

## KEUNGGULAN TEKNOLOGI FAR INFRARED (FIR) DIBANDINGKAN OVEN KONVENSIONAL

M Hadipernata dan R. Rachmat

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian

### ABSTRAK

Pembuatan produk kering telah banyak dilakukan melalui penggunaan teknologi pengeringan secara konveksi, konduksi maupun radiasi melalui pengering *vacuum*, *microwave* dan *thermal* konveksi lainnya. Metode pengeringan secara konveksi dan konduksi, selain memerlukan waktu, proses dan biaya relatif tinggi, juga sangat rentan terhadap timbulnya kerusakan atau perubahan nutrisi dan vitamin dari bahan. Produk cabe kering melalui radiasi FIR menunjukkan hasil yang lebih seragam dan higienis dengan perubahan nilai gizi yang minimal. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa proses pengeringan dengan teknologi FIR sangat efisien, hal ini terjadi karena proses pengeringan terjadi melalui mekanisme pemutusan molekul-molekul air ( $H_2O$ ) secara vibrasi atau getaran tanpa melalui media perantara (udara) seperti halnya pada proses konveksi dan konduksi. Air dan senyawa organik seperti protein dan pati sebagai komponen utama pada makanan menyerap energi FIR pada panjang gelombang lebih dari 2,5  $\mu m$

**Kata Kunci :** Pengeringan dengan Far Infra Red, Oven

### ABSTRACT

Most dried vegetable product are prepared using hot air dryer, however, this method is not suitable for dried vegetables that are to be used as ingredients in instant foods, since the rehydration rate of vegetables is too slow. The FIR drying process is expected to represent a new process for production of high quality dried foods at low cost. Substances absorb FIR energy most efficiently through the mechanism of change in molecular vibration state, which can lead to heating. Water and organic compounds such as proteins and starches, which are the main components of foodstuffs, absorb FIR energy at wavelengths greater than 2,5  $\mu m$ .

**Keywords :** Far Infra Red, oven, chili

### PENDAHULUAN

Setiap jenis atau varietas sayuran mempunyai warna, rasa, aroma dan kekerasan yang berbeda, sayuran merupakan bahan pangan yang penting untuk keseimbangan dalam konsumsi makanan. Bagian terbesar komponen sayuran adalah air yang bervariasi dengan kisaran 81-96%, kandungan proteininya 0,6-4,8%, lemak 0,1-1,0%, serta karbohidrat 2,9-11,3%. Sayuran merupakan salah satu sumber pro-vitamin A dan vitamin C, sumber kalsium serta zat besi, dan sedikit kalori dan elemen mikro. Sayuran digolongkan sebagai bahan pangan yang mudah rusak atau busuk (*perishable*) berdasarkan sifat dan kandungan zat gizinya. Sehingga usaha penanganan pascapanen sayuran harus dilakukan secara hati-hati untuk menekan kehilangan mutu.

Komoditas sayuran memiliki kemampuan menyerap gelombang dalam rentang panjang gelombang radiasi FIR, sehingga produksi sayuran kering dengan teknologi FIR akan menghasilkan produk dengan kualitas lebih baik dibandingkan dengan teknologi *thermal* konveksi dan konduksi lainnya. Proses pengeringan yang terjadi melalui teknologi FIR adalah melalui pemutusan ikatan molekul air yang menunjukkan fenomena

yang sangat efisien karena panas radiasi langsung menembus bagian dalam molekul dan memutus ikatan molekul air pada molekul bahan tanpa melalui media perantara (udara) seperti halnya pada proses konveksi dan konduksi.

