



بررسی امکان کاربرد ماشین بینایی و شبکه عصبی مصنوعی در پیش بینی میزان رطوبت میگوی خشک شده

محبت مجبی

دانشجوی دکتری صنایع غذایی

دانشگاه فردوسی مشهد

Mohebbat2000@yahoo.com

محمد رضا اکبرزاده

توتونچی

دانشیار گروه مهندسی

برق

دانشگاه فردوسی مشهد

محمد رضا پورشهابی

دانشجوی کارشناسی ارشد

مهندسی کامپیوتر

دانشگاه فردوسی مشهد

فخری شهیدی

دانشیار گروه علوم و

صنایع غذایی

دانشگاه فردوسی مشهد

مقدمه

آبزی پروری یکی از فعالیت های اقتصادی مهم در بسیاری از کشورهای است که منجر به اشتغالزایی، توسعه اقتصادی، کاهش آلاینده های منابع دریایی طبیعی و بهبود وضعیت ایمنی غذایی می گردد. میگو یکی از مهمترین غذاهای دریایی است که در سال 2005 در سطح جهان بالغ بر 5/3 میلیون تن تولید شده است. به عبارت دیگر، 3/7٪ از کل تولیدات دریایی به انواع میگو اختصاص دارد. میگو ماده غذایی غنی از پروتئین، اسیدهای چرب غیر اشباع، کلسیم و بسیاری از ویتامین ها بوده، به اشکال مختلف در تهیه مواد غذایی در نقاط گوناگون جهان مورد استفاده قرار می گیرد. سالانه در حدود 8000 تن میگو در کشور تولید می شود، در حالیکه بیش از 95٪ آن صادر می گردد که بخش اعظم صادرات کشور را میگو منجمد تشکیل می دهد، اما نکته حایز اهمیت، در نظر گرفتن متنوع سازی بازارهای عرضه و نیز تولید محصولات با ارزش افزوده بالا و تاکید بر مسایل کیفی میباشد. خشک کردن میگو یکی از روشهای نگهداری است که ضمن افزایش مدت زمان ماندگاری، منجر به تولید محصولی متنوع و با کاربردهای متفاوت، از مصرف به عنوان تنقلات تا کاربرد به

چکیده: در این پژوهش روشی برای رنگ سنجی محصولات غذایی - مطالعه موردی: میگوی خشک شده - و پیش بینی میزان رطوبت در نمونه ها با استفاده از ماشین بینایی ارائه می گردد. 2520 عکس گرفته شده از انواع میگوی فراوری شده در درجات حرارت 100-130 درجه سانتی گراد و به مدت 15-180 دقیقه در شرایط نورپردازی خاص، برای استخراج پارامترهای رنگی مشتمل بر میانگین و واریانس در دو فضای رنگی RGB و L^*a^*b مورد استفاده قرار گرفتند. پس از آنالیز شیمیایی نمونه ها و تعیین میزان رطوبت آنها، از مدلسازی به روش شبکه عصبی مصنوعی برای پیش بینی میزان رطوبت نمونه ها استفاده شد. ضریب همبستگی بالای خروجی مدل شبکه عصبی و داده های آزمایشگاهی (0/86) داد که این مدل کارایی مناسبی برای پیش بینی میزان رطوبت دارد، ضمن آنکه می توان امکان جایگزینی روش پردازش تصویر را با روشهای رنگ سنجی دستگاهی که عمدتاً پیچیده و هزینه بر می باشند، مد نظر قرار داد.

کلمات کلیدی: پردازش تصویر - ماشین بینایی - میگو -

خشک کردن - شبکه عصبی مصنوعی

عنوان یکی از اجزای اصلی غذاها می گردد. خشک کردن میگو در اکثر نقاط جهان و نیز مناطق جنوبی ایران، به صورت سنتی و به روش خشک کردن آفتابی انجام می گیرد. در حالیکه تولیدکنندگان در جستجوی راههایی برای تولید محصولی با کیفیت، شکل، اندازه، رنگ و پذیرش کلی مناسب می باشند که به شدت قیمت محصول را تحت تاثیر قرار می دهد [1، 2 و 3].

