



الجمهورية العربية السورية
جامعة البعث
كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية
قسم الهندسة الغذائية

تحديد البقع الملونة في السميد باستخدام تقنية تحليل الصور

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الغذائية اختصاص تقانة تصنيع الحبوب ومنتجاتها

إعداد

م. مي رجوان الكاتب

إشراف الأستاذ المساعد:

د.م. فرحان أحمد ألفين

شهادة

نشهد بأن العمل الموصوف في هذه الرسالة هو نتيجة بحث قامت به المهندسة مي الكاتب تحت إشراف الدكتور فرحان ألفين في قسم الهندسة الغذائية في كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية بجامعة البعث، وأي بحث آخر في هذا الموضوع موثق في النص.

تاريخ 2011/7/27

المشرف
د.فرحان ألفين

المرشحة
مي رجوان الكاتب

تصريح

أصرح بأن هذا البحث (تحديد البقع الملونة في السميد باستخدام تقنية تحليل الصور) لم يسبق أن قبل للحصول ولا هو مقدم حالياً للحصول على شهادة أخرى.

المرشحة
مي رجوان الكاتب

تاريخ 2011/7/27

SYRIAN ARAB REPUBLIC
AL-BAATH UNIVERSITY
FACULTY of CHEM.& PET. ENG.
DEPARTMENT of FOOD. ENG.

CERTIFICATE

It is here by certified that the work described in this thesis is the result of the author's own investigation under the supervision of Dr.Farhan Alfin from department of Food Engineering. Faculty of Chemical & Petroleum Engineering. Al Baath University, and any reference to other research work has been acknowledged in the text.

Supervisor

Dr.Farhan Alfin

Candidate

May Rajwan Al-Kateb

Declaration

It is hereby declare that this work(Determination of Colored Specks in Semolina Using Images Analysis Technique) in my own work and has not been accepted, nor submitted for any other degree.

Date:27/7/2011

Candidate

May Rajwan Al-Kateb

شكر وتقدير

اللهم لك الحمد كما ينبغي لجلال وجهك وعظيم سلطانك وأشهد أن لا إله إلا الله وأشهد أن سيدنا محمد عبده ورسوله، صلى الله عليه وسلم وعلى آله وأصحابه الأبرار، وبعد فإن من لا يشكر الناس لا يشكر الله لذلك أتقدم بالشكر الجزيل بعد شكر الله تعالى إلى كل من ساهم في إخراج هذا البحث إلى الوجود وأخص بخالص شكري ومنتهى امتناني لأستاذي ومرشدي ومعلمي الفاضل **الدكتور فرحان ألفين** الذي لولاه ما كنت أنا في هذا المكان والذي يرجع له الفضل الأول في انجاز هذا البحث فلقد كان لصبره الجميل ودأبه النبيل وحماسه الرائع ولعلمه الوفير الذي لم يبخل به عليّ ولتواجده إلى جانبي في كل مراحل العمل وتحمله النادر لأخطاء باحثة مبتدئة كل الفضل في إتمام هذا البحث، كما أتقدم بالشكر والتقدير والعرفان **للدكتور مصطفى صطوف** رئيس قسم الهندسة الغذائية لفضله الكبير عليّ ولما قدمه لي من توجيهات أثناء عملي معه في مخبر الخبز والمعجنات فكان له بصمة رائعة في بناء هذا البحث والذي لم يبخل علي بعلمه الغزير وخبرته الوفيرة ودعمه المعنوي، كما أوجه شكري **للدكتورة يسر أتاسي** لإغنائها هذا البحث وعلمها الذي لا تمنعه عن أحد فاسأل الله عز وجل أن يجزيها خير الجزاء.

كما أوجه شكري الجزيل لكل من ساهم في هذا البحث بإثرائه برأي أو مشورة أو دعم أو تشجيع وأخص بالذكر **المهندسة نسرين مهير السعدي** و**المهندسة سمية جرجنازي** و**المهندسة هبة تدمري** اللاتي بذلن معي مجهوداً كبيراً فلا يمكن أن أنسى فضلهن في مساعدتي لإتمام هذه الدراسة فلهن مني بالغ الشكر والتقدير وأسأل الله سبحانه أن ينفع بهن ويجعله في ميزان حسناتهن.

كما لايفوتني أن أتوجه بالشكر الجزيل والدعاء الخالص لوالدائي العزيزين اللذين بذلا من جهدهما ووقتهما الشيء الكثير وانشغلت عنهما بهذا البحث واقتطعت من وقتهما لذا فأني لن أوفيتهما حقهما من البر والثناء ماحييت، ولا أنسى في هذا المقام أخوتي وخاصة مها التي صبرت معي وعليّ في كل مراحل إنجاز البحث وساعدتني فجزاها الله كل الخير.

فسبحان الله وبحمده قد سخر لي من خيار الناس وأفاضلهم ليكونوا معي في أصعب الأيام وليجعلوا من المحنة منحة من الله تعالى آلا وهي أن منّ الله عليّ بوجودهم معي فكانت سنوات إنجازي لهذه الدراسة أسعد وأحلى الأيام.

كما أشكر إدارة مجموعة الهبشة التجارية لتزويدنا بالعينات المستخدمة بهذا البحث.

وختاماً أسأل الله تعالى أن يجعل هذا العمل خالصاً لوجهه الكريم وأن يرزقنا الإخلاص في كل حين وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العالمين.

المهندسة

مي رجوان الكاتب

المخلص

تحديد البقع الملونة في السميد باستخدام تقنية تحليل الصور

مي رجوان الكاتب

أطروحة ماجستير/ قسم الهندسة الغذائية/ تقانة تصنيع الحبوب ومنتجاتها/

الأستاذ المشرف: الدكتور فرحان ألفتين

تم في هذه الدراسة تحديد لون السميد باستخدام جهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل صور عينات السميد الملتقطة بماسح ضوئي باستخدام برنامج تمت كتابته بلغة الدلفي، كما تم تحديد عدد البقع الملونة في السميد يدوياً وبتقنية تحليل صور عينات السميد الملتقطة بماسح ضوئي باستخدام برنامج تمت كتابته ببيئة الماتلاب، وتمت دراسة تأثير قياس الصورة ودقة التقاطها على النتائج.

تبين نتيجة هذه الدراسة أن قيم سطوع واصفرار السميد المحددة بجهاز Konica Minolta ترتبط بعلاقة ارتباط إيجابية مع القيم المحددة بتقنية تحليل الصورة، وأن دقة وقياس الصورة وزاوية المراقب تؤثر على معامل الارتباط r ومعامل تحديد العلاقة الخطية R^2 حيث كانت أكبر قيمة لهما عند تحليل الصور الملتقطة بدقة 400 dpi وقياس 10×10 cm وزاوية مراقب 2°.

تبين وجود علاقة ارتباط معنوية إيجابية بين عدد البقع الملونة في السميد المحددة يدوياً والمحددة بتقنية تحليل الصورة، ولوحظ أن دقة التقاط الصورة تؤثر على معامل الارتباط وعلى معامل تحديد العلاقة الخطية حيث كانت أكبر قيمة لهما عند تحليل الصور الملتقطة بدقة 400 dpi.

لوحظ وجود علاقة ارتباط معنوية سلبية بين عدد البقع الملونة في السميد (المحددة يدوياً وبتقنية تحليل الصورة) مع سطوع السميد، وكانت معاملات ارتباط عدد البقع المحدد يدوياً مع سطوع السميد أكبر بالمقارنة مع معاملات ارتباط عدد البقع الملونة المحددة بتقنية تحليل الصورة مع سطوع السميد، كما لوحظ وجود علاقة ارتباط إيجابية معنوية بين a^* المحددة بتقنية تحليل الصورة مع عدد البقع الملونة في السميد وكانت معاملات ارتباط a^* المحددة بتقنية تحليل الصورة مع عدد البقع المحدد يدوياً أقل بالمقارنة مع معاملات ارتباط a^* المحددة بتقنية تحليل الصورة مع عدد البقع المحدد بتقنية تحليل الصورة.

الكلمات المفتاحية: السميد، البقع، اللون، تحليل الصورة، السطوع، الاصفرار.

Abstract

Determination of Colored Specks in Semolina Using images Analysis Technique

BY: May Rajwan AL-Kateb

Thesis accomplished for master's degree in food engineering

Supervisor: Dr. Farhan Alfin

In this study, semolina colour was determined by Konica Minolta and analysis technique of semolina samples images which were acquired using scanner, and the used program was written by Delphi Language, also colored specks count in semolina samples was determined manually and computed by analysis technique of semolina samples images which were acquired using scanners, and the used program was written by Matlab program. The effect of image size and its resolution was studied.

The brightness L^* and yellowness b^* of semolina which were measured by Konica Minolta had positive significant correlation with the computed values by image analysis technique (IAT). The coefficients of correlation (r) and determination (R^2) were affected by image' size and resolution and the observer position. There was positive significant correlation between semolina colored specks count determined manually and by IAT. Image resolution affected the coefficients of correlation (r) and determination (R^2), it was noticed that using the resolution of 400 dpi gave the highest coefficients.

There was negative significant correlation between semolina brightness and semolina colored specks count determined manually and by IAT. Correlation coefficient between semolina brightness and specks count determined manually was greater than correlation coefficients between semolina brightness and specks count computed by IAT.

There was positive significant correlation between colored specks count and a^* computed by IAT. The correlation coefficients between a^* computed by IA and specks count determined manually were less than the correlation coefficients between a^* computed by IA and specks count computed by IA.

Keywords : Semolina, Specks, Color, Image Analysis, Brightness, Yellowness.

الفهرس

الصفحة	العنوان
ب	شهادة
ب	تصريح
ث	Certificate
ث	Declaration
ج	كلمة شكر
ح	ملخص
خ	Abstract
د	الفهرس
ز	فهرس الجداول
س	فهرس الأشكال
ض	المختصرات
1	المقدمة
3	1- هدف البحث
4	2- الدراسة المرجعية
4	1-2- طحن قمح الديوريوم لإنتاج السميد
6	2-2-استخدامات السميد
7	3-2- مواصفات السميد
7	4-2- لون السميد
9	2-4-2-1- اللون وأهميته
10	2-4-2-2-مبادئ وطرائق قياس اللون
12	2-4-2-3-العوامل المؤثرة على قياس اللون
15	2-4-2-4- أنظمة قياس اللون
16	2-4-2-1- نظام CIE 1931
18	2-4-2-2- نظام Hunter Lab
18	2-4-2-3- نظام CIE L*a*b*
20	2-4-2-4- نظام (Red , Green , Blue) RGB
21	2-4-2-5- أجهزة قياس اللون
22	2-4-2-1- جهاز الكولوريمتر
23	2-4-2-2- جهاز السبيكتروفوتومتر
24	2-4-2-3- أنظمة رؤية الحاسوب

الصفحة	العنوان
30	5-2-البقع في السميد
37	6-2-تحليل الصور الرقمية
37	1-6-2- تطبيقات تحليل الصورة الرقمي بالصناعات الغذائية
41	2-6-2- أنواع الصور الرقمية
43	3-6-2- مراحل تحليل الصور
43	1-3-6-2-المعالجة الابتدائية
45	2-3-6-2- تقليل البيانات
46	3-3-6-2- تحليل الخصائص
47	4-6-2- التجزيء
47	1-4-6-2-استخدام العتبة
50	2-4-6-2- كشف الحواف بالصورة
51	5-6-2- تسمية المكونات
52	6-6-2-المعالجة المورفولوجية (التشكيلية) الحسابية
53	1-6-6-2- عملية التوسيع Dilation
53	2-6-6-2-الحت Erosion
55	3-6-6-2- الإغلاق Closing
55	4-6-6-2- الفتح Opening
56	3: المواد والطرائق المستخدمة
56	1-3- المواد المستخدمة
56	2-3- الطرائق
56	1-2-3- طرائق التحليل الكيميائية
56	2-2-3- طرائق التحليل الفيزيائية
57	3-2-3- تحديد لون السميد باستخدام تقنية تحليل الصورة
64	4-2-3- عد البقع الملونة في السميد باستخدام تقنية تحليل الصورة
67	5-2-3- التقييم الإحصائي
68	4: النتائج والمناقشة
68	1-4- الخصائص الفيزيائية والكيميائية
70	2-4- لون السميد المحدد باستخدام تقنية DIA
74	1-2-4- علاقة ارتباط لون السميد مع محتواه من الرماد

الصفحة	العنوان
75	2-2-4 - علاقة ارتباط لون السميد مع محتواه من الصبغات
76	3-2-4-علاقة ارتباط لون السميد المحدد بتقنية تحليل الصورة مع لونه المحدد بجهاز Konica Minolta
83	3-4- عدد البقع الملونة في السميد
83	1-3-4- علاقة ارتباط عدد البقع المحدد يدوياً مع عدد البقع المحدد بتقنية تحليل الصورة
87	2-3-4- علاقة ارتباط عدد البقع الملونة في السميد مع لونه
91	3-3-4- علاقة ارتباط عدد البقع الملونة في السميد مع محتواه من الرماد
93	5: الاستنتاجات
95	6: المقترحات
96	الملاحق
97	المراجع
97	المراجع العربية
98	المراجع الأجنبية
104	المواقع

فهرس الجداول

الصفحة	الجدول
35	الجدول (1-5-2) الفروقات بين جهاز Branscan وجهاز SPX
69	الجدول(1-1-4) الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات السميد المدروسة
71	الجدول(1-2-4) لون السميد المحدد بتحليل صور عينات السميد الملتقطة بقياس 10×10 cm
72	الجدول(2-2-4) لون السميد المحدد بتحليل صور عينات السميد الملتقطة بقياس 3×3 cm
73	الجدول(3-2-4) متوسط قيم سطوع السميد* L المحددة بتحليل صور عينات السميد الملتقطة
74	الجدول(4-2-4) متوسط قيم اصفرار السميد* b المحددة بتحليل صور عينات السميد الملتقطة
74	الجدول(5-2-4) معاملات ارتباط قيم الرماد وقيم اللون المحددة بجهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل الصورة
76	الجدول(6-2-4) معاملات ارتباط محتوى الصبغات وقيم اللون المحددة بجهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل الصورة
77	الجدول(7-2-4) معاملات ارتباط قيم اللون المحددة بتقنية تحليل الصورة
79	جدول(8-2-4) معاملات تحديد العلاقة الخطية بين قيم الاصفرار* b المحددة بجهاز Konica Minolta والمحددة بتقنية تحليل الصورة
80	جدول(9-2-4) معاملات تحديد العلاقة الخطية بين قيم السطوع* L المحددة بجهاز Konica Minolta والمحددة بتقنية تحليل الصورة
84	الجدول(1-3-4) عدد البقع الملونة في عينات السميد المحدد يدوياً وتحليل الصورة
85	جدول(2-3-4) معاملات تحديد العلاقة الخطية بين عدد البقع الملونة المحددة بتقنية تحليل الصورة والمحدد يدوياً
87	الجدول(3-3-4) معاملات ارتباط عدد البقع المحدد بتقنية تحليل الصورة والمحدد يدوياً مع سطوع السميد* L المحدد بجهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل الصورة
89	الجدول(4-3-4) قيم* a المحددة بتحليل صور عينات السميد الملتقطة بقياس 10×10 cm
90	الجدول(5-3-4) معاملات ارتباط عدد البقع المحدد بتقنية تحليل الصورة والمحدد يدوياً مع لون السميد* a المحدد بجهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل الصورة
92	الجدول(6-3-4) معاملات ارتباط قيم الرماد والصبغات مع عدد البقع المحدد يدوياً وبتقنية تحليل الصورة

فهرس الأشكال

الصفحة	الشكل
8	الشكل (1-4-2) ارتباط نسبة استخراج السميد مع سطوع المعكرونة المنتجة منه
9	شكل (2-4-2) ارتباط نسبة استخراج السميد مع نسبة الرماد
10	الشكل (3-4-2) بنية عين الإنسان
11	الشكل (4-4-2) الحساسية الطيفية لكل نوع من المخاريط
13	الشكل (5-4-2) توابع التطابق اللوني للمراقب 10° CIE والمراقب 2° CIE
14	الشكل (6-4-2) تأثير خصائص السطح على اللون
14	الشكل (7-4-2) الهندسة الاتجاهية
15	الشكل (8-4-2) هندسة الانتشار
16	الشكل (9-4-2) بعض أنظمة قياس اللون
16	الشكل (10-4-2) نظام XYZ
17	الشكل (11-4-2) نظام xyY
18	الشكل (12-4-2) نظام Hunter Lab
20	الشكل (13-4-2) نظام $L^*a^*b^*$ CIE
21	الشكل (14-4-2) بعض أنظمة RGB
22	الشكل (15-4-2) جهاز اللفيبيوند
23	الشكل (16-4-2) جهاز الكولوريمتر
24	الشكل (17-4-2) جهاز السبيكتروفوتومتر
25	الشكل (18-4-2) قياس لون رقاقة من البطاطا
25	الشكل (19-4-2) مقارنة نتيجة تحليل الصورة مع السبيكتروفوتومتر
26	الشكل (20-4-2) مكونات نظام رؤية الحاسوب
28	الشكل (21-4-2) جهاز الباحث Leon, . 2006 لقياس لون الطعام
28	الشكل (22-4-2) نظام قياس اللون الذي استخدمه الباحث Larrain, . 2008
31	الشكل (1-5-2) اختلاف عدد البقع المحدد بصرياً باختلاف القائم بالتجربة
31	الشكل (2-5-2) جهاز SPX
32	الشكل (3-5-2) علاقة الارتباط بين عدد البقع المحدد بجهاز SPX والمحدد يدوياً
32	الشكل (4-5-2) مبدأ تحليل الصورة باستخدام جهاز SPX
33	الشكل (5-5-2) جهاز Branscan 2000

الصفحة	الشكل
34	الشكل (2-5-6) تأثير إضافة النخالة البيضاء والحمراء على قراءة جهاز Branscan
34	الشكل (2-5-7) علاقة ارتباط % Branscan مع الرماد واللون
35	الشكل (2-5-8) الارتباط بين % Branscan وعدد البقع المحدد بصرياً
36	الشكل (2-5-9) جهاز Fluoroscan F2000
36	الشكل (2-5-10) دقة قياس جهاز Fluoroscan بقياس الرماد
39	الشكل (2-6-1) تحديد النسبة المئوية لحبات القمح المصابة بفطر Fusarium بجهاز SPX
39	الشكل (2-6-2) تحديد نسبة الحبات المصابة والمتغيرة اللون بجهاز SPX
40	الشكل (2-6-3) النظام الذي استخدمه الباحث Visen., 2004 لتحديد نوع الحبوب
41	الشكل (2-6-4) الصور الثنائية
42	الشكل (2-6-5) الصور الرمادية
42	الشكل (2-6-6) الصور الملونة
43	الشكل (2-6-7) الصور الملونة Indexed
44	الشكل (2-6-8) تأثير العمليات الحسابية على الصور
45	الشكل (2-6-9) تأثير مرشح المتوسط
45	الشكل (2-6-10) مرشح الوسيط
46	الشكل (2-6-11) توسيع المدرج التكراري
46	الشكل (2-6-12) تسوية المدرج التكراري
46	الشكل (2-6-13) ضبط المدرج التكراري
47	الشكل (2-6-14) الصورة بعد تطبيق العتبة
51	الشكل (2-6-15) تحديد الحواف
52	الشكل (2-6-16) تسمية المكونات في الصورة
53	الشكل (2-6-17) عملية التوسيع
53	الشكل (2-6-18) عملية التوسيع لصور ثنائية وصور رمادية
54	الشكل (2-6-19) عملية الحث
54	الشكل (2-6-20) عملية الحث لصورة ثنائية
54	الشكل (2-6-21) عنصر البناء Structuring Element
55	الشكل (2-6-22) الإغلاق Closing
55	الشكل (2-6-23) الفتح Opening
57	شكل (3-2-1) النقاط صورة لعينة السميد
58	الشكل (3-2-2) هيستوغرام $L^* a^* b^*$ لصورة عينة السميد
62	الشكل (3-2-3) المخطط التدفقي لمراحل قياس اللون ببرنامج الدلفي
63	الشكل (3-2-4) مراحل قياس اللون بتقنية تحليل الصورة
65	الشكل (3-2-5) المخطط التدفقي لمراحل عد البقع الملونة في عينات السميد باستخدام DIA

الصفحة	الشكل
66	الشكل (6-2-3) صورة عينة السميد الثنائية Binary بعد حذف البقع الصغيرة الحجم
67	الشكل (7-2-3) صورة عينة السميد الملونة مع تحديد البقع الملونة عليها
81	الشكل (1-2-4) العلاقة بين b^* و b^* Minolta المحددة بتقنية تحليل الصورة
82	الشكل (2-2-4) العلاقة بين L^* و L^* Minolta المحددة بتقنية تحليل الصورة
86	شكل (2-3-4) العلاقة بين عدد البقع الملونة المحدد يدوياً والمحدد بتقنية تحليل الصورة

المختصرات

FDA: المنظمة الأمريكية للدواء والطعام.

DIA: تحليل الصورة الرقمية.

rpm: دورة في الدقيقة.

CIE: المنظمة العالمية للألوان.

L*: الإضاءة.

b*: اللون الأصفر - الأزرق.

a*: اللون الأحمر - الأخضر.

D65: مصدر إضاءة توزعه الطيفي يماثل ضوء السماء الملبدة بالغيوم.

CIE 10°: مراقب قياسي بزواوية رؤية 10°.

CIE 2°: مراقب قياسي بزواوية رؤية 2°.

SPD: كثافة الطاقة الطيفية.

SCI: تضمين عامل اللمعان.

SCE: استبعاد عامل اللمعان.

*** ΔE**: فرق اللون الكلي.

RGB: نظام لون أحمر - أخضر - أزرق.

X,Y,Z: قيم التنبيه الثلاثي.

r: معامل الارتباط.

R²: معامل تحديد العلاقة الخطية.