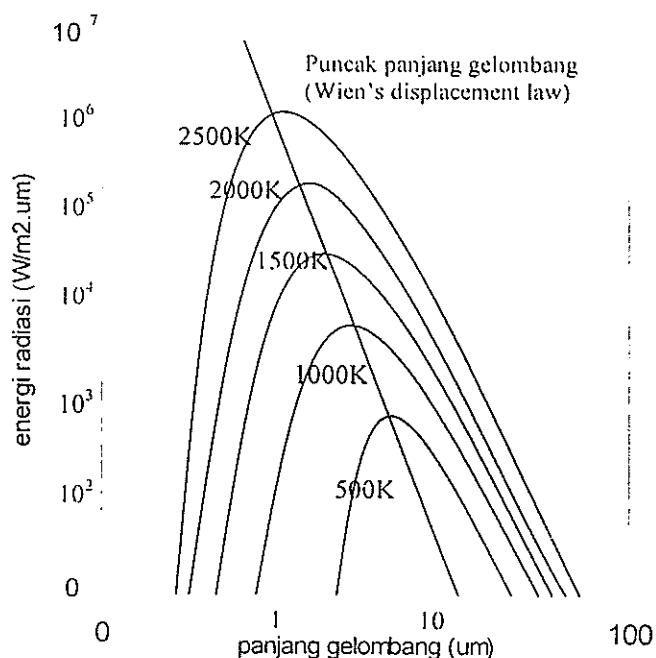
Radiasi FIR memiliki keunggulan dalam mengaktifkan sel-sel zat dalam bahan yang dikeringkan dan sangat bermanfaat untuk pengamanan karakteristik bahan kering karena perubahan karakteristik fisik dan kimia secara minimal serta daya simpan lama. Penggunaan teknologi tersebut diharapkan lebih layak secara ekonomis karena menggunakan sumber energi dari LPG (*Liquid Petroleum Gas*). Teknologi FIR dapat meningkatkan nilai tambah komoditas sayuran melalui produk sayuran kering berkualitas. Sayuran kering/instan melalui radiasi FIR menunjukkan hasil yang lebih baik dan higienis dengan nilai gizi yang stabil. Tujuan penelitian adalah membandingkan waktu proses pengeringan cabe metode FIR dengan oven konvensional pada suhu 60°C.

## PRINSIP DASAR PEMANAS FIR

Energi infrared merupakan energi elektromagnetik yang ditransmisikan sebagai gelombang yang melakukan penetrasi pada makanan, dan diubah menjadi panas. Radiasi infrared diklasifikasikan sebagai panjang gelombang antara cahaya biasa dengan microwaves (1-1000 mm). Dengan kata lain, radiasi infrared dibagi menjadi tiga kelas menurut panjang gelombangnya yaitu near infra red (NIR) 0,78-1,4  $\mu\text{m}$ , mid infrared (mid-IR) : 1,4 – 3  $\mu\text{m}$  dan far infrared 3 – 1000  $\mu\text{m}$ . Panjang gelombang dari emisi energi elektromagnetik pemanas FIR ada pada rentang 2,5-30  $\mu\text{m}$ , oleh sebab itu pemanas FIR biasanya diartikan sebagai pemanas radiatif yang berada pada panjang gelombang 2,5-30  $\mu\text{m}$ .

Pada gambar 1 dapat dijelaskan bahwa panjang gelombang dengan radiasi maksimum dari pemanas (puncak panjang gelombang) diartikan sebagai suhu dari pemanas. Hubungan ini dijelaskan dengan hukum dasar (Stefan Boltzman, Distribusi Planck's dan Wien's Displacement) untuk radiasi black body. Jumlah energi radiasi infrared yang dialirkan kemakinan pada oven FIR semakin meningkat dan puncak panjang gelombang semakin menurun pada suhu pemanas yang rendah. Suhu maksimum pada pemanas FIR yang biasanya dibuat dari keramik adalah 600-950 K, dengan puncak panjang gelombang yaitu 3-5  $\mu\text{m}$ . Pada pemanas NIR, suhu maksimum untuk radiator gelombang pendek seperti lampu tungsten filamen yaitu 2400-2500 K dengan puncak panjang gelombang 1,1-1,3  $\mu\text{m}$ .

Ketika energi radiasi elektromagnetik ditujukan kepada permukaan makanan, kemungkinan terjadi perubahan secara elektronik, vibrasi dan rotasi pada atom dan molekul. Beberapa macam mekanisme energi absorpsi diuraikan sesuai dengan rentang panjang gelombang energi radiasi : perubahan secara elektronik pada panjang gelombang 0,2-0,7  $\mu\text{m}$  (ultraviolet dan sinar cahaya), perubahan secara vibrasi ada pada rentang panjang gelombang 2,5-100  $\mu\text{m}$  (FIR), dan perubahan secara rotasi ada pada panjang gelombang lebih dari 100  $\mu\text{m}$  (microwaves). Penyerapan energi FIR lebih efisien melalui mekanisme perubahan dengan vibrasi atau getaran molekuler. Air dan senyawa organik seperti protein dan pati yang merupakan komponen utama pada makanan, menyerap energi FIR pada panjang gelombang lebih dari 2,5  $\mu\text{m}$ .



