

Estimasi Kandungan Lemak Pada Biji Kakao Utuh Secara Cepat dan Non-Destruktif dengan Menggunakan Teknologi NIRS

¹Zulfahrizal*), ¹Agus A. Munawar, & ²Hesti Meilina

¹Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

²Jurusan Teknik Kimia, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh²Afiliasi Penulis

zulfahrizal.ipb@gmail.com

Abstrak

Kandungan lemak merupakan salah satu parameter mutu utama dari kakao. Untuk menentukan lemak kakao, umumnya ditentukan dengan pengukuran standard laboratorium yang pada prosesnya melibatkan bahan kimia, memerlukan waktu yang lama dan bersifat destruktif. Teknologi sinar near infrared (NIR) merupakan metode baru yang bersifat ramah lingkungan, cepat dan tanpa merusak objek. Tujuan dari penelitian ini adalah mengaplikasikan teknologi sinar NIR untuk estimasi kadar lemak pada biji kakao utuh. Model prediksi dibangun dengan menggunakan dua metode regresi yang berbeda yaitu metode principal component regression (PCR) dan partial least square regression (PLSR). Spektrum NIR pada biji kakao diakuisisi dengan instrument NIR (Antaris Thermo Nicolet®), sedangkan kadar lemak aktual diukur dengan metode Soxhlet. Perbaikan data sinyal spektrum NIR dilakukan dengan metode Mean Normalization (MN). Hasil studi menunjukkan bahwa teknologi NIR mampu mengestimasi kadar lemak biji kakao dengan tingkat akurasi: koefisien korelasi $r = 0.82$ (PCR) dan 0.83 (PLSR), koefisien *Residual Predictive Deviation* (RPD) = 1.75 (PCR) dan 1.8 (PLSR). Berdasarkan hasil studi dapat disimpulkan bahwa teknologi sensor berbasis sinar NIR mampu mengestimasi kadar lemak pada biji kakao secara akurat, efisien, dan ramah lingkungan. Teknologi ini dapat diaplikasikan pada proses sortasi dan grading biji kakao utuh.

Kata Kunci: biji kakao, lemak, nirs, pls, pcr

1 Pendahuluan

Indonesia dikenal sebagai negara pengekspor biji kakao ketiga dunia. Biji kakao sebagai bahan baku cokelat merupakan salah satu komoditi perkebunan yang strategis. Saat ini areal pengembangan kakao di Indonesia meliputi Pulau Sulawesi, Pulau Papua, Pulau Jawa dan Pulau Sumatera. Nilai devisa dari kakao pada 2011 mencapai US\$ 1.345 miliar. Biji kakao yang merupakan bahan dasar untuk membuat cokelat diproduksi sekitar 550 ribu ton di Indonesia setiap tahunnya. Pada tahun 2010 dari luas 1.651.539 ha areal kakao, sekitar 1.555.596 ha atau 94% adalah kakao rakyat. Hal ini mengidentifikasi peran penting kakao baik sebagai sumber lapangan kerja maupun pendapatan bagi petani. Disamping itu, areal dan produksi kakao Indonesia meningkat pesat pada dekade terakhir dengan laju 5.99% per tahun [1][2][3].

Eksport biji kakao Indonesia dikenal hanya menjadi bahan campuran di negara-negara industri kakao padahal 82% eksport kakao Indonesia adalah dalam bentuk biji. Namun biji kakao Indonesia sebenarnya masih dapat dikembangkan jika kualitas pemutuan biji kakao dapat ditingkatkan sesuai permintaan negara-negara tujuan eksport kakao seperti ASEAN, USA, Uni Eropa dan China [4].

Kalangan industri menilai mutu biji kakao tergantung tiga aspek yaitu rendemen lemak, kemurnian dan kontaminasi, dan aroma dan citarasa [5]. Beberapa faktor penyebab mutu kakao beragam yang dihasilkan adalah minimnya sarana pengolahan, lemahnya pengawasan mutu serta penerapan teknologi pada seluruh tahapan proses pengolahan biji

kakao rakyat yang tidak berorientasi pada mutu [6]. Oleh karena itu metode penentuan mutu secara cepat dan tepat diperlukan untuk menghasilkan komoditas biji kakao kualitas tinggi yang disyaratkan negara konsumen.

