft.18727>.
- Adnan, dan Karlina, L. 2022. Hasil umbi tiga varitas kentang (*Solanum tuberosum*, L) pada jarak tanam. *J. Agric.* <https://doi.org/10.36085/agrotek.v17i2.4442>.
- Alenyorege, E.A. 2025. Recent applications of high-humidity hot air impingement blanching (HHAIB) on plant materials: A review. *Food Humanit.* <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2025.100657>.
- Alvani, K., Tester, R.F., Lin, C.L., dan Qi, X. 2014. Amylolysis of *native* and annealed potato starches following progressive gelatinisation. *Food Hydrocoll.* <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.10.010>.
- An, N.T.H., Namutebi, P., Van Loey, A., dan Hendrickx, M.E. 2024. Quantitative assessment of molecular, microstructural, and macroscopic changes of red kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during cooking provides detailed insights in their cooking behavior. *Food Res. Int.* <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114098>.
- Arum, R.H., Dewayani, W., Septianti, E., Syamsuri, R., dan Suryani. 2022. Effect of different soaking pre-treatments on quality of potato chips granola variety (*Solanum tuberosum* L.). *Agro Bali Agric. J.* <https://doi.org/10.37637/ab.v5i1.845>.
- Asgar, A. 2013. Tuber quality of some potato (*Solanum tuberosum* L.) clones of medium altitude area for chips making. *Ber. Biol.*
- Asiamah, E., Gan, J., Wang, Y., Bian, X., Wang, C., Geng, D.H., Mintah, B.K., Nemțanu, M.R., dan Cheng, Y. 2026. New insight on the impact of amylose/amylopectin ratio on structural and digestion profile: A review on conventional and non-conventional products. *Int. J. Biol. Macromol.* <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.149204>.
- Ayele, A.T., Ismail-Fitry, M.R., Bizualem, Y.D., Kumar, P., Deresa, E.M., dan Stanley, N.C. 2025. Deep-fried sweetpotato chip production: A review on pretreatment, frying conditions, dan quality parameters. *J. Agric. Food Res.* <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.102406>.
- Azzahra, V.A. 2025. Analisis prediksi jumlah penerimaan mahasiswa baru menggunakan algoritma random forest regressor. *Data Sci. Indones.* <https://doi.org/10.47709/dsi.v5i2.7467>.
- Bandana, Sharma, V., Kaushik, S.K., Singh, B., dan Raigond, P. 2016. Variation in biochemical parameters in different parts of potato tubers for processing

- purposes. *J. Food Sci. Technol.* <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2173-4>.
- Choi, J.H., Bae, J.E., Baik, M.Y., Yang, S.H., Cao, L., dan Kim, H.S. 2025. Flour and parenchyma cells from sweet potato and potato: A comparative study of their physicochemical properties and digestibility. *Food Sci. Biotechnol.* <https://doi.org/10.1007/s10068-024-01777-9>.
- Cornejo-Ramírez, Y.I., Martínez-Cruz, O., Del Toro-Sánchez, C.L., Wong-Corral, F.J., Borboa-Flores, J., dan Cinco-Moroyoqui, F.J. 2018. The structural characteristics of starches and their functional properties. *CYTA - J. Food.* <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1518343>.
- Do, D.T., Singh, J., Oey, I., dan Singh, H. 2020. Isolated potato parenchyma cells: Physico-chemical characteristics and gastro-small intestinal digestion *in vitro*. *Food Hydrocoll.* <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105972>.
- Ega, L. 2023. Characterization and determination of hydrolysis process parameters of superior sweet starch CIP-types enzymatically. *Food Res.* [https://doi.org/10.26656/fr.2017.7\(2\).246](https://doi.org/10.26656/fr.2017.7(2).246).
