

Perubahan Karakteristik Fisik Biji Kopi Yang Ditambahkan Sorbitol Selama Penyangraian

Changes in Physical Properties of Sorbitol Added Coffee Beans During Roasting

Umar Hafidz Asy'ari Hasbullah ^{1)*}, Hikmahyuliani ¹⁾, Zulfah Maharani ¹⁾, Laela Nur Rokhmah ²⁾

¹⁾ Prodi Teknologi Pangan, Universitas PGRI Semarang, Jl. Sidodadi Timur No. 24 Semarang Jawa Tengah

²⁾ Politeknik Santo Paulus Surakarta, Jl. Dr. Radjiman No. 659 R Pajang, Laweyan, Surakarta, Jawa Tengah

* Penulis Korespondensi: E-mail: umarhafidzah@gmail.com

ABSTRACT

Additional of sorbitol in green beans coffee will cause physical changes during the roasting process. This research aims to study the effect of adding sorbitol in green beans to the physical change of arabica and robusta during roasting. Roasting has been carried out in three levels (light, medium, and dark). Sorbitol added 10% (w/w). The result show that addition of sorbitol in arabica and robusta increases yield, density, moisture content, and speed of roasting temperature. The value of all parameters in arabica and robusta added by sorbitol are equivalent compared to treatments without sorbitol. The increasing level of roasting in adding sorbitol treatment does not affect changes in yield, density, and moisture content.

Keywords: Arabica; robusta; coffee roasting; degree of roasting

ABSTRAK

Penambahan sorbitol dalam biji kopi akan berdampak terhadap perubahan yang terjadi selama penyangraian. Perubahan yang paling nampak ialah karakteristik fisik biji kopi. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh pemberian sorbitol dalam biji kopi terhadap perubahan fisik biji kopi arabika dan robusta selama penyangraian. Penyangraian dilakukan pada tiga tingkat sangrai (light, medium, dan dark). Sorbitol ditambahkan dalam biji sebanyak 10% (b/b). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan sorbitol dalam biji kopi arabika dan robusta dapat meningkatkan rendemen, densitas, kadar air, densitas dan kecepatan kenaikan suhu sangrai. Nilai seluruh parameter pada varietas robusta dan arabika setelah ditambahkan sorbitol menjadi setara dibandingkan perlakuan tanpa sorbitol. Peningkatan tingkat sangrai pada biji kopi yang ditambahkan sorbitol cenderung tidak mempengaruhi perubahan nilai rendemen, densitas dan kadar air biji kopi sangrai.

Kata kunci: Arabika; robusta; penyangraian kopi; tingkat penyangraian

PENDAHULUAN

Selama penyangraian akan terjadi perubahan pada biji kopi. Perubahan tersebut terjadi pada bentuk fisik dan kandungan senyawa kimia di dalamnya (Baggenstoss, Poisson, Kaegi, Perren, & Escher, 2008b; Bicho, Leitão, Ramalho, & Lidon, 2012; Gloess *et al.*, 2014;

Madiah, Zaibunnisa, Norashikin, Rozita, & Misnawi, 2012; Oliveros, Hernández, Sierra-Espinosa, Guardián-Tapia, & Pliego-Solórzano, 2017; Yang *et al.*, 2016). Hal ini karena selama penyangraian terjadi kenaikan suhu yang sangat drastic (Bottazzi, Farina, Milani, & Montorsi, 2012; Fabbri, Cevoli, Alessandrini, & Romani, 2011; Perrone, Donangelo, Donangelo, & Farah, 2010; Uman *et al.*, 2016). Suhu selama penyangraian sangat tinggi yaitu berkisar 160°C sampai lebih dari 220°C. Tingginya suhu penyangraian ini memicu terjadinya banyak reaksi kimia (Bagdonaite, Derler, & Murkovic, 2008; N. Wang & Lim, 2012; Wei *et al.*, 2012). Dampak dari reaksi tersebut terjadi perubahan karakteristik biji kopi sangrai (Baggenstoss *et al.*, 2008b; Bustos-vanegas *et al.*, 2017) (Giacalone *et al.*, 2019). Peningkatan suhu selama penyangraian terjadi pada biji secara cepat dalam waktu beberapa menit (Anese *et al.*, 2014; Fadai, Melrose, Please, Schulman, & Gorder, 2017).