NIRS (*Near Infrared Reflectance Spectroscopy*) telah menjadi salah satu metode non-destruktif yang paling menjanjikan dan digunakan analisis dalam berbagai bidang, termasuk di bidang pertanian karena keuntungannya seperti persiapan sampel sederhana, cepat, dan ramah lingkungan karena tidak ada bahan kimia yang digunakan. Lebih penting lagi, ia memiliki kemampuan potensial untuk menentukan beberapa parameter kualitas secara bersamaan [7]. Penelitian yang terkait dengan penggunaan NIRS pada produk kakao telah banyak dilakukan namun semua penelitian itu dilakukan pada produk olahan kakao atau minimal biji kakao yang telah dibubukkan. Misalnya penelitian pada biji kakao mentah yang telah dibubukkan [8][9][10], penelitian pada bubuk kakao [11][12][13], penelitian pada kakao liquors mentah dan liquors panggang [14], penelitian pada *cocoa butter* dan coklat dalam bentuk cairan [15], penelitian pada coklat komersial [16], penelitian pada *dark chocolates* [17], penelitian yang mencoba untuk membandingkan spektrum mulai dari biji kakao mentah, biji sangrai, mass coklat dan coklat jadi. Biji mentah dan biji sangrai dibuat dalam bentuk bubuk [18]. Sehingga perlu dikembangkan penelitian NIRS untuk biji kakao utuh mengingat masalah di Indonesia justru pada pemutuan biji kakao utuh.

Pada penelitian sebelumnya, telah diperoleh teknik akuisisi spektrum biji kakao utuh [19] dan juga diperoleh model prediksi lemak kakao dengan menggunakan PLS dan SVMR dengan beberapa metode *pre-treatment* [20]. Sehingga pada penelitian ini akan dilakukan studi lanjut dengan menambah metode prediksi dan metode *pre-treatment* yang lain. Tujuan yang ingin dicapai adalah menguji dan menganalisis penggunaan metode *Near Infrared Reflectance Spectroscopy* (NIRS) untuk pendugaan mutu biji kakao utuh khususnya mendeteksi kadar lemak. Metode prediksi yang dipergunakan adalah PLSR dan PCR. Untuk *pre-treatment* digunakan *Mean Normalization* (MN).

2 Bahan dan Metode

2.1 Sampel Kakao

Penelitian ini menggunakan buah kakao matang varietas Lindak yang merupakan hasil panen bulan Juli-Agustus dari kebun yang sama. Pengeringan dilakukan dengan menggunakan pengering mekanis sampai diperoleh biji kakao kering layak simpan. Biji kering disortir lalu dikemas dalam plastik tertutup rapat disimpan dalam pendinginan bersuhu di bawah 20°C sebelum dibawa ke Göttingen, Jerman.

Selanjutnya sampel biji kakao ditimbang masing-masing sekitar 40-45 gram untuk tiap sampel. Sehingga didapat kelompok kecil dan dimasukkan ke dalam plastik tertutup rapat dan diberi label nama. Total didapat 110 kelompok sampel biji utuh. Sampel disimpan di ruang dengan suhu kurang dari 20°C selama lebih kurang 2 minggu.

2.2 Akuisisi Spektrum NIRS

Alat NIRS yang dipakai adalah *Antaris™ II Method Development Sampling (MDS)*. Kalibrasi *background/reference* dilakukan tiap jam. Proses bekerjanya alat menggunakan *integrating sphere*. Pengendalian kerja alat untuk pembuatan *workflow* dan menjalankan *workflow* menggunakan *software termo integration®* dan untuk *running* alat dilakukan oleh *termo operation®*. Selang panjang gelombang yang dipakai adalah 1000-2500 nm dengan

interval 0.4 nm. *Workflow* dibuat untuk mengatur alat agar bekerja untuk mengakuisisi spektrum absorban, memindai sampel sebanyak 64 kali lalu merata-ratakan hasilnya, menyimpan hasil pemindaian dalam 3 bentuk file yakni *.SPA, *.JDX dan *.CSV. Spektrum sampel diambil dalam bentuk biji kakao utuh dengan cara memasukkan biji kakao dalam cup. Biji kakao diatur sedemikian rupa sehingga tersusun rapat, berlapis-lapis dan menggantung dengan sedikit mungkin terdapat celah. Selanjutnya *cup* di-*setting* berputar 360 derajat selama proses pemindaian. Biji kakao utuh untuk sampel yang sama dipindai di hari yang sama [19].