CCD: كاميرة رقمية ملونة.

dpi: نقطة في الإنش.

SPX: جهاز Speck Expert لعد البقع.

Pixel: البكسل اختصار Picture Element.

ICC: الاتحاد العالمي لكيميائيي الحبوب.

AACC: الاتحاد الأميركي لكيميائيي الحبوب.

Im2bw: تابع جاهز في برنامج الماتلاب لتحويل الصور الملونة إلى ثنائية.

Graythresh: تابع جاهز في برنامج الماتلاب لتحديد العتبة.

rgb2gray: تابع جاهز في برنامج الماتلاب لتحويل الصور الملونة RGB إلى رمادية.

المقدمة : Introduction

عرفت المنظمة الأميركية للدواء والطعام (FDA) عام 2003 السميد بأنه ناتج طحن قمح الديوريوم الخالي من النخالة والجنين، والذي يمر عبر منخل NO.20 بشكل كامل بينما يمر 3% منه كحد أقصى من منخل NO.100، والحاوي على 0.92% رماد كحد أقصى على أساس المادة الجافة (Posner and Hibbas., 2005).

يستخدم السميد لإنتاج الكثير من المنتجات الغذائية مثل الكسكس Couscous والمعكرونة التي تزايد معدل إنتاجها واستهلاكها في كثير من دول العالم نظراً إلى سهولة إنتاجها ونقلها وحفظها وقيمتها الغذائية المرتفعة وسهولة هضمها وإمكانية تحضير أطباق متنوعة منها لتوفرها بأشكال وأحجام مختلفة (Dick and Matsuo.,1971, Kruger et al.,1998, Owens., 2001).

يفضل استخدام السميد المستخرج من قمح ديوريوم في صناعة المعكرونة، لأنه يتميز بارتفاع كمية ونوعية الغلوتين وبالقساوة والشفافية ووفرة الصبغات الكاروتينويدية وخاصة الكزانثوفيل والتاراكزانثين، حيث تتميز المعكرونة المنتجة من هذا السميد بسهولة المعالجة وبلون أصفر ساطع خالي من البقع ويقوم متماسك، كما أن حجمها يتضاعف عند الطبخ دون أي تدبق أو تفتت (Hoseney.,1986, Sisson., 2008, الجندي.).

تؤثر نوعية السميد على جودة المعكرونة المنتجة، ولذلك يعتبر من الضروري اختيار سميد يعطي منتج خالي من البقع وبلون أصفر كهرباني، لأن مظهر المعكرونة يعتبر من أهم المواصفات المحددة لجودتها وغالباً ما يحكم المستهلك على المنتج بالاعتماد على مظهره الكلي (Johnston et al.,1980, Owens.,2001, Kruger et al.,1998).

إنّ طحن القمح الحاوي على نسبة مرتفعة من الأجرام والشوائب مثل حبات القمح المتغيرة اللون والبيذور الضارة والأرغوت ينتج سميد يحتوي على بقع سوداء وبالتالي يمكن القول أن البقع السوداء تنتج عن عدم كفاءة مرحلة تنظيف القمح، بينما تنتج البقع البنية (النخالة) في السميد عن البنية المعقدة لحبة القمح التي تسبب صعوبة فصل الأندوسبرم عن النخالة بشكل تام، ويرتبط عدد هذه البقع البنية بكل من نسبة استخراج السميد وبنظام الطحن المستخدم (Kruger et al.,1998, Manthey and Twombly., 2006, Symons et al.,1996, Symons and Dexter.,1991).

يتم في المصانع المنتجة للمعكرونة تحليل السميد الوارد إلى المصنع بشكلٍ دوري للتأكد من مطابقته مع المواصفات المطلوبة، ويعتبر عدد البقع الملونة في السميد من أهم هذه المواصفات (السعيد، 1983)، ويتم تحديدها عادة بصرياً إلا أن الباحث (Symons.,1996) بيّن ضرورة تطوير طريقة موضوعية وسريعة لعد البقع الملونة في السميد في كل من الأبحاث المخبرية والتطبيقات التجارية، لأن عدّ البقع يدوياً متعب وممل وذاتي يختلف من شخص لآخر لأنه يعتمد

على خبرة القائم بالتجربة، فدرس إمكانية استخدام تقنية تحليل الصورة لتحديد البقع في السميد وقد أثبتت النتائج التي توصل إليها فعالية هذه التقنية في تحديد البقع .

تعتمد تقنية تحليل الصور الرقمية (Digital Image Analysis) على معالجة الصور والتي هي تقنية فرعية من معالجة الإشارة الرقمية (Pacionnik et al., 2006)، وقد تزايد في السنوات الأخيرة استخدام تقنية DIA في الصناعات الغذائية كأداة للبحث العلمي وكتقنية على خط الإنتاج نتيجة مزاياها الكثيرة كالدقة والموضوعية والسرعة وكونها تقنية غير مملّة، ويعزى تزايد استخدامها إلى التطور السريع لمكونات الحاسوب المادية والبرمجيات المستخدمة في معالجة الصورة وانخفاض ثمنها خلال السنوات الأخيرة (Larrain et al., 2008, Ng and Wrigley., 2002).

درس الباحث Walter Bushuk عام 1986 إمكانية استخدام تقنية DIA لتدريج القمح وتحديد نوعيته، وتتابع فيما بعد الأبحاث لدراسة إمكانية استخدام هذه التقنية لأغراض مختلفة كتحديد المواد الغريبة في القمح وتقدير تأثير البيئة على القمح، كما تبين إمكانية الاستفادة من هذه التقنية في المطحنة للوصول إلى منتج بالموصفات المطلوبة وبنسبة استخراج ملائمة وفي تقييم جودة الدقيق والسميد والمنتج النهائي كالخبز والحلويات والنودلز والمعكرونة (Ng and Wrigley., 2002).

أكدت الدراسات أهمية الاستفادة من تقنية DIA لتأكيد الجودة في عدة نقاط بدءاً من استلام القمح ووصولاً إلى المنتج النهائي من خلال استخدامها كأداة مساعدة في تحديد حبوب القمح ذات الاستخدام النهائي الجيد وتوظيفها في المطحنة والمخبر على خط الإنتاج (Ng and Wrigley., 2002).

1- هدف البحث : Objective

تعزاً أهمية هذا البحث إلى ندرة الأبحاث المحلية حول دراسة إمكانية الاستفادة من تقنية تحليل الصورة في مجال الصناعات الغذائية التي تعتبر من أكثر الصناعات المستخدمة لهذه التقنية عالمياً، وهذا ما دفعنا إلى التوجه في هذه الدراسة إلى تحديد عدد البقع الملونة في السميد بالاعتماد على تقنية تحليل الصورة باستخدام ماسح ضوئي وبرنامج تمت برمجته لهذا الهدف، ومن ثم دراسة علاقة الارتباط بين عدد البقع المحدد مع لون السميد ومحتواه من الرماد، بهدف الوصول إلى طريقة آلية وسريعة وموضوعية ودقيقة لعد البقع الملونة بالسميد في مصانع المعكرونة، فعلى الرغم من وجود العديد من أنظمة عدّ البقع الملونة في السميد لكن تبقى هذه الأنظمة مرتفعة الثمن وغير مستخدمة في السوق المحلية وغير معروفة بشكل جيد علمياً لذلك كان هدف هذه الدراسة تطوير منظومة محلياً لعد البقع آلياً بنظام منخفض الثمن.

2- الدراسة المرجعية:

1-2- طحن قمح الديوريوم لإنتاج السميد : Durum Wheat Milling for Semolina Production

يوجد عدة فروقات بين طحن قمح الديوريوم وطحن الأقماع الأخرى، نظراً إلى اختلاف قمح الديوريوم من حيث الحجم ودرجة القساوة، ولأن طحنه يهدف إلى إنتاج سميد خالي من النخالة وبأعلى نسبة استخراج وبحجم حبيبات متجانس مع تقليل كمية الدقيق الناتجة قدر الإمكان، ومن أهم هذه الفروقات نذكر :

- اختلاف حالة أسنان أسطوانات الكسرات لزيادة نسبة استخراج السميد .
- الاهتمام الكبير بمرحلة تنظيف القمح.
- استخدام كمية كبيرة من الهواء وعدد كبير من منظفات السميد .
- تقليل كمية الطحين الناتج (1998, Kruger et al., 1983, السعيد).

يعتبر من المهم جداً إزالة الأجرام والشوائب في مرحلة تنظيف القمح وإلا فإنها سوف تطحن مع القمح وتختلط مع السميد الناتج مسببة انخفاض نوعيته، مثلاً تسبب الحبات السوداء والمتغير لونها ظهور بقع ملونة في السميد والمعكرونة المنتجة منه، كما أن حبات القمح المكسورة تؤثر سلباً على لون السميد لأنها تمتص الماء بسرعة خلال الترتيب مما يسبب إعطاء أندوسبيرم طحيني، لذلك تهتم مطاحن قمح الديوريوم بمعدات التنظيف (Hoseney., 1986, Posner and Hibbs., 2005).

يعتبر التنظيف على أساس اختلاف الوزن النوعي مرحلة مهمة جداً، حيث يتم فصل الأجرام الثقيلة كالحجارة المماثلة للقمح من حيث الحجم بالاعتماد على اختلاف وزنها النوعي، فمن الضروري إزالة الحجارة لكي لا تسبب تضرر أسنان أسطوانات الكسرات ولكي لا تطحن وتختلط مع السميد وهذا يسبب تخرب قوالب تشكيل المعكرونة، كما تستخدم الفارزات اللونية لفصل الحبات المتغيرة اللون وذات الجنين الملون والأرغوت، ويعتبر الفاصل القرصي أساسياً لفصل الأجرام المشابهة للقمح من حيث الوزن النوعي والمختلفة عنه بالشكل والحجم، ويعتبر من الضروري استخدام الفاصل المغناطيسي عند تنظيف قمح الديوريوم لفصل المعادن قبل مرحلة الطحن لحماية أسطوانات الكسرات من التضرر ولأن بقاءها في السميد يخفض من نوعيته.

(1988, Fabriani and Lintas., 1998, Kruger et al., 1983, السعيد)

يهدف ترتيب قمح الديوريوم إلى جعل النخالة متماسكة أكثر والمحافظة على الأندوسبيرم شفاف وقاسي، وذلك لتسهيل فصل النخالة عن الأندوسبيرم لتقليل عدد البقع في السميد الناتج، ويتوجب ضبط متغيرات عملية الترتيب لتجنب تطرية الأندوسبيرم لإنتاج أقل كمية من الطحين (1983, Hoseney., 1986, Kruger et al., 1998, Posner and Hibbs., 2005).

يتم ترطيب قمح الديوريوم لمدة قصيرة نسبياً بحدود 2.5-3.5 ساعة للوصول إلى رطوبة 16.5-16% وذلك لجعل النخالة مرنة ومتماسكة ومنعها من التفتت إلى أجزاء صغيرة يصعب فصلها عن السميد، ولكن بما أن المراحل التي تلي عملية الترطيب تسبب ضياع نسبة من الرطوبة فإن قمح الديوريوم يخضع لعملية ترطيب ثانية قبل الكسرة الأولى لمدة 30-60 دقيقة وذلك بإضافة 0.5% ماء، وتعتمد كمية الماء المضاف إلى القمح على درجة الحرارة والرطوبة ومقدار الرطوبة المتوقع فقدها نتيجة التبخير خلال الطحن.

(Hoseney.,1986, Kruger et al.,1998, Posner and Hibbs.,2005, السعدي)

تتألف مطحنة قمح الديوريوم المنتجة للسميد من ست مراحل كسر وست مراحل تنعيم ومرحلتين أو ثلاث مراحل تخافيز (Kruger et al.,1998, Fabriani and Lintas.,1988).

يلاحظ كثرة مراحل الكسرات بهدف الفصل التدريجي لحبيبات الأندوسبيرم الخشنة بأقل كمية ممكنة من الطحين، وتكون الأسطوانات في مرحلتي الكسرات والتنعيم ذات أسنان حادة وبوضعية سن - سن لزيادة تأثير القص، وتحديداً تلعب الكسرات الثلاثة الأولى دوراً هاماً في تحديد كمية ونوعية السميد المستخرج، ويتم ضبط المسافة بين أسطواناتي الكسرة الأولى بالاعتماد على حجم حبة القمح (Hoseney.,1986 , Kruger et al.,1998).

تفصل منظمات السميد حبيبات النخالة بالاعتماد على الحجم والوزن النوعي وتعتبر من أهم المراحل في مطحنة قمح الديوريوم لأن أجزاء النخالة المتبقية مع السميد تظهر في المعكرونة كبقع ملونة مما يخفض من جودتها (Posner and Hibbs.,2005, Kruger et al.,1998).

تهدف مرحلة التنعيم إلى كشط النخالة عن حبيبات الأندوسبيرم ليتم تنعيمها بشكل تدريجي، بينما تهدف مرحلة **التخافيز** إلى استخراج الطحين من التيارات الناعمة جداً أو الغنية جداً بالنخالة وتكون الأسطوانات ملساء السطح وقريبة من بعضها جداً (Kruger et al.,1998).

يعتبر رفع نسبة استخراج السميد أمراً أكثر تعقيداً من رفع نسبة استخراج الدقيق لأن طحن القمح لإنتاج الدقيق يهدف إلى فصل الأندوسبيرم عن النخالة والجنين ومن ثم التنعيم التدريجي لحبيبات الأندوسبيرم الخشنة، بينما عند طحن قمح الديوريوم لإنتاج السميد يتم فصل النخالة والجنين عن الأندوسبيرم الذي يتوجب المحافظة عليه كبير الحجم قدر الإمكان وعادة تكون نسبة استخراج السميد في المطاحن الحديثة المضبوطة جيداً بحدود 68-72% (Posner and Hibbs.,2005).

2-2- استخدامات السميد : Semolina Uses

يستخدم السميد في الكثير من المنتجات الغذائية وتحديداً يستخدم في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا في تحضير الكسكس والمعكرونة واللازانيا المسبقة الطبخ وعدة أنواع من الحلويات وبعض أنواع الخبز المسطح (Faridi and Faubion .,1998).

يعتبر الكسكس من الأطباق الشعبية الموروثة في شمال إفريقيا، ويصنع من سميد قمح الديوريوم حيث يتم ترطيبه في وعاء خشبي كبير ومن ثم يشكل باليد على شكل قطع صغيرة أو كبيرة أو متوسطة الحجم ويستخدم منخل أو أكثر للحصول على تجانس بحجم القطع، يلي ذلك تجفيفه بأشعة الشمس وتخزينه بأوعية خشبية. يتم طبخ الكسكس بالبخار ويخلط مع لحم الضأن والخضراوات أومع الحليب والفواكه (Faridi and faubion .,1998, Fabriani and Lintas.,1988).

تصنع اللازانيا بشكل أساسي من سميد قمح الديوريوم، ولكن تنتوع المواد المضافة إليه مثل البيض ومسحوق البطاطا وبروتينات الحليب وغيرها، وتعتبر اللازانيا من الأطباق الإيطالية التقليدية (Fabriani and Lintas.,1988).

تتميز المعكرونة المصنعة من سميد قمح الديوريوم بخصائص حسية وخصائص طبخ جيدة وبثباتية عالية عند تعرضها للطبخ الزائد، وعادة يركز المستهلك على كلٍ من النكهة والرائحة والشكل والقوام والقيمة الغذائية كما أنه يرغب في أن تحافظ المعكرونة على قوامها بعد الطبخ. (Sissons.,2008, Faridi and Faubion.,1998)

2-3- مواصفات السميد : Semolina Properties

يجب أن تكون رطوبة السميد بحدود 14-15%، حيث أن السميد المنخفض الرطوبة لا يمتص الماء بشكلٍ كافٍ في ضواغط التشكيل في أنظمة الإنتاج المستمر، بينما ارتفاع محتوى رطوبة السميد يؤدي إلى صعوبة التصنيع (Hoseney.,1986, Posner and Hibbs.,2005).

يؤثر محتوى البروتين في السميد على جودة المعكرونة، ويفضل أن يحتوي السميد حوالي 11.5-13.0% بروتين، وقد أكدت الدراسات وجود ارتباط معنوي مهم بين نوعية الغلوتين وخصائص طبخ المعكرونة وتتراوح نسبة الغلوتين الجاف المطلوبة في السميد بحدود 11% (Hoseney.,1986, Posner and Hibbs.,2005, Kruger et.al.,1998).

تؤثر فعالية α الأميلاز المرتفعة في السميد على خصائص المعكرونة، حيث تسوء كل من الخصائص الميكانيكية والبنوية وخصائص طبخ المعكرونة وتزداد نسبة المواد المنحلة في ماء الطبخ، كما أنها تسبب عدة مشاكل في مرحلتي التشكيل والتجفيف، تدل قيمة رقم السقوط الأقل من 400 Sec على تضرر القمح بالإنبات (Hoseney.,1986, Posner and Hibbs.,2005).

تعتبر امتصاصية السميد للماء من الخصائص المهمة جداً بالنسبة لمنتجات المعكرونة، حيث تؤدي الامتصاصية المنخفضة إلى إنتاج عجين جاف، بينما تؤدي الامتصاصية المرتفعة إلى إطالة فترة التجفيف وهذا بالتالي يؤدي إلى زيادة هشاشية وتكسر المعكرونة، ويتوجب أن تتراوح امتصاصية السميد للماء بحدود 27-35% عند تحديدها بجهاز الفارينوغراف للوصول إلى قوام 500 Bu (Posner and Hibbs.,2005).

هناك العديد من المواصفات المرغوبة للسميد بالإضافة إلى ماسبق مثل التحبب.... الخ ولكن مایهنا في هذا السياق هو لون السميد وعدد البقع الملونة فيه والتي سنتناولها بالتفصيل.

2-4- لون السميد: Semolina Color

اللون الأصفر الساطع هو اللون المرغوب للسميد وتتحدد درجة اصفراره تبعاً لمحتوى السميد من الكاروتينويدات، حيث تتكون الصبغات الصفراء في قمح الديوريوم بشكل أساسي من الكزانثوفيلات والليوتين والفریکزانثين وكمية قليلة من β كاروتين و β كريبتوكزانثين، ويعتبر الليوتين هو الصبغة السائدة حيث أنه يشكل أكثر من 80% من الصبغات الصفراء الكلية (Reimer.,2008).

تتوزع الصبغات بشكل مختلف في حبة القمح حيث يتوضع كلاً من α كاروتين و β كاروتين وزيكزانثين في الجنين وقرب الطبقات الخارجية من الحبة بينما يتوزع الليوتين بشكل متساوٍ في الحبة ويعتبر محتوى السميد من α توكوفيرول منخفض جداً لأن الجنين حيثما يتركز α توكوفيرول هو أول جزء يستبعد بالطحن (Reimer.,2008, Borrelli.,2008).

يوجد عدة طرائق لتحديد تركيز الصبغات الصفراء في قمح الديوريوم ولون الأندوسبيرم مثل:

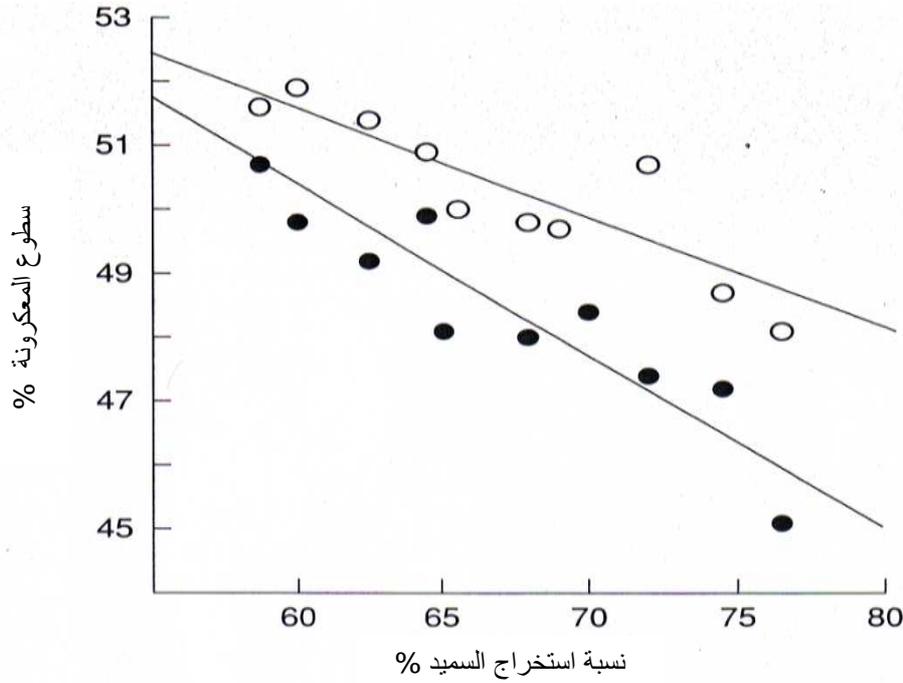
- استخلاص الصبغات باستخدام البوتانول المشبع بالماء وفق (AACC, 2000) 14-50، ومن ثم القياس بواسطة السيكتروفوتومتر عند طول موجة 435 nm وتستخدم هذه الطريقة لتحديد تركيز الصبغات الصفراء الكلية.

- الكروماتوغرافيا السائلة العالية الأداء HPLC التي تستخدم لتحديد التركيب النسبي للكاروتينويدات في حبة القمح، وقد لوحظ أن معامل الارتباط بين طريقة الاستخلاص بالبوتانول المشبع بالماء وطريقة الكروماتوغرافيا السائلة العالية الأداء يتراوح بالمجال 0.94-0.98.

- قياس انعكاس الضوء الذي يدل على الاصفرار النسبي للعينة باستخدام نظام CIE 1976 وتتميز هذه الطريقة بعدم استخدام المواد الكيميائية (Reimer.,2008, Fratianni.,2005, McCiag et al.,2006, Panfili et al.,2004).