رنگ یکی از شاخصهای مهم کیفیت مواد غذایی می باشد و نشانگر ویژگیهای شیمیایی، بیوشیمیایی و میکروبیولوژیکی محصول می باشد [8]. در میگوی خشک شده، همبستگی بالایی بین تغییرات ناشی از واکنشهای شیمیایی محصول و رنگ آن وجود دارد که این واکنشها به تغییرات اسیدهای آمینه و اکسیداسیون لیپیدها نسبت داده می شوند.

یک روش مهم برای رنگ سنجی محصولات غذایی، کاربرد ماشین بینایی می باشد که امکان ارزیابی سریع و ارزان قیمت رنگ را در محصولات غذایی فراهم می کند، اگرچه تحقیقات اندکی در زمینه کاربرد این روش در صنایع غذایی گزارش شده است. در حالیکه عمده ارزیابی ها با استفاده از پردازش تصاویر در فضای RGB انجام می شود، در رنگ سنجی دستگاهی فضای L^*a^*b مورد استفاده قرار می گیرد که بیشترین شباهت را به سیستم بینایی انسان دارد [4، 7، 13 و 15].

در این پژوهش روشی بر مبنای کاربرد ماشین بینایی ارائه می شود که در آن پارامترهای رنگی در فضای RGB استخراج شده، این اطلاعات به فضای L^*a^*b تبدیل می شوند. با اندازه گیری شیمیایی میزان رطوبت در میگوی خشک شده و مدلسازی با شبکه عصبی مصنوعی، امکان پیش بینی میزان رطوبت با توجه به پارامترهای رنگی استخراج شده از تصاویر دیجیتال فراهم می گردد.

مواد و روشها

1- مواد اولیه: میگوی سفید منجمد تهیه شده از خلیج فارس، با نگهداری در دمای 4 درجه سانتی گراد و به مدت 24 ساعت، از حالت انجماد خارج شد. پس از عملیات

پوستگیری، شستشو و غوطه وری در محلول آب نمک 5 درصد وزنی- حجمی، میگو به خشک کن منتقل شد.

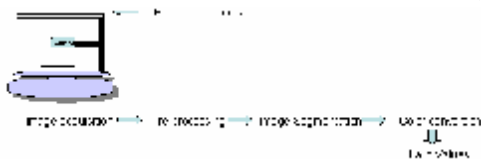
2- خشک کردن: خشک کردن در درجات حرارت مختلف (100، 105، 110، 115، 120، 125 و 130 درجه سانتی گراد) و به مدت زمان 15 تا 180 دقیقه (با فواصل 15 دقیقه ای) در یک خشک کن کابینتی سینی دار قابل اتصال به رایانه برای کنترل دما و زمان خشک کردن انجام شد.

3- کاربرد ماشین بینایی در رنگ سنجی

شکل 1 شماتیک بخشهای مختلف سیستم ماشین بینایی مورد استفاده در این پژوهش را نشان می دهد که قسمتهای اصلی آن به شرح ذیل می باشند:

3-1 تصویرگیری

در این پژوهش پس از خروج نمونه ها از خشک کن، عملیات تصویرگیری انجام گرفت. در این بخش، نمونه ها در محفظه ای به رنگ مشکی قرار گرفتند که برای نورپردازی فضا در آن از دو لامپ فلوروسنت استفاده شده بود. تصویرگیری با استفاده از دوربین Canon مدل Powershot A520 انجام گرفت که از طریق پورت USB به رایانه متصل بود. دوربین در فاصله 30 سانتی متری نمونه ها و موازی با آنها بر روی پایه ثابت بود و جهت تصویرگیری از نرم افزار ZoomBrowser EX 5.0 استفاده شد.



شکل 1- قسمتهای مختلف سیستم ماشین بینایی مورد استفاده در رنگ سنجی میگوی خشک شده

3-2 قطعه بندی تصویر

هدف قطعه بندی تصویر، جداسازی و استخراج شکل مورد نظر از زمینه تصویر و بقیه اشکال موجود در تصویر است. روش هایی که برای قطعه بندی تصاویر مواد غذایی، جهت ارزیابی کیفیت آن مواد به کار می رود را می توان به چهار روش اصلی تقسیم کرد. این روش ها عبارتند از روشهای