2.3 Standar Pengukuran Kadar Lemak

Pengukuran kadar lemak menggunakan Metode *Soxhlet* [13]. Sampel sebanyak 10 gram ditempatkan dalam perangkat *soxhlet* untuk dilakukan ekstraksi selama 6 jam pada suhu 95°C.

2.4 Metode Pengolahan Spektrum

Pengolahan data spektrum menggunakan *Unscrambler software® X version 10.1*. Spektrum dikoreksi dengan metode *pre-treatment Mean Normalization* (MN). Pengolahan data spektrum menggunakan *Principal Component Regression* (PCR) dan *Partial Least Squares Regression* (PLSR) yang akan dibandingkan dengan hasil uji laboratorium [21][22].

2.5 Kalibrasi dan Validasi

Keseluruhan sampel yang berjumlah 110 dibagi menjadi 2 bagian. Yang pertama disebut sampel set kalibrasi yang akan digunakan untuk melakukan kalibrasi silang dan yang kedua disebut sampel set prediksi yang akan digunakan untuk menguji kinerja model. Prediksi dilakukan dengan memasukkan sampel data yang berbeda ke dalam persamaan kalibrasi sehingga diperoleh informasi nilai akurasi dan ketangguhan model yang telah didapatkan [23]. Untuk mencapai model yang kuat, memilih sampel untuk kalibrasi adalah penting. Caranya adalah dengan *mem-plot* semua data dengan PCA sesuai nilai *y* (nilai referensi pengukuran), kemudian sampel dibagi sesuai dengan pembagian 65% kalibrasi dan 35% untuk prediksi spektrum. Jadi, didapat set kalibrasi berisi 72 sampel dan prediksi set berisi 38 sampel. Ketentuan yang harus dipenuhi dalam membagi sampel agar didapat set kalibrasi dan prediksi yang baik adalah sebaran sampel untuk prediksi harus berada dalam selang sampel kalibrasi dan sampel prediksi harus menyebar merata.

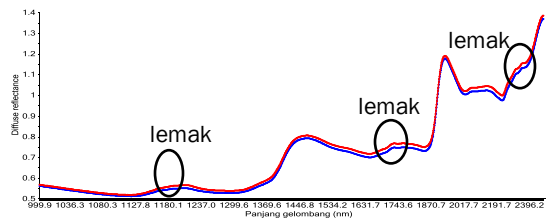
Kualitas persamaan kalibrasi akan diuji keandalannya dengan melihat indikator koefisien korelasi (*r*) dan *Root Mean Square Error Calibration* (RMSEC). Model persamaan kalibrasi data serapan dibandingkan dan dilihat nilai *r* serta RMSEC-nya. Model yang bagus akan memiliki nilai *r* yang tinggi dan RMSEC yang rendah. Selanjutnya dari data spektrum terpilih, akan dilakukan langkah validasi silang (*cross validation*) dengan metode *K-fold Leave One Out Cross Validation* (*K-fold LOOCV*). Metode ini membagi sampel menjadi *K* grup. Dimana pada penelitian ini sampel dibagi dalam 10 segmen masing-masing dengan random sampel rata-rata 7 buah. Validasi silang diuji keandalannya dengan melihat indikator nilai *r* dan *Root Mean Square Error Cross Validation* (RMSECV) [24 dan 25].

Setelah validasi silang selesai, maka PLSR dan PCR akan diuji dengan menggunakan 38 sampel kakao independen. Keabsahan model akan dilihat dari parameter statistik yakni antara lain nilai *r*, *Root Mean Square Error Prediction* (RMSEP) dan rasio antara standard deviasi dengan RMSEP (RPD). Model yang baik adalah apabila mempunyai nilai *r* tinggi, nilai RMSEP yang kecil dan nilai RPD yang tinggi [26][27].

3 Diskusi

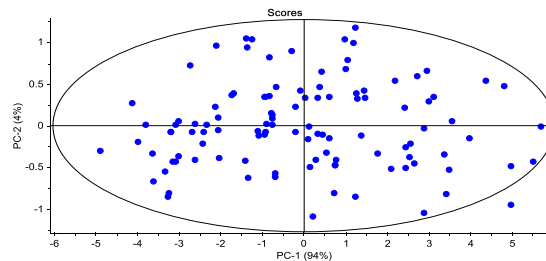
3.1 Spektrum Biji Kakao

Tipikal spektrum NIR biji kakao utuh dalam selang panjang gelombang 1000-2500 nm ditampilkan dalam Gambar 1. Berdasarkan literatur [28], spektrum ini merupakan indikasi dari adanya material organik dari molekul OH, CH, CO dan NH. Lemak kakao diindikasikan oleh adanya ikatan CHx. Jika dianalisis akan didapat bahwa lemak kakao terdeteksi pada Puncak 1 yang mempunyai kisaran panjang gelombang antara 1160-1220 nm, puncak 2 mempunyai kisaran panjang gelombang antara 1650-1760 nm dan puncak 3 mempunyai kisaran panjang gelombang antara 2300-2400.