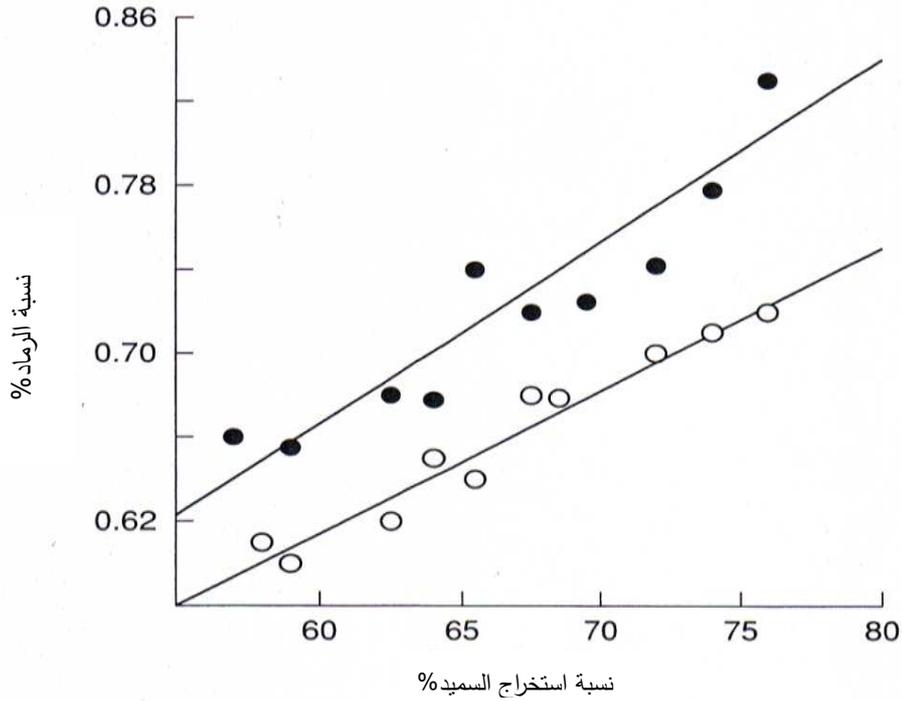
يعتبر لون المعكرونة من أهم المواصفات المحددة لجودتها، لأن المستهلك غالباً ما يحكم على المنتج بالاعتماد على مظهره الكلي الذي يتضمن اللون، وقد أكدت الدراسات ارتباط لون المعكرونة مع لون السميد المصنعة منه، ولذلك يعتبر لون السميد من الخصائص المحددة لجودته ولثمنه

(Posner and Hibbs.,2005, Johnston et al.,1980)، ولكن يجب أن لا ننسى أن لون المعكرونة يتأثر أيضاً بمحتوى السميد من الأنزيمات وبشروط الإنتاج ويتحجب السميد حيث أن السميد الخشن يتميز باصفرار أكبر مقارنة مع السميد الناعم (Hoseney.,1986,Owens.,2001). أكدت الدراسات وجود ارتباط عكسي بين نسبة استخراج السميد و سطوع المعكرونة المنتجة منه كما هو واضح في الشكل (1-4-2). (السعيد،1983، Kruger et al.,1998.)



الشكل (1-4-2) ارتباط نسبة استخراج السميد مع سطوع المعكرونة المنتجة منه

يؤدي ارتفاع محتوى الرماد في السميد إلى ازدياد اللون البني وانخفاض اصفرار السميد، وتتراوح نسبة الرماد في السميد المنتج من قمح الديوريوم بحدود 0.5-0.7% على أساس رطوبة 14% وذلك عند نسبة استخراج 65%، وبما أن نسبة الرماد تزداد من مركز حبة القمح باتجاه الطبقات الخارجية لذلك فإن ارتفاع نسبة الرماد في السميد يدل على ارتفاع نسبة استخراجه أو إلى عدم كفاءة عملية الطحن شكل (2-4-2)، بينما يدل انخفاض محتوى الرماد في السميد على خلط قمح الديوريوم مع أقماح أخرى (Borrelli.,2008، السعيد،1983، Kruger et al.,1998).



شكل (2-4-2) ارتباط نسبة استخراج السميد مع نسبة الرماد

2-4-1- اللون وأهميته: The Color and its Importance

يعرف اللون بأنه الاستجابة لمجال محدد من الطيف الكهرومغناطيسي الصادر عن منبع ضوئي مثل أشعة الشمس، حيث أن الضوء بحد ذاته لا لون له، فاللون موجود فقط في عقل الناظر، ويمكن تعريف اللون بأنه الإحساس الذي نشعر به عندما تسقط الطاقة على شكل إشعاع ضمن الطيف المرئي على شبكية العين، ويمكن وصف اللون بدقة عن طريق قياس توزيع طاقة طيفه (MacDougall.,2002, Vargas and Lopez.,2003).

تتم رؤية اللون على مرحلتين: تعتبر المرحلة الأولى ظاهرة فيزيائية بحتة تتطلب وجود مصدر للضوء وجسم ومراقب مثل العين، بينما تعتبر المرحلة الثانية ظاهرة معقدة وغير مفهومة بشكل كامل، وفيها تنقل مستقبلات العين المعلومات إلى الدماغ الذي يفسرها كلون (Vargas and Lopez.,2003).

يعتبر اللون مؤشراً مهماً جداً على الجودة، وغالباً يوفر قياس اللون وسيلة لتوصيف المادة الغذائية أكثر بساطة من التقييم الحسي والتحليل المخبري للتركيب الكيميائي (MacDougall.,2002, Abdullah et al.,2004).

يلعب اللون دوراً أساسياً في قبول ورفض المستهلك للمنتج الغذائي، وذلك حتى قبل أن يتذوقه لذلك فهو يعتبر المؤشر الأول على جودة المنتج (Leon et al.,2006).

يرتبط اللون مع خصائص الجودة الفيزيائية والكيميائية والحسية، لذلك يعتبر خاصية فيزيائية تلعب دوراً أساسياً في تقييم الجودة الظاهرية في الصناعات والأبحاث الغذائية (Mendoza et al., 2006).

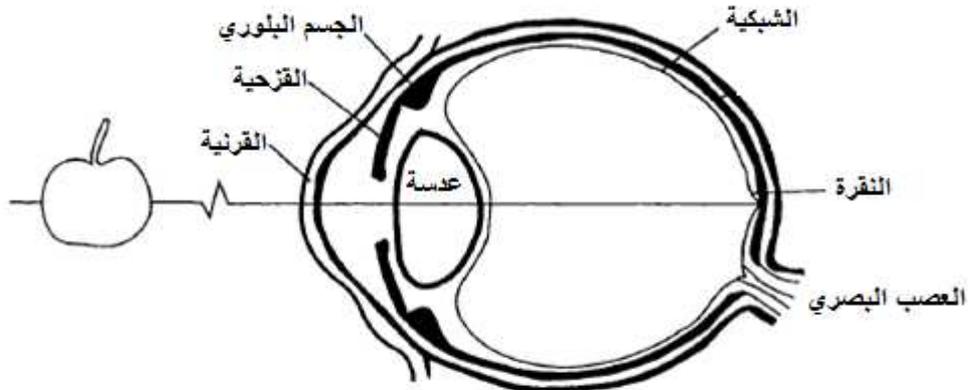
يتم تحديد لون السميد إما بالمعاينة البصرية أو باستخدام أجهزة قياس اللون ويحاول تقنيوا الحبوب تطوير طرق سريعة ودقيقة لتقييم لون السميد (Johnston et al., 1980, Leon et al., 2006). وجد الباحث (Walsh et al., 1969) علاقة ارتباط معنوي بين محتوى الصبغات في السميد والمعاينة البصرية للون السميد، ولكن يؤخذ على طريقة المعاينة البصرية بأنها مملة وذاتية تختلف نتائجها من شخص لآخر.

يستخدم حالياً نظام $L^*a^*b^*$ لقياس لون المواد الغذائية، وهو نظامي عالمي لقياس اللون تم تطويره من قبل المنظمة العالمية للألوان CIE في عام 1976، وهو نظام ثلاثي البعد يعتمد على نظرية اللون المتمم (Oliver, et al., 1992, MacDougall., 2002).

بينت الأبحاث أن السميد المنتج من قمح الديوريوم يتميز بسطوع L^* قيمته حوالي 89,6 وبقية اصفرار b^* حوالي 22,2 ، وقد أكدت أن قيمة السطوع L^* تتأثر بمحتوى السميد من النخالة بينما ترتبط قيمة اصفرار السميد b^* بمحتواه من الصبغات الطبيعية (Oliver et al., 1992, Svec et al., 2008).

2-4-2- مبادئ وطرائق قياس اللون: Color Measurement Principles & Methods

تبدأ عملية الرؤية بالتحكم بكمية الضوء الداخل إلى العين من خلال القرنية ومن ثم يتم تركيز الجريان بواسطة العدسة إلى المنطقة المركزية في الشبكية (النقرة) حيث يتم كشفه كلون، ثم يتم تضخيم الإشارة ومن ثم تنقل للتفسير في منطقة محددة في الدماغ، الشكل (2-4-3) (MacDougall., 2008).

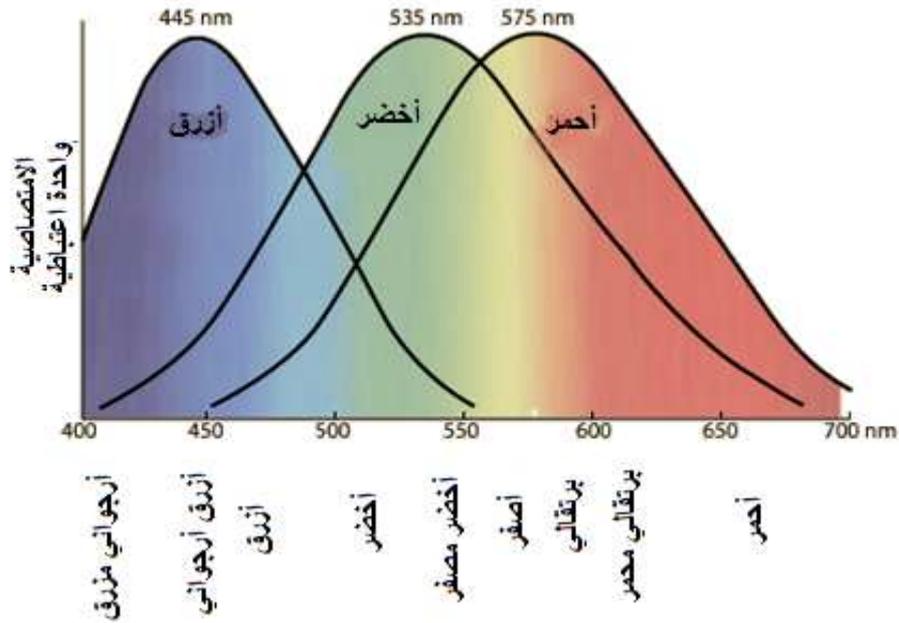


الشكل (2-4-3) بنية عين الإنسان (MacDougall., 2008)

يتكون الضوء من أشعة بأطوال موجة مختلفة ويعتبر الضوء المرئي هو الأكثر أهمية بالنسبة إلى إدراك اللون، ويمثل الضوء المرئي جزءاً صغيراً جداً من الطيف المغناطيسي ويتضمن الأشعة التي طول موجتها بين 380-750 نانومتر (Vargas et al.,2003).

تتكون الخلايا الحساسة للضوء المتواجدة في الشبكية من 120 مليون عصبية و 7 مليون مخروط وحوالي مليون خلية عصبية تنقل المعلومات من الشبكية إلى العصب البصري، تعتبر العصيات غير حساسة للألوان وتزداد كثافتها حتى زاوية بمقدار 2° من النقرة ومن ثم تتناقص باتجاه المحيط الخارجي، أما بالنسبة للمخاريط فقد لوحظ تجمعها بشكل كثيف في نموذج موزايكي في مركز النقرة الذي يحتل أقل من 2° من حقل الرؤية (MacDougall.,2002).

يوجد ثلاثة أنواع من المخاريط $\alpha - \beta - \gamma$ تختلف عن بعضها بالحساسية لأطوال الأمواج، حيث تتميز المخاريط β بحساسيتها لأطوال الأمواج القصيرة والقريبة من اللون الأزرق فهي تبدي حساسية عظمى لطول الموجة 435nm، أما المخاريط γ فهي حساسة لأطوال الأمواج المتوسطة والقريبة من اللون الأخضر حيث أنها تبدي حساسية عظمى لطول الموجة 530nm، بينما تتميز المخاريط α بالحساسية لأطوال الأمواج الطويلة والقريبة من اللون الأحمر حيث أنها تبدي حساسية عظمى لطول الموجة 565 نانومتر، ويبين الشكل (2-4-4) الحساسية الطيفية لكل نوع من المخاريط (Vargas and Lopez.,2003, Pascale.,2003, Busin et al.,2007).



الشكل (2-4-4) الحساسية الطيفية لكل نوع من المخاريط (Vargas and Lopez.,2003)

توجد عدة نظريات لتفسير رؤية اللون من أهمها:

• نظرية يونغ هيلمهولتز Young Helmholtz التي تعتمد على مبدأ الألوان الثلاثية، الذي يبين أن العين تستطيع تمييز جميع الألوان عند مزج اللون الأحمر والأخضر والأزرق بكميات مناسبة وتتص هذه النظرية على وجود ثلاثة أنواع مختلفة من المخاريط حيث أن كلاً منها يستجيب بشكل أعظمي للون معين والألوان الثلاثة الأساسية التي تتأثر بها هذه المخاريط هي الأحمر والأخضر والأزرق، حيث أن أي تنبيه ضوئي لشبكية العين يؤدي إلى تنبيه المخاريط الثلاثة بنسب مختلفة تتناسب مع محتوى الضوء من الألوان الأساسية ويتم الإحساس باللون اعتماداً على محصلة التنبيهات في المخاريط الثلاثة والتي تتوافق مع لون الضوء المنبه (قاضي،2004).

• نظرية تضاد الألوان: اقترحت من قبل الباحث Hering 1872 وتفترض هذه النظرية أنه في مكان ما بين العين والدماغ يتم تشفير الإشارات المرسلّة من المستقبلات المخروطية الموجودة في العين ($\alpha - \beta - \gamma$) إلى إشارة سطوع (أبيض - أسود) وإشارة أحمر - أخضر وإشارة أصفر - أزرق، ثم يتم نقل هذه الإشارات إلى الدماغ بثلاثة ألياف عصبية ويمكن تفسير ذلك بأن اللون لا يمكن أن يكون في الوقت ذاته أحمر وأخضر أو أزرق وأصفر، بينما قد يكون أصفر وأحمر بنفس الوقت حيث أنه سيظهر كلون برتقالي، أو أحمر وأزرق حيث أنه سيظهر كلون أرجواني وهكذا .. (Kalloniatis and Luu.,2007, Pascale.,2003, Busin et al.,2007, Vargas and Lopez.,2003)

2-4-3-العوامل المؤثرة على قياس اللون: The Factors Affecting color Measurement

يحتاج قياس اللون إلى مصدر للضوء وعينة وجهاز لقياس اللون وبالتالي لتصميم جهاز لقياس اللون يجب تمثيل هذه العناصر رقمياً (www.hunterlab.com).

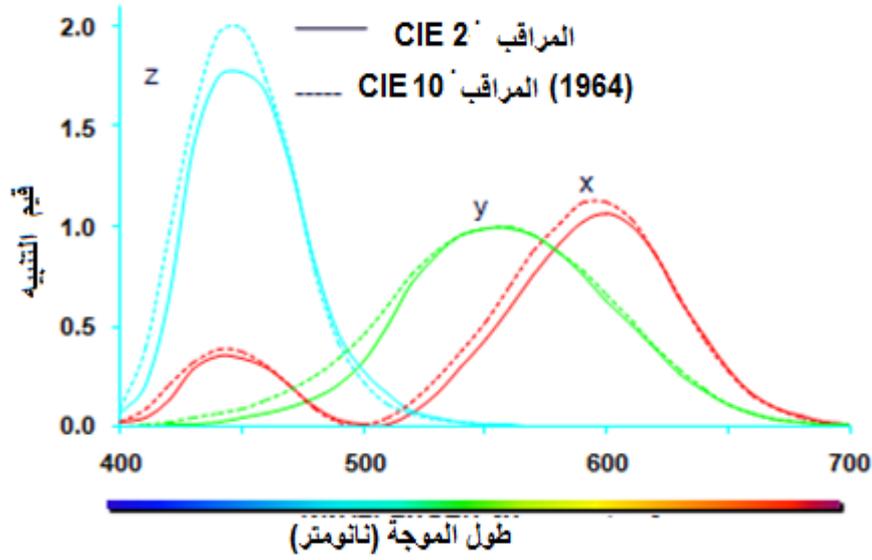
يعتمد اللون على الضوء وبالتالي على مصدر الضوء الذي هو عبارة عن مصدر فيزيائي حقيقي للضوء، لذلك يجب أن يضاء الجسم عند تقييم اللون وإلا فإن الإحساس باللون ينعدم كما يحدث في الظلام، ويعتبر مصدر ومستوى الإضاءة أساسيان للحصول على نتائج موثوقة وقابلة للتكرار، وقد عرفت المنظمة العالمية CIE عدة مصادر قياسية للضوء مثل: المصدر A B,C,D65 (www.hunterlab.com, MacDougall.,2002).

يعتبر اللون ظاهرة معقدة تتضمن العديد من الظواهر الفيزيائية، فعند سقوط الضوء على الجسم المدروس تحدث ظواهر فيزيائية مختلفة مثل الانكسار أو الامتصاصية أو النفوذية أو التبعثر، وبالتالي يتم تمثيل الجسم المرئي عن طريق قياس الانعكاس النسبي عند كل موجة ورسم المنحني الطيفي للون الجسم (www.hunterlab.com, Vargas and Lopez.,2003).

تختلف حساسية العين البشرية لألوان الطيف من شخص لآخر، لذلك تمّ في بداية عام 1930 تحديد منحنيات استجابة عين الإنسان القياسية (أي المراقب القياسي) لمصادر الضوء الملونة المختلفة، وهذا شكل أساس لنظام CIE 1931 وباستخدام معادلات تحويل خطية تم تحويل المنحنيات إلى توابع أكثر استخداماً وقد أدى ذلك إلى تحديد ثلاثة ألوان أساسية X , Y , Z غير موجودة كألوان حقيقية، وقد قامت المنظمة العالمية CIE بتعريف المراقب القياسي CIE 2° عام 1931 والمراقب CIE 10° في عام 1964.

(Vargas and Lopez.,2003,MacDougall.,2002,Pascale.,2003,www.hunterlab.com)

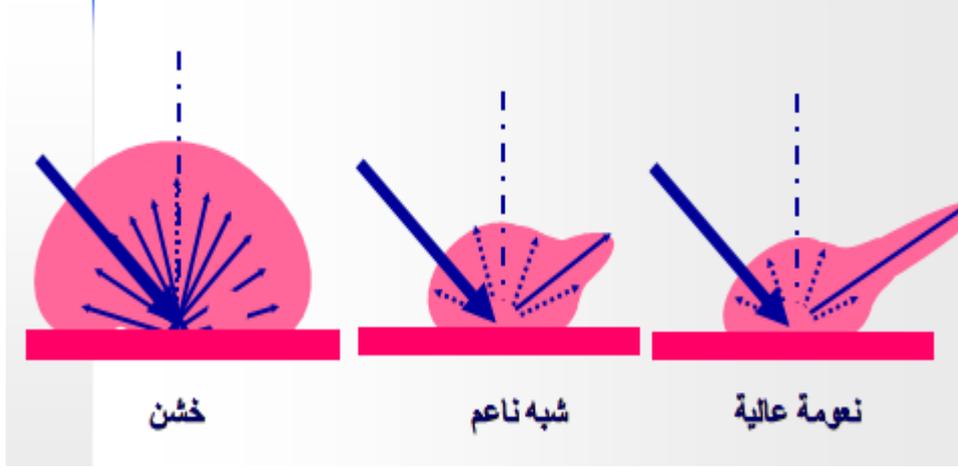
يوضح الشكل (2-4-5) توابع التطابق اللوني للمراقب CIE 10° والمراقب CIE 2° .



الشكل (2-4-5) توابع التطابق اللوني للمراقب CIE 10° والمراقب CIE 2°

يفضل حالياً استخدام المراقب 10° لقياس اللون ويمكن استخدام المراقب 2° عند قياس لون الأجسام الصغيرة (MacDougall.,2002).