مرحله اول پارامترهای RGB در دامنه [0 1] به فضای XYZ تبدیل شدند:

$$[X \quad Y \quad Z] = [r \quad g \quad b]M$$

که در این رابطه:

$$r = \left(\frac{R + a_1}{a_2} \right)^g$$

$$g = \left(\frac{G + a_1}{a_2} \right)^g$$

$$b = \left(\frac{B + a_1}{a_2} \right)^g$$

که در این روابط، g پارامتر اصلاح کننده و معادل $2/2$ و M ماتریس تبدیل دو فضا بود که با توجه به نقطه مرجع تعیین می گردید که در این رابطه D65 به عنوان نقطه مرجع در نظر گرفته شد و M عبارت بود از:

$$M = \begin{bmatrix} 0.5767 & 0.2973 & 0.0270 \\ 0.1855 & 0.6273 & 0.0706 \\ 0.1882 & 0.0752 & 0.9912 \end{bmatrix}$$

در مرحله دوم، تبدیل از فضای XYZ به L^*a^*b انجام می شد که در این تبدیل:

$$l = 116 \quad f_y - 16$$

$$a = 500 \quad (f_x - f_y)$$

$$b = 200 \quad (f_y - f_z)$$

و

$$f_x = \begin{cases} \sqrt[3]{x_r} & x_r > e \\ \frac{kx_r + 16}{116} & x_r < e \end{cases}$$

$$f_y = \begin{cases} \sqrt[3]{y_r} & y_r > e \\ \frac{ky_r + 16}{116} & y_r < e \end{cases}$$

$$f_z = \begin{cases} \sqrt[3]{z_r} & z_r > e \\ \frac{kz_r + 16}{116} & z_r < e \end{cases}$$

مبتنی بر حد آستانه¹، روش های مبتنی بر ناحیه²، روش های مبتنی بر شیب³ و روش های مبتنی بر طبقه بندی⁴.

در این پژوهش برای استخراج تصاویر میگو از زمینه تصویر از روش مبتنی بر حد آستانه استفاده شده است. روش به کار رفته بر اساس روش اتسو⁵ است. در این روش حد آستانه به گونه ای انتخاب می شود تا تغییرات بین کلاسی پیکسل های سیاه و سفید تصویر به حداقل مقدار خود برسد.

با توجه به خصوصیت رنگی ویژه میگو، تنها، مولفه قرمز تصاویر برای انجام عمل آستانه گیری انتخاب شد. بعد از انجام عمل آستانه گیری، میزان اغتشاش در تصاویر خروجی بسیار بالا بود و نه تنها قسمت هایی از زمینه تصویر استخراج، بلکه قسمت هایی از تصویر میگو نیز حذف شده بود. بنابراین برای استخراج دقیق تصویر میگو از زمینه تصویر و همچنین حذف اغتشاش های موجود در تصویر، از عملیات اتساع⁶ و سایش⁷ استفاده شد. اتساع و سایش در پردازش تصویر جزء عملیات مورفولوژی به حساب می آیند. برای رسیدن به نتیجه مطلوب در استفاده از این عملیات، باید ابتدا یک همسایگی که به شکل مورد نظر در تصویر (شکل میگو) حساس باشد، به درستی انتخاب گردد. اتساع، تعداد پیکسل های قرار گرفته در مرز شکل مورد نظر را با توجه به همسایگی از پیش تعیین شده، افزایش می دهد، حال آنکه سایش تعداد این پیکسل ها را کاهش می دهد. معمولا از عملیات سایش و اتساع در کنار یکدیگر، به ترتیب و به صورت زوجی استفاده می شود. به منظور استخراج تصاویر میگو از زمینه تصویر با دقت بسیار بالا، از سه زوج عملیات سایش و اتساع با همسایگی های متفاوت استفاده شد (6، 9، 11 و 12).

3-3 تبدیل فضای رنگی

برای تبدیل اطلاعات اخذ شده از پیکسل ها در فضای رنگی RGB به L^*a^*b از روش دو مرحله ای استفاده شد. در

¹ Thresholding based

² Region based

³ Gradient based

⁴ Classification based

⁵ Otsu's method

⁶ Dilation

⁷ Erosion

$$x_r = \frac{X}{X_r}, y_r = \frac{Y}{Y_r}, z_r = \frac{Z}{Z_r}$$

آموزش و تست کردن شبکه مورد استفاده قرار گرفتند [9] و [10].

3-5 آنالیز آماری

مقایسه میانگین پارامترهای رنگی به دست آمده در فضای L^*a^*b با استفاده از روش چند دامنه ای دانکن و نرم افزار *Mstac (Ver 1.00)* انجام گرفت.