- El-Aziz, Y.M.A., Sobh, M.S., Saad, H.M., Morsy, M.H.E., El-Haroun, E., Abass, K.S., Abdul Kari, Z., Mathew, R.T., Eissa, M.E.H., dan Eissa, E.-S.H. 2025. Mastering the art of sectioning: a comprehensive guide to slide-microtome technology and histological applications. *Front. Vet. Sci.* <https://doi.org/10.3389/fvets.2025.1635706>.
- El Hosry, L., Elias, V., Chamoun, V., Halawi, M., Cayot, P., Nehme, A., dan Bou-Maroun, E. 2025. Maillard reaction: Mechanism, influencing parameters, advantages, disadvantages, dan food industrial applications: A review. *Foods.* <https://doi.org/10.3390/foods14111881>.
- Fatikasari, C., Mahmud, dan Gusvita, H. 2024. Analisis perbandingan usahatani kentang varietas granola dan varietas cipanas di desa sungai lintang kecamatan kayu aro barat kabupaten kerinci. *Res. Ilmu Pertan.* <https://doi.org/https://doi.org/10.31933/v7jmzm68>.
- Fauziah, Mas'udah, S., dan Hendrian. 2016. Study on the starch granules morphology of local varieties of *Dioscorea hispida* and *Dioscorea alata*. *J. Trop. Life Sci.* <https://doi.org/10.11594/jtls.06.01.09>.
- Fuentes, C., Kang, I., Lee, J., Song, D., Sjöö, M., Choi, J., Lee, S., dan Nilsson, L. 2019. Fractionation and characterization of starch granules using field-flow fractionation (FFF) and differential scanning calorimetry (DSC). *Anal. Bioanal. Chem.* <https://doi.org/10.1007/s00216-019-01852-9>.
- Goderis, B., Dries, D.M., Nivelles, M.A., dan Delcour, J.A. 2022. Reassessment of the generic features of starch gelatinization: An advanced SAXS study on maize and potato starch. *Food Hydrocoll.* <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107941>.
- Gomide, A.I., Monteiro, R.L., Carciofi, B.A.M., dan Laurindo, J.B. 2022. The effect

- of pretreatments on the physical properties and starch structure of potato chips dried by microwaves under vacuum. *Foods*. <https://doi.org/10.3390/foods11152259>.
- Han, H., Hou, J., Yang, N., Zhang, Y., Chen, H., Zhang, Z., Shen, Y., Huang, S., dan Guo, S. 2019. Insight on the changes of cassava and potato starch granules during gelatinization. *Int. J. Biol. Macromol.* <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.12.201>.
- Hara-Skrzypiec, A., Śliwka, J., Jakuczun, H., dan Zimnoch-Guzowska, E. 2018. QTL for tuber morphology traits in diploid potato. *J. Appl. Genet.* <https://doi.org/10.1007/s13353-018-0433-x>.
- Hu, Jun, Hu, Jinxue, Duan, S., Zeng, F., Zhang, S., dan Li, G. 2024. Impact of cooking on tuber color, texture, dan metabolites in different potato varieties. *Foods*. <https://doi.org/10.3390/foods13233786>.
- Hu, X., Jiang, H., Liu, Z., Gao, M., Liu, G., Tian, S., dan Zeng, F. 2025. The global potato-processing industry: a review of production, products, quality and sustainability. *Foods*. <https://doi.org/10.3390/foods14101758>.
- Islam, M.M., Naznin, S., Naznin, A., Uddin, N.M., Amin, N.M., Rahman, M.M., Tipu, M.M.H., Alsuhaibani, A.M., Gaber, A., dan Ahmed, S. 2022. *Dry matter*, starch content, reducing sugar, color and crispiness are key parameters of potatoes required for chip. *Horticulturae*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/horticulturae8050362>.
- Ismadi, Annisa, K., Nazirah, L., Nilahayati, N., dan Maisura, M. 2021. Karakterisasi morfologi dan hasil tanaman kentang varietas granola dan kentang merah yang dibudidayakan di bener meriah Provinsi Aceh. *J. Agrium*. <https://doi.org/https://doi.org/10.29103/agrium.v18i1.3844>.
