

**CHARACTERISTICS OF COCOA POD PEEL EXTRACT AS A NATURAL COLORANT IN VARIATION OF SOLVENT TYPE AND EXTRACTION POWER BY MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION METHOD**

**KARAKTERITIK EKSTRAK KULIT BUAH KAKAO SEBAGAI PEWARNA ALAMI PADA VARIASI JENIS PELARUT DAN DAYA EKSTRAKSI DENGAN METODE MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION**

**Dwy Ristika Sari Agustina, Gusti Putu Ganda Putra\*, Amna Hartiati**

Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Indonesia

Diterima 11 Agustus 2024 / Disetujui 17 September 2024

**ABSTRACT**

*Cocoa pods contain flavonoid compounds that can be used as natural colourants. These compounds can be obtained through an extraction process, one of which uses the Microwave Assisted Extraction method. This study was conducted to determine the effect of solvent type and power on extraction using the Microwave Assisted Extraction method on the characteristics of cocoa fruit skin extract and to determine the best combination of solvent type and power to produce cocoa fruit skin extract as a natural colourant. The experimental design used was factorial randomized block design with 2 factors grouped based on the time of implementation. The first factor is the type of solvent consisting of 3 type, namely ethanol, methanol, and acetone. The second factor is extraction power consisting of 3 levels, namely 300, 450, and 600 watts. The data were analyzed by analysis of variance and continued with Tukey test. The results showed that the type of solvent and extraction power and their interaction had a very significant effect on yield, total flavonoids,  $L^*a^*b^*$  color intensity, but the treatment of solvent type and power and their interaction did not significantly affect the colour scoring and liking of cocoa pod skin extract. From the effectiveness index test, the best treatment to obtain cocoa pod skin extract as a natural dye was ethanol solvent and 600 watts power, with characteristics of yield  $4.56 \pm 0.27\%$ , total flavonoids  $9.48 \pm 0.30$  mg QE/g,  $L^* 37.55 \pm 1.34$ ,  $a^* 26.55 \pm 0.92$ ,  $b^* 58.6 \pm 1.70$ , colour scoring  $4.55 \pm 0.60$  (less bright brown - not bright brown), and liking  $4.25 \pm 0.64$  (neutral - somewhat like).*

**Keywords:** solvent type, extraction power, cocoa pods, natural colourant, extraction

**ABSTRAK**

Kulit buah kakao mengandung senyawa flavonoid yang dapat digunakan sebagai pewarna alami. Senyawa tersebut dapat diperoleh melalui proses ekstraksi, salah satu diantaranya menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jenis pelarut dan daya pada ekstraksi menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* terhadap karakteristik ekstrak kulit buah kakao serta menentukan kombinasi terbaik perlakuan jenis pelarut dan daya untuk menghasilkan ekstrak kulit buah kakao sebagai pewarna alami. Rancangan percobaan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Kelompok factorial dengan 2 faktor yang dikelompokkan berdasarkan waktu pelaksanaan. Faktor pertama adalah jenis pelarut yang terdiri dari 3 jenis yaitu etanol, metanol, dan aseton. Faktor kedua adalah daya ekstraksi yang terdiri dari 3 taraf yaitu 300, 450, dan 600 watt. Data dianalisis dengan analisis varian dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur. Hasil penelitian

---

\* Korespondensi Penulis :

Email: [gandaputra@unud.ac.id](mailto:gandaputra@unud.ac.id)

menunjukkan jenis pelarut dan daya ekstraksi serta interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen, total flavonoid, intensitas warna  $L^*a^*b^*$ , tetapi perlakuan jenis pelarut dan daya serta interaksinya tidak berpengaruh nyata terhadap skoring warna dan kesukaan ekstrak kulit buah kakao. Dari uji indeks efektivitas diperoleh perlakuan terbaik untuk mendapatkan ekstrak kulit buah kakao sebagai pewarna alami adalah pelarut etanol dan daya 600 watt, dengan karakteristik rendemen  $4,56 \pm 0,27\%$ , total flavonoid  $9,48 \pm 0,30$  mg QE/g,  $L^* 37,55 \pm 1,34$ ,  $a^* 26,55 \pm 0,92$ ,  $b^* 58,6 \pm 1,70$ , skoring warna  $4,55 \pm 0,60$  (coklat kurang cerah - coklat tidak cerah), dan kesukaan  $4,25 \pm 0,64$  (netral - agak suka).

**Kata kunci:** jenis pelarut, daya ekstraksi, kulit buah kakao, pewarna alami, ekstraksi

## PENDAHULUAN

Hasil perkebunan kakao merupakan salah satu komoditas hasil perkebunan cukup penting dalam penyumbang perekonomian di Indonesia dan terdapat 75,52% hasil samping kulit buah kakao dari buah kakao segar yang masih belum dimaksimalkan pemanfaatannya. Salah satu pemanfaatan kulit buah kakao dapat difungsikan sebagai pewarna alami. Zat pewarna alami aman digunakan dibandingkan dengan zat pewarna sintetik, senyawa yang digunakan biasanya seperti pigmen karotenoid, kurkumin, antosianin, dan pigmen lainnya yang terkandung dalam jaringan buah, bunga, daun, batang maupun akar tanaman (Sampebarra, 2018). Salah satu contohnya, yaitu pada kulit buah kakao mengandung pigmen flavonoid yang dapat digunakan sebagai pewarna alami. Flavonoid memiliki pigmen warna kuning, orange, biru, dan ungu (Arifin et al., 2018)

Proses ekstraksi memungkinkan terjadinya pemisahan pigmen kulit buah kakao tanpa harus mengganggu atau bahkan mengubah sifat pewarna yang dihasilkan oleh pigmen tersebut. Salah satu proses ekstraksi menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* (MAE) yang memiliki keunggulan yaitu waktu ekstraksi yang singkat, pelarut yang digunakan sedikit, dan sesuai untuk konstituen termolabil, sehingga memberikan proses ekstraksi yang lebih efisien (Ingrath et al., 2015). Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan ekstraksi dengan menggunakan metode MAE, seperti faktor jenis pelarut, ukuran partikel, daya microwave, waktu ekstraksi, suhu microwave, serta rasio bahan dan pelarut.