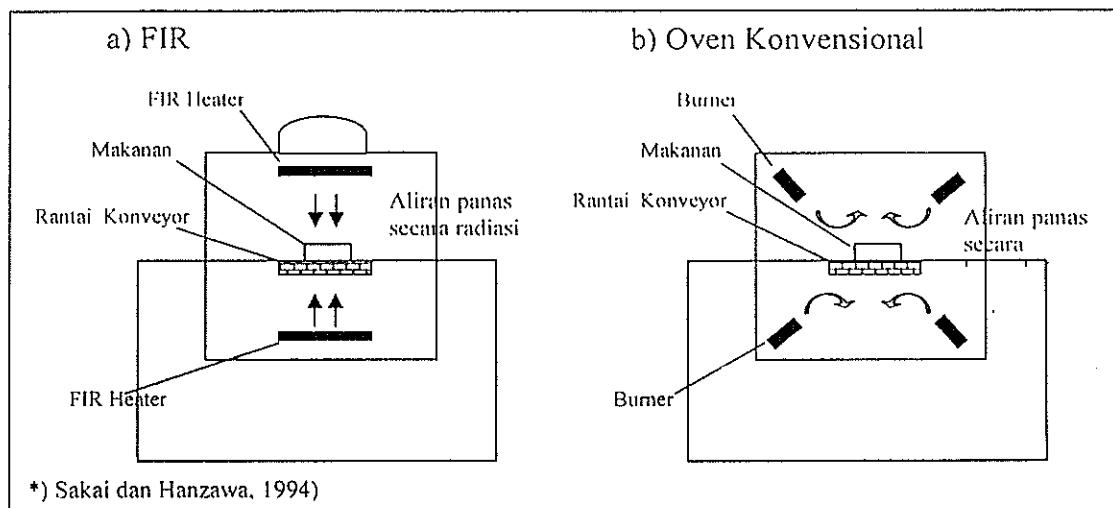
Gambar 1. Karakteristik spectral radiasi black body pada suhu yang berbeda

Penetrasi energi FIR kedalam makanan adalah faktor yang penting pada pemanas FIR. Hashimoto et al. (1991) melaporkan penetrasi energi FIR kedalam ubi, mempunyai kesimpulan bahwa jarak penyerapan energi FIR mempunyai dampak 1% untuk nilai awal sekitar 0,1-0,22 mm dibawah permukaan. Untuk memperkirakan profil suhu pada makanan, Sakai et al. (1994) membandingkan dua model matematika. Model satu diasumsikan sebagian dari energi iradiasi mempengaruhi makanan. Model lainnya mempunyai asumsi semua energi FIR diserap ke permukaan. Tidak ada perbedaan nyata dari hasil perhitungan antara dua model dan ditemukan bahwa kedalaman penetrasi energi FIR tidak berpengaruh kepada distribusi suhu. Studi ini membuat kejelasan bahwa pengaruh energi FIR sangat kecil dan hampir semuanya diubah menjadi panas pada permukaan makanan.

## KEUNGGULAN TEKNOLOGI FIR

Didalam industri pangan, permintaan metode pemanasan dengan radiasi far infrared (FIR) meningkat seiring dengan pengembangan pemanas FIR secara komersial. Pengembangan peralatan FIR semakin cepat dan ekonomis untuk pembangunan pabrik produk pangan yang bernilai nutrisi dan organoleptik yang tinggi.

Gambar 2 menjelaskan diagram prinsip pemanasan oven FIR dan oven konvensional. Di dalam oven FIR, panas dialirkan kepada makanan dengan radiasi elektromagnetik dari pemanas FIR. Rata-rata transfer energi antara pemanas dan makanan tergantung perbedaan suhu antara pemanas dan makanan. Emisi energi FIR dari pemanas dialirkan dengan udara dan di serap oleh makanan. Energi diubah menjadi panas melalui interaksi molekul di dalam makanan. Pada oven konvensional, panas dialirkan ke permukaan makanan secara konveksi dari aliran udara panas.



Gambar 2. Diagram (a) oven FIR dan (b) Oven Konvensional  
Pemanas FIR untuk pengolahan pangan mempunyai beberapa keunggulan yaitu :

- Efisiensi transfer panas kepada makanan sehingga mengurangi waktu proses dan biaya energi
- Udara didalam peralatan tidak panas dan suhu dapat dipertahankan pada level normal
- Memungkinkan untuk merancang piringan dan kontruksi otomatis dengan kemampuan kontrol dan keamanan yang tinggi.
- Pemanasan semakin seragam dibandingkan oven konvensional disebabkan permukaan irregularities pada makanan memiliki pengaruh yang kecil pada rata-rata transfer panas.
- kontrol kondisi nyata semakin dibutuhkan, sebab berbahaya jika kelebihan panas.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sasaki (1988), pada tabel 1 dapat dilihat keunggulan pemanas FIR dibandingkan oven konvensional yaitu biaya energi yang murah serta jumlah produksi yang tinggi.