- Jagadeesan, S., Govindaraju, I., dan Mazumder, N. 2020. An insight into the ultrastructural and physiochemical characterization of potato starch: A review. *Am. J. Potato Res.* <https://doi.org/10.1007/s12230-020-09798-w/Published>.
- Ji, Z., Yu, L., Liu, H., Bao, X., Wang, Y., dan Chen, L. 2017. Effect of pressure with shear stress on gelatinization of starches with different amylose/amylopectin ratios. *Food Hydrocoll.* <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.06.015>.
- Kaczmarska, A., Pieczywek, P.M., Cybulska, J., dan Zdunek, A. 2024. Effect of enzymatic modification on the structure and rheological properties of diluted alkali-soluble pectin fraction rich in RG-I. *Sci. Rep.* <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62180-2>.
- Khule, G.D., Ranvare, A.R., Singh, A., dan C, S.B. 2024. Texture profile analysis: A comprehensive insight into food texture evaluation. *J. Dyn. Control.* <https://doi.org/10.71058/jodac.v8i9003>.
- Kim, A.N., Lee, K.Y., Rahman, M.S., Kim, H.J., Chun, J., Heo, H.J., Kerr, W.L.,

- dan Choi, S.G. 2020. Effect of water *blanching* on phenolic compounds, antioxidant activities, enzyme inactivation, microbial reduction, and surface structure of samnamul (*Aruncus dioicus* var *kamtschaticus*). Int. J. Food Sci. Technol. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14424>.
- Lemos, P.V.F., Barbosa, L.S., Ramos, I.G., Coelho, R.E., dan Druzian, J.I. 2019. Characterization of amylose and amylopectin fractions separated from potato, banana, corn, dan cassava starches. Int. J. Biol. Macromol. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.086>.
- Lewicki, P.P., dan Pawlak, G. 2005. Effect of mode of drying on microstructure of potato. Dry. Technol. <https://doi.org/10.1081/DRT-200054233>.
- Lhotáková, Z., Albrechtová, J., Janáček, J., dan Kubínová, L. 2008. Advantages and pitfalls of using free-hand sections of frozen needles for three-dimensional analysis of mesophyll by stereology and confocal microscopy. J. Microsc. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2818.2008.02079.x>.
- Li, C., Yu, W., dan Gilbert, R.G. 2022. The effects of starch molecular fine structure on thermal and digestion properties of rice starch. Foods. <https://doi.org/10.3390/foods11244012>.
- Li, Z., Wang, D., dan Shi, Y.C. 2019. High-solids bio-conversion of maize starch to sugars and ethanol. Starch/Staerke. <https://doi.org/10.1002/star.201800142>.
- Liu, T., Jiang, Q., Cai, X., Zhao, X., Wang, D., dan Zhang, C. 2026. Revealing the impact of starch–pectin interactions on the textural properties of different potato varieties during boiling. Foods. <https://doi.org/10.3390/foods15040722>.
- Liu, Y., Yu, J., Copeland, L., Wang, Shuo, dan Wang, Shujun. 2019. Gelatinization behavior of starch: reflecting beyond the endotherm measured by differential scanning calorimetry. Food Chem. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.095>.
- Mareček, J., Ivanišová, E., Frančáková, H., Musilová, J., Krajčovič, T., dan Mendelová, A. 2016. Evaluation of primary and secondary metabolites in selected varieties of potatoes. Potravinárstvo. <https://doi.org/10.5219/562>.
- Megavitry, R., dan Nurhijrah. 2019. The process of developing gelatinization and saccharification with variations in temperature and period of glucose sago material. Int. J. Environ. Eng. Educ. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3634182>.
- Muhibuddin, A., Maulana, Z., Salam, S., Syamsia, S., Reta, R., dan Fattah, A. 2022. The effect of ethanol on potato growth and production at moderate elevation. Res. Agric. Eng. <https://doi.org/10.17221/45/2021-RAE>.