Gambar 1 Spektrum biji kakao utuh

Principal component analysis (PCA) digunakan untuk mengeksplorasi kemiripan spektrum antar sampel dan untuk mencari outliers data dengan menggunakan metode *Hotelling T² ellipse* (Gambar 2). Data yang berada di luar elips akan dideteksi sebagai data outliers dan selanjutnya dibuang. Dari data didapat hanya satu data yang dideteksi sebagai outlier dan tidak akan diikutkan dalam analisis selanjutnya.



Gambar 2 Hotelling T² ellipse diaplikasikan untuk PCA pada data spektrum

Prediksi Kadar Lemak

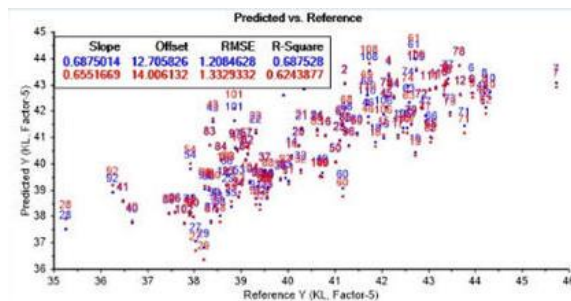
Biji kakao yang digunakan pada penelitian ini memiliki selang kadar lemak antara 35.3% – 45.8%. Hasil analisis PLSR dan PCR untuk uji kadar lemak menggunakan NIRS pada biji kakao utuh dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Kalibrasi dan Validasi untuk Kadar Lemak

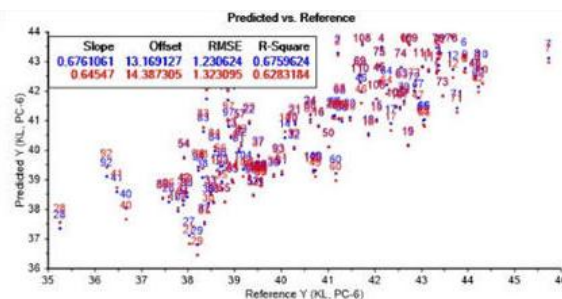
Method	LVs	Calibration		Validation		RPD
		r	RMSEC	r	RMSEC	
PLSR	4	0.83	1.21	0.79	1.33	1.80
PCR	5	0.82	0.23	0.79	1.32	1.75

Kedua metode regresi yang dipergunakan dapat memprediksi kandungan lemak biji kakao utuh dengan memuaskan. Indek koefisien korelasi yang dihasilkan adalah di atas 0.8 sementara RPD yang di dapat masing adalah 1,80 untuk PLSR dan 1,75 untuk PCR. Berdasarkan literatur (29), nilai RPD antara 1,5 – 1,9 berarti model dapat membedakan tinggi rendah nilai dari variabel respon namun model masih perlu perbaikan untuk meningkatkan akurasi prediksi. Secara umum model ini tergolong robust dan stabil jika dilihat dari rendahnya perbedaan antara model kalibrasi dan validasi untuk kedua korelasi dan error indek. Selanjutnya jika dilihat dari maksimum laten variabel yang digunakan untuk mengembangkan model yang hanya 5 LVs, ini berarti model efektif.

Sebaran data PLSR dan PCR yang menggambarkan prediksi dan pengukuran kadar lemak ditunjukkan oleh Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3 Hasil kalibrasi dan validasi PLSR untuk kadar lemak



Gambar 4 Hasil kalibrasi dan validasi PCR untuk kadar lemak

PLSR didapat sebagai model yang paling robust dan akurat dibanding PCR. Hal ini diduga karena PLSR fokus pada kovarians diantara respon dan prediktor-prediktor sedangkan PCR lebih terfokus pada keragaman di dalam prediktor. Dengan jalan menyeimbangkan informasi antara prediktor dan respon, PLS mereduksi dampak dari banyaknya prediktor

yang tidak relevan dengan keragaman data. Hal ini menarik mengingat keragaman biji kakao akan menyebabkan keragaman data sehingga PLSR mampu bekerja lebih optimal dibanding PCR, sehingga wajar jika PLSR merupakan salah satu metode analisa kuantitatif yang banyak direferensikan.