نتایج و بحث

شکل 3 و 4 نتایج حاصل از پردازش و تقطیع تصاویر دیجیتالی گرفته شده از نمونه های میگوی خشک شده در شرایط مختلف را نشان می دهد.

به این ترتیب مشخص می گردد که روش به کار گرفته شده در پردازش اولیه و تقطیع تصاویر به خوبی امکان جدا کردن جسم مورد نظر (میگو) را از پس زمینه ای تیره فراهم می ساخت. با استخراج پارامترهای رنگی از تصاویر تقطیع شده که با استفاده از نرم افزار *Matlab Ver 7.04* انجام شد، ویژگیهای رنگی در فضای *RGB* به دست آمده، سپس با روش ارایه شده در بخش تبدیل فضاهای رنگی، مقادیر میانگین حاصل برای پارامترهای L ، a و b به عنوان ورودی به شبکه عصبی داده شد. ویژگیهای بهترین ساختار شبکه عصبی که بر مبنای آزمون و خطا به دست آمد، در جدول 1 ارایه شده است.

نتیجه مقایسه میانگین پارامترهای رنگی در فضای L^*a^*b در نمودارهای 1 تا 3 ارایه گردیده است. بیشترین میزان b در نمونه های خشک شده در دمای 120 درجه سانتی گراد مشاهده شد، در حالیکه تفاوت معنی داری بین پارامتر b نمونه های خشک شده در دماهای 120، 125 و 130 درجه سانتی گراد وجود نداشت. همچنین افزایش دمای خشک کردن منجر به کاهش میزان L می گردد. مقایسه میانگین های ارایه شده در جدول 2 نشان دهنده تاثیر مدت زمان خشک کردن بر میزان پارامترهای a و b و L می باشد. قابل ذکر است که مصرف کنندگان میگوی خشک با رنگ قرمز- نارنجی را ترجیح می دهند.

که در این رابطه (X_r, Y_r, Z_r) مربوط به سفید مرجع می باشد.

$$e = \begin{cases} 0.008856 & \text{Actual CIE Standard} \\ 216/24389 & \text{Intent of the CIE Standard} \end{cases}$$

k و e ثابت های پیشنهاد شده توسط استاندارد CIE می باشند.

پس از به دست آوردن پارامترهای رنگی در فضای L^*a^*b مقادیر میانگین و واریانس هر پارامتر با استفاده از روابط ذیل تعیین شد:

$$m_L = \frac{\sum \sum L(i,j)}{n}, m_a = \frac{\sum \sum a(i,j)}{n}, m_b = \frac{\sum \sum b(i,j)}{n}$$

$$v_L = \frac{\sum \sum [L(i,j)-m]^2}{n-1}, v_a = \frac{\sum \sum [a(i,j)-m]^2}{n-1}, v_b = \frac{\sum \sum [b(i,j)-m]^2}{n-1}$$

که (i, j) مختصات هر پیکسل و n تعداد پیکسل ها در هر تصویر می باشد [6, 13 و 14].

3-4 مدل سازی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

برای برآزش رابطه بین مقادیر میانگین و واریانس پارامترهای رنگی و میزان رطوبت نمونه ها که به روش شیمیایی (AOAC, 1984) تعیین شده بود، ساختار شبکه عصبی

مشابه شکل 2 مورد استفاده قرار گرفته، از نرم افزار *Easy-NN plus (Ver 7.00)* استفاده شد. برای مدل سازی از ساختار شبکه عصبی پیش رونده⁸ استفاده شد که آموزش شبکه در آن با استفاده از روش پس انتشار خط⁹ انجام می گردید. 70 و 30 درصد داده ها به ترتیب جهت

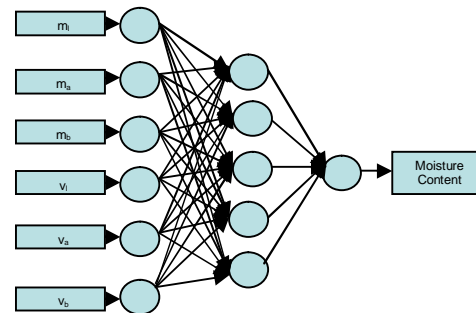
⁸ - Feed forward neural network

⁹ - Back Propagation Error (BPE)