Pada penelitian Sumantining et al. (2022), ekstraksi kulit buah kakao menggunakan metode MAE memperlihatkan bahwa perlakuan jenis pelarut dan ukuran menghasilkan nilai rata-rata rendemen tertinggi ekstrak kulit buah kakao yaitu pada pelarut metanol dengan nilai sebesar  $12,23 \pm 0,61\%$  kemudian diikuti pelarut etanol memiliki nilai  $11,40 \pm 0,49\%$  dan aseton dengan nilai  $10,40 \pm 0,51\%$ . Luviana et al. (2023) menyatakan bahwa ekstraksi daun pepaya menggunakan metode MAE pada perlakuan pelarut dan daya microwave mendapatkan hasil terbaik pada perlakuan jenis pelarut metanol dan daya 150 watt dengan rendemen ekstrak sebesar 72,41%. Pratiwi et al. (2023) menyatakan bahwa ekstrak kulit buah kakao menggunakan metode MAE dengan perlakuan waktu dan daya microwave mendapatkan hasil terbaik pada perlakuan daya 600 watt dengan waktu 6 menit. Gala et al. (2016) pada ekstraksi bahan pewarna alami dari kayu mahoni menggunakan metode MAE pada perlakuan waktu dan daya microwave mendapatkan hasil terbaik pada perlakuan daya 380 watt.

Berdasarkan hasil dari penelitian sebelumnya, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh jenis pelarut dan daya pada ekstraksi menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* terhadap karakteristik ekstrak kulit buah kakao sebagai sumber pewarna alami serta menentukan jenis pelarut dan daya yang tepat pada ekstraksi kulit buah kakao menggunakan metode *Microwave Assisted Extraction* untuk menghasilkan ekstrak kulit buah kakao sebagai sumber pewarna alami

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan adalah kulit buah kakao jenis *forastero*/lindak yang diperoleh dari kebun Ekasari, Kecamatan Melaya, Kabupaten Jembrana, Bali. Bahan-bahan kimia yang digunakan antara lain pelarut etanol teknis 95%, pelarut metanol teknis 95%, pelarut aseton teknis 95%, kuersetin (Sigma Aldrich), aquades, NaNO<sub>2</sub> 10% (Merck), AlCl<sub>3</sub> 5% (Merck), NaOH 1% (Merck), HaCl (Merck), Natrium Asetat (Merck).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *microwave* (Samsung), oven *dryer* (ESCO Isotherm OFA-110-8), blender (Miyako), ayakan 60 mesh (Retsch D-42759 HAAN), timbangan analitik (Ohaus), kertas saring Whattman No.1, rotary vacuum evaporator (IKA RV 10 basic), Spektrofotometer Uv-Vis (Geneves 10S UV-Vis), botol kaca berwarna gelap, vortex (Thermo), tabung reaksi (Iwaki), rak tabung reaksi, erlenmeyer (Iwaki), pipet volume, pipet mikro (Socorex), gelas ukur (Iwaki), gelas beaker (Iwaki), labu didih (Durhan), labu ukur (Iwaki), colorimetri, pisau, talenan, pot cream

### Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola faktorial dengan 2 faktor. Faktor pertama yaitu jenis pelarut (P) yang terdiri dari 3 jenis yaitu etanol, metanol, aseton dan faktor kedua yaitu daya *microwave* (D) yang terdiri dari 3 taraf yaitu 300 watt, 450 watt, dan 600 watt. Analisis data dilakukan dengan analisis varian (ANOVA) apabila perlakuan berpengaruh, maka akan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dan penentuan perlakuan terbaik dengan uji indeks efektifitas (De Garmo et al., 1984)

### Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan bubuk kulit buah kakao pada penelitian ini mengikuti prosedur penelitian Barus et al. (2023) dengan sedikit modifikasi. Kulit buah kakao dibersihkan terlebih dahulu dengan tujuan untuk membersihkan kotoran yang menempel pada kulit dan ditiriskan kemudian dipotong kecil-kecil. Setelah itu, dikeringkan menggunakan pengering selama 24 jam dengan suhu 50°C sampai kadar air  $\pm 7\%$ . Kemudian diblender untuk menghancurkan kulit buah kakao lalu disaring dengan ayakan 60 mesh

Pembuatan ekstrak kulit buah kakao pada penelitian ini mengikuti prosedur penelitian Pratyaksa et al. (2019) dengan sedikit perubahan pada berat bahan dan volume pelarut. Bubuk kulit kakao ditimbang sebanyak 25 gram dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer dengan ditambahkan pelarut sesuai perlakuan (etanol 95%, metanol 95%, dan aseton 95%) sebanyak 250 ml sehingga mendapatkan perbandingan 1:10. Kemudian bubuk kulit buah kakao diekstrak menggunakan metode MAE selama 6 menit dengan daya sesuai perlakuan yang telah ditentukan (300, 450, 600 watt). Setelah itu hasil ekstraksi disaring menggunakan kertas Whatman no 1 sehingga menghasilkan filtrat. Filtrat yang didapatkan, dipekatkan dengan *rotary evaporator* menggunakan 100 mBar dengan suhu 40°C dengan kecepatan putaran 60 rpm. Ekstrak kental kulit buah kakao disimpan ke pot cream dan siap dianalisis.

### Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati pada penelitian ini adalah rendemen ekstrak (Sudarmadji et al., 1989), total flavonoid (Chang et al., 2002), L\*a\*b\* (Weaver et al., 1996) dan uji organoleptik (Soekarto, 1985)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Rendemen**

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan jenis pelarut dan daya ekstraksi menggunakan metode MAE serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ( $p \leq 0,01$ ) terhadap rendemen ekstrak kulit buah kakao. Nilai rata-rata rendemen (%) ekstrak kulit buah kakao yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai rata-rata rendemen (%) ekstrak kulit buah kakao pada perlakuan jenis pelarut dan daya ekstraksi

Daya (Watt)	Jenis Pelarut (P)		
	P1 (etanol)	P2 (metanol)	P3 (aseton)
D1 (300)	2,75 ± 0,18 <sup>c</sup>	2,98 ± 1,00 <sup>c</sup>	0,79 ± 0,46 <sup>d</sup>
D2 (450)	3,28 ± 0,03 <sup>c</sup>	3,77 ± 0,16 <sup>c</sup>	1,02 ± 0,19 <sup>d</sup>
D3 (600)	4,56 ± 0,27 <sup>b</sup>	6,34 ± 0,16 <sup>a</sup>	1,16 ± 0,21 <sup>d</sup>

Keterangan: Huruf yang sama dibelakang nilai rata-rata menunjkn tidak berbeda nyata pada Uji BNJ dengan taraf kesalahan 5% ( $p \leq 0,05$ )

Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil rata-rata rendemen ekstrak kulit buah kakao tertinggi diperoleh dari perlakuan ekstraksi dengan jenis pelarut metanol dan daya 600 watt yaitu sebesar  $6,34 \pm 0,16\%$ , sedangkan rata-rata rendemen terendah diperoleh dari perlakuan ekstraksi dengan jenis pelarut aseton dan daya 300 watt yaitu  $0,79 \pm 0,46\%$ , tidak berbeda nyata dengan perlakuan ekstraksi dengan jenis pelarut aseton dan daya 450 watt yaitu  $1,02 \pm 0,19\%$  dan perlakuan ekstraksi dengan jenis pelarut aseton dan daya 600 watt yaitu  $1,16 \pm 0,21\%$ . Hasil rendemen paling tinggi menggunakan jenis pelarut metanol kemudian etanol dan disusul dengan aseton. Hal ini dikarenakan konstanta dielektrik yang dimiliki oleh setiap pelarut berbeda. Pelarut metanol memiliki nilai konstanta dielektrik lebih tinggi dibandingkan dengan etanol dan aseton yaitu sebesar 33,60, kemudian etanol sebesar 24,30 dan aseton sebesar 20,70 (Khotimah et al., 2018). Setiap pelarut menunjukkan sifat kepolarannya masing-masing, semakin tinggi nilai konstanta dielektriknya maka pelarut semakin polar. Hal ini sesuai dengan penelitian Sumantining et al, (2022) tentang ekstrak kulit buah kakao menggunakan *microwave assisted extaction* pada variasi jenis pelarut dan ukuran partikel mendapatkan rendemen tertinggi pada pelarut metanol 90% kemudian diikuti oleh etanol 90% dan aseton 90%.

Hasil rendemen juga meningkat pada daya 450 watt dengan menggunakan waktu yang optimum yaitu 6 menit. Efisiensi ekstraksi dengan gelombang mikro meningkat seiring dengan peningkatan daya. Dengan meningkatnya daya maka suhu ekstraksi akan semakin meningkat sehingga membantu memecahkan dinding sel bahan kulit buah kakao. Hal ini sesuai dengan penelitian Barqi (2015) bahwa daya 450 watt menghasilkan rendemen minyak mikroalga lebih besar dibandingkan dengan daya 300 watt, semakin tinggi daya maka dinding sel semakin rusak sehingga senyawa yang keluar semakin banyak.

**Total Flavonoid**

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan jenis pelarut dan daya ekstraksi menggunakan metode MAE serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ( $p \leq 0,01$ ) terhadap total flavonoid ekstrak kulit buah kakao. Nilai rata-rata total flavonoid (mg QE/g) ekstrak kulit buah kakao yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil rata-rata total flavonoid ekstrak kulit buah kakao tertinggi

diperoleh dari perlakuan ekstraksi dengan jenis pelarut etanol dan daya 600 watt yaitu sebesar  $9,48 \pm 0,30$  mg QE/g, tidak berbeda nyata dengan perlakuan ekstraksi dengan jenis pelarut etanol dan daya 450 watt yaitu  $9,39 \pm 0,26$  mg QE/g, sedangkan rata-rata total flavonoid terendah diperoleh dari perlakuan ekstraksi dengan jenis pelarut aseton dan daya 300 watt yaitu  $2,99 \pm 1,79$  mg QE/g, tidak berbeda nyata dengan perlakuan ekstraksi dengan jenis pelarut aseton dan daya 450 watt yaitu  $4,90 \pm 0,23$  mg QE/g dan perlakuan ekstraksi dengan jenis pelarut metanol dan daya 300 watt yaitu  $6,00 \pm 0,19$  mg QE/g.

Tabel 2. Nilai rata-rata total flavonoid (mg QE/g) ekstrak kulit buah kakao pada perlakuan jenis pelarut dan daya ekstraksi

Daya (Watt)	Jenis Pelarut (P)		
	P1 (etanol)	P2 (metanol)	P3 (aseton)
D1 (300)	$9,27 \pm 0,08^b$	$6,00 \pm 0,19^d$	$2,99 \pm 1,79^d$
D2 (450)	$9,39 \pm 0,26^a$	$7,58 \pm 0,82^c$	$4,90 \pm 0,23^d$
D3 (600)	$9,48 \pm 0,30^a$	$7,83 \pm 0,68^c$	$6,61 \pm 0,63^c$

Keterangan: Huruf yang sama dibelakang nilai rata-rata menunjukkkn tidak berbeda nyata pada Uji BNJ dengan taraf kesalahan 5% ( $p \leq 0,05$ )

Suatu senyawa akan larut pada pelarut dengan tingkat kepolaran yang sama, dan senyawa yang terekstrak adalah senyawa dengan tingkat kepolaran yang sama dengan pelarut yang digunakan. Pelarut etanol lebih baik melarutkan senyawa flavonoid dalam kulit buah kakao karena memiliki tingkat kepolaran yang hampir sama dengan senyawa flavonoid (Sumantining et al., 2022). Penelitian Verdiana et al. (2018) menunjukkan bahwa ekstrak kulit buah lemon yang menggunakan pelarut etanol memiliki jumlah flavonoid tertinggi.