4 Kesimpulan

Hasil keseluruhan kalibrasi dan prediksi cukup menunjukkan bahwa NIRS dapat digunakan untuk memprediksi dengan cepat dan non-destruktif dari kandungan lemak biji kakao utuh. PLSR ditemukan sebagai metode prediksi paling akurat dan kuat dengan maksimal korelasi koefisien 0,83 dan indeks RPD 1,80 untuk prediksi kandungan lemak. Hasil yang diperoleh dalam pekerjaan sekarang ini menunjukkan NIRS berpotensi tinggi sebagai teknik yang cepat dan efektif untuk penentuan parameter kualitas biji kakao utuh. Perbaikan lebih lanjut perlu dilakukan untuk prediksi kandungan lemak untuk meluaskan dan meningkatkan akurasi model prediksi.

5 Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada Dirjen Pendidikan Tinggi (DIKTI), Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah membantu dalam pembiayaan penelitian ini lewat Program Penelitian Riset Pengembangan Iptek Tahun Anggaran 2015.

6 Daftar Pustaka

- [1] Widjaya, I dan Sukirno. 2011. Ironi Industri Kakao. <http://bisnis.vivanews.com/>. [27 Jan 2012].
- [2] Rubiyo dan Siswanto. 2012. Peningkatan Produksi dan Pengembangan Kakao Di Indonesia. *Bul RISTRI* 3 (1) : 33-47.
- [3] Ragimun. 2013. Analisis Daya Saing Komoditas Kakao Indonesia <http://www.kemenkeu.go.id/Kajian/analisis-daya-saing-komoditas-kakao-indonesia>. [24 Maret 2014]
- [4] Hasibuan, AM, R Nurmalina dan A Wahyudi. 2012. Analisis Kinerja dan Daya Saing Perdagangan Biji Kakao dan Produk Kakao Olahan Indonesia Di Pasar Internasional. *Bul Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*. Vol 3 (1) : 57-70.
- [5] Mulato, S, S Widyotomo, Miswani dan E Suharyanto. 2009. Pengolahan Produk Primer dan Sekunder Kakao. Indonesian Coffee and Cocoa Research Institute. Jember.
- [6] [Disbun] Dinas Perkebunan Jabar. 2010. Cocoa processing (in bahasa Indonesia). <http://www.disbun.jabarprov.go.id/>. [04 April 2014].
- [7] Munawar, AA. 2014. Multivariate Analysis and Artificial Neural Network Approaches of Near Infrared Spectroscopic Data for Non-Destructive Quality Attributes Prediction of Mango. Phd Thesis. Georg-August University, Goettingen.
- [8] Nielsen, DS, P Snitkjaer, and Fv Berg . 2008. Investigating the Fermentation of Cocoa by Correlating Denaturing Gradient Gel Electrophoresis Profiles and Near Infrared Spectra. *J Food Microbiology* 125(2): 133–140.
- [9] Aculey, PC, P Snitkjaer, M Owusu, M Bassompierre, J Takrama, L Norgaard, MA Petersen, and DS Nielsen. 2010. Ghanaian Cocoa Bean Fermentation Characterized by Spectroscopic and Chromatographic Methods and Chemometrics. *J Food Science* 75(6): 300-3007.