من العوامل المؤثرة على قياس اللون أيضاً خصائص سطح الجسم المدروس، فعند النظر إلى عينات تتميز بذات اللون وبخصائص سطح مختلفة يكون اللون المدرك لكل عينة مختلف عن الأخرى، مثلاً تبدو السطوح الخشنة أكثر إضاءة وأقل تلوّن من السطوح الناعمة حيث أنه مع ازدياد خشونة السطح يزداد تبعثر أشعة انعكاس اللامعان Specular Reflection كما هو واضح بالشكل (2-4-6) . (www.hunterlab.com)

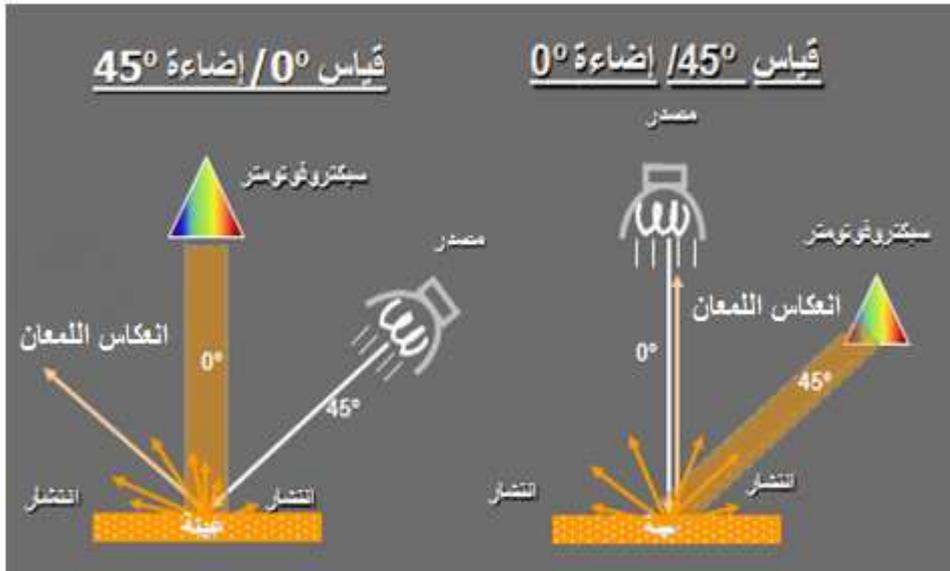


الشكل (2-4-6) تأثير خصائص السطح على اللون (Www.hunterlab.com)

تقيس بعض أجهزة قياس اللون تغير اللون الناتج عن تغير نعومة السطح وتغير الصبغة بينما يقيس بعضها الآخر تغير اللون الناتج فقط عن تغير الصبغة، وبناءً على ذلك تم تصنيف أجهزة قياس اللون وفقاً إلى زاوية الإضاءة وزاوية المراقب إلى :

• الهندسة الاتجاهية :

تستبعد أشعة انعكاس اللعان في هذه الهندسة، لذلك فإنها توفر قراءات تتوافق مع التغيرات المرئية باللون حيث تعبر قياسات اللون في هذه الحالة عن تغيرات اللون الناتجة عن تغير الصبغة ونعومة السطح ، وكما هو واضح في الشكل (2-4-7) إما أن تكون زاوية الإضاءة 45° وزاوية القياس 0° أو على العكس (www.hunterlab.com).

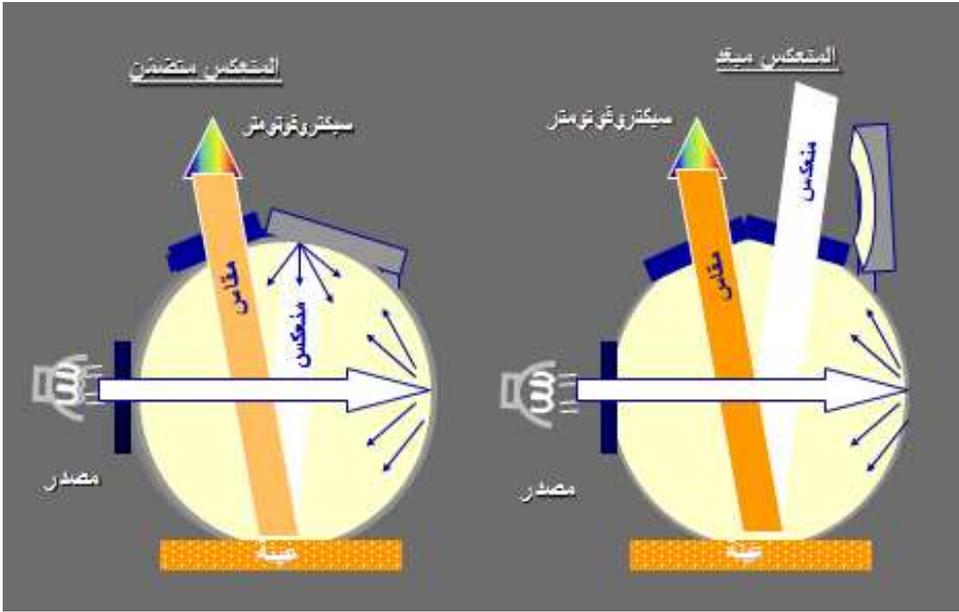


الشكل (2-4-7) الهندسة الاتجاهية

• هندسة الانتشار (الكرة):

تستخدم كرة بيضاء مغطاة تضيء العينة بالأشعة المنتشرة على سطحها الداخلي، ويقاس الضوء المنعكس عند زاوية 8° بالنسبة للعمود على سطح العينة وعادة يتم تضمين أشعة انعكاس اللمعان في القياس مما يجعلها تقيس تغيرات اللون الناتجة عن تغير الصبغات فقط شكل (2-4-8).

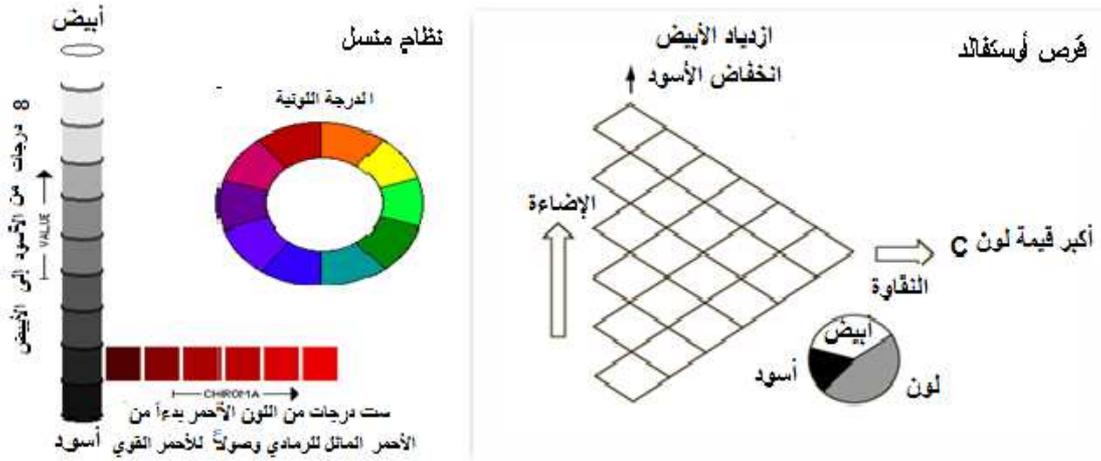
تملك هذه الأجهزة إمكانية استبعاد أشعة انعكاس اللمعان إلا أنها غير فعالة في ذلك بالمقارنة مع الهندسة الاتجاهية هذا لأنه قد يصطدم جزء من أشعة انعكاس اللمعان مع جدار الكرة عند فتحة الاستبعاد مما يؤدي إلى تضمين جزء من هذه الأشعة في القياس (MacDougall.,2002). (www.hunterlab.com).



الشكل (2-4-8) هندسة الانتشار

2-4-4-2- أنظمة قياس اللون: Color Measurement Systems

يعود أول ظهور لفيزياء اللون والضوء إلى العالم نيوتن، ومن ثم قدم الفيزيائي الإسكتلندي James Maxwell عام 1859 أول نظام لقياس كمية اللون بالاعتماد على نظرية اللون الثلاثي Trichromat، ولقد استفيد من نظام ماكسويل في إيجاد مقاييس أخرى للون تعتمد على مقارنة لون العينة مع ألوان قياسية مثل نظام Ostwald ونظام Munsell شكل (2-4-9)، ومن مساوي هذه الأنظمة أنها تعتمد على المقارنة البصرية للون العينة مع ألوان قياسية قد يتغير لونها مع الزمن، لذلك ظهرت الرغبة في إيجاد طريقة موضوعية لتحديد الكمي للون، وبعد سنوات من العمل والبحث أصدرت المنظمة الدولية CIE عام 1931 أول نظام لتحديد الكمي للون بالاعتماد على قيم التنبه الثلاثي X, Y, Z . (Hendry.,1996, Von.,1997, Vargas and Lopez.,2003).



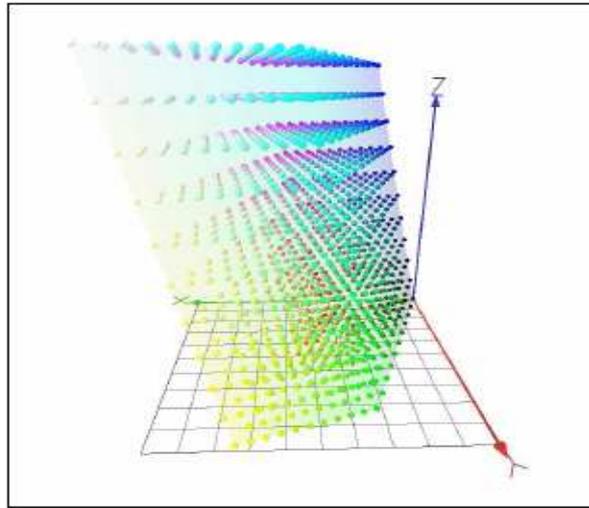
الشكل (2-4-9) بعض أنظمة قياس اللون

تعتبر قيم X , Y , Z صعبة الفهم، لذلك تم تطوير أنظمة أخرى ترتبط مع إدراكنا للون بشكل أفضل وسهلة الفهم وتكون خطية أكثر في النظام اللوني ولتوضيح الاختلافات اللونية، وتعتبر الأنظمة اللونية الأكثر استخداماً هي نظام xyY و $L^*a^*b^*$ و RGB (، www.hunterlab.com), (Pascale.,2003).

2-4-1- نظام CIE 1931:

عرفت المنظمة الدولية CIE عام 1931 نظاماً لونياً مبنياً على ألوان أساسية تخيلية غير موجودة فيزيائياً X , Y , Z ، وقد تم اختيار هذه الألوان بحيث تقع كل الألوان المدركة من قبل عين الإنسان ضمن هذا النظام اللوني (Pascale.,2003).

بني نظام $X Y Z$ على منحنيات الاستجابة لثلاثة مستقبلات لونية في العين، وبما أنها تختلف من شخص لآخر فقد عرفت الـ CIE المراقب القياسي الذي يتميز باستجابة طيفية تتوافق بشكل تقريبي مع متوسط استجابات التعداد السكاني، ويعتبر هذا النظام خطي وثلاثي البعد كما هو واضح في الشكل (2-4-10). (Vargas and Lopez., 2003).



الشكل (2-4-10) نظام XYZ (Vargas and Lopez., 2003)

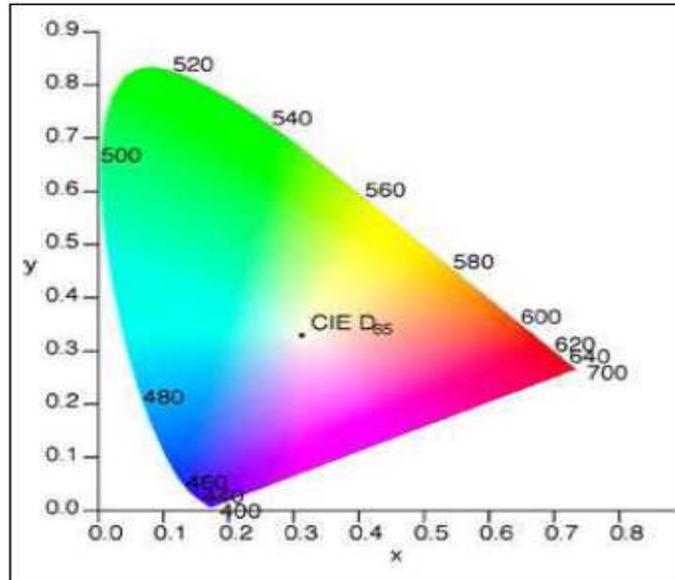
يعتبر نظام X Y Z غير ملائم للاستخدام المباشر لذلك بالاعتماد على المعادلة (1-1) بني نظام ثلاثي البعد كما هو واضح في الشكل (2-4-11)، حيث يتم تحديد لون الجسم بتعيين قيم الإضاءة Y والإحداثيات اللونية x,y على المخطط البياني، وتشتق قيم x,y من قيم X,Y,Z بالمعادلات (2-1):

$$x + y + z = 1 \quad (1-1)$$

$$x = \frac{X}{X+Y+Z} \quad y = \frac{Y}{X+Y+Z} \quad z = \frac{Z}{X+Y+Z} \quad (2-1)$$

(Pascale., 2003, Busin et al., 2007, www.poynton.com/PDFs/coloureq.pdf)

لا يعتبر هذا النظام اللوني خالي من العيوب، فقد وجد أنه لا يمثل تدرجات اللون بطريقة منتظمة، حيث لوحظ أن أصغر مسافة بين لونين توجد في القسم السفلي الأيسر وتزداد بشكل تدريجي باتجاه القمة، والعييب الآخر لهذا النظام هو تحديده باستخدام عينات صغيرة ملونة تعطي حقل رؤية يعادل درجتين ولكن لقد تبين كما ذكر سابقاً أن العين تملك استجابة مختلفة إلى حد ما بالنسبة للعينات الأكبر حجماً لذلك عرفت الـ CIE عام 1964 نظام جديد باستخدام مراقب قياسي بحقل رؤية 10° (www.hunterlab.com).

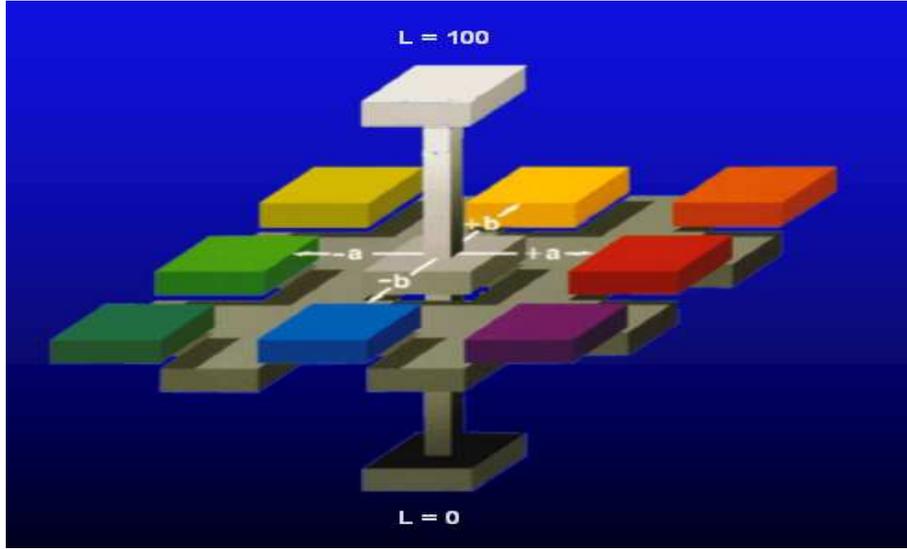


الشكل (2-4-11) نظام xyY

2-4-4-2- نظام Hunter Lab:

تم اعتماد نظام Hunter Lab عام 1958 وهو نظام ثلاثي البعد مبني على نظرية الألوان المتضادة شكل (2-4-12)، حيث يتم التعبير عن اللون كما يلي:
المحور L: يمثل الإضاءة ويمتد من الأسود $L=0$ إلى الأبيض $L=100$.
المحور a: يمثل الأحمر - الأخضر حيث تكون قيم a الموجبة للأحمر وقيم a السالبة للأخضر أما إذا كانت $a=0$ فعندها يكون اللون محايد.
المحور b: يمثل الأصفر - الأزرق ، حيث تكون قيم b الموجبة للأصفر وقيم b السالبة للأزرق أما إذا كانت $b=0$ فعندها يكون اللون محايد.
(www.hunterlab.com , www.en.wikipedia.org, Vargas and Lopez.,2003)

يعتبر نظام Hunter Lab غير منتظم حيث يلاحظ امتداده بشكل كبير في منطقة اللون الأزرق من النظام اللوني (www.hunterlab.com).



شكل (2-4-12) نظام Hunter Lab (www.hunterlab.com)

2-4-4-3- نظام CIE $L^*a^*b^*$:

عبارة عن نظام لوني ثلاثي البعد يرمز له اختصاراً CIELAB حيث تم تعديل نظام CIE Lab من قبل Mac Adam عام 1973 الذي اقترح ادخال الجذر التكعيبي عند حساب L وقد نصح بشكل رسمي استخدام هذا التعديل عام 1976 وسمي بنظام $L^*a^*b^*$ عام 1976 (Vargas and Lopez., 2003, www.en.wikipedia.org).

يبين الشكل (2-4-13) نظام CIE L*a*b* حيث يتم التعبير عن اللون كما يلي :

المحور L*: يمثل الإضاءة ويتدرج من الأسود L*=0 إلى الأبيض L*=100.
المحور a*: يمثل الأحمر - الأخضر حيث تعبر القيم الموجبة عن اللون الأحمر وتعبر القيم السالبة عن الأخضر أما إذا كانت a*=0 فعندها يكون اللون محايد.
المحور b*: يمثل الأصفر - الأزرق حيث تعبر القيم الموجبة عن اللون الأصفر وتعبر القيم السالبة عن اللون الأزرق أما إذا كانت b*=0 فعندها يكون اللون محايد، وتتدرج قيم a* و b* في المجال [120-،120+].

(Vargas and Lopez.,2003 ،www.en.wikipedia.org ,Leon et al.,2006)

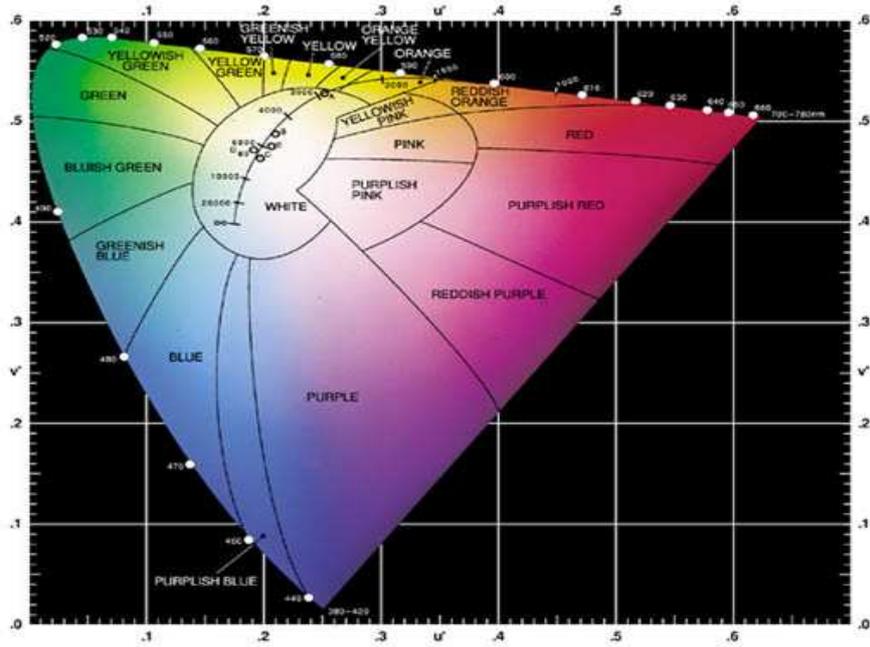
بعد دراسات مكثفة من قبل منظمة قياس اللون CMC تم تحديد فرق اللون الكلي * ΔE في العام 1994 حيث أن :

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3-1)$$

وقد تم تحديده بهدف الحصول على رقم أحادي من أجل اتخاذ قرار الرفض والقبول ولكن لا يمكن الاعتماد على قيم ΔE* دائماً فقد يكون لدينا مجموعتين إحداها جيدة بالنسبة للعينة القياسية والثانية غير جيدة بالنسبة للعينة القياسية ولكن قد يكون لهما نفس قيمة ΔE*.
(www.hunterlab.com , www.poynton.com/PDFs/coloureq.pdf).

يعتبر النظام اللوني CIE L*a*b* غير منتظم حيث يلاحظ أنه ممتد بشكل كبير في منطقة اللون الأصفر (www.hunterlab.com).

يتم التعبير عن لون الأغذية باستخدام نظام L*a*b*، ويستخدم بشكل كبير في التطبيقات التي يراد الحصول بها على نتائج متقاربة مع نتائج التحليل البصري، لأن النظام L*a*b* يعتبر نظام خطي أي أن المسافة ما بين لونين في النظام توافق الاختلاف المدرك بصرياً بينهما.
(Leon et al.,2006, Vargas and Lopez., 2003, Mendoza et al.,2006)



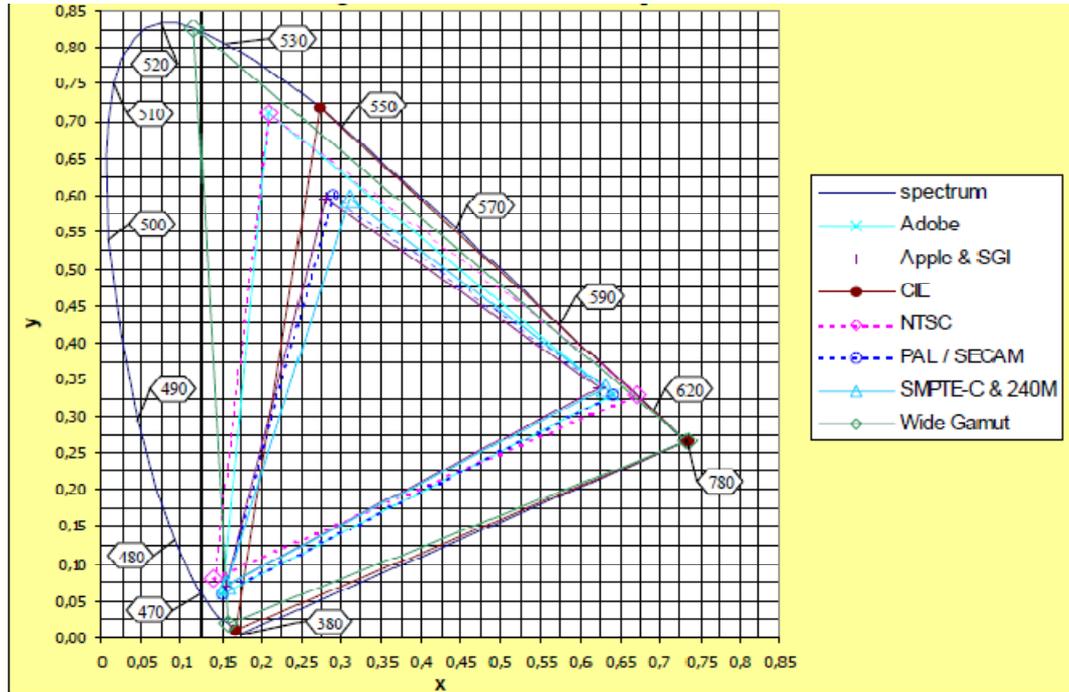
الشكل (13-4-2) نظام $L^*a^*b^*$ CIE

نظام RGB (Red , Green , Blue) -4-4-4-2 :

يتم تمثيل النظام اللوني RGB بمكعب له ثلاثة محاور توافق اللون الأحمر والأخضر والأزرق وتمثل الزاوية السفلى اللون الأسود وعندها تكون $R=G=B=0$ ، بينما تمثل الزاوية المقابلة اللون الأبيض حيث تكون $R=G=B=255$ (Pascale., 2003).