Tabel 1. Keunggulan FIR dibandingkan pemanas konvensional

a) Oven untuk memanggang kue

Kriteria Perbandingan	Jenis Oven		Keunggulan FIR (A/B) X 100%
	FIR (A)	LPG (B)	
Konsumsi kalori	223.200 kj/jam	836.000 kj/jam	26,7%
Produksi	10.000 pieces/jam	10.000 pieces/jam	100%
Waktu Pemasakan	10 menit	15 menit	66,7%
Biaya Energi	¥ 1366/jam	¥ 1366/jam	54,5%

b) Oven untuk memasak ikan

Kriteria Perbandingan	Jenis Oven		Keunggulan FIR (A/B) X 100%
	FIR (A)	Nichrome (B)	
Panjang lintasan	9 m	19 m	47,4%
Produksi	1470 kg/hari	500 kg/hari	294%
Konsumsi listrik	0,06 kW/kg	0,23 kW/kg	26,1%

\*) Sasaki (1988)

## PENGERINGAN FIR

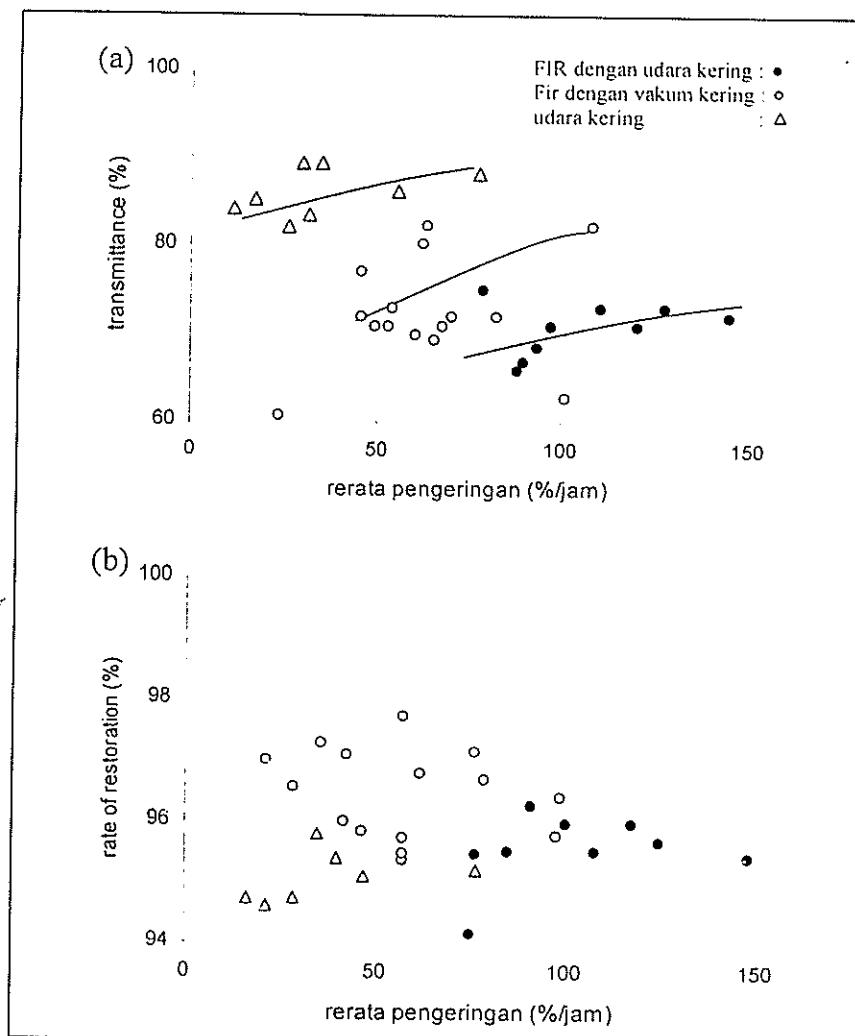
Pemanfaatan pengering FIR semakin berhasil untuk produk sayuran dan ikan laut. Hampir sebagian besar sayur kering dihasilkan dengan menggunakan pemanas udara/oven. Metode oven mulai tidak cocok untuk penggunaan sayuran kering yang dipakai sebagai bumbu pada makanan instan, sejak waktu rata-rata rehidrasi sayuran terlalu lama. Freeze drying sangat cocok digunakan untuk pengeringan sayuran namun terlalu mahal.