- [10]Hue, C, Z Gunata, A Bergounhou, S Assemat, R Boulanger, SX Sauvage, and F Davrieux. 2014. Near Infrared Spectroscopy as a New Tool Determine Cocoa Fermentation Levels Through Ammonia Nitrogen Quantification. *J Food Chemistry* : 240-245.
- [11]Kaffka, KJ, KH Norris, F Kulcsár, and I Draskovits. 1982. Attempts to Determine Fat, Protein and Carbohydrate Content in Cocoa Powder by The NIR Technique. *Acta Alimentaria* 11 (3) : 271-288.
- [12]Permanyer, JJ and ML Perez. 1989. Compositional Analysis of Powdered Cocoa Products by Near Infrared Reflectance Spectroscopy. *J Food Sci* 54 : 768-769.
- [13]Vesela, A, AS Barros, A Synytsya, I Delgadillo, J Copikova, and MA Coimbra. 2007. Infrared Spectroscopy and Outer Product Analysis for Quantification of Fat, Nitrogen, and Moisture of Cocoa Powder. *J Analytica Chimica Acta* 601 : 77-86.
- [14]Whitacre, E, J Oliver, Rv Den Broek, Pv Engelen, B Kremers, Bv Der Horst, M Stewart, and A Jansenbeuvink. 2003. Predictive Analysis of Cocoa Procyanidins Using Near-Infrared Spectroscopy Techniques. *J Food Sci* 68 : 2618 - 2622.
- [15]Bolliger S, Y Zeng , and EJ Windhab. 1999. In-line Measurement of Tempered Cocoa Butter and Chocolate by Means of Near-Infrared Spectroscopy. *J. Am. Oil Chem Soc.* ; 76: 659-667.
- [16]Moros, J, FA Inon, S Garrigues, and M de la Guardia. 2007. Near-Infrared Diffuse Reflectance Spectroscopy and Neural Networks for Measuring Nutritional Parameters in Chocolate Samples. *J Analytica Chimica Acta* 584 : 215-222.
- [17]Cambrai, A, C Marcic, S Morville , PS Houer, F Bindler, and E Marchioni. 2009. Differentiation of Chocolates According to The Cocoa's Geographical Origin Using Chemometrics. *J. Agric Food Chem* 30.
- [18]Davies, AMC, JG Franklin, A Grant, NM Griffiths, R Shepherd and GR Fenwick. 1991. Prediction of Chocolate Quality from Near-Infrared Spectroscopic Measurements of the Raw Cocoa Beans. *J Vibrational Spectroscopy* 2 : 161-172. Elsevier Science Publishers B.V.. Amsterdam.
- [19]Zulfahrizal, Sutrisno, IW Budiastara, KB Seminar, and AA Munawar. 2013. Near Infrared Reflectance Spectra Acquisition of Cocoa Beans (in bahasa Indonesia). *Bul RISTR* 4 (1): 1-10.
- [20]Zulfahrizal, H. Meilina dan A. A. Munawar. 2015. Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform Spectroscopy as A Rapid and Non-destructive Measurement for Moisture and Fat Content of Intact Cocoa Beans. *Proc. International Conference on Science and Engineering*. Pekanbaru 28-29 Sep 2015.
- [21]Felizardo P, P Baptista, JC Menezes, and MJN Correia. 2007. Multivariate Near Infrared Spectroscopy Models for Predicting Methanol and Water Content in Biodiesel. *Analytica Chimica Acta*. 595: 107-113.
- [22]The Unscrambler® X 10.2 Method Reference. 2012. CAMO, Oslo.
- [23]Chen, Q, Z Guo, J Zhao and Q Ouyang. 2012. Comparisons of different regressions tools in measurement of antioxidant activity in green tea using near infrared spectroscopy. *J. Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 60 : 92- 97.
- [24]Flores K, MT Sanchez, D Perez-Marin , JE Guerrero, and A Garrido-Varo. 2009. Feasibility in NIRS Instruments for Predicting Internal Quality in Intact Tomato. *J. Food Engineering*. 91: 311-318.
- [25]Jha SN, ARP Kingsly, and S Chopra. 2006. Non-Destructive Determination of Firmness and Yellowness of Mango During Growth and Storage Using Visual Spectroscopy. *Biosystems Engineering*. 94: 397-402.
- [26]Naes, T, T Isaksson, T Fearn, and T Davies. 2004. A User-Friendly Guide to Multivariate Calibration and Classification. Chichester, UK: NIR publications.

- [27] Sinelli N, A Spinardi, V Di Egidio, I Mignani, and E Casiraghi. 2008. Evaluation of Quality and Nutritional Content of Blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) by Near and Mid-Infrared Spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology*. 50: 31-36.
- [28] Cen, H and Y He. 2007. Theory and Application of Near Infrared Reflectance Spectroscopy in Determination of Food Quality. *J Trends in Food Sci & Technol* 18 : 72-83.
- [29] Nicolai, BM, K Beullens, E Bobelyn, A Peirs, W Saeys, KI Theron, and J Lamertyn. 2007. Nondestructive Measurement of Fruit and Vegetable Quality by Means of NIR Spectroscopy : a Review. *Postharvest Biology and Technology*. 46 : 99-118.