Peningkatan suhu yang terjadi saat daya *microwave* meningkat untuk ekstraksi menyebabkan dinding sel akan pecah, yang memungkinkan pelarut untuk mengeluarkan zat terlarut dari zat pelarut (Luviana et al., 2023). Semakin banyak daya yang digunakan, semakin mudah pelarut mengekstrak zat aktif, sehingga jumlah flavonoid yang dihasilkan akan meningkat. Hal ini didukung oleh penelitian Pratiwi et al. (2023) tentang ekstraksi kulit buah kakao dengan bantuan *microwave* yang dilakukan pada berbagai waktu dan daya. Penelitian ini menemukan bahwa dengan daya *microwave* 600 watt, ekstraksi ini menghasilkan jumlah flavonoid tertinggi.

### Tingkat kecerahan (L\*)

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan jenis pelarut dan daya ekstraksi menggunakan metode MAE serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ( $p \leq 0,01$ ) terhadap intensitas warna (L\*) ekstrak kulit buah kakao. Nilai rata-rata intensitas warna (L\*) ekstrak kulit buah kakao yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai rata-rata intensitas warna (L\*) ekstrak kulit buah kakao pada perlakuan jenis pelarut dan daya ekstraksi

Daya (Watt)	Pelarut (P)		
	P1 (etanol)	P2 (metanol)	P3 (aseton)
D1 (300)	$24,15 \pm 1,34^b$	$26,7 \pm 0,99^b$	$14,96 \pm 2,88^c$
D2 (450)	$27,15 \pm 1,20^b$	$26,1 \pm 0,57^b$	$14,88 \pm 1,58^c$
D3 (600)	$37,55 \pm 1,34^a$	$21,45 \pm 1,20^b$	$14,76 \pm 0,34^c$

Keterangan: Huruf yang sama dibelakang nilai rata-rata menunjukkkn tidak berbeda nyata pada Uji BNJ dengan taraf kesalahan 5% ( $p \leq 0,05$ )

Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil rata-rata intensitas warna ( $L^*$ ) ekstrak kulit buah kakao tertinggi diperoleh dari perlakuan ekstraksi dengan jenis pelarut etanol dan daya 600 watt yaitu sebesar  $37,55 \pm 1,34$  sedangkan rata-rata nilai  $L^*$  terendah diperoleh dari perlakuan ekstraksi dengan jenis pelarut aseton dan daya 600 watt yaitu  $14,76 \pm 0,34$ , tidak berbeda nyata dengan perlakuan ekstraksi dengan jenis pelarut aseton dan daya 450 watt yaitu  $14,88 \pm 1,58$  dan perlakuan ekstraksi dengan jenis pelarut aseton dan daya 300 watt yaitu  $14,96 \pm 2,88$ . Penggunaan pelarut etanol lebih efektif dalam menghasilkan kadar flavonoid yang tinggi, sehingga kadar flavonoid yang rendah akan menghasilkan warna ekstrak yang tidak terlalu gelap (Fikri et al., 2020). Suhu meningkat menyebabkan dinding sel pecah, yang memungkinkan komponen bioaktif terlarut untuk mempengaruhi kadar flavonoid yang dihasilkan, sehingga daya yang rendah menghasilkan nilai  $L^*$  yang tinggi.

Nilai  $L^*$  berkisar dari 0-100, dan semakin tinggi nilainya maka semakin cerah (Weaver, 1996). Dalam penelitian ini, nilai  $L^*$  tertinggi ditemukan pada pelarut etanol dengan daya 600 watt dan pelarut aseton dengan daya 450 watt. Ini mungkin karena oksidasi, yang menghasilkan senyawa aktif yang terkstrak lebih sedikit daripada etanol tetapi tingkat kecerahannya lebih rendah. Dalam penelitian Wahyuni et al. (2021), sifat ekstrak daun singkong pada berbagai jenis pelarut menunjukkan bahwa warna  $L^*$  tertinggi ditemukan pada pelarut etanol dan nilai  $L^*$  terendah ditemukan pada pelarut etil asetat, yang disebabkan oleh oksidasi. Menurut Boy et al. (2016), warna pigmen yang ada akan berubah karena waktu penyimpanan dan pigmen yang berubah dengan oksigen.

### Tingkat kemerahan ( $a^*$ )

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan jenis pelarut dan daya ekstraksi menggunakan metode MAE serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ( $p \leq 0,01$ ) terhadap intensitas warna ( $a^*$ ) ekstrak kulit buah kakao. Nilai rata-rata intensitas warna ( $a^*$ ) ekstrak kulit buah kakao yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai rata-rata intensitas warna ( $a^*$ ) ekstrak kulit buah kakao pada perlakuan jenis pelarut dan daya ekstraksi

Daya (Watt)	Pelarut (P)		
	P1 (etanol)	P2 (metanol)	P3 (aseton)
D1 (300)	$10,55 \pm 0,64e$	$14,25 \pm 1,63c$	$6,40 \pm 3,96e$
D2 (450)	$16,95 \pm 1,63b$	$13,55 \pm 0,21d$	$7,95 \pm 0,49e$
D3 (600)	$26,55 \pm 0,92a$	$12,00 \pm 2,55e$	$5,05 \pm 0,64e$

Keterangan: Huruf yang sama dibelakang nilai rata-rata menunjukkan tidakberbeda nyata pada Uji BNJ dengan taraf kesalahan 5% ( $p \leq 0,05$ )

Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil rata-rata intensitas warna ( $a^*$ ) ekstrak kulit buah kakao tertinggi diperoleh dari perlakuan ekstraksi dengan jenis pelarut etanol dan daya 600 watt yaitu sebesar  $26,55 \pm 0,92$  sedangkan rata-rata nilai  $a^*$  terendah diperoleh dari perlakuan ekstraksi dengan jenis pelarut aseton dan daya 600 watt yaitu  $5,05 \pm 0,64$ , tidak berbeda nyata dengan perlakuan ekstraksi dengan jenis pelarut aseton dan daya 300 watt yaitu  $6,40 \pm 3,96$ , tidak berbeda nyata dengan jenis pelarut aseton dan daya 450 watt yaitu  $7,95 \pm 0,49$ , tidak berbeda nyata dengan perlakuan jenis pelarut etanol dan daya 300 watt yaitu  $10,55 \pm 0,64$  dan tidak berbeda nyata dengan jenis pelarut metanol dan daya 600 watt yaitu  $12,00 \pm 2,55$ . Nilai warna  $a^*$  terdiri dari a derajat hijau ( $a^*-$ ) hingga merah ( $a^*+$ ). Semakin tinggi nilai plus maka warna yang dihasilkan lebih merah.

Dalam penelitian ini, nilai  $a^*$  ekstrak kulit buah kakao pada pelarut etanol dengan daya 600 watt menghasilkan warna yang lebih merah kecoklatan daripada pelarut metanol atau aseton. Ekstrak kulit buah kakao mengandung senyawa flavonoid yang menghasilkan warna merah kecoklatan. Karena tingkat kepolaran pelarut etanol yang mendekati senyawa polifenol, pelarut etanol dapat menghasilkan total fenolik lebih banyak daripada pelarut aseton atau metanol. Oleh karena itu, pelarut etanol dapat menghasilkan total fenolik lebih banyak daripada pelarut aseton atau metanol (Sumantining et al., 2022)

Semakin tinggi nilai  $a^*$  yang dihasilkan maka akan semakin tinggi nilai flavonoid yang dihasilkan. Pratiwi et al. (2023) menyatakan bahwa daya 600 watt dapat menghasilkan total flavonoid yang lebih tinggi dibandingkan dengan daya 300 watt dan 450 watt, hal ini dikarenakan daya microwave dapat memecahkan dinding sel matriks tanaman dengan baik dan menyebar dengan komponen pelarut (Alara et al., 2019).

### Tingkat kekuningan ( $b^*$ )

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan jenis pelarut dan daya ekstraksi menggunakan metode MAE serta interaksinya berpengaruh sangat nyata ( $p \leq 0,01$ ) terhadap intensitas warna ( $b^*$ ) ekstrak kulit buah kakao. Nilai rata-rata intensitas warna ( $b^*$ ) ekstrak kulit buah kakao yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai rata-rata intensitas warna ( $b^*$ ) ekstrak kulit buah kakao pada perlakuan jenis pelarut dan daya ekstraksi

Daya (Watt)	Pelarut (P)		
	P1 (etanol)	P2 (metanol)	P3 (aseton)
D1 (300)	50,60 ± 0,28c	55,3 ± 1,84b	38,45 ± 0,64e
D2 (450)	56,1 ± 0,85b	48,3 ± 1,13d	35,15 ± 1,91f
D3 (600)	58,6 ± 1,70a	44,15 ± 2,90d	30,4 ± 0,42f

Keterangan: Huruf yang sama dibelakang nilai rata-rata menunjukkan tidak berbeda nyata pada Uji BNJ dengan taraf kesalahan 5% ( $p \leq 0,05$ )

Tabel 5 menunjukkan bahwa hasil rata-rata intensitas warna ( $b^*$ ) ekstrak kulit buah kakao tertinggi diperoleh dari perlakuan ekstraksi dengan jenis pelarut etanol dan daya 600 watt yaitu sebesar 58,6 ± 1,70 sedangkan rata-rata nilai  $b^*$  terendah diperoleh dari perlakuan ekstraksi dengan jenis pelarut aseton dan daya 600 watt yaitu 30,4 ± 0,42, tidak berbeda nyata dengan perlakuan ekstraksi dengan jenis pelarut aseton dan daya 450 watt yaitu 35,15 ± 1,91. Nilai  $b^*$  menunjukkan derajat kuning ( $b^{*+}$ ) hingga biru ( $b^{*-}$ ). Semakin plus nilai yang dihasilkan maka warna akan semakin kuning. Warna kuning yang dihasilkan disebabkan oleh senyawa flavonoid. Flavonoid dapat ditemukan dalam tanaman yang terlibat untuk memproduksi pigmen warna kuning, orange, biru, dan ungu baik berasal dari buah, bunga atau daun (Arifin et al., 2018)

Pada hasil penelitian ini, nilai  $b^*$  tertinggi yaitu pada perlakuan pelarut etanol dan nilai  $b^*$  terendah yaitu pada perlakuan jenis aseton, hal ini sesuai dengan hasil total flavonoid yang didapatkan, bahwa pelarut etanol memiliki tingkat kepolaran yang hampir sama dengan senyawa flavonoid sehingga menghasilkan pigmen warna kuning. Semakin banyak total flavonoid yang terkandung maka pigmen yang dihasilkan akan semakin baik (Suharyanti, 2017)

Perlakuan daya 600 watt maka menghasilkan total flavonoid yang banyak. Daya tinggi berkontribusi pada peningkatan total flavonoid yang dihasilkan karena energi gelombang mikro yang tinggi meningkatkan suhu dan tekanan dalam sistem ekstraksi (Savitri, 2020). Peningkatan daya *microwave* menghasilkan peningkatan kadar flavonoid total, yang disebabkan oleh

peningkatan suhu dan tekanan yang mempercepat pemecahan sel-sel tanaman (Lohita et al., 2020) sehingga total flavonoid yang dihasilkan mencapai nilai tertinggi, yang berimplikasi positif terhadap kualitas pigmen yang dihasilkan.