- Muñoz, L.A., Pedreschi, F., Leiva, A., dan Aguilera, J.M. 2015. Loss of *birefringence* and *swelling* behavior in *native* starch granules: Microstructural and thermal properties. J. Food Eng. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.11.017>.

- Muthoni, J., dan Shimelis, H. 2020. Heat and drought stress and their implications on potato production under dry African tropics. *Aust. J. Crop Sci.* <https://doi.org/10.21475/ajcs.20.14.09.p2402>.
- Nath, K.G., Pandiselvam, R., dan Sunil, C.K. 2023. High-pressure processing: effect on textural properties of food- A review. *J. Food Eng.* <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111521>.
- Ndungutse, V., Muthoni, P., Ngoda, N., Vasanthakalam, H., Shakala, E.K., dan Faraj, A.K. 2019. Processing quality of selected potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars grown in Rwanda. *Potato J.*
- Ngobese, N.Z., Workneh, T.S., dan Siwela, M. 2017. Effect of low-temperature long-time and high-temperature short-time *blanching* and frying treatments on the French fry quality of six Irish potato cultivars. *J. Food Sci. Technol.* <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2495-x>.
- Nguyen, T.V.L., Tran, T.Y.N., Lam, D.T., Bach, L.G., dan Nguyen, D.C. 2019. Effects of microwave *blanching* conditions on the quality of green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) butt segment. *Food Sci. Nutr.* <https://doi.org/10.1002/fsn3.1199>.
- Nikara, S., Ahmadi, E., dan Nia, A.A. 2020. Effects of different preparation techniques on the microstructural features of biological materials for scanning electron microscopy. *J. Agric. Food Res.* <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100036>.
- Nishinari, K., Peyron, M.A., Yang, N., Gao, Z., Zhang, K., Fang, Y., Zhao, M., Yao, X., Hu, B., Han, L., Mleko, S., Tomczyńska-Mleko, M., Nagano, T., Nitta, Y., Zhang, Y., Singh, N., Suk Meng, A.G., Pongsawatmanit, R., Gamonpilas, C., Moritaka, H., Kohyama, K., Yoshimura, M., Hirashima, M., Takemasa, M., Tsutsui, K., dan Su, L. 2024. The role of texture in the palatability and food oral processing. *Food Hydrocoll.* <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109095>.
- Noda, T., Takigawa, S., Matsuura-Endo, C., Suzuki, T., Hashimoto, N., Kottarachchi, N.S., Yamauchi, H., dan Zaidul, I.S.M. 2008. Factors affecting the digestibility of raw and gelatinized potato starches. *Food Chem.* <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.027>.
- Oblitas-Cruz, J., Castro-Silupu, W., Torres-Carranza, E., dan Ibarz-Ribas, A. 2023. Study of the microstructure-property-processing relationship in five potato (*Solanum tuberosum*) varieties during the frying process based on an automatic classification system using convolutional neural networks. *Food Sci. Technol.* <https://doi.org/10.5327/fst.00155>.
- Pang, H., Guo, L., Zhang, Zhi, Huang, Y., Jia, Y., Chen, X., Fu, H., Wang, Yequn, Zhang, Zhenna, dan Wang, Yunyang. 2025. Combined radio frequency and steam *blanching* of iron yam (*Dioscorea opposita* Thunb.): Effect on polyphenol oxidase inactivation, heating uniformity, physicochemical

- properties, and microstructure. LWT.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.118739>.
- Perdani, C.G., Amaludin, F.N., dan Wijana, S. 2019. Formulation of potato crackers granola (*solanum tuberosum* l.) as a typical tengger culinary food in east java. J. Pangan dan Agrobisnis. <https://doi.org/10.21776/ub.jp.a.2019.007.03.5>.
- Popalia, C., dan Kumar, N. 2021. Effect of temperature and processing time on physico-chemical characteristics in hot water *blanching* of sweet corn kernels. J. Inst. Eng. <https://doi.org/10.1007/s40030-021-00508-1>.