Proses pengeringan FIR diharapkan sebagai teknologi proses baru untuk menghasilkan makanan kering dengan kualitas tinggi tetapi biaya proses yang rendah. Penggunaan peralatan FIR memungkinkan untuk menekan biaya dan waktu pengeringan dan mengatur suhu dengan mudah. Satu-satunya kekurangan dari alat ini adalah ukuran sayuran yang dikeringkan tidak boleh tebal, harus kurang dari 5 mm supaya pengeringan dapat efisien.

Pada pengeringan sayuran, sangat penting untuk memberikan perhatian pada perubahan warna, rata-rata rehidrasi dan kandungan nutrisi pada makanan selain dari efisiensi pengeringan. Perubahan kimia pada klorofil dan karoten disebabkan panas dan oksidasi selama pengeringan. Gambar 3 menunjukkan data penelitian kualitas sayuran bawang kering dengan menggunakan 3 metode percobaan yaitu metode FIR dengan udara kering (•), Fir dengan vakum kering (○) dan udara kering (Δ).

Pada gambar 3a, ordinat menunjukkan transmittance ekstraksi alkohol pada sampel. Meningkatnya transmittance lebih dari 63% untuk bahan mentah menunjukkan penurunan kadar klorofil. Rata-rata pengeringan lebih besar dari 100%/jam menunjukkan pengeringan sudah selesai dalam waktu kurang dari 1 jam. Metode FIR dengan udara kering menunjukkan kehilangan klorofil sangat rendah karena waktu pengeringan pendek. Itoh dan Han (1994) melaporkan bahwa pengeringan FIR untuk wortel dan labu menghasilkan kehilangan β karoten yang rendah dibandingkan dengan pemanasan sinar matahari atau lampu radiasi infrared.

Rata-rata rehidrasi dipakai sebagai indikator mutu makanan. Makanan yang dikeringkan dibawah kondisi yang optimum akan cepat rusak dan rehidrasi semakin cepat dibandingkan makanan yang benar-benar kering. Pada gambar 3b, rata-rata restorasi didefinisikan sebagai rasio kandungan air pada sampel yang dikeringkan terhadap kandungan air awal. Sampel produk direhidrasi dengan air panas 90°C selama 3 menit. Dapat dilihat pada gambar, metode FIR dengan vakum menghasilkan rata-rata restorasi terbaik, metode FIR dengan udara kering menghasilkan warna terbaik. Laporan lain menunjukkan pengeringan FIR mengurangi kehilangan kandungan vitamin C dan komponen volatil atau flavor pada pengeringan "parsley" dan "yamato yam". Proses pengeringan FIR cocok untuk makanan dengan nilai ekonomi tinggi yang memiliki karakteristik flavor dan warna.



Gambar 3. Pengaruh metode pengeringan terhadap kualitas welsh onion kering (a) Hubungan antara rerata pengeringan dan kehilangan klorofil diukur dengan peningkatan transmittance yang diekstraks (b) Hubungan antara rerata pengeringan dengan rerata restorasi (Itoh K, 1986)

Pada Tabel 2 dapat dilihat hasil penelitian yang dilakukan oleh Rachmat et al. (2004) mengenai pengaruh pengeringan cabe segar dengan metode FIR terhadap komponen mutu yang dianalisa. Kadar vitamin C pada bahan segar yaitu 72,18 mg/100g sedangkan bahan yang telah dikeringkan dengan metode FIR yaitu 51,3 mg/100g. Penurunan kadar vitamin C yang rendah ini dimungkinkan karena kemampuan radiasi FIR dalam mempertahankan mutu suatu bahan. Demikian juga dengan kandungan VRS cabe segar 114,29 ppm menjadi 62 ppm pada cabe kering, atau menunjukkan kehilangan kadar VRS sekitar 45%. Pada penelitian pengeringan dengan suhu oven suhu 50°C, kadar VRS pada bawang daun segar adalah 22,58 mgrek/g sedangkan bawang daun kering 10,10 mgrek/g atau kehilangan kadar VRS 56% (Sinaga dan Histifarina, 2000).