Disisi lain, penambahan sorbitol telah dilakukan untuk meningkatkan antioksidan pada kopi (Hikmahyuliani, 2018). Penambahan sorbitol akan mempengaruhi karakteristik biji kopi mentah sebelum disangrai. Kandungan gula dalam biji akan meningkat. Hal ini akan berdampak pada seluruh reaksi yang terjadi selama penyangraian. Pemberian perlakuan pada biji kopi mentah sebelum sangrai akan mempengaruhi reaksi yang menghasilkan aroma dan rasa pada kopi arabika dan robusta (Liu, Yang, Linforth, Fisk, & Yang, 2019; Lee, Cheong, Curran, Yu, & Liu, 2016). Oleh karena itu dampak penambahan sorbitol dalam biji kopi terhadap perubahan fisik biji kopi selama penyangraian perlu dipelajari.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Biji kopi yang digunakan yaitu arabika dan robusta dari Gunung Kelir, Jawa Tengah. Sorbitol diperoleh dari Brataco. Penyangraian dilakukan di Mount Hearted Artisan Coffee, Solo. Mesin sangrai menggunakan roaster bean coffee (eureca IPX1-Italy).

Rancangan Percobaan

Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap factorial dengantiga faktor perlakuan yaitu jenis kopi, tingkat penyangraian, dan penambahan sorbitol. Pengulangan perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali. Jenis kopi terdiri dari arabika dan robusta. Tingkat penyangraian terdiri dari light, medium, dan dark. Pemberian sorbitol dilakukan pada biji kopi sebelum sangrai sebanyak 10% (b/b).

Penambahan sorbitol

Penambahan sorbitol pada biji kopi sebelum penyangraian dilakukan dengan cara merendam biji kopi dalam larutan sorbitol 10% dengan perbandingan air:biji (1:1) (v/b). Perendaman dilakukan dalam waterbath (45°C, 50 rpm, 3 jam). Pengeringan biji dalam cabinet dryer (50°C, 6 jam).

Penyangraian

Penyangraian dilakukan dengan mesin sangrai dengan suhu awal proses \pm 180°C. Tingkat penyangraian terdiri dari light, medium, dan dark.

Pengamatan

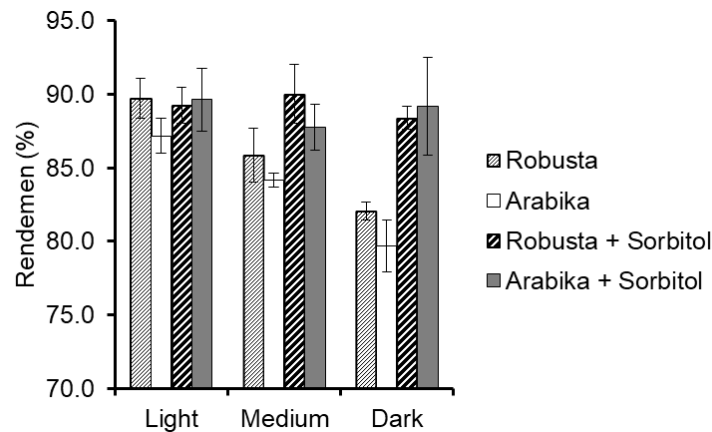
Pengamatan dilakukan terhadap kadar air, densitas, rendemen, kecepatan kenaikan suhu selama penyangraian. Data dirata-rata dan dihitung standar deviasinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen

Biji kopi akan mengalami banyak peristiwa selama penyangraian. Peristiwa tersebut akan berdampak pada susutnya bobot biji kopi sangrai (Jokanović, Džinić, Cvetković, Grujić, & Odžaković, 2012; Montavon, Mauron, & Duruz, 2003). Besarnya penyusutan bobot biji kopi sangrai akan berdampak terhadap rendemen (Bicho *et al.*, 2012). Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa perbedaan varietas biji kopi memberikan dampak nilai rendemen yang berbeda. Rendemen biji kopi robusta lebih besar dari arabika. Hal ini dimungkinkan dipengaruhi ukuran biji robusta yang lebih kecil daripada arabika menyebabkan lebih banyak jumlah biji yang disangrai pada berat yang sama. Penambahan sorbitol pada biji kopi robusta dan arabika menyebabkan nilai rendemen meningkat, khususnya pada kopi arabika. Sorbitol dimasukkan dalam biji kopi sebelum penyangraian. Sorbitol ini akan menambah bobot dalam biji kopi sangrai.

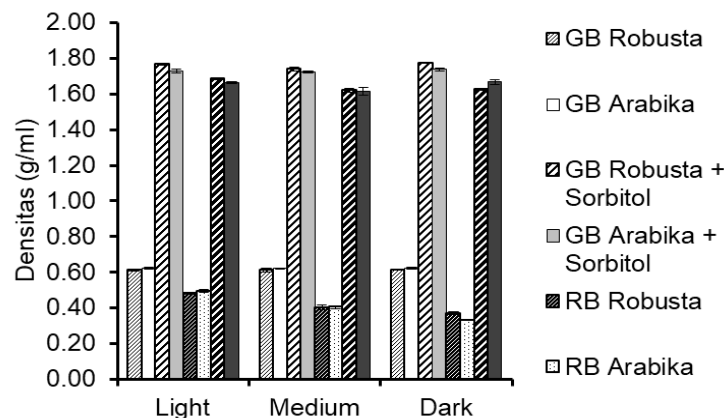
Perbedaan tingkat penyangraian berdampak terhadap rendemen. Semakin meningkat tingkat penyangraian dari light menuju dark maka nilai rendemen akan semakin menurun. Hal ini disebabkan semakin tinggi suhu proses dan lama waktu sangrai yang berdampak pada sebagian komponen semakin hilang karena menguapnya banyak senyawa. Nilai rendemen kopi arabika pada tingkat penyangraian yang semakin meningkat menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan robusta. Hal ini dimungkinkan dipengaruhi ukuran biji kopi arabika yang lebih besar dari robusta. Pemberian sorbitol pada biji kopi berdampak pada nilai rendemen yang cenderung stabil pada tingkat penyangraian dari light sampai dark.



Gambar 1. Rendemen biji kopi setelah penyangraian. Data disajikan dengan garis standar deviasi. Data merupakan ulangan dari 3 kali pengulangan.

Densitas

Densitas biji kopi mengalami perubahan karena proses penyangraian (Gambar 2). Selama penyangraian akan terjadi berbagai reaksi fisika dan kimia yang kompleks dalam biji kopi. Hal ini berdampak pada volume biji kopi yang semakin bertambah (Bicho *et al.*, 2012; Bustos-vanegas *et al.*, 2017). Selain itu sebagian senyawa berubah menjadi volatile dan akan menguap keluar dari biji yang berdampak pada bobot biji yang menurun. Dua hal tersebut akan berdampak pada nilai densitas biji kopi setelah penyangraian (Baggenstoss, Poisson, Kaegi, Perren, & Escher, 2008a; Jokanović *et al.*, 2012). Densitas kopi robusta dan arabika mengalami penurunan selama penyangraian. Penurunan densitas kopi arabika setara dengan robusta.



Gambar 2. Densitas biji kopi sebelum dan setelah penyangraian. Data disajikan dengan garis standar deviasi. Data merupakan ulangan dari 3 kali pengulangan. GB: green beans, RB: roasted beans.