- Répás, Z., Nagy, R., Polgár, Z.G., dan Győri, Z. 2025. Study to determine the nutritional characteristics of potato varieties that are suitable for the application of the freeze-drying process. Potato Res. <https://doi.org/10.1007/s11540-024-09827-9>.
- Robertson, T.M., Alzaabi, A.Z., Robertson, M.D., dan Fielding, B.A. 2018. Starchy carbohydrates in a healthy diet: The role of the humble potato. Nutrients. <https://doi.org/10.3390/nu10111764>.
- Saadah, I.R., Hartanto, S., Sahat, J.P., dan Kirana, R. 2023. Selection of potato molecular markers of granola l. variety. iop conference series: earth and environmental science. Institute of Physics. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1172/1/012020>.
- Van Der Sman, R.G.M., dan Schenk, E. 2024. Causal factors concerning the texture of French fries manufactured at industrial scale. Curr. Res. Food Sci. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100706>.
- Srilakshmi, A. 2020. Texture profile analysis of food and tpa measurements : A review article. Int. Res. J. Eng. Technol. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511600555.010>.
- Swackhamer, C., Doan, R., dan Bornhorst, G.M. 2022. Development and characterization of standardized model, solid foods with varying breakdown rates during gastric digestion. J. Food Eng. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110827>.
- Teng, B., Zhang, C., dan Wang, H. 2025. Impact of partial gelatinization on structure, physicochemical and enzymatic digestion properties of rice starch used for rice noodle-making. polymers (basel). <https://doi.org/10.3390/polym17223003>.
- Thomas, D.J., Rainbow, J., dan Bartley, L.E. 2023. The rapid-tome, a 3D-printed microtome, dan an updated hand-sectioning method for high-quality plant sectioning. Plant Methods. <https://doi.org/10.1186/s13007-023-00986-3>.
- Tian, J., Chen, S., Zhang, H., Fang, H., Sun, Y., Liu, D., Linhart, R.J., dan Ye, X. 2018. Existing cell wall fragments modify the thermal properties and hydrolysis of potato starch. Food Hydrocoll. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.07.033>.

- Vamadevan, V., dan Bertoft, E. 2020. Observations on the impact of amylopectin and amylose structure on the *swelling* of starch granules. Food Hydrocoll. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105663>.
- Vescovo, D., Manetti, C., Ruggieri, R., Spizzirri, U.G., Aiello, F., Martuscelli, M., dan Restuccia, D. 2025. The valorization of potato peels as a functional ingredient in the food industry: a comprehensive review. Foods. <https://doi.org/10.3390/foods14081333>.
- Wang, B., Chen, S., Huang, C., Lin, Y., Liang, Y., Xiong, W., Zhang, B., Liu, R., dan Ding, L. 2022. Comparative study on the structural and *in vitro* digestion properties of starch within potato parenchyma cells under different cooking methods. Int. J. Biol. Macromol. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.11.101>.
- Wang, Y., Huang, W., Zeng, F., He, J., Pan, Z., Sahito, Z.A., Li, X., dan Yang, W. 2025. A study focusing on the distinct fine structure of starch in *mealy* and *waxy* potatoes. Sci. Rep. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-95977-w>.
- Wang, Y., Ral, J.P., Saulnier, L., dan Kansou, K. 2022. How does starch structure impact amylolysis? review of current strategies for starch digestibility study. Foods. <https://doi.org/10.3390/foods11091223>.
- Warnita, W., Mayerni, R., Kristina, N., dan Suwinda, R. 2019. Characterization of morphology, anatomy and chlorophyll content of potato *in vitro* and in vivo. Int. J. Adv. Res. <https://doi.org/10.21474/ijar01/9999>.
- Xiao, H.W., Pan, Z., Deng, L.Z., El-Mashad, H.M., Yang, X.H., Mujumdar, A.S., Gao, Z.J., dan Zhang, Q. 2017. Recent developments and trends in thermal *blanching* – A comprehensive review. Inf. Process. Agric. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.02.001>.