يعتمد نظام RGB على فرضية اللون الثلاثي، وهو نظام سهل التطبيق وشائع جداً كونه يستخدم في كل أنظمة الحاسوب والتلفاز والفيديو وغيرها وذلك لأنه لا يتطلب أي تحويل لتمثيل المعلومات على الشاشة (Pascale., 2006).

تم تطوير عدة نماذج من نظام RGB لأسباب تكنولوجية في بعض الأحيان مثل نظام NTSC – SMPTE أو لتلبية متطلبات المحترفين مثل Adobe RGB , Color Match وغيرها من الأسباب الشكل (14-4-2). (Pascale., 2006)

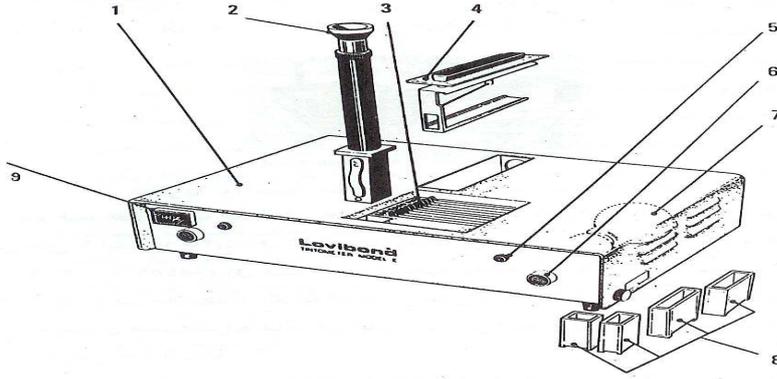


الشكل (2-4-14) بعض أنظمة RGB

2-4-5- أجهزة قياس اللون: Color Measurement Devices

ظهرت أهمية استخدام الأجهزة في عملية قياس اللون نتيجة الحاجة في التطبيقات العملية إلى عمليات قياس قابلة للتكرار وذات دقة كبيرة، أيضاً لأن المعاينة البصرية تعتبر طريقة مملة وذاتية تختلف نتائجها من شخص لآخر، وقد بدأت المحاولات الأولى باستخدام عينات سائلة حيث تم تحديد الكلورين والفوسفات في الماء عن طريق المقارنة مع عينات قياسية ذات تراكيز معلومة، حيث يتم إنجاز المرحلة الأولى من القياس آلياً بشكل تام أما المرحلة الثانية فهي معاينة بصرية بشكل تام، ويمكن توضيح ذلك بجهاز اللوفيبوند المبين بالشكل (2-4-15) الذي يتم استخدامه مطابقة لون العينة بواسطة العين مع ألوان المرشحات اللونية المتوفرة بالجهاز، وبما أن هذه المرشحات قياسية فمن الممكن بعد الوصول إلى التطابق مع لون العينة أن يتم وصف اللون بمصطلحات رقمية يمكن تحويلها إلى أنظمة اللون الأخرى، وينحصر استخدام هذا الجهاز بقياس لون زيوت المحركات ومحاليل السكر والبييرة والمواد العاكسة للضوء كالمارجرين (Vargas and Lopez., 2003, MacDougall., 2002).

هناك عدة طرائق أخرى تم استخدامها لقياس اللون، إحداها التجربة الشائعة التي تتضمن إنشاء قرص دوراني من خلال رسم قطاعات دائرية ملونة بألوان مختلفة على قطعة دائرية من الورق، ومن ثم تدوير هذا القرص لنحصل على المزيج اللوني المطابق للون العينة، ومن الأمثلة على هذه الطريقة نظام Munsell, Maxwell, Ostwald المبينة بالشكل (2-4-9).



(1) غلاف الجهاز (2) نظارة الرؤيا (3) المرشحات اللونية الزجاجية (4) حامل العينات السائلة (5) مصباح دليلي (6) زر إضاءة المصدر الضوئي (7) المصدر الضوئي (8) خلايا العينات (9) مؤقت زمني.

الشكل (2-4-15) جهاز اللوفيبوند

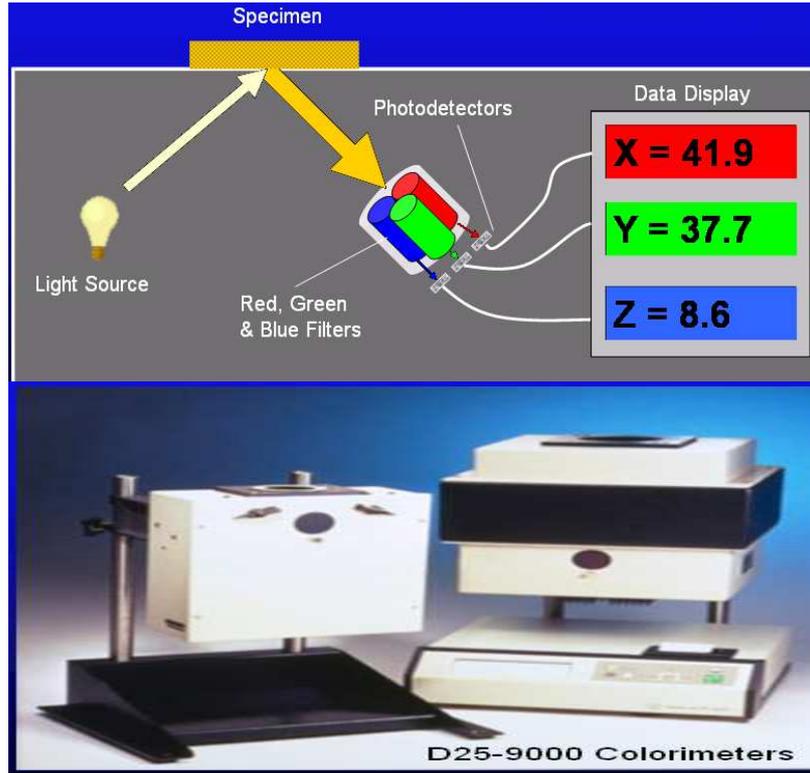
تعتبر الطرائق المذكورة فيما سبق غير كافية للحصول على نفس النتائج عند تكرار القياس، لذلك كان من الضروري التضحية بقدرة المراقب البشري على النظر إلى العينة وتحديد مواصفات مظهر العينة المختلفة وليس فقط اللون حيث لا يمكن لأي جهاز أن يتميز بهذه القدرة (Vargas and Lopez., 2003).

إن تنوع أجهزة قياس اللون يزيد من التعقيد ومن المؤكد أنه لنتمكن من مقارنة لون عينات مختلفة في أحد المخابر أو مابين مخابر مختلفة يتوجب تحديد إجراءات التجربة بدقة (MacDougall., 2002) ونستعرض فيمايلي أجهزة قياس اللون الأكثر انتشاراً:

2-4-5-1- جهاز الكولوريمتر : Colorimeter Device

يعتمد على مبدأ مستقبلات اللون الثلاثة في العين، حيث تضاء العينة بواسطة مصدر ضوئي مناسب، ويمرر الضوء المنعكس عبر ثلاثة مرشحات للون الأحمر والأخضر والأزرق ثم يتم الحصول على قيم التنبية الثلاثي X, Y, Z من خلال تحديد مقدار الضوء العابر من المرشح باستخدام كاشف ضوئي متوضع خلف كل مرشح لوني، كما هو مبين بالشكل (2-4-16) (MacDougall., 2002, www.hunterlab.com).

أجهزة الكولوريمتر الحديثة متصلة مع الحاسوب وتتميز بإمكانية المعايرة بشكل آلي، كما أنها مزودة بمجموعة من الأنظمة اللونية (MacDougall., 2002).



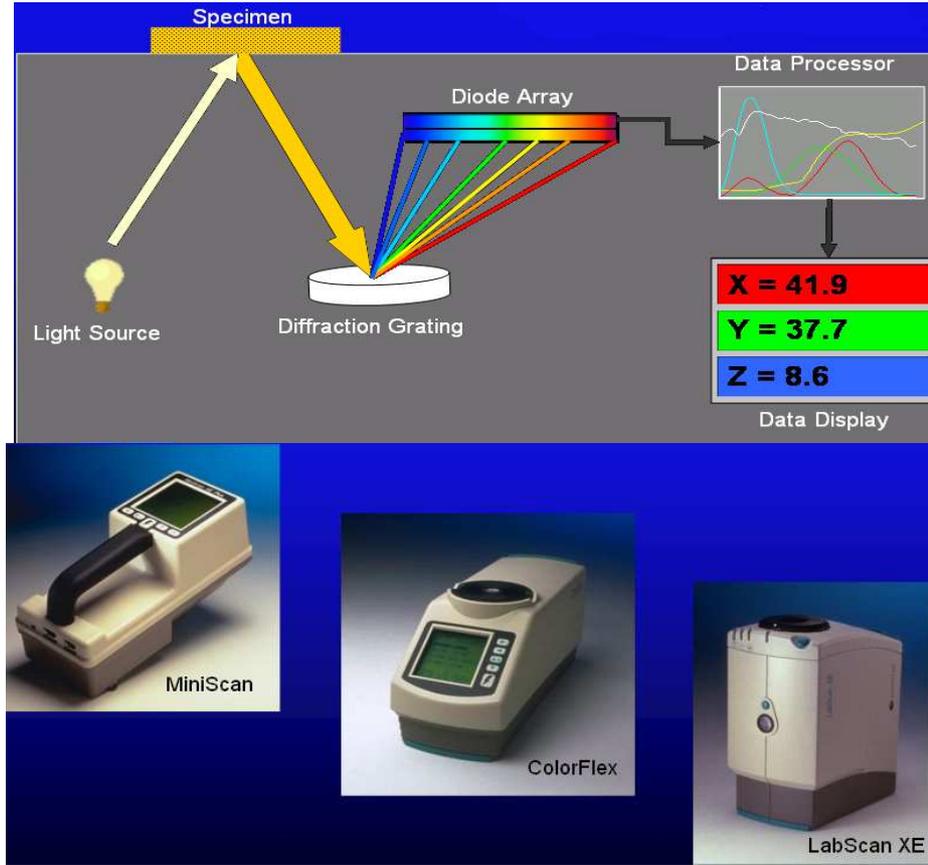
الشكل (2-4-16) جهاز الكولوريمتر

2-5-4-2- جهاز السبيكتروفوتومتر : Spectrophotometer Device

يعتمد السبيكتروفوتومتر بخلاف جهاز الكوريمتر في تحديد اللون على قياس كامل الطيف للضوء المرئي المنعكس عن العينة ضمن المجال 380-700 nm **ويفواصل** تختلف تبعاً لطبيعة الحساس الطيفي وأجهزة التحكم الالكترونية وعادة تكون 10 nm أو 20 nm (MacDougall., 2002).

تضاء العينة بواسطة مصدر ضوئي مناسب فينعكس الضوء عن العينة ويجتاز حاجز لتكسير الضوء لعدة أطيف، ثم يتم قياس الضوء عند كل طول موجة من خلال تمرير الطيف على كاشف متعدد أطوال الأمواج، ثم ترسل هذه البيانات الطيفية إلى معالج لإعطاء قيم التنبيه الثلاثي X , Y , Z كما موضح بالشكل (2-4-17) (www.hunterlab.com).

تمتاز الأجهزة الحديثة باستخدام شعاع مقارنة وهو الضوء المنتشر داخل الحجرة الكروية، حيث يتم تجميع هذا الضوء عند فتحة مرجعية ومن ثم يوجه بواسطة مرآة إلى حساس طيفي مشابه للحساس الطيفي الأول، وبناءً على ذلك تظهر النتيجة كنسبة مئوية وليس كقيمة مطلقة، ولذلك يلغى أي انحراف ينتج عن خطأ فيزيائي والكتروني (MacDougall., 2002).



الشكل (2-4-17) جهاز السبيكتروفوتومتر

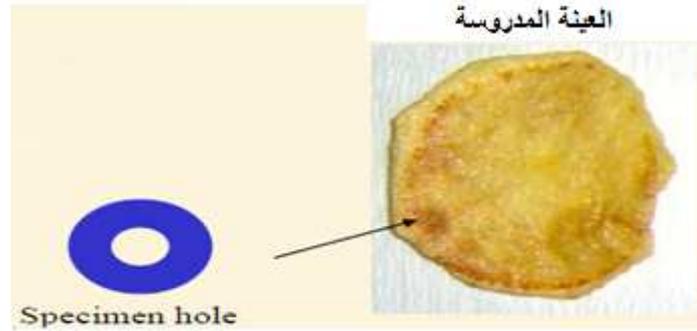
عندما يراد ضبط جودة المنتج النهائي يتم تضمين مكون اللمعان SCI، بينما عندما يراد ربط نتائج الجهاز مع النتائج الحسية فإن استبعاد مكون اللمعان SPE يكون أكثر تمثيلاً لما تراه العين (MacDougall., 2002).

تمتاز هذه الأجهزة بأنها أكثر دقة من أجهزة الكولوريمتر إلا أنها أكثر غلاءً (MacDougall., 2002).

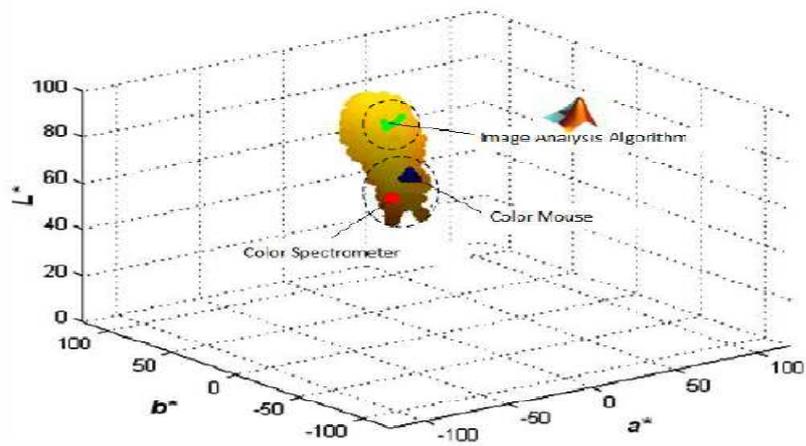
2-4-5-3- أنظمة رؤية الحاسوب : Computer – Vision Systems

تستخدم أجهزة الكالوريمتر والسبيكتروفوتومتر لتحديد لون المواد الغذائية وتعتبر الأجهزة التالية: Hunter Lab Colorimeters و Dr.Lange Colorimeters و Minolta Chromameter من الأجهزة الأكثر استخداماً، لكنها تعتبر غير ملائمة لتقييم توزع وتجانس لون الكثير من المواد الغذائية، كما أنها لا تمثل لون المادة المدروسة بشكل دقيق كونها تقيس لون مساحة صغيرة من سطح المادة الغذائية 2cm^2 كما أنها تستلزم أن تكون العينة المدروسة متجانسة ومنتظمة السطح، لذلك يتوجب على المجرّب قياس لون عدة مواقع من العينة (Mendoza et al.,2006, Larrain et al.,2008, Leon.,2006)، والمثال الآتي يوضح ذلك :

عند قياس لون رقاقة البطاطا المبيّنة بالشكل (2-4-18)، يتضح عدم إمكانية قياس لون السطح الكامل للعينة بأجهزة قياس اللون لعدم تناسب الشكل الهندسي للعينة مع فتحة حامل العينة بالأجهزة وهذا يتطلب تكرار القياس بهدف الحصول على قيمة ممثلة للون العينة، بينما توفر أنظمة معالجة الصور إمكانية قياس لون المساحة الكاملة للعينة المدروسة، وهذا يجعل معالجة الصورة هي التقنية الأنسب لإعطاء قيمة ممثلة للون هذه العينة غير المتجانسة، كما هو واضح بالشكل (2-4-19) (Gokmen et al.,2006, Gokmen and Sugut.,2007).



الشكل (2-4-18) قياس لون رقاقة من البطاطا



الشكل (2-4-19) مقارنة نتيجة تحليل الصورة مع السبيكتروفوتومتر

يستخدم حالياً تحليل الصور بواسطة الحاسوب لتحديد لون المواد الغذائية بشكل موضوعي لأنه يتميز بمزايا متنوعة بشكل أساسي إمكانية تحليل كل بكسل من السطح الكامل للمادة الغذائية والتحليل الرقمي لميزات السطح، لذلك يعتبر تحليل الصورة بالحاسوب طريقة واعدة لقياس اللون، وهناك العديد من الدراسات الحديثة حول استخدام تقنيات الحاسوب لتحديد لون الكثير من المواد الغذائية مثل الموز ورقائق البطاطا والدقيق والتفاح واللحوم.

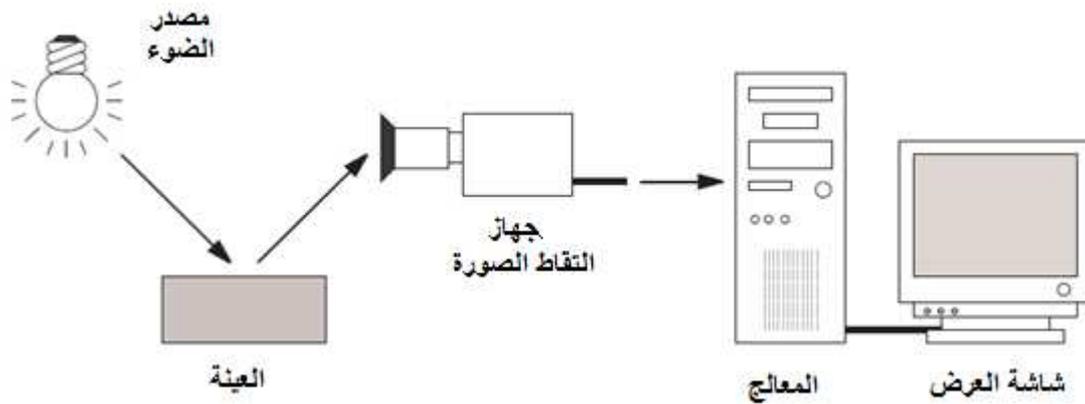
(Du and Sun.,2006,Larrain et al.,2008,Leon et al.,2006, Darrigues et al.,2008, Oliver et al.,1992, Mendoza and Aguilera.,2004, Pedreschi et al.,2004)

هناك توجه في الوقت الراهن إلى استخدام التحليل الرقمي لصور المواد الغذائية للوصول أولاً إلى التحليل النقطي الذي يتضمن تحليل مجموعة صغيرة من النقاط Pixel بهدف تحديد ميزات قليلة للمادة المدروسة وثانياً إلى التحليل الكامل للمادة المدروسة مثل الهيستوغرام اللوني بهدف تحليل تجانس المادة (Leon et al.,2006, Glasbey et al.,1998).

تستخدم تقنية تحليل الصورة بشكل متزايد في الصناعات الغذائية لأهداف تقييم الجودة كونها تقنية سريعة ودقيقة وموضوعية ومنخفضة التكاليف وغير هدامة للعينة، وتدرج الصناعات الغذائية ضمن أوائل الصناعات التي تستخدم هذه التقنية (Du and Sun.,2006).

أكد الباحث Larrain.,2008 إمكانية استخدام قيم لون اللحوم المحددة بتقنية تحليل الصور الرقمية للتقدير الدقيق والصحيح لقيم اللون بجهاز Minolta Chromameter CR-300، وقد وجد الباحث Darrigues.,2008 معامل ارتباط $r > 0.96$ بين قيم اللون $L^*a^*b^*$ لعينات البنودرة المحددة بالكالوريمتر وقيم اللون $L^*a^*b^*$ المحددة بتقنية تحليل الصورة.

تعتبر العين هي الجهاز المستقبل لمنبه اللون والدماغ هو الجهاز المفسر له في نظام الرؤية لدى الإنسان، أما بالنسبة لرؤية الحاسوب يعتبر الجهاز المستقبل هو كاميرة ملونة والجهاز المفسر هو الحاسوب شكل (20-4-2) (Busin et al.,2007).



الشكل (20-4-2) مكونات نظام رؤية الحاسوب

تتكون تقنية تحليل الصور بشكل أساسي من وسيلة لالتقاط الصور مثل كاميرة رقمية أو فيديو، وإضاءة قياسية وبرنامج حاسوبي لتحليل الصور إما أن يكون هذا البرنامج متوفر تجارياً مثل برنامج Adabe photoshop أو برنامج تمت برمجته لهدف معين وفي كلا الحالتين، الأساس هو تحويل قيم RGB إلى نظام CIE LAB المفهوم أكثر والذي يعطي نتائج متقاربة مع إدراك الإنسان للون (Valous et al.,2009, Busin et al.,2007, MacDougall., 2002).

إن التطور السريع لأجهزة وبرمجيات التقاط ومعالجة الصور الرقمية والانخفاض الكبير في تكاليفها خلال السنوات الأخيرة جعل هذه التقنية مقبولة أكثر (Larrain et al.,2008 , Mendoza et al.,2006).