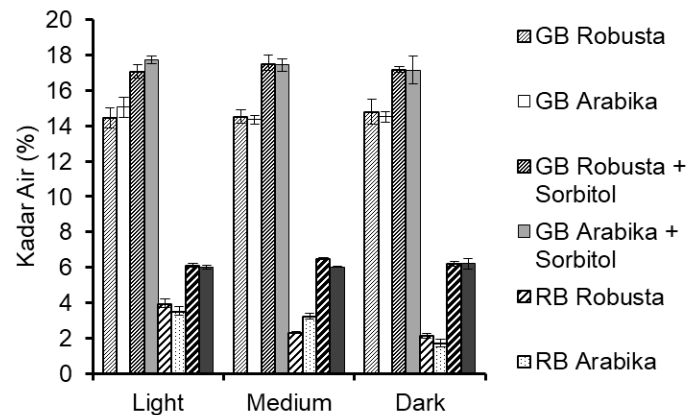
Penambahan sorbitol berdampak sangat besar terhadap kenaikan densitas green beans atau biji mentah dan roasted beans atau biji sangrai. Proses penyangraian menyebabkan penurunan nilai densitas pada biji kopi yang telah ditambahkan sorbitol. Penurunan yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan biji kopi tanpa sorbitol. Hal ini dimungkinkan terjadi akibat meningkatnya bobot biji kopi akibat penambahan sorbitol dan peningkatan volume biji selama penyangraian yang tidak sebesar biji kopi tanpa sorbitol.

Tingkat penyangraian dari light sampai dark berdampak terhadap penurunan densitas pada biji kopi arabika dan robusta. Penambahan sorbitol pada biji kopi pada tingkat penyangraian dari light sampai dark mengalami sedikit penurunan nilai densitas. Penambahan sorbitol juga menyebabkan nilai densitas biji kopi sangrai (RB) meningkat sangat besar dibandingkan biji kopi tanpa sorbitol.

Kadar Air

Selama penyangraian akan terjadi penguapan air dari biji kopi. Air merupakan komponen yang paling terdampak pertama karena kenaikan suhu biji kopi setelah dimasukkan dalam mesin sangrai. Transfer panas terjadi secara konduksi dari plat mesin sangrai ke biji kopi. Sehingga suhu biji kopi akan dengan cepat meningkat dalam beberapa menit (Baggenstoss *et al.*, 2008b; Fabbri *et al.*, 2011; Fadai *et al.*, 2017). Selama penyangraian akan terjadi penurunan kadar air biji kopi seperti terlihat dalam Gambar 3. Penurunan kadar air kopi robusta hampir setara dengan arabika. Penurunan kadar air yang terjadi pada kedua varietas terjadi berkisar 10%. Air akan berubah fase dari cair menjadi gas pada suhu 100°C keatas. Sebagian besar air dalam biji akan menguap dan menyebabkan susutnya bobot biji kopi (Bicho *et al.*, 2012; Bottazzi *et al.*, 2012; Jokanović *et al.*, 2012; Montavon *et al.*, 2003; Perrone *et al.*, 2010). Penguapan ini terus terjadi hingga air bebas habis. Akhir dari peristiwa ini diikuti dengan meningkatnya volume biji dan perubahan warna menjadi kuning kecoklatan (Baggenstoss *et al.*, 2008a).

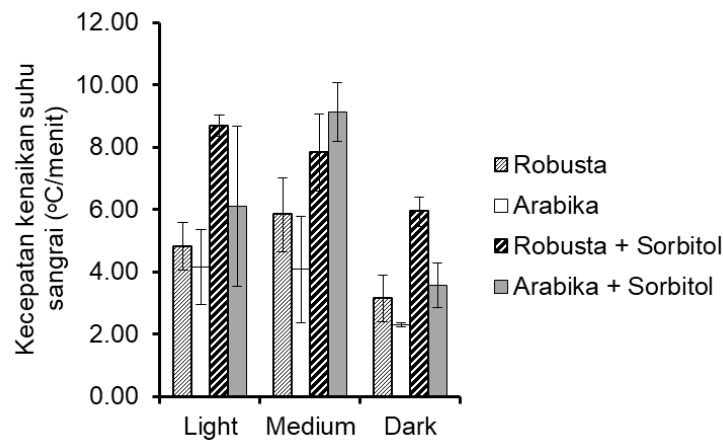
Penambahan sorbitol dalam biji kopi meningkatkan kadar air biji kopi mentah (GB). Selain itu, penambahan sorbitol juga menyebabkan kadar air biji sangrai (RB) juga lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa sorbitol. Hal ini dimungkinkan karena sorbitol bersifat humektan. Sehingga akan mudah mengikat sejumlah air. Tingkat penyangraian yang semakin meningkat dari light menuju dark menyebabkan penurunan kadar air biji kopi sangrai yang setara pada biji kopi mentah (GB) dan biji kopi sangrai (RB).