### Skoring warna

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan jenis pelarut dan daya ekstraksi menggunakan metode MAE serta interaksinya tidak berpengaruh nyata ( $p \leq 0,01$ ) terhadap organoleptik skor warna pada ekstrak kulit buah kakao. Nilai rata-rata organoleptik skor warna ekstrak kulit buah kakao yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai rata-rata skoring warna ekstrak kulit buah kakao pada perlakuan jenis pelarut dan daya ekstraksi

Daya (Watt)	Pelarut (P)			Rata-rata
	P1 (etanol)	P2 (metanol)	P3 (aseton)	
D1 (300)	4,00	3,35	2,55	3,30± 0,73a
D2 (450)	4,05	3,45	2,45	3,32± 0,81a
D3 (600)	4,55	3,20	2,40	3,38± 1,09a
Rata-rata	4,20± 0,30a	3,33± 0,13a	2,47± 0,08a	

Keterangan: Huruf sama di belakang nilai rata-rata menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf kesalahan 5% ( $p \leq 0,05$ )  
 Keterangan skoring : coklat cerah diberi skor (1), coklat cukup cerah diberi skor (2), coklat kurang cerah diberi skor (3), coklat tidak cerah diberi skor (4) dan coklat sangat tidak cerah diberi skor (5).

Tabel 6 menunjukkan nilai rata-rata penilaian terhadap uji skoring warna ekstrak kulit buah kakao menggunakan pelarut etanol menghasilkan nilai rata-rata tertinggi yaitu  $4,20 \pm 0,30$  (coklat kurang cerah-coklat tidak cerah), sedangkan menggunakan pelarut aseton menghasilkan rata-rata terendah yaitu  $2,47 \pm 0,08$  (coklat cukup cerah-coklat cerah). Rata-rata panelis memberikan nilai tertinggi pada warna yang dihasilkan menggunakan pelarut etanol, hal ini dapat terjadi dikarenakan pelarut etanol dapat mengekstrak dan menghasilkan warna yang lebih coklat dibandingkan dengan pelarut yang lain, tingkat kepolaran etanol yang hampir mirip dengan senyawa yang terkandung dari kulit kakao seperti polifenol, flavonoid membuat pelarut etanol menghasilkan pigmen warna yang lebih baik. Penggunaan pelarut etanol lebih efektif saat proses ekstraksi karena dapat larut dengan baik dalam komponen-komponen yang terkandung dalam kulit kakao, sehingga memperbesar kemungkinan pigmen warna yang dihasilkan akan terisolasi dengan baik (Sirwutubun et al., 2016). Pelarut aseton menghasilkan warna yang kurang menarik yang diakibatkan oleh penguapan saat proses ekstraksi serta mengalami oksidasi saat masa penyimpanan (Boy et al., 2016)

Perlakuan daya 600 watt menghasilkan nilai rata-rata tertinggi yaitu  $3,38 \pm 1,09$  (coklat kurang cerah – coklat cukup cerah), tetapi tidak berbeda jauh dengan daya 300 watt yaitu  $3,30 \pm 0,73$  (coklat kurang cerah – coklat cukup cerah). Perlakuan penambahan daya tidak berpengaruh terhadap nilai skoring yang diberikan oleh panelis, hal ini dikarenakan terdapat daya optimum untuk menghasilkan kualitas warna yang terekstrak, daya microwave yang tepat dapat mengoptimalkan proses ekstraksi dengan mempengaruhi rendemen dan kualitas ekstrak. Gala et al. (2016) pada ekstraksi bahan pewarna alami dari kayu mahoni menggunakan metode MAE pada perlakuan waktu dan daya microwave mendapatkan hasil terbaik pada perlakuan daya 380 watt.



## Kesukaan

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan jenis pelarut dan daya ekstraksi menggunakan metode MAE serta interaksinya tidak berpengaruh nyata ( $p \leq 0,01$ ) terhadap tingkat kesukaan pada ekstrak kulit buah kakao. Nilai rata-rata tingkat kesukaan ekstrak kulit buah kakao yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 menunjukkan nilai rata-rata penilaian terhadap tingkat kesukaan ekstrak kulit buah kakao menggunakan pelarut etanol menghasilkan nilai rata-rata tertinggi yaitu  $4,10 \pm 0,18$  (agak suka – netral), sedangkan menggunakan pelarut aseton menghasilkan rata-rata terendah yaitu  $2,10 \pm 0,10$  dengan kriteria (agak tidak suka – tidak suka). Hal ini sesuai dengan hasil  $a^*$  dan  $b^*$  yang menghasilkan nilai tertinggi pada perlakuan pelarut etanol. Panelis lebih menerima dengan warna yang coklat yang gelap daripada coklat yang tidak terlalu gelap, dan panelis kurang menyukai pada pelarut aseton kemungkinan pada pelarut aseton mengalami penguapan dan oksidasi sehingga menyebabkan pigmen warna yang dihasilkan tidak terlalu bagus. Penguapan terjadi dikarenakan suhu yang tinggi yang dihasilkan pada gelombang mikro mendekati titik didih pelarut aseton sehingga aseton mengalami penguapan saat proses ekstraksi (Hanif et al., 2021)

Tabel 7. Nilai rata-rata tingkat kesukaan ekstrak kulit buah kakao pada perlakuan jenis pelarut dan daya ekstraksi

Daya (Watt)	Pelarut (P)			Rata-rata
	P1 (etanol)	P2 (metanol)	P3 (aseton)	
D1 (300)	3,90	3,30	2,20	$3,13 \pm 0,86a$
D2 (450)	4,15	3,20	2,10	$3,15 \pm 1,03a$
D3 (600)	4,25	3,10	2,00	$3,12 \pm 1,13a$
Rata-rata	$4,10 \pm 0,18a$	$3,20 \pm 0,10a$	$2,10 \pm 0,10a$	

Keterangan: Huruf sama di belakang nilai rata-rata menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf kesalahan 5% ( $p \leq 0,05$ )  
Keterangan hedonik : tidak suka diberi skor (1), agak tidak suka diberi skor (2), netral diberi skor (3), agak suka diberi skor (4), dan suka diberi skor (5).