إن تقنيات تحليل الصور بالحاسوب المعتمدة على استخدام كاميرة رقمية ملونة CCD تعتبر وسيلة جيدة للتحديد السهل والسريع للون أي مادة غذائية باستخدام معدات متوفرة وبأسعار مقبولة، حيث يمكن استخدام الكاميرة لالتقاط صور ساكنة أو لتصوير مقطع فيديو، لكن يجب الانتباه إلى أن اللون في الصورة الملتقطة يتأثر بتغيير إعدادات الكاميرة وتغيير طريقة إضاءة العينة (Valous et al.,2009).

تعتبر معايرة لون جهاز التقاط الصور مرحلة مهمة بنظام التقاط الصور وذلك لتحديد شروط معايرة تعطي قيم لون ثابتة يمكن إعادة إنتاجها (Valous et al.,2009, Busin et al.,2007).

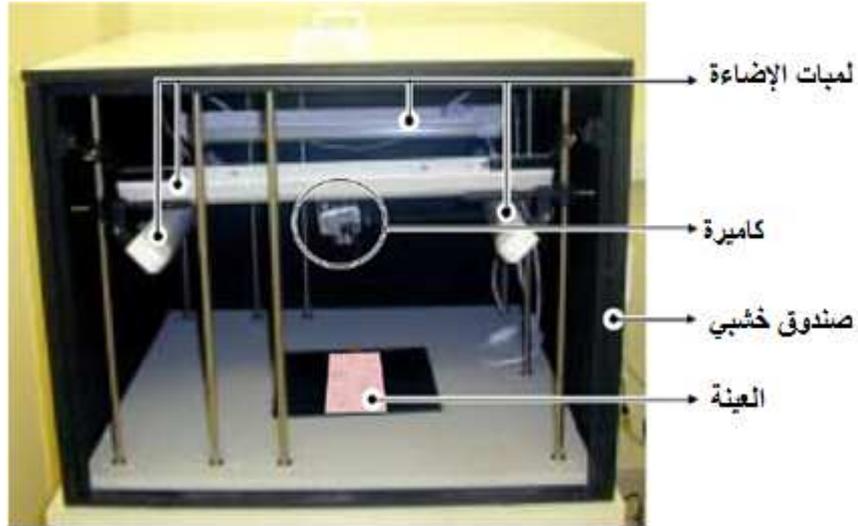
نصح الباحثان Yam and Papadakis.,2004 بحفظ الصور الملتقطة أثناء انجاز الأبحاث كملفات غير مضغوطة مثل التنسيق TIFF (Yam and Papadakis., 2004).

تتأثر جودة الصور الملتقطة بشكل كبير بشروط الإضاءة، حيث أن الصورة ذات الجودة العالية تساعد على تقليل الوقت والتعقيد في المعالجة اللاحقة للصورة وذلك بالتالي يخفض من تكاليف نظام معالجة الصورة (Du and Sun.,2006).

الصور الملونة الرقمية الملتقطة باستخدام الكاميرة الرقمية عبارة عن مصفوفة من النقاط، ويتم التعبير عن لون هذه الصور بنظام RGB أي بثلاثة مكونات R , G , B لكل نقطة وتأخذ قيمة صحيحة بالمجال [0 – 255]، ومن ثم تدمج صور المكونات الثلاث R , G , B لإعطاء صورة ملونة رقمية وبما أن التحليل المباشر لبيانات النظام اللوني RGB يستغرق وقتاً طويلاً نسبياً ويعتبر مستهلك للذاكرة يتم التحويل إلى نظام CIELAB (Busin et al.,2007, Mendoza et al.,2006, Abdullah et al.,2004).

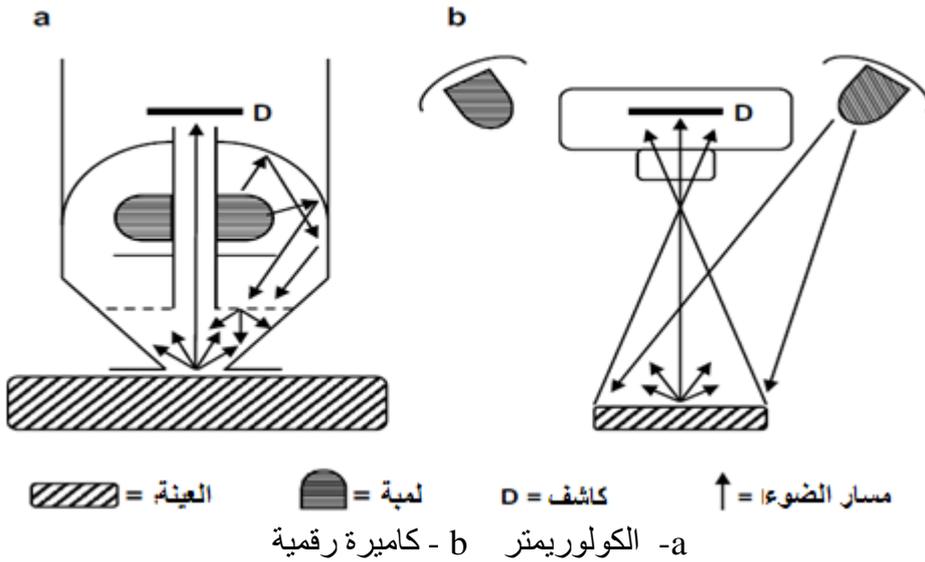
يبين الشكل (2-4-21) النظام الذي استخدمه الباحث Leon., 2006 لقياس لون الطعام باستخدام تحليل الصورة وهو يتكون من :

- كاميرا رقمية ملونة نموذج Canon Powershot G3 بدقة 4 Mega Pixels مثبتة بوضعية عمودية على مسافة 22.5cm من العينة والزاوية بين محور العدسة ومصدر الإضاءة 45° .
 - أربع لمبات نيون بضوء النهار الطبيعي 18 w بطول 60 cm وذات درجة حرارة لون 6500 k.
 - صندوق خشبي جدرانه مطلية بلون أسود توضع فيه لمبات الإضاءة والكاميرة.
- حيث يتم التقاط الصور بدقة 2272×1704 Pixels وتحفظ الصور بحاسوب Pentium IV 1200 MHZ، وتتم معايرة هذا النظام بقياس لون 32 مخطط لوني.



الشكل (21-4-2) جهاز الباحث Leon, . 2006 لقياس لون الطعام

يبين الشكل (22-4-2) نظام قياس اللون الذي استخدمه الباحث Larrain.2008 لالتقاط صور العينات بقياس 1536×2048 Pixels وبدقة 180 dpi باستخدام كاميرا رقمية canon power-shot A70، حيث تتم الإضاءة باستخدام ضوء نيون أبيض بارد غير مباشر، وتوضع الكاميرة على بعد 53 cm من حامل العينة، ويعاير النظام باستخدام الصفيحة المستخدمة بمعايرة جهاز Minolta Chromameter Cr – 300, Japan , Osaka .



الشكل (22-4-2) نظام قياس اللون الذي استخدمه الباحث Larrain, .2008

يتم التقاط الصور بأنظمة رؤية الحاسوب كما ذكرنا باستخدام الكاميرة التي تعتبر وسيلة فعالة، لكن لوحظ أن الصور قد تتأثر بتغير إعدادات الكاميرة وبالتغيرات البسيطة بإضاءة العينة مما يعني أن أي تغير بنظام التقاط الصورة قد يسبب تغيرات مهمة بلون الصورة وبالتالي إن استخدام وسيلة

تصوير تتميز بحساسية أقل لشروط الإضاءة و بسعر أقل مقارنة بالكاميرة سوف يمكّن من التوصل إلى نظام أقل تكلفة وأكثر فعالية (Shahin and Symons.,2003,Shahin and Symons., 2001).

يعتبر الماسح الضوئي Flatbed Scanner وسيلة مفضلة لالتقاط الصور بأنظمة رؤية الحاسوب بسبب أسعاره المنخفضة وتميزه بعلاقة ثابتة بين مصدر الإضاءة والحساسات في رأس المسح، ولذلك تعتبر أقل حساسية للشروط الخارجية (Shahin and Symons.,2003,Shahin and Symons., 2001).

طوّر الباحثان Shahin and Symons 2003 نظام لتحديد نوع العدس بالاعتماد على لونه باستخدام تقنية تحليل الصورة الملتقطة بماسح ضوئي وقد تميز هذا النظام بدقة عالية، لكن تبين أن الصور الملتقطة باستخدام عدة أجهزة مسح ضوئي تبدي اختلافات كبيرة من حيث السطوح وتوزع اللون وهذا يعني أن النظام المبرمج لماسح ضوئي معين قد لا يعطي نتائج صحيحة عند استخدام ماسح ضوئي آخر، ويعتبر ذلك مهم من الناحية التطبيقية فمن المؤكد أن الماسح الضوئي المستخدم حالياً في التطبيقات لا يمكن استخدامه إلى الأبد ومن الضروري استبداله في وقت لاحق، علاوة على ذلك إن إمكانية تبديل الماسح الضوئي بآخر تتيح للمستخدم الاستفادة من المستجدات في أجهزة المسح الضوئي، لذلك طور الباحثان Shahin and Symons 2000 طريقة لمطابقة الصور الملتقطة بأجهزة مسح ضوئي مختلفة، باستخدام صور عينات مرجعية من الحبوب ولكن تبين عدم إمكانية اعتماد هذه الطريقة كحل عملي لسببين: أولهما أن كل ماسح ضوئي يتطلب عدة توابع Mapping Function، وثانيهما أن لون عينات الحبوب المرجعية قد يتغير مع مرور الزمن لذلك يعتبر استخدام مخطط لوني قياسي هو الطريقة الأفضل للحصول على صور مرجعية كونه متوفر تجارياً ولا يتغير لونه مع مرور الزمن (Shahin and Symons., 2003).

تمكن الباحثان Shahin and Symons., 2003 من تطوير خوارزمية لمعايرة اللون بهدف مطابقة أجهزة المسح الضوئي مع ماسح ضوئي مرجعي باستخدام مخطط لوني Q_{60} كعينة مدروسة، وقد توصل الباحثان في عام 2003 إلى إمكانية إجراء هذه المطابقة من خلال مطابقة مخطط الهيستوغرام باستخدام مخطط لوني قياسي Q_{60} كصور مرجعية .

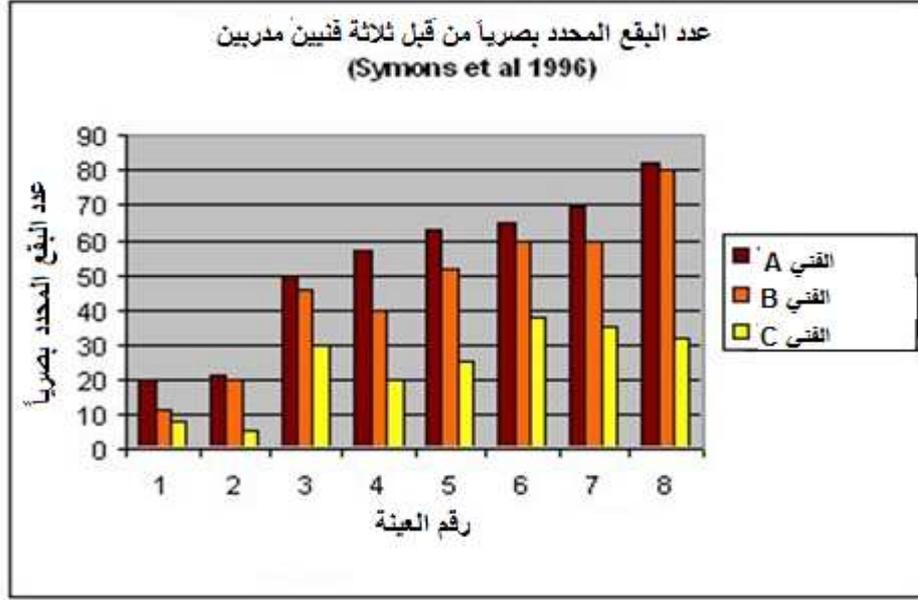
2-5- البقع في السميد : Semolina Specks

يعتبر وجود بقع بنية وسوداء في السميد أمراً غير مرغوب بالنسبة لمصنعي المعكرونة لأنها تظهر بشكل واضح في المعكرونة المنتجة، تنتج البقع السوداء في السميد عن طحن مواد غريبة مع القمح مثل حبات القمح غير السليمة والمتغير لونها والبذور الضارة والأرغوت والتراب، وقد أكد الباحث (Symons et al.,1996) أن حبات القمح المصابة فطرياً وذات النقاط السوداء والأرغوت تؤدي إلى ازدياد عدد البقع في السميد وتسيء إلى لون المعكرونة المنتجة منه، بينما تنتج البقع البنية في السميد عن احتوائه على النخالة نتيجة البنية المعقدة لحبة القمح التي تسبب صعوبة فصل الأندوسبيرم عن النخالة بشكل كامل أو **عدم ضبط** منظفات السميد جيداً أو نتيجة الترتيب الغير مناسب لقمح الديوريوم الذي يؤدي إلى تحطم النخالة إلى قطع صغيرة أثناء الطحن، وبالتالي يمكن تقليل عدد البقع في السميد من خلال اختيار القمح المناسب والتنظيف والترطيب الجيد للقمح قبل الطحن (Posner and Hibbs.,2005, Kruger et al.,1998, Symons et al., 1996).

لا بد من التنويه إلى عدم إمكانية إنتاج سميد خالي من البقع على الإطلاق وعادة يتم تحديد عدد البقع المقبول بالاتفاق بين البائع والمشتري (Posner and Hibbs.,2005, Hosenev.,1986).

يتم تحديد البقع في السميد بصرياً، حيث يفرد السميد على سطحٍ مستوٍ ومن ثم يوضع فوقه لوح زجاجي مرسوم عليه شبكة من المربعات مساحة كل منها 1in^2 ، وتعتبر هذه الطريقة ذاتية تختلف من شخص لآخر حيث أنها تعتمد على الشخص القائم بالتجربة في تحديد حجم ودرجة تلون البقع التي سيتم تضمينها بعملية العد شكل (2-5-1)، كما أنها طريقة مملة ومتعبة وغير موثوقة وتتأثر بالإضاءة كثيراً، لذلك كان من الضروري تطوير طريقة آلية سريعة وموضوعية للتطبيقات التجارية والمخبرية، وقد أكد الباحث (Symons.,1996) فعالية تقنية تحليل الصورة باستخدام الحاسوب في تحديد البقع الملونة في السميد، وتتميز تقنية تحليل الصورة بأنها أسرع من الطريقة البصرية وغير مكلفة ويمكن استخدامها على خط الإنتاج مباشرة لضبط عملية الإنتاج، وفيمايلي نستعرض بعض الأجهزة المستخدمة لعد البقع الملونة:

(Manthey and Twombly.,2006, Symons et al.,1996, Symons et al .,2009).



شكل (2-5-1) اختلاف عدد البقع المحدد بصرياً باختلاف القائم بالتجربة

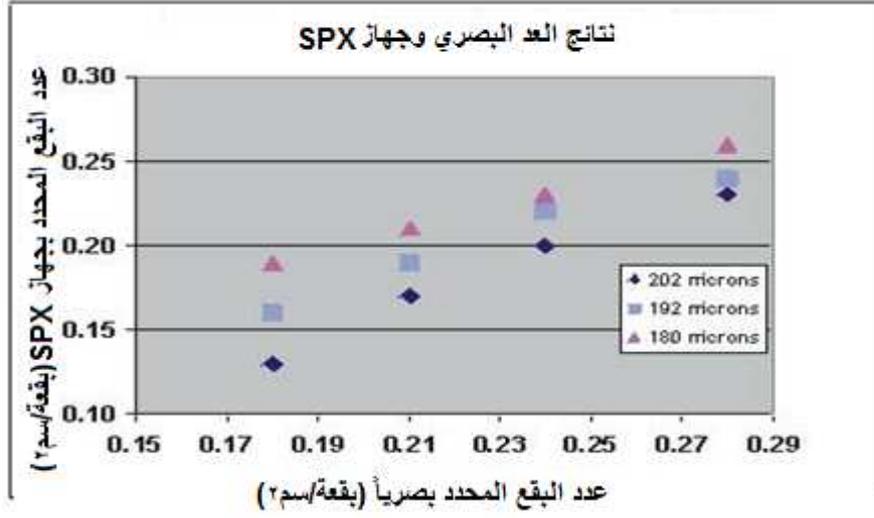
• جهاز (SPX) (Speck Expert):

طور الباحث Maztech في عام 1996 جهاز SPX المكتبي الذي يتم وصله مع حاسوب شخصي PC ويعمل على نظام Windows95/98/2000/XP، وهو جهاز آلي لعد البقع بالاعتماد على تقنية تحليل الصور باستخدام برنامج Maztech's ScanPro Xpert Software الذي يستخدم لالتقاط وتحليل الصور وعد البقع بالاعتماد على حجم البقع ودرجة تلوونها، يمكن باستخدام جهاز SPX شكل (2-5-2) عد البقع الملونة في السميد بشكل موضوعي وسريع (أقل من دقيقة) ويمكن الحصول على نتائج قابلة للتكرار (Harrigan.,1997, www.spx.com).



شكل (2-5-2) جهاز SPX

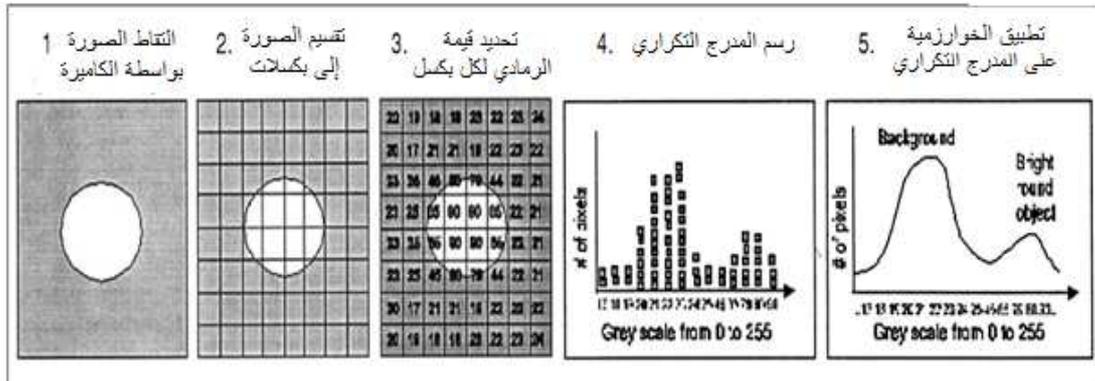
يبين الشكل (2-5-3) علاقة الارتباط الخطي بين عدد البقع المحدد بجهاز SPX وعدد البقع المحدد يدوياً (www.spx.com) وتتلخص مزايا جهاز SPX بمايلي :



الشكل (2-5-3) علاقة الارتباط بين عدد البقع المحدد بجهاز SPX والمحدد يدوياً

- جهاز أوتوماتيكي وسريع وهذا يوفر الوقت ويسهل الاستخدام.
- تتم معايرته من قبل فريق من الخبراء مرة واحدة لكل منتج في مكان الإنتاج.
- يوصل مع حاسب شخصي Pc ويعمل على نظام Windows 95.
- يمكن استخدامه 24 ساعة.
- يستخدم تقنية رقمية معتمدة ومسجلة مما يجعله تقنية موثوقة.
- يوفر إمكانية تسجيل النتائج بشكل دائم (Harrigan.,1997).

يبين الشكل (2-5-4) مبدأ تحليل الصورة باستخدام جهاز SPX، حيث يتم التقاط صورة العينة بواسطة كاميرة ومن ثم يتم تقسيم الصورة إلى بكسلات ثم تحدد قيمة الرمادي لكل بكسل وبناءً على هذه القيم يتم رسم المدرج التكراري الذي في النهاية سيتم تطبيق الخوارزمية عليه (Harrigan.,1997).



الشكل (2-5-4) مبدأ تحليل الصورة باستخدام جهاز SPX

• جهاز Branscan 2000 :

يتميز جهاز Branscan 2000 شكل (2-5-5) بالدقة والمرونة والسهولة بالقياس حيث أنه يعرض للمستخدم الكثير من الخيارات مثل مستوى التباين وحجم البقع كما أنه يوفر طريق قياسية للقياس (www.Branscan.com).



شكل (2-5-5) جهاز Branscan 2000

يتكون الجهاز بشكل أساسي من :

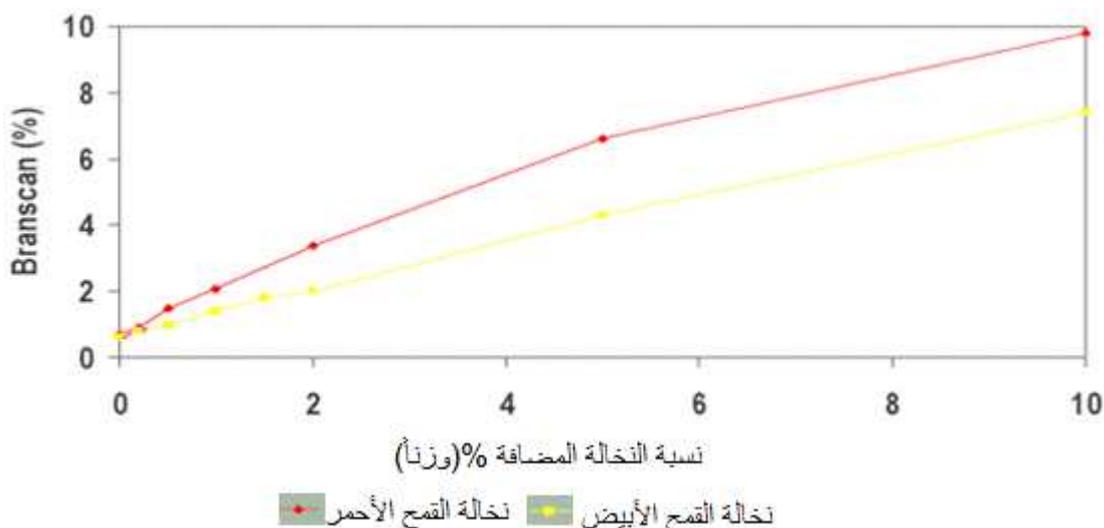
➤ محطة القياس التي تضم حامل العينة والكاميرة ونظام الاضاءة.