Gambar 3. Kadar air biji kopi sebelum dan setelah penyangraian. Data disajikan dengan garis standar deviasi. Data merupakan ulangan dari 3 kali pengulangan. GB: green beans, RB: roasted beans.

Kecepatan Kenaikan Suhu Sangrai

Transfer panas dari plat mesin sangrai kedalam biji kopi berjalan sangat cepat (Fabbri *et al.*, 2011; Fadai *et al.*, 2017). Suhu awal saat biji kopi dimasukkan dalam mesin sangrai berkisar 180°C. ketika suhu kopi mencapai 100°C maka peristiwa pertama yang terjadi adalah penguapan air yang terkandung dalam biji (Baggenstoss *et al.*, 2008b). Hal tersebut akan dapat diamati secara visual dengan keluarnya uap saat awal penyangraian. Proses ini akan berakhir sampai habisnya air bebas dalam biji. Setelah itu akan terjadi reaksi pada gula seperti sukrosa, glukosa. Reaksi dekomposisi gula tersebut akan berubah menjadi gas karbondioksida dan senyawa volatile lainnya seperti asam format dan asam asetat (X. Wang & Lim, 2016). Ketika hal ini terjadi, suhu biji sudah mencapai lebih dari 175°C. Kulit ari biji akan terkelupas dan volume biji bertambah besar. Peristiwa ini disertai dengan berubahnya warna biji kopi dan retakan disertai popping atau suara letupan yang keluar dari biji kopi (Bicho *et al.*, 2012; Gabriel-guzmán, Rivera, Cocotle-ronzón, García-díaz, & Hernandez-martinez, 2017; N. Wang & Lim, 2012). Selanjutnya ketika suhu diatas 200°C akan terjadi reaksi gula reduksi dengan asam amino bebas menghasilkan berbagai senyawa citararasa kopi (Caporaso, Whitworth, Cui, & Fisk, 2018; Nunes, Cruz, & Coimbra, 2012). Selain itu juga reaksi pembentukan caramel terjadi secara bersamaan. Warna biji kopi akan semakin gelap sampai menghitam. Saat suhu mencapai 225°C keatas terjadi dekomposisi selulosa penyusun dindingsel menjadi arang dan keluarnya minyak dari biji kopi (N. Wang & Lim, 2012).



Gambar 4. Kecepatan kenaikan suhu sangrai biji kopi selama penyangraian. Data disajikan dengan garis standar deviasi. Data merupakan ulangan dari 3 kali pengulangan.

Kecepatan kenaikan suhu sangrai dipengaruhi oleh kondisi biji kopi seperti kadar air biji dan ukuran biji. Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa kecepatan kenaikan suhu sangrai kopi robusta lebih tinggi dibandingkan arabika. Hal ini dimungkinkan karena ukuran biji kopi robusta yang lebih kecil dibandingkan kopi arabika, sehingga transfer panas juga semakin mudah. Penambahan sorbitol dalam biji kopi menyebabkan kenaikan kecepatan peningkatan suhu sangrai. Hal ini dimungkinkan karena sorbitol yang telah terdispersi di permukaan dan masuk ke dalam biji kopi menjadi penghantar panas yang baik. Sedangkan semakin meningkat tingkat penyangraian dari light sampai dark cenderung menyebabkan penurunan kecepatan kenaikan suhu sangrai. Ketika di awal proses sangrai pada tingkat light kenaikan suhu berjalan sangat cepat dan semakin lama akan semakin lambat pada suhu yang sudah tinggi sampai akhir tingkat sangrai dark (Hernández, Heyd, & Trystram, 2008; Fabbri *et al.*, 2011; Giacalone *et al.*, 2019).