Kadar VRS (Volatile Reducing Substances) merupakan zat-zat yang mudah menguap dalam suatu bahan atau produk yang mudah direduksi yaitu senyawa sulfur seperti profilsulfur dan profenilsulfur dan aldehid seperti asetaldehid dan propanolaldehid. Semakin tinggi kadar VRS pada suatu bahan menunjukkan mutu yang semakin baik.

Dengan perlakuan pengeringan, biasanya kadar VRS suatu bahan akan mengalami penurunan.

Proses pengeringan dapat mempengaruhi kualitas bahan yang dikeringkan, seperti perubahan penampakan dan perbedaan aroma yang disebabkan oleh kehilangan volatil atau pembentukan volatil baru sebagai akibat dari reaksi oksidasi ataupun reaksi esterifikasi (Diaz-Maroto, et al., 2002). Penambahan jumlah komponen terjadi pada rempah-rempah atau adanya pembentukan komponen baru, mungkin sebagai akibat reaksi oksidasi, hidrolisis bentuk glycosylated atau pelepasan senyawa mengikuti rusaknya dinding sel (Huopalahti, et al., 1985 di dalam Diaz-Maroto, 2002). Hal serupa mungkin terjadi pada produk sayuran yang memiliki senyawa volatil yang khas dan merupakan ciri utamanya, seperti seledri dan bawang putih.

Tabel 2. Hasil analisa pada sayuran segar dan sayuran kering

Jenis Sayuran Segar	Komponen Mutu		
	Vitamin C (mg/100g)	VRS (ppm)	Kadar Abu (%)
Cabe segar	72,18	114,29	1,09
Cabe kering (FIR)	51,3	62	1,1

\*) Rachmat et al (2004)

## KESIMPULAN

Produk cabe kering yang diproduksi melalui radiasi FIR menunjukkan hasil yang lebih seragam dan higienis dengan perubahan nilai gizi yang minimal. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa proses pengeringan dengan teknologi FIR sangat efisien, hal ini terjadi karena proses pengeringan terjadi melalui mekanisme pemutusan molekul-molekul air ( $H_2O$ ) secara vibrasi atau getaran tanpa melalui media perantara (udara) seperti halnya pada proses konveksi dan konduksi. Air dan senyawa organik seperti protein dan pati sebagai komponen utama pada makanan menyerap energi FIR pada panjang gelombang lebih dari  $2,5 \mu m$

## DAFTAR PUSTAKA

- Diaz-Maroto, M.C., Perez-Coello, M.S and Cabezudo, M.D. 2002. Effect of drying method on the volatiles in bay leaf (*laurus nobilis L.*). *J. Agric. Food Chem* 50, 4520-4524.
- Faulkner, Macon D., and Wratten, Finn T. 2002. The Louisiana state University Infrared rice dryer. Arsip dari LSU Ag. Research Center.
- Histifariana D. dan D. Musaddad, 1998. Pengaruh Cara Pelayuan Daun, Pengeringan dan Pemangkasan Daun terhadap Mutu dan Daya Simpan Bawang Merah. *J. Hort.* 8(1)1036-1047, 1998.
- Hashimoto, A., Takahashi, M., Honda, T., Shimizu,M., Watanabe,A dan Shibata, Y. (1991) *Kagaku kogaku Ronbunshu* 17, 634-638..
- Hashimoto, A, Igarashi, H., and Shimizu, N. 1992. Far-Infrared Irradiation Effect on Pasteurization of bacteria on or within wet-solid medium. *J. Chem. Engring. Jap.* 25(6):666-671.

- Rachmat, R., Lubis, S., Hadipernata, M., Agustinisari, I., Sudaryono. 2004. Penelitian Produksi Sayuran Instan dengan Teknologi Far Infrared. Jakarta
- Sakai, N dan T. Hanzawa. 1994. Applications and advances in far-infrared heating in Japan. Trends in Food Sciences & Technology : vol 5 No 11.
- Samwal, A.D., Sharma, G.K dan Arya, S.S. 1995. Flavour degradation in dehydrated convenience foods : Changes in carbonyls in quick-cooking rice and Bengalgram dhal. Food Chemistry 57 (2). Elsevier, Great Britain.
- Saravagos, G.D. 1993. Technological Development in Fruit and Vegetable Dehydration in Food Flavours : Ingredients and Composition. Elsevier Publ., Great Britain.
- Sasaki, T. (1988). Ceramics 23. 322-327
- Sinaga R.M. dan D. Histifarina. 2000. Peningkatan Mutu Bawang Putih Irisan Kering dengan Prosedur Perendaman dalam Larutan Natrium Bisulfit. J. Hort.0(4):307-313,2000.