➤ محطة التحكم وهي عبارة عن حاسوب (Anon,1996).

يتم تحميل 150 gr من العينة في المكان المخصص ومن ثم يتم فردها فوق مساحة القياس بإنزال الغطاء فوق العينة، وبعد ذلك تلتقط الكاميرة مجموعة من الصورة (حوالي 22 صورة) للعينة وبعد معالجة هذه الصور الملتقطة يتم حساب المتوسط الحسابي والخطأ المعياري، ويستغرق تحميل العينة وإجراء القياس وتفريغ العينة دقيقتين تقريباً (Anon.,1996,www.Branscan.com).

لوحظ تزايد قراءة الجهاز مع ازدياد نسبة النخالة في العينة بشكل خطي، إلا أن الحساسية لنخالة القمح الأبيض أقل بالمقارنة مع نخالة القمح الأحمر وذلك لأن نخالة القمح الأبيض إما أن تكون غير ملونة أو ملونة بشكل خفيف وهذا ما يجعل تمييزها بالجهاز متعزراً شكل (2-5-6) (Anderson.,2003).

على الرغم من تصميم نظام الاضاءة والكاميرة بشكل يسمح بإعطاء تباين أعظمي بين الأندوسبرم والنخالة قليلة التلون، إلا أن بعضاً منها ما يزال غير قابل للتمييز (Anon.,1996,Whitworth.,1997).

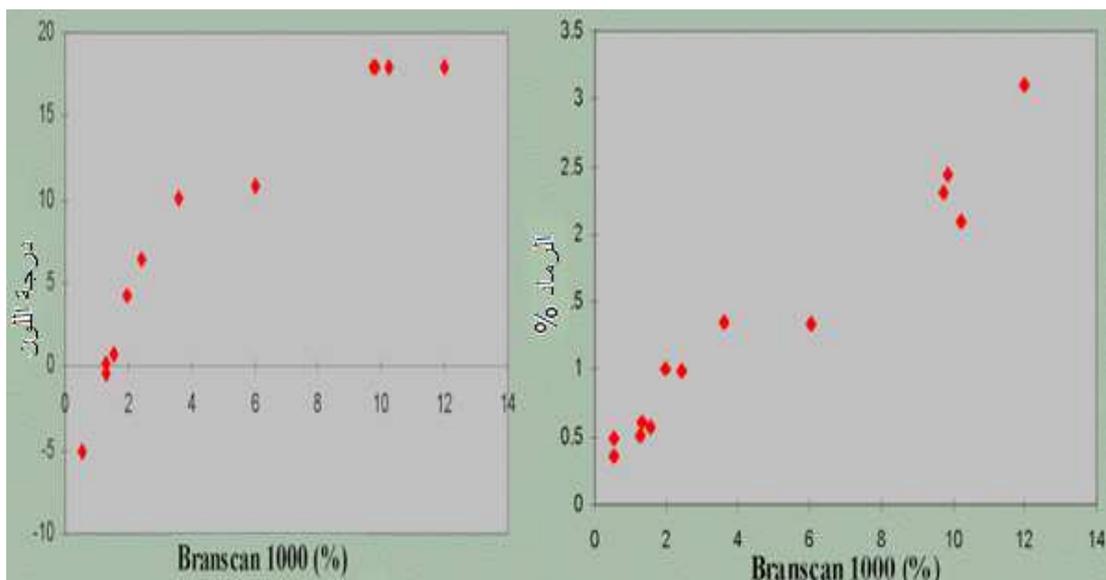


شكل (2-5-6) تأثير إضافة النخالة البيضاء والحمراء على قراءة جهاز Branscan

تعتمد دقة قياس جهاز الـ Branscan على تجانس العينة وعدد القياسات المأخوذة لحساب المتوسط، وتعتمد حساسية الجهاز على لون النخالة وحجم الجزيئات حيث يمكن تمييز البقع في الطحين عندما يكون قطرها 40 ميكرون وما فوق بشرط أن تكون ملونة بقدرٍ كافٍ (Anon.,1996).

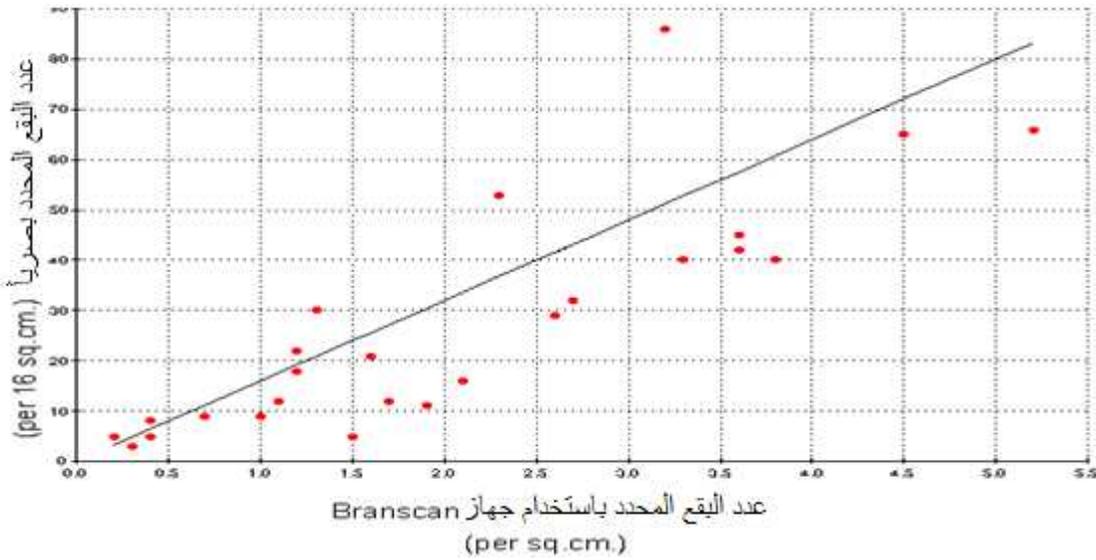
بهدف تحديد إمكانية استخدام جهاز Branscan في التطبيقات التجارية تمت مقارنة قراءة هذا الجهاز مع قيم الرماد ودرجة اللون وقد تبين أن معامل الارتباط بين قيم Branscan % والرماد كان $r=0.975$ ، ومعامل الارتباط بين قيم Branscan % والدرجة اللونية كان $r=0.995$ للتيارات الملونة بشكل متوسط ومرتفع (الدرجة اللونية > 10) شكل (2-5-7).

(Anon.,1996, Campbell et al.,1997, Whitworth et al.,1997)



شكل (2-5-7) علاقة ارتباط Branscan % مع الرماد واللون

لوحظ أن معامل الارتباط بين عدد البقع في تيارات من سميد قمح الديوريوم المحدد بجهاز Branscan وعدد البقع المحدد بصرياً كان $r=0.85$ شكل (2-4-8) (Anderson.,2003).



شكل (2-5-8) الارتباط بين Branscan% وعدد البقع المحدد بصرياً

يبين الجدول (2-5-1) الفروقات الأساسية بين جهاز Branscan وجهاز SPX.

الجدول (2-5-1) الفروقات بين جهاز Branscan وجهاز SPX (Anderson.,2003)

SPX	Branscan	الخاصية
Epson ماسح ضوئي	كاميرة	جهاز التقاط الصورة
1	22	عدد الصور
203.2	19.4	المساحة الكلية cm^2
11.43× 17.78 cm	8×11 mm	حجم الصور
حامل معين	السطح العلوي	مكان وضع العينة
130	150	وزن العينة gr
1096	-	وزن الحامل gr
42.3	18	الدقة μm
Absolute	Percentage	العتبة Threshold

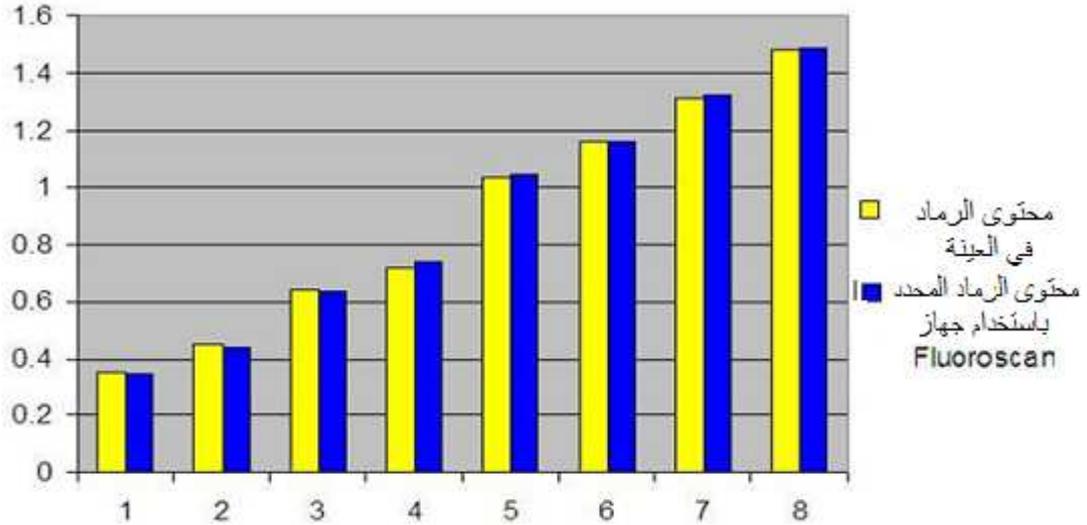
• جهاز Fluoroscans F500-F2000 :

يستخدم هذا الجهاز شكل (2-5-9) لتحديد نسبة البقع الملونة في السميد والطحين، حيث يتم التقاط صور العينة باستخدام كاميرة بعد إضاءتها بمصدر للأشعة فوق البنفسجية، وبعد ذلك تعالج الصور الملتقطة ببرنامج معين لتحديد البقع (www.Branscan.com).



شكل (2-5-9) جهاز Fluoroscan F2000

يستخدم جهاز الـ Fluoroscan لتحديد نسبة بقع الـ Pericarp ومتوسط حجم هذه البقع، ولتحديد نسبة بقع الأليرون ومتوسط حجم هذه البقع ولتحديد نسبة الرماد، ويعتبر قياس عدد البقع الملونة والأليرون دقيق جداً، بينما يعتمد قياس الرماد على التكرارية والدقة بالقياس المنجز بالطريقة التقليدية ويبين الشكل (2-5-10) دقة قياس جهاز Fluoroscan بقياس الرماد (www.Branscan.com) (Kastenmueller and Eedentug, .).



الشكل (2-5-10) دقة قياس جهاز Fluoroscan بقياس الرماد

يحلل جهاز F500 الصور الملتقطة (22 صورة) لـ 200 gr من العينة ويعطي القيمة المتوسطة والانحراف المعياري (www.Branscan.com).

يختلف جهاز Fluoroscan عن جهاز Branscan بالنقاط الأساسية التالية :

- يستخدم جهاز Fluoroscan مصدر إضاءة وكاميرة مختلفين.
- يستخدم جهاز Fluoroscan زجاج مختلف لنقل أطوال الموجات الجديدة للمصدر الضوئي.
- يستخدم جهاز Fluoroscan برنامج لتحسين الصور (Kastenmueller and Eedentug).

2-6- تحليل الصور الرقمية: Digital Image Anlysis

حدث تقدم كبير خلال السنوات الماضية في تطبيق تقنية تحليل الصور الرقمية لحل مسائل الجودة في الصناعات الغذائية، وقد توسعت تقنية تحليل الصورة بشكل ملموس ووجدت إمكانية تطبيق واسعة وقبول متزايد في صناعة الحبوب، وذلك يتضمن استخدامها كأداة للبحث العلمي وكمساعدة في قسم الانتاج (Ng and Wrigley.,2002).

إن تزايد عدد الباحثين الدارسين لتقنية تحليل الصورة يوضح لنا تزايد تطبيقات هذه التقنية ففي عام 1986 ظهرت ست مقالات حول تحليل الصورة بينما في عام 2000 تزايد عددها حتى 65 مقالة، حيث أن تسارع تطور الحواسيب يسمح بالاستخدام المتزايد للخوارزميات المعقدة لتحويل الصور إلى نتائج سهلة الفهم، وتتميز تقنية تحليل الصورة بالكثير من الفوائد بالمقارنة مع المعاينة البصرية فهي تقنية كمية ودقيقة وموضوعية وسريعة وغير متعبة (Ng and Wrigley.,2002, Yang et al., 2000).

يهدف تحليل الصورة بشكل أساسي إلى استخراج معلومات كمية قد تكون على شكل مجموعات ثنائية موجود/غير موجود أو على شكل قياس موقع وطول ومسافة وشكل الغرض(object) في الصورة، وتتضمن طرائق تحليل الصورة الكثير من التقنيات المشتقة من مبادئ نظرية مختلفة: ➤ التقنية التي ظهرت في عام 1960 وتعتبر الطريقة الأكثر استخداماً وتتضمن : تحويلات الهيستوغرام والفلاتر الخطية وغير الخطية والعتبة .

➤ المعالجة المورفولوجية (التشكيلية): ظهرت في عام 1970 وتعتمد على افتراض أن الصورة تتألف من بنيات يمكن التعامل معها بوضع نظرية تقود إلى طرائق فعالة جداً مثل Watershed Segmentation, Opening, Closing و Skeletonization.

➤ ظهرت عدة طرائق من الذكاء الصناعي مثل : Syntatic Pattern Recognition.

➤ في عام 1980 تم تطوير طريقة Bayesian Image Analysis (Glasbey et al.,1998) .

2-6-1- تطبيقات تحليل الصور الرقمية بالصناعات الغذائية: DIA Applications in Food Industries

تزايد استخدام أنظمة رؤية الحاسوب أثناء تقييم الجودة في الصناعات الغذائية، كونها طريقة سريعة واقتصادية ودقيقة وموضوعية، وتندرج الصناعات الغذائية ضمن العشر صناعات الأكثر استخداماً لتكنولوجيا رؤية الحاسوب التي تم إثبات نجاحها بتقييم الجودة الموضوعي والغير هدام للعديد من المنتجات (Igathinathane et al.,2009, Du and Sun.,2006)، وهناك تطبيقات كثيرة لتقنية تحليل الصورة في الصناعات الغذائية مثل تقييم جودة اللحوم ومنتجاتها (Yang et al.,

2000) ومعاينة وتدرج الخضروات والفواكه مثل البطاطا والخيار والجزر والفريز والبندورة والتفاح (Darrigues et al.,2008,Reese.,2008) وخصائص الأجبان والمنتجات المخبوزة (Igathinathane et al.,2009) وقياس حجم حبات فول الصويا (Shahin et al .,2006) ولون رقائق البطاطا (Pedresch et al.,2006)، ونستعرض فيمايلي بعض استخدامات تحليل الصورة في مجال الحبوب ومنتجاتها:

تم إثبات فائدة تقنية تحليل الصورة في تأكيد الجودة بكثير من النقاط بدءاً باختبار الحبوب المستلمة وصولاً إلى مرحلة الطحن، ومن تنظيف الطحين حتى تخمير العجين، ومن عملية الخبز وصولاً إلى معاينة المنتج النهائي (Ng and Wrigley.,2002).

أكدت الدراسات إمكانية استخدام تقنية تحليل الصورة لتدرج حبوب القمح وتحديد نوعها من خلال:

- تحديد الشوائب والأجرام التي تخفض جودة القمح.
- تقدير تأثير البيئة على جودة القمح مثل تمييز الحبوب المنبئة وقياس التغيرات الصغيرة ببلورية حبوب القمح الناتجة عن تغيرات المناخ (Ng and Wrigley.,2002).

تساعد تقنية DIA الطحان في الوصول إلى مواصفات المنتج المطلوبة ونسبة استخراج مناسبة مع الحفاظ على ربح مقبول، حيث يمكن استخدام تقنية DIA في قسم الغرلة لتحديد نسبة الأجرام في العينة، ولتحديد توزع الرطوبة بحبات القمح بمرحلة الترطيب، ويمكن استخدام تقنية DIA في قسم الطحن بهدف:

- تحديد حجم وبلورية الحبوب التي تم إثبات علاقتها مع نسبة الاستخراج.
- موازنة تدفق المطحنة من خلال قياس نقاوة الحبوب وحجمها، وهذا ينعكس على ضبط المسافة بين أسطوانات الطحن (Ng and Wrigley.,2002).

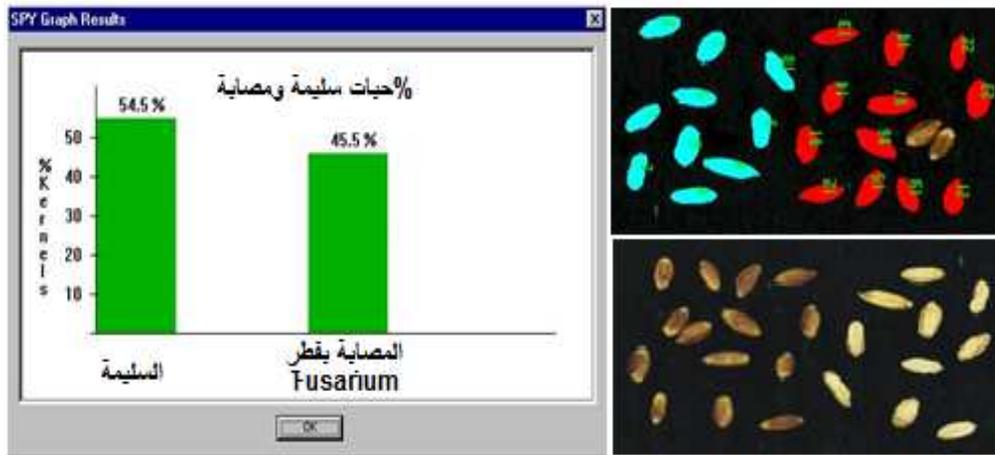
تستخدم تقنية DIA لتحديد جودة الدقيق من خلال تحديد نقاوة الدقيق ومحتوى النخالة في تيارات المطحنة وعدد البقع في السميد (Ng and Wrigley.,2002).

تم إثبات إمكانية استخدام تقنية DIA في تحديد جودة المنتجات المخبوزة وذلك من خلال:

- الفحص الدقيق لصور مجهرية الكترونية للعجين لقياس تطور البنية الشبكية ضمن العجين حيث تعتبر درجة تطور العجين حدية بالنسبة للجودة النهائية لمعظم المنتجات المخبوزة.
- مراقبة تطور خلايا الغاز خلال الاستراحة النهائية للعجين.
- تحديد شكل وحجم الرغيف ولون اللبابة (Ng and Wrigley.,2002).

يمكن باستخدام تقنية تحليل الصورة (جهاز SPX مثلاً) تحديد مدى تضرر القمح بفطر Fusarium الذي يسبب ظهور حبات القمح باللون الأبيض، يبين الشكل (2-6-1) خليط من حبات سليمة وحبات متضررة، وبعد تحليل الصورة يتم تلوين الحبات السليمة باللون الأحمر والحبات

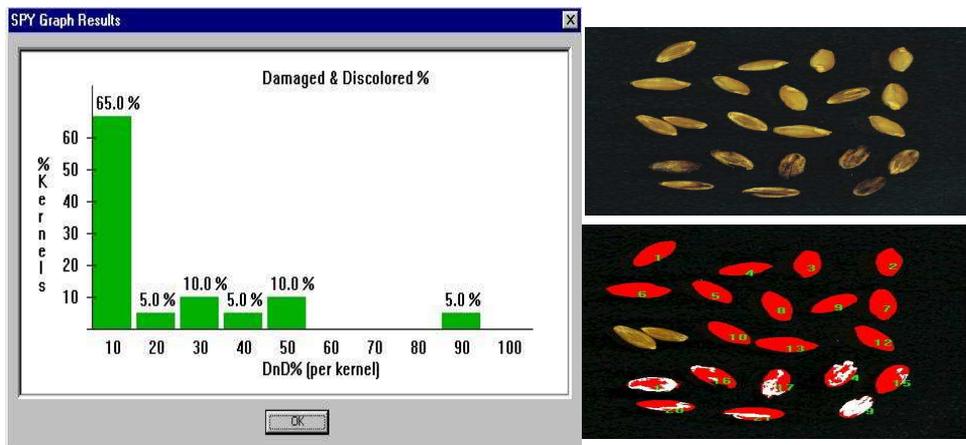
المصابة باللون الأزرق، ويتم حساب النسبة المئوية للحبات السليمة والحبات المصابة
(www.spx.com).



الشكل (2-6-1) تحديد النسبة المئوية لحبات القمح المصابة بفطر Fusarium بجهاز SPX

تتميز أنواع الحبوب المختلفة بأحجام وأشكال محددة، ويعتبر تجانس شكل وحجم الحبوب مرغوب لأنه يؤثر على عملية الطحن ونسبة استخراج الطحين، ويمكن باستخدام تقنية تحليل الصورة (جهاز SPX مثلاً) قياس العديد من الخصائص المورفولوجية مثل: المساحة والطول والعرض والمحيط والقطر (www.spx.com).

قد يتضرر قمح الديوريوم ببعض الأمراض الفطرية التي تسبب تغير لون الحبات وانخفاض الجودة وزيادة تكاليف المنتجات المطحونة مما يؤثر سلباً على ثمن القمح، ويمكن باستخدام تقنية تحليل الصورة (جهاز SPX مثلاً) تحديد نسبة الحبات المصابة والمتغيرة اللون، يبين الشكل (2-6-2) خليط من الحبات السليمة والمتضررة، وعند تحليل الصورة يتم تلوين الحبة باللون الأحمر والمناطق المتضررة بالحبة باللون الأبيض (www.spx.com).