KESIMPULAN

Selama penyangraian akan terjadi penurunan kadar air, rendemen, dan densitas. Penambahan sorbitol pada biji kopi sebelum penyangraian akan menaikkan rendemen, densitas dan kadar air selama penyangraian. Kecepatan kenaikan suhu akan semakin turun seiring dengan kenaikan tingkat penyangraian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan payung penelitian dari Hibah Penelitian Dosen Pemula yang didanai LPPM Universitas PGRI Semarang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anese, M., Nicoli, M. C., Verardo, G., Munari, M., Mirolo, G., & Bortolomeazzi, R. (2014). Effect of vacuum roasting on acrylamide formation and reduction in coffee beans. *Food Chemistry*, *145*, 168–172. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.047>
- Bagdonaite, K., Derler, K., & Murkovic, M. (2008). Determination of acrylamide during roasting of coffee. *J. Agric. Food Chem.*, *56*, 6081–6086. <https://doi.org/10.1021/jf073051p>
- Baggenstoss, J., Poisson, L., Kaegi, R., Perren, R., & Escher, F. (2008a). Coffee roasting and aroma formation: application of different time - temperature conditions. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, *56*, 5836–5846. <https://doi.org/10.1021/jf800327j>
- Baggenstoss, J., Poisson, L., Kaegi, R., Perren, R., & Escher, F. (2008b). Roasting and aroma formation: effect of initial moisture content and steam treatment. *J. Agric. Food Chem.* *2008*, *56*, 5847–5851. <https://doi.org/10.1021/jf8003288>
- Bicho, N. C., Leitão, A. E., Ramalho, J. C., & Lidon, F. C. (2012). Use of colour parameters for roasted coffee assessment. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, *32*(3), 436–442. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612012005000068>
- Bottazzi, D., Farina, S., Milani, M., & Montorsi, L. (2012). A numerical approach for the analysis of the coffee roasting process. *Journal of Food Engineering*, *112*, 243–252. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.04.009>
- Bustos-vanegas, J. D., Corrêa, P. C., Martins, M. A., Baptestini, F. M., Campos, R. C., de Oliveira, G. H. H., & Nunes, E. H. M. (2017). Developing predictive models for determining physical properties of coffee beans during the roasting process. *Industrial Crops & Products*. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.015>
- Caporaso, N., Whitworth, M. B., Cui, C., & Fisk, I. D. (2018). Variability of single bean coffee volatile compounds of arabica and robusta roasted coffees analysed by SPME-GC-MS. *Food Research International*, *108*(March), 628–640. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.077>
- Fabbri, A., Cevoli, C., Alessandrini, L., & Romani, S. (2011). Numerical modeling of heat and mass transfer during coffee roasting process. *Journal of Food Engineering*, *105*, 264–269. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.02.030>
- Fadai, N. T., Melrose, J., Please, C. P., Schulman, A., & Gorder, R. A. Van. (2017). A heat and mass transfer study of coffee bean roasting. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, *104*, 787–799. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.08.083>
- Gabriel-guzmán, M., Rivera, V. M., Cocotle-ronzón, Y., García-díaz, S., & Hernandez-martinez,