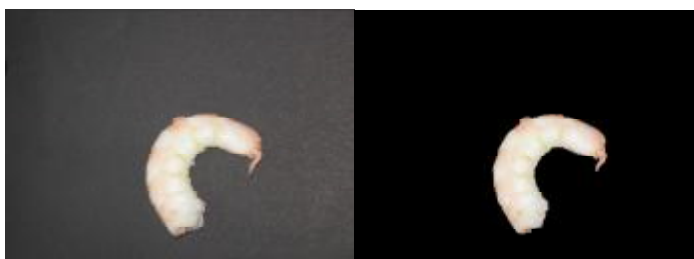
همچنین توانایی شبکه عصبی در پیش بینی میزان رطوبت نمونه های خشک شده، بر مبنای مقادیر R^2 و $RMSE$ در جدول 3 ارایه شده است.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می دهد که کاربرد روش پردازش تصویر در رنگ سنجی مواد غذایی و به صورت موردی، میگو خشک شده را می توان به عنوان راهکاری نوین و ارزان قیمت مورد بررسی قرار داد، در تحقیقات آتی امکان جایگزینی روشهای متداول رنگ سنجی نظیر کاربرد دستگاه هانترلب را با استفاده از پردازش تصویر بررسی نمود. به این ترتیب کاربرد پردازش تصویر امکان ایجاد سیستم ماشین بینایی خودکار و ابژکتیو را در بخش کنترل کیفیت واحدهای فرآوری مواد غذایی فراهم خواهد ساخت. همچنین نتایج از حاصل از این پژوهش نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی پیش بینی میزان رطوبت میگوی خشک شده را بر مبنای پارامترهای رنگی آن در فضای L^*a^*b با همبستگی بالا (0/86) میسر می سازد.



شکل 2- ساختار شبکه عصبی مورد استفاده در پیش بینی میزان رطوبت نمونه های میگوی خشک شده.

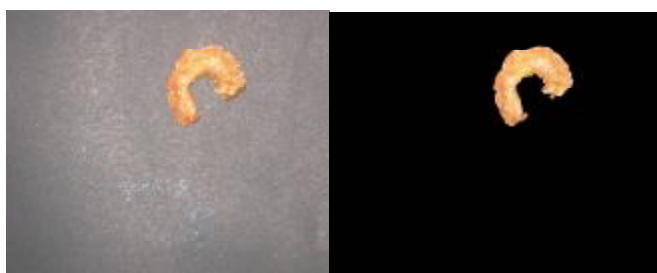


(الف)

(ب)

(ج)

شکل 3 - تصاویر (الف) اولیه (ب) پیش پردازش شده (ج) تقطیع شده میگوی خشک شده در دمای 100 درجه سانتی گراد و به مدت 15 دقیقه



(الف)

(ب)

(ج)

شکل 4 - تصاویر (الف) اولیه (ب) پیش پردازش شده (ج) تقطیع شده میگوی خشک شده در دمای 130 درجه سانتی گراد و به مدت 120 دقیقه

جدول 1- ویژگیهای بهترین شبکه عصبی به دست آمده برای پیش بینی میزان رطوبت در انواع میگوی خشک