- Xie, Y., Geng, J., Li, P., Zhao, Y., Han, J., Yang, H., dan Cao, S. 2025. Effect of *blanching* times and drying temperatures on the color, moisture migrations, microstructures, phytochemicals, and flavors of chili pepper (*Capsicum annuum* L.). Food Chem. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.144690>.
- Xu, A., dan Wei, C. 2020. Comprehensive comparison and applications of different sections in investigating the microstructure and histochemistry of cereal kernels. Plant Methods. <https://doi.org/10.1186/s13007-020-0558-x>.
- Xu, F., Liu, W., Zhang, L., Danthine, S., Liu, Q., Wang, F., Zhang, H., Hu, H., dan Blecker, C. 2022. Retrogradation and gelling behaviours of partially gelatinised potato starch as affected by the degree of pre-gelatinisation. Int. J. Food Sci. Technol. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15434>.
- Xu, F., Zhang, L., Liu, W., Liu, Q., Wang, F., Zhang, H., Hu, H., dan Blecker, C. 2021. Physicochemical and structural characterization of potato starch with different degrees of gelatinization. Foods. <https://doi.org/10.3390/foods10051104>.

- Xu, J., Li, Y., Kaur, L., Singh, J., dan Zeng, F. 2023. Functional food based on potato. *Foods*. <https://doi.org/10.3390/foods12112145>.
- Yadav, N., Saini, P., Kaur, D., Gupta, V.K., Kaundal, B., Kumar, R., Mishra, P., dan Niharika. 2023. *Blanching* effect on nutritionally important starch fractions of selected processing potato cultivars. *Food Chem. Adv.* <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100404>.
- Yan, W., Yin, L., Zhang, Minghao, Zhang, Meng, dan Jia, X. 2021. Gelatinization, retrogradation and gel properties of wheat starch–wheat bran arabinoxylan complexes. *Gels*. <https://doi.org/10.3390/gels7040200>.
- Yang, S., Hu, W., Qiao, S., Song, W., dan Tan, W. 2025. Advances in processing techniques and determinants of sweet potato starch gelatinization. *Foods*. <https://doi.org/10.3390/foods14040545>.
- Yang, Y., Achaerandio, I., dan Pujolà, M. 2016. Influence of the frying process and potato cultivar on acrylamide formation in French fries. *Food Control*. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.10.028>.
- Zafeiri, I., Beri, A., Linter, B., dan Norton, I. 2021. Understanding the mechanical performance of raw and cooked potato cells. *Food Res. Int.* <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110427>.
- Zhang, X., Zhu, C., Geng, D., Cheng, Y., dan Tang, N. 2025. Characterization of dynamic of the structural changes of legume starches during gelatinization. *Int. J. Biol. Macromol.* <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.139673>.
- Zhang, Y., Kahl, D.H.W., Bizimungu, B., dan Lu, Z.X. 2018. Effects of *blanching* treatments on acrylamide, asparagine, reducing sugars and colour in potato chips. *J. Food Sci. Technol.* <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3329-1>.
- Zhang, Z., Fan, H., Yu, Z., Luo, X., Zhao, J., Wang, N., dan Li, Z. 2024. Metagenomics-based gene exploration and biochemical characterization of novel glucoamylases and α -amylases in Daqu and Pu-erh tea microorganisms. *Int. J. Biol. Macromol.* <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.134182>.
- Zhang, Z., Yao, Y., Shi, Q., Zhao, J., Fu, H., dan Wang, Y. 2020. Effects of radio-frequency-assisted *blanching* on the polyphenol oxidase, microstructure, physical characteristics, dan starch content of potato. *LWT* <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109357>.
- Zhong, G., Liu, Y., Zhang, S., Liao, J., Wang, Y., Zeng, D., dan Liu, H. 2025. Efficient and rapid assessment of starch gelatinization through intelligent methodologies. *Int. J. Biol. Macromol.* <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.142954>.