- E. (2017). Fractality in coffee bean surface for roasting process. *Chaos, Solitons and Fractals*, 99, 79–84. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2017.03.056>
- Giacalone, D., Kreuzfeldt, T., Yang, N., Liu, C., Fisk, I., & Münchow, M. (2019). Common roasting defects in coffee: Aroma composition, sensory characterization and consumer perception. *Food Quality and Preference*, 71(March 2018), 463–474. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.03.009>
- Gloess, A. N., Vietri, A., Wieland, F., Smrke, S., Schönbacher, B., Sánchez, J. A., ... Yeretzyan, C. (2014). Evidence of different flavour formation dynamics by roasting coffee from different origins: On-line analysis with PTR-ToF-MS. *International Journal of Mass Spectrometry*, 365–366, 324–337. <https://doi.org/10.1016/j.ijms.2014.02.010>
- Hernández, J. A., Heyd, B., & Trystram, G. (2008). Prediction of brightness and surface area kinetics during coffee roasting. *Journal of Food Engineering*, 89, 156–163. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.04.026>
- Hikmahyuliani. (2018). *Pengaruh Penambahan Sorbitol Dan Tingkat Penyangraian Kopi Robusta Terhadap Karakteristik Dan Kemampuan Scavenging Radikal DPPH*. Universitas PGRI Semarang.
- Jokanović, M. R., Džinić, N. R., Cvetković, B. R., Grujić, S., & Odžaković, B. (2012). Changes of physical properties of coffee beans during roasting. *APTEFF*, 43, 21–31. <https://doi.org/10.2298/APT1243021J>
- Lee, L. W., Cheong, M. W., Curran, P., Yu, B., & Liu, S. Q. (2016). Modulation of coffee aroma via the fermentation of green coffee beans with *Rhizopus oligosporus*: II . Effects of different roast levels. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.073>
- Liu, C., Yang, Q., Linforth, R., Fisk, I. D., & Yang, N. (2019). Modifying robusta coffee aroma by green bean chemical pre-treatment. *Food Chemistry*, 272(July 2018), 251–257. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.226>
- Madiah, K. Y. K., Zaibunnisa, A. H., Norashikin, S., Rozita, O., & Misnawi, J. (2012). Optimization of roasting conditions for high-quality robusta coffee. In *APCBEE Procedia* (Vol. 4, pp. 209–214). Singapore. <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.11.035>
- Montavon, P., Mauron, A.-F., & Duruz, E. (2003). Changes in green coffee protein profiles during roasting. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 2335–2343. <https://doi.org/10.1021/jf020832b>
- Nunes, F. M., Cruz, A. C. S., & Coimbra, M. A. (2012). Insight into the mechanism of coffee melanoidin formation using modified “in bean” models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 8710–8719. <https://doi.org/10.1021/jf301527e>
- Oliveros, N. O., Hernández, J. A., Sierra-Espinosa, F. Z., Guardián-Tapia, R., & Pliego-Solórzano, R. (2017). Experimental study of dynamic porosity and its effects on simulation of the coffee beans roasting. *Journal of Food Engineering*, 199, 100–112. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.12.012>

- Perrone, D., Donangelo, R., Donangelo, C. M., & Farah, A. (2010). Modeling weight loss and chlorogenic acids content in coffee during roasting. *J. Agric. Food Chem.*, *58*, 12238–12243. <https://doi.org/10.1021/jf102110u>
- Uman, E., Colonna-dashwood, M., Colonna-dashwood, L., Perger, M., Klatt, C., Leighton, S., ... Hendon, C. H. (2016). The effect of bean origin and temperature on grinding roasted coffee. *Scientific Reports*, *6*(24483), 1–8. <https://doi.org/10.1038/srep24483>
- Wang, N., & Lim, L. (2012). Fourier transform infrared and physicochemical analyses of roasted Coffee. *J. Agric. Food Chem.*, *60*, 5446–5453. <https://doi.org/dx.doi.org/10.1021/jf300348e>
- Wang, X., & Lim, L. (2016). Investigation of CO₂ precursors in roasted coffee. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.095>
- Wei, F., Furihata, K., Koda, M., Hu, F., Miyakawa, T., & Tanokura, M. (2012). Roasting process of coffee beans as studied by Nuclear Magnetic Resonance: time course of changes in composition. *J. Agric. Food Chem.*, *60*, 1005–1012. <https://doi.org/dx.doi.org/10.1021/jf205315r>
- Yang, N., Liu, C., Liu, X., Kreuzfeldt, T., Munchow, M., & Fisk, I. (2016). Determination of volatile marker compounds of common coffee roast defects. *Food Chemistry*, *211*, 206–214. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.124>