Perlakuan daya 450 watt menghasilkan nilai rata-rata tertinggi yaitu  $3,15 \pm 1,03$  (netral – agak tidak suka), tetapi tidak berbeda jauh dengan daya 300 watt yaitu  $3,13 \pm 0,86$  (netral – agak tidak suka) dan perlakuan daya 600 watt yaitu  $3,12 \pm 1,13$  (netral – agak tidak suka). Pada penelitian ini, hasil sedikit meningkat pada daya 450 watt dan menurun meskipun tidak signifikan pada daya 600 watt. Hal ini dapat terjadi karena bahan mengalami daya optimum pada daya 450 watt. Pemanasan dapat menguapkan pelarut, semakin daya melewati daya optimum maka penguapan pelarut akan semakin lama (Luviana et al., 2023) sehingga pigmen warna yang dihasilkan akan mengalami penurunan kualitas, oleh karena itu rata-rata yang di dapatkan pada daya 450 watt lebih tinggi dari daya 300 watt dan 600 watt.

## Uji Indeks Efektifitas

Uji indeks efektivitas dilakukan untuk menentukan perlakuan terbaik dalam mengekstrak kulit buah kakao. Variabel yang diamati pada pengujian ini adalah rendemen, total flavonoid,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , skoring warna, dan kesukaan. Terdapat 5 panelis yang dipilih untuk mengisi kuesioner uji indeks efektivitas. Hasil dari uji indeks efektivitas yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 menunjukkan bahwa perlakuan P1D3 mempunyai jumlah nilai hasil ( $N_h$ ) tertinggi yaitu 0,95. Hal ini menunjukkan perlakuan pelarut etanol dengan daya 600 watt merupakan perlakuan terbaik untuk menghasilkan pewarna alami ekstrak kulit buah kakao menggunakan metode

*microwave assisted extraction.*

Tabel 8. Hasil uji indeks efektivitas untuk menentukan perlakuan terbaik pada jenis pelarut dan daya ekstraksi dari ekstrak kulit buah kakao

Perlakuan		Rendemen	Flavonoid	L*	a*	b*	Warna	Kesukaan	Jumlah
	(BV)	0,93	1,00	0,82	0,75	0,71	1,17	1,10	
	(BN)	0,14	0,15	0,13	0,12	0,11	0,18	0,17	
P1D1	Ne	0,4	0,97	0,41	0,26	0,72	0,74	0,84	
	Nh	0,05	0,15	0,05	0,03	0,08	0,13	0,14	0,64
P1D2	Ne	0,45	0,99	0,54	0,55	0,91	0,77	0,96	
	Nh	0,06	0,15	0,07	0,06	0,10	0,14	0,16	0,75
P1D3	Ne	0,68	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
	Nh	0,10	0,15	0,13	0,12	0,11	0,18	0,17	<b>0,95</b>
P2D1	Ne	0,39	0,46	0,52	0,43	0,88	0,44	0,58	
	Nh	0,06	0,07	0,07	0,05	0,10	0,08	0,10	0,52
P2D2	Ne	0,54	0,71	0,50	0,40	0,63	0,49	0,53	
	Nh	0,08	0,11	0,06	0,05	0,07	0,09	0,09	0,54
P2D3	Ne	1,00	0,75	0,29	0,32	0,49	0,37	0,49	
	Nh	0,14	0,12	0,04	0,04	0,05	0,07	0,08	0,54
P3D1	Ne	0,00	0,00	0,01	0,06	0,29	0,07	0,09	
	Nh	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,01	0,02	0,07
P3D2	Ne	0,04	0,29	0,01	0,13	0,17	0,02	0,04	
	Nh	0,01	0,05	0,00	0,02	0,02	0,00	0,01	0,10
P3D3	Ne	0,07	0,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		0,01	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10

## KESIMPULAN

### Kesimpulan

Jenis pelarut dan daya ekstraksi menggunakan *Microwave Assisted Extraction* serta interaksinya berpengaruh sangat nyata terhadap rendemen, total flavonoid, intensitas warna  $L^*a^*b^*$ , tetapi perlakuan jenis pelarut dan daya ekstraksi menggunakan metode MAE serta interaksinya tidak berpengaruh nyata terhadap organoleptik skoring warna dan tingkat kesukaan ekstrak kulit buah kakao terhadap ekstrak kulit buah kakao. Kombinasi perlakuan terbaik untuk mendapatkan ekstrak kulit buah kakao sebagai pewarna alami adalah dengan pelarut etanol dan daya 600 watt, dengan karakteristik rendemen  $4,56 \pm 0,27\%$ , total flavonoid  $9,48 \pm 0,30$  mg QE/g, nilai  $L^*$   $37,55 \pm 1,34$ , nilai  $a^*$   $26,55 \pm 0,92$ , nilai  $b^*$   $58,6 \pm 1,70$ , skoring warna  $4,55 \pm 0,60$  (coklat kurang cerah - coklat tidak cerah), dan tingkat kesukaan  $4,25 \pm 0,64$  (netral - agak suka).

### Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, bagi industri yang mengolah ekstrak kulit buah kakao sebagai pewarna alami, disarankan menggunakan ekstraksi dengan pelarut etanol dan daya 600 watt.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alara, O. R., Mudalip, S. K. A., Abdurrahman, N. H., Mahmoud, M. S., and Obanijesu, E. O. O. 2019. Data on parametric influence of microwave-assisted extraction on the recovery yield, total phenolic content and antioxidant activity of *Phaleria macrocarpa* fruit peel extract. *Chemical Data Collections*, 24, 1–4.
- Arifin, B., dan Ibrahim, S. 2018. Struktur, bioaktivitas dan antioksidan flavonoid. *Jurnal Zarah*, 6(1), 21–29.
- Barqi, W. S. 2015. Pengambilan minyak *Mikroalga chlorella* sp dengan metode microwave assisted extraction. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 4(1), 14–20.
- Barus, R. S. B., Putra, G. P. G., dan Anggreni, A. A. M. D. 2023. Karakteristik bubuk kulit buah kopi arabika (*Coffea arabica* L.) sebagai sumber antioksidan pada variasi suhu dan lama pengeringan menggunakan oven. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 11(4), 516–525.
- Boy, F., Ma'ruf, W., dan Sumardianto. 2016. Pengaruh umur panen dan lama penyimpanan Mikroalga *chlorella* sp. terhadap kestabilan klorofil setelah fiksasi MgCO<sub>3</sub>. *J.Peng & Biotek*, 5(2), 10–16.
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., and Chern, J. C. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178–182.
- De Garmo, E. P., Sullivan, W. G., and Canada, J. R. 1984. Engineering economy. New York: Macmillan.
- Fikri, Z., Wartini, N. M., dan Wrsiati, L. P. 2020. Karakteristik ekstrak pewarna alami bunga kenop (*Gomphrena globosa* L.) pada perlakuan jenis pelarut dan suhu ekstraksi serta korelasi antar variabel. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 8(3), 460–471.
- Gala, S., Kusuma, H. S., Sudrajat, R. G. M., Susanto, D. F., dan Mahfud. 2016. Ekstraksi bahan pewarna alami dari kayu mahoni (*Swietenia mahagoni*) menggunakan metode MAE (Microwave Assisted Extraction). *Jurnal Teknik Kimia*, 11(1), 7–13.
- Hanif, A., Widiasanti, A., dan Putri, S. H. 2021. Optimization of microwave assisted extraction process on oleoresin of kuwani mango peels extracts using surface response methodology. *Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 15(4), 1084–1098.
- Ingrath, W., Nugroho, W. A., dan Yulianingsih, R. 2015. Ekstraksi pigmen antosianin dari kulit buah naga merah (*Hylocereus costaricensis*) sebagai pewarna alami makanan dengan menggunakan microwave. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 3(3), 1–8.
- Khotimah, H., Anggraeni, E. W., dan Setianingsih, A. 2018. Karakterisasi hasil pengolahan air menggunakan alat destilasi. *Jurnal Chemurgy*, 1(2), 34–38.
- Lohita, B., dan Saptari, T. 2020. Optimasi metode microwave assisted extraction untuk menentukan kadar flavonoid total alga coklat padina australis antibakteri ,anti inflamasi dan antitumor. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 16(1), 37–48.
- Luviana, A., Putri, A., Alatif, I. A., Nurulgina, R., Permatasari, R. P., Sihombing, R. P., dan Paramitha, T. 2023. Pengaruh pelarut dan daya microwave terhadap hasil ekstrak daun pepaya dengan metode microwave assisted extraction. *Prosiding The 14th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 213–217.
- Pratiwi, L., Putra, G. P. G., dan Triani, I. G. A. L. 2023. Aktivitas antioksidan ekstrak menggunakan metode microwave assisted extraction pada variasi waktu dan daya. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 11(4), 486–496.

- Pratyaksa, I. P. L., Putra, G. P. G., dan Suhendra, L. 2020. Karakteristik ekstrak kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) sebagai sumber antioksidan pada perlakuan ukuran partikel dan waktu maserasi. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 8(1), 139-149.
- Sampebarra, A. L. 2018. Karakteristik zat warna antosianin dari biji kakao non fermentasi sebagai sumber zat warna alam. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 13(1), 63-70.
- Savitri, A. 2020. Optimasi microwave pada ekstraksi kayu secang (*Caesalpinia sappan* L.) dan efeknya terhadap kandungan total fenolik serta aktivitas antibakteri. Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.
- Sirwutubun, M., Ludong, M. M., dan Rawung, D. 2016. Karakteristik ekstrak pewarna alami buah merah (*Pandanus conoideus* Lamk) dan aplikasinya pada produk pangan. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 7(5), 1-8.
- Soekarto. 1985. Penilaian organoleptik (untuk industri pangan dan hasil pertanian). Jakarta: Bharata Karya Aksara
- Sudarmadji, S., Haryono, B., dan Suhardi. 1989. Prosedur analisa untuk bahan makanan dan pertanian. Yogyakarta: Liberty.
- Suharyanti, S. 2017. Analisis kandungan pigmen flavonoid pada ekstrak mangga (*Mangifera indica* L.). *Jurnal of Agricultural Science*, 23-29.
- Sumantining, L. P. A., Ganda Putra, G. P., dan Suhendra, L. 2022. Pengaruh jenis pelarut dan ukuran partikel pada ekstraksi kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) menggunakan metode microwave assisted extraction terhadap karakteristik ekstrak. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 10(1), 124-135.
- Verdiana, M., Widarta, I. W. R dan, Permana, I. D. G. M. 2018. Pengaruh jenis pelarut pada ekstraksi menggunakan gelombang ultrasonik terhadap aktivitas antioksidan ekstrak kulit buah lemon (*Citrus limon* L.). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 7(4), 213-222.
- Wahyuni, Y. A. T., Puspawati, G. A. K., dan Putra, I. N. K. 2021. Pengaruh jenis pelarut pada metode microwave assisted extraction terhadap karakteristik ekstrak daun singkong (*Manihot utilissima* Pohl.). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 10(4), 566-578.
- Weaver, C. M., dan Daniel, J. R. 1996. The Food Chemistry laboratory: a manual for experimental foods, dietetics, and food scientist. CRC Press.