A	h	L	H	E_{min}	E_{ave}	E_{max}	C
0.60	0.80	1	5	0.0001	0.0043	0.0243	34218

A = نرخ یادگیری

h = نرخ مومنتوم

L = تعداد لایه های مخفی

H = تعداد نرون ها در لایه های مخفی

E_{min} = حداقل خطا

E_{ave} = متوسط خطا

E_{max} = ماکزیمم خطا

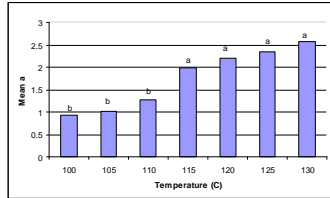
C = تعداد سیکل ها

جدول 2- تاثیر زمان خشک کردن بر پارامترهای رنگی و میزان رطوبت انواع میگوی خشک شده

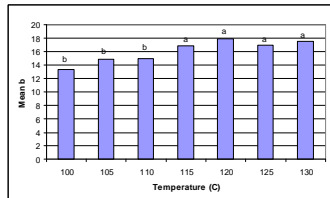
Time of Drying (min)	m _L	m _a	m _b	v _L	v _a	v _b	Moisture Content (%)
15	96/75a	0/59g	5/73g	13/27d	5/75d	29/60f	69.58a
30	96/34a	0/72fg	7/27g	17/00bcd	7/38cd	37/67ef	62.61b
45	95/32ab	0/97efg	9/89f	20/68ab	9/38abcd	48/06de	57.67c
60	95/29ab	1/23defg	12/98e	21/82a	10/82abc	50/73d	53.62d
75	94/72ab	1/31defg	14/40e	19/01abc	10/18abcd	59/12abcd	51.12d
90	94/11bc	1/45def	16/51d	16/42bcd	10/07abc	64/50abc	43.51e
105	92/55cd	1/77cde	19/05c	17/26bcd	12/10ab	70/59a	33.71f
120	91/96de	2/00cd	19/35c	16/68bcd	10/76abc	68/01ab	27.50g
135	91/05def	2/31bc	20/84bc	17/61bcd	12/39a	57/40bcd	22.53h
150	90/49ef	2/52ab	21/69ab	17/23bcd	7/99cd	62/92abc	17.83i
165	90/15ef	2/96ab	22/19ab	16/07cd	8/22bcd	59/92bcd	15.75j
180	89/50f	3/33a	23/03a	14/75cd	6/90cd	54/50cd	11.31k

جدول 3- ارزیابی عملکرد شبکه عصبی

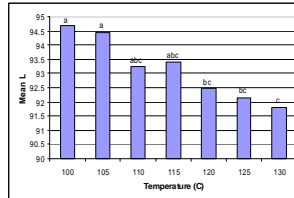
Model	Traning Data Set		Testing Data Set	
	RMSE	R ²	RMSE	R ²
NN	1.018	0.89	2.197	0.86



نمودار 1- تاثیر دما بر میانگین پارامتر a



نمودار 2- تاثیر دما بر میانگین پارامتر b



نمودار 3- تاثیر دما بر میانگین پارامتر L

quality classification of apples. Journal of Agricultural Engineering Research 68:341-353.

[14] Russ, J.C. 1999. Image processing handbook. 3rd edition. USA: CRC Press and IEEE Press.

[15] Sun, D.W. and Brason, T. 2003. Pizza quality evaluating using computer vision- Part 2- Pizza topping analysis. Journal of Food Engineering 57:91-95.

مراجع

[1] شویک لو، غ. 1384. تنوع بخشی به فراورده های میگو:

کلید ورود به بازارهای جهانی. پایگاه اطلاع رسانی شیلات ایران.

[2] صفی یاری، ش. 1383. گزارش تحلیلی از بازار جهانی میگو. پایگاه اطلاع رسانی شیلات ایران.

[3] مختاری آبکناری، ع. 1383. چالشهای آبرزی پروری. پایگاه اطلاع رسانی شیلات ایران.

[4] Abdullah, M.Z., Guan, L.C., Lim, K.C. and Karim, A.A. 2004. The applications of computer vision systems and tomographic radar imaging for assessing physical properties of food. Journal of Food Engineering 61(1):125-135.

[5] AOAC. 1984. Official methods of analysis of association of official analytical chemists. 14 edition. USA: William Byrd press.

[6] Da fontoura, L. and Marcondes, R.J. 2001. Shape analysis and classification: Theory and practice, New Jersey, USA: CRC Press.

[7] Goyache , F. , Bahamonde , A. , Alonso , J. , Lopez , s. , Delcoz , J. J. , Quevedo , J. R. , Ranilla , J. , Luaces , O. , Alvarez , I. , Royo , L. J. and Diez , J. 2001. The usefulness of artificial intelligence techniques to assess subjective quality of products in the food industry. Trends in Food Science and Technology 12, 370 – 381.

[8] Hutachings, J.B. 1994. Food color and appearance. Lonon: Blackie, pp:510-525.

[9] Jayas, D.S., Paliwal, J. and Visen, N.S. (2000) Multi-layer neural networks for image analysis of agricultural product. Journal of Agricultural Engineering Research 72 (2): 119-128.

[10] Jang, S. R., Sun, C. T. & Emizutani, E. 1997. Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A computational approach to learning and machine intelligence, Prentice-Hall International, INC., USA

[11] Kender, J. 1976. Saturation, hue and normalized color. Carnegie- Mellon University, Computer Science Department, Pittsburgh PA.

[12] Otsu, N. 1979. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 9(1): 62-66.

[13] Paulus, I. De Busscher, R. And Schrevens, E. 1997. Use of image analysis to investigate human