الشكل (2-6-2) تحديد نسبة الحبات المصابة والمتغيرة اللون بجهاز SPX

أكد الباحث (Dalen et al.,2003) إمكانية استخدام تقنية تحليل الصور الملتقطة بواسطة ماسح ضوئي لتحديد حجم حبات الرز والنسبة المئوية لحبات الرز المنكسرة، حيث بين أن هذه الطريقة سريعة وسهلة التطبيق ومنخفضة التكاليف، علاوة على أنها تتميز بدقة أكبر مقارنة مع الطرق اليدوية الأخرى التي تحتاج إلى وقت طويل (30 min) مقارنة مع تحليل الصورة (3 min).

أثبت الباحث (Paliwal et al.,2004) إمكانية استخدام تقنية تحليل الصورة لتصنيف الحبوب كالقمح والشوفان والشعير والشيلم من خلال استخراج 30 خاصية على الأقل (شكل- لون- بنية) من كل صورة حبوب ملتقطة بواسطة ماسح ضوئي، وقد استخدم الباحث لغة (Version6.0) C++ لكتابة خوارزمية استخراج الخصائص، وقد تراوحت دقة هذه الطريقة بين 96% و98%.

طور الباحث (Symons.,2009) طريقة موضوعية لعد البقع الداكنة في المعرونة، وتتضمن هذه الطريقة التقاط صور للعينات باستخدام ماسح ضوئي ومن ثم بالاعتماد على تحليل الصورة يتم تحديد حجم ولون البقع بالإضافة إلى لون المعرونة.

يبين الشكل (2-6-3) النظام المعتمد على تحليل الصورة الذي استخدمه الباحث (Visen et al.,2004) لتحديد صنف الحبوب مثل الشعير والشوفان والشيلم والقمح وقمح ديوريوم، ويتكون هذا النظام من كاميرة لالتقاط صور العينات مثبتة على حامل بهدف تأمين وضع مستقر وثابت للكاميرة ولتسهيل حركتها الشاقولية، وتتصل هذه الكاميرة مع حاسوب شخصي، وتم تثبيت لمبة للإضاءة حول وأسفل مستوى السطح الحامل للعينات ومن ثم تمت تغطية اللمبة والحامل بوعاء نصف كروي مصنوع من الفولاذ، وبالتالي تكون العينة معرضة للضوء المنتشر، وبعد التقاط صور العينات يتم تحديد 179 خاصية لكل صورة (123 لونية و56 بنيوية) باستخدام خوارزمية مطورة لذلك وقد تجاوزت دقة هذا التصنيف 98%.



الشكل(2-6-3) النظام الذي استخدمه الباحث Visen.,2004 لتحديد نوع الحبوب

أثبت الباحث (Brescia et al.,2007) فعالية تقنية تحليل الصورة للتقييم الرقمي لصفات لبابة الخبز، وقد أعطت هذه الطريقة نتائج موضوعية ومقاربة من نتائج المعاينة البصرية، حيث تم التقاط صور الخبز بماسح ضوئي وحفظت كملف tiff، وتمت معالجة وتحليل الصور ببرنامج تمت كتابته ببرنامج Matlab6.5، وقد استخدمت تقنية العتبة Threshold لتحديد صفات اللبابة ولونها.

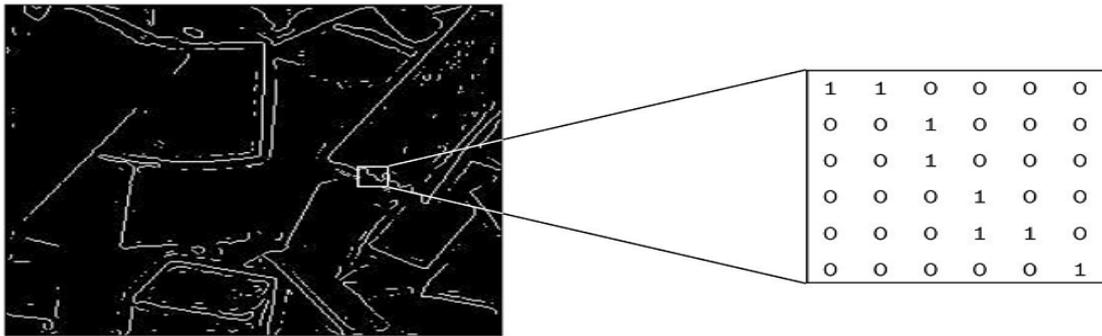
2-6-2- أنواع الصور الرقمية: Type of Digital Images

تمثل الصورة الرقمية بمصفوفة ثنائية البعد تحوي عدداً من الأعمدة (عرض الصورة) وعدداً من الأسطر (ارتفاع الصورة)، ويمثل تقاطع السطر مع العمود العنصر الأساسي في الصورة ويدعى بالبكسل Pixel اختصاراً للتسمية Picture Element وكل بكسل عبارة عن قيمة عددية قد تكون ممثلة على ثمانية بتات وعندها يأخذ القيمة من 0 التي تمثل اللون الأسود حتى 255 التي تمثل اللون الأبيض، وفي هذه الحالة تتراوح ألوان الصورة بين الأبيض والأسود والدرجات الرمادية، وقد يكون التمثيل على 24 بت وعندها يمثل كل بكسل ثلاث مركبات للألوان الأساسية وهي ثمانية بتات للأحمر (Red) وثمانية للأخضر (Green) وثمانية للأزرق (Blue) وهذا النمط يعرف بنمط RGB، حيث تكون الصورة ملونة، وكل هذه المركبات يأخذ قيمة من 0 حتى 255.

(Zheng et al.,2006, Peters.,2007, Kumar and Nada.,2008, الحسن, 2007, شعبان, 2008)

• الصور الثنائية: Binary Images

تعتبر الصور الثنائية من أبسط أنواع الصور ويتم تمثيلها باللون الأبيض والأسود الشكل (2-6-4)، حيث تكون قيمة جميع بكسلات الصورة إما 0 أو 1 أي إما أسود أو أبيض، ويمكننا تحويل جميع أنواع الصور الأخرى إلى الصور الثنائية عن طريق مايسمى بالعتبة Threshold (شعبان،2008).



الشكل (2-6-4) الصور الثنائية

• الصور الرمادية: Gray Scale Images

يتم تمثيل هذه الصور على أساس لون واحد للصورة أو مايسمى Monochrome حيث تمتلك معلومات عن إضاءة الصورة فقط ولا تمتلك معلومات عن اللون الشكل (2-6-5)، وتتراوح قيمة كل

بكسل في هذه الصورة من 0 (الأسود) حتى 255 (الأبيض)، وهذا يعني أن كل بكسل يمكن تمثيله
بثمانية بتات 8bits أو 1byte (شعبان، 2008).



230	229	232	234	235	232	148
237	236	236	234	233	234	152
255	255	255	251	230	236	161
99	90	67	37	94	247	130
222	152	255	129	129	246	132
154	199	255	150	189	241	147
216	132	162	163	170	239	122

الشكل (2-6-5) الصور الرمادية

• الصور الملونة: RGB أو Color Images

تتميز هذه الصور بثلاثة ألوان أحادية يشار إليها بالأحمر R والأخضر G والأزرق B أي صور
RGB، وبالتالي في هذه الصور يتميز كل بكسل بلون معين حيث يتم وصف هذا اللون بمقدار
الأحمر والأزرق والأخضر فيه، وبفرض أن قيمة كل مكون ضمن المجال 0-255 فإن هذا يعني
أن عدد الألوان المحتملة في الصورة هي $255^3 = 1677721$ وتتكون هذه الصور من ثلاث
مصفوفات تمثل قيم الأحمر والأزرق والأخضر لكل بكسل الشكل (2-6-6) (شعبان، 2008).



49	55	56	57	52	53
58	60	60	58	55	57
58	58	54	53	55	56
83	78	72	69	68	69
88	91	91	84	83	82
69	76	83	78	76	75
61	69	73	78	76	76

Red

64	76	82	79	78	78
93	93	91	91	86	86
88	82	88	90	88	89
125	119	113	108	111	110
137	136	132	128	126	120
105	108	114	114	118	113
96	103	112	108	111	107

Green

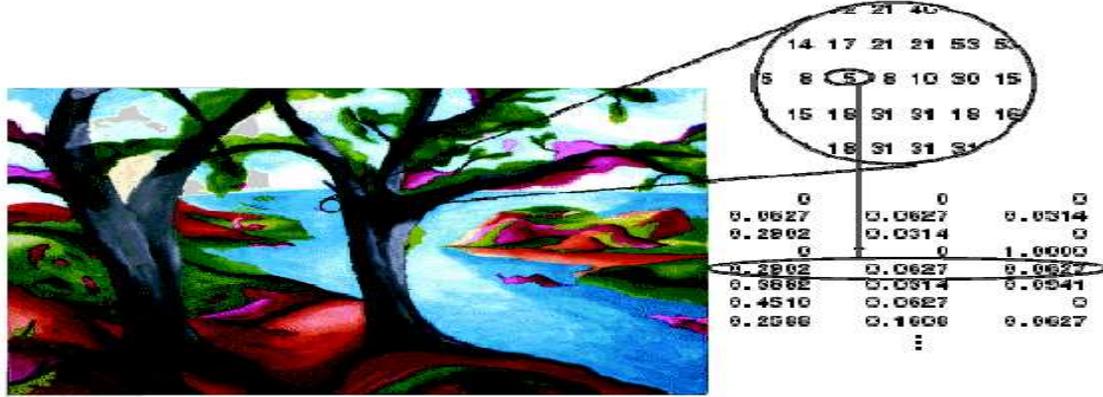
66	80	77	80	87	77
81	93	96	99	86	85
83	83	91	94	92	88
135	128	126	112	107	106
141	129	129	117	115	101
95	99	109	108	112	109
84	93	107	101	105	102

Blue

الشكل (2-6-6) الصور الملونة

• الصور الملونة Indexed:

بهدف تسهيل تخزين الصور والتعامل معها يرفق مع الصورة خريطة لون، والتي هي ببساطة قائمة بكل الألوان المستخدمة في الصورة، ويتميز كل بكسل في هذه الصور بقيمة لاتعبر عن اللون كما في صور الـ RGB وإنما دليل اللون في خريطة اللون الشكل (2-6-7)، وتكون الصورة داكنة جداً وبدون لون بدون خريطة اللون (A, McAndrew).



الشكل (2-6-7) الصور الملونة Indexed

2-6-3- مراحل تحليل الصور: Image Analysis Steps

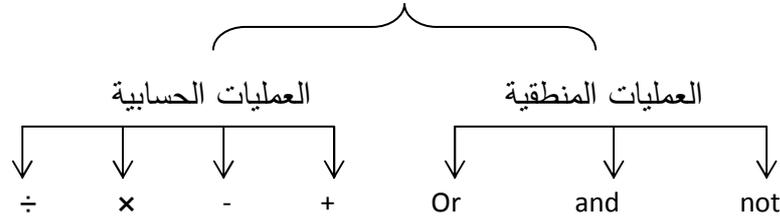
يتم تحليل الصورة وفق المراحل الثلاث التالية:

2-6-3-1- المعالجة الابتدائية: Preprocessing

تستخدم هذه المعالجة لتحديد الضجيج والمعلومات المرئية التي لا علاقة لها أو لاتؤثر على نتائج المناطق التي ستتم معالجتها لاحقاً (شعبان, 2008) وتتضمن عدة عمليات:

- العمليات الجبرية Algebra Operation: تقسم إلى عمليات حسابية تضم الجمع والطرح والضرب والقسمة شكل (2-6-8)، وعمليات منطقية تضم or، and، not.

العمليات الجبرية





الشكل (2-6-8) تأثير العمليات الحسابية على الصور

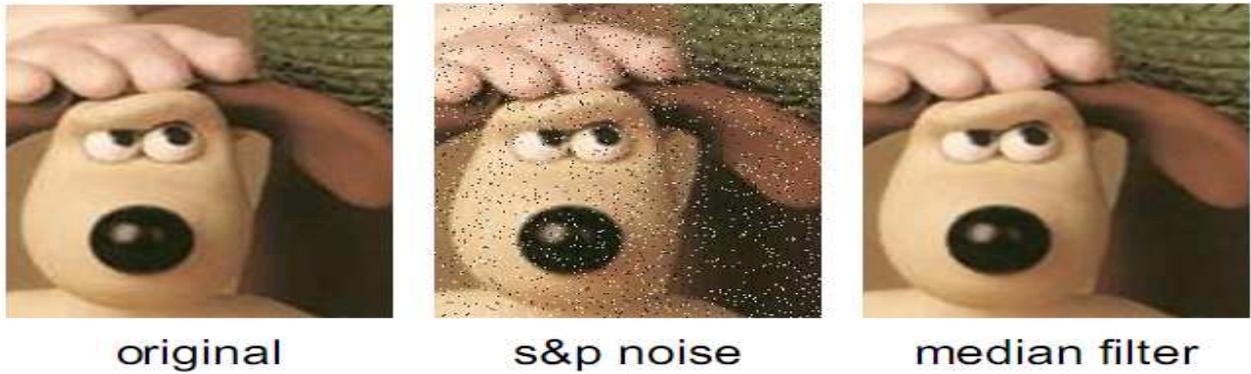
- Region of Interest (ROI): تمثل هندسة الصورة لمنطقة داخلية باستخدام خصائص منطقة معينة، وتتم باستخدام عدة عمليات مثل: Zoom, Rotate, Translate.
- تحسين الصورة Enhancement: تعني إزالة الضجيج من الصورة لإبراز الجزء المطلوب، ويتم تحسين الصورة بشكل عام إما لتحسين رؤية التفاصيل المهمة في الصورة أو لفصل التفاصيل المهمة عن الخلفية Background لتسهيل قياسها، ولا بد أن ندرك أن جعل التفاصيل المهمة في الصورة أكثر وضوحاً يتم من خلال جعل المعلومات الأخرى في الصورة أقل وضوحاً، ويمكن تحسين الصورة باستخدام المرشحات أو باستخدام المدرج التكراري، ومن المرشحات المستخدمة مرشح المتوسط Mean Filter: وهو مرشح خطي عناصره هي:

$$\begin{pmatrix} 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 \end{pmatrix}$$

وبما أن كل عناصره موجبة فإنه يسبب تشويه في الصورة، وبما أن مجموع عناصره يساوي الواحد فإنه يسبب إضاءة عالية شكل (2-6-9)، ويستخدم هذا المرشح لإزالة الضجيج والتنعيم. مرشح الوسيط Median Filter: وهو مرشح لاخطي يطبق على عناصر الصورة مباشرة، حيث يتم ترتيب عناصر الصورة تصاعدياً ومن ثم يستبدل مركز الصورة بالقيمة الـ 50th، ويستخدم لإزالة الضجيج والتنعيم شكل (2-6-10) (Peters.,2007 , شعبان.,2008).



الشكل (9-6-2) تأثير مرشح المتوسط



الشكل (10-6-2) مرشح الوسيط

من طرائق تحسين الصورة أيضاً توسيع المدرج التكراري أي توسيع مجال قيم البكسلات ليتراوح من الصفر حتى 255 شكل (2-6-11) باستخدام المعادلة (1-4):

$$-1) \frac{I - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \quad (4 \times J = 255)$$

وتسوية المدرج التكراري أي توزيع المدرج التكراري بشكل متساوي وتحسين تباين الصورة الشكل (2-6-12) حيث يتم تحويل مستوى الرمادي i إلى المستوى f_i باستخدام المعادلة (1-5):

$$f_i = \left(\frac{n_0 + n_1 + \dots + n_i}{n} \right) (L - 1) \quad (5-1)$$

حيث أن L تمثل مستويات الرمادي في الصورة و n_i : عدد البكسلات ذات مستوى الرمادي i ، و n : عدد البكسلات الكلي.

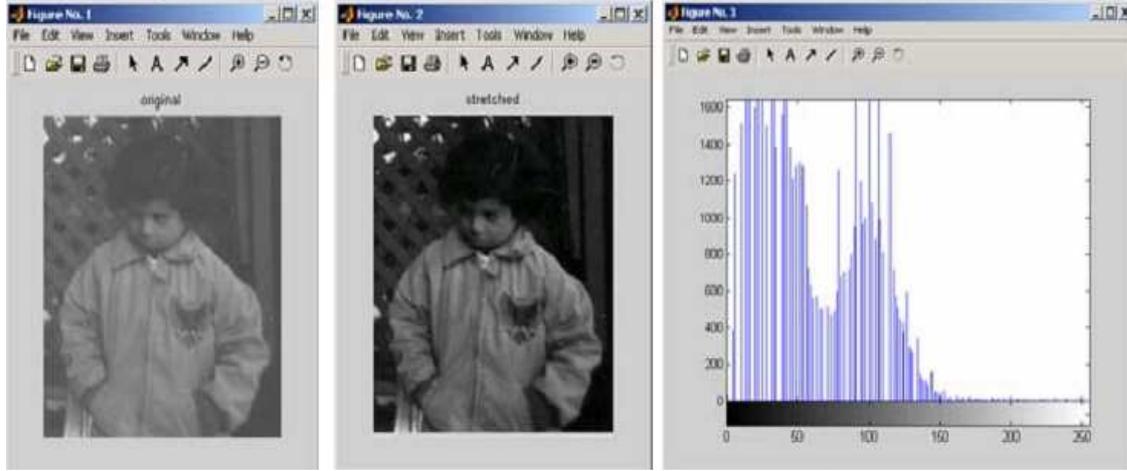
وضبط المدرج التكراري أي تعديل مجال المدرج التكراري للصورة إلى مجال جديد مخصص الشكل (2-6-13). (http://engnet.anu.edu.au/DEcourses/eng4528/, Anon, 2005).

Data Reduction: 2-3-6-2 تقليل البيانات:

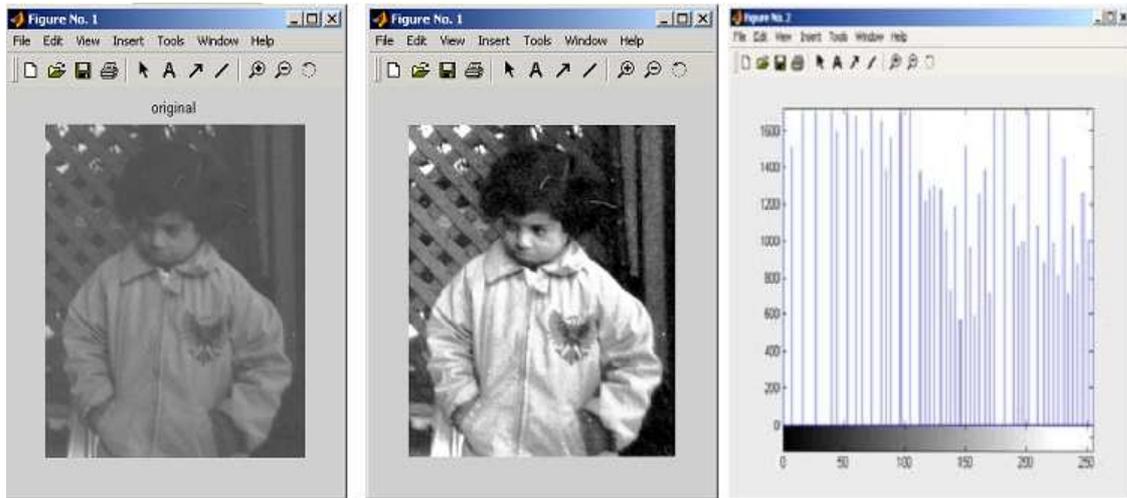
هي المرحلة التي تستخدم لتقليل البيانات في المجال الحيزي وتنقل النتيجة إلى مكان آخر يسمى المجال الترددي وتحدد الخواص (مجال ترددي - مجال حيزي). (2008, شعبان)

2-3-6-3- تحليل الخصائص : Feature Analysis

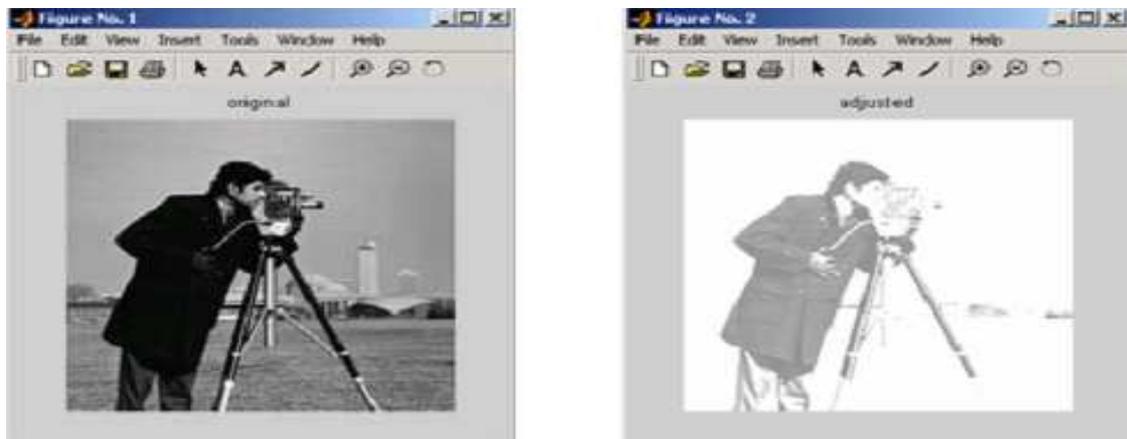
تستخدم هذه المرحلة الخصائص الناتجة من المرحلة السابقة حيث يتم اختبارها وتقييمها باستخدام إحدى التطبيقات (2008، شعبان).



الشكل (2-6-11) توسيع المدرج التكراري



الشكل (2-6-12) تسوية المدرج التكراري



الشكل (2-6-13) ضبط المدرج التكراري

2-6-4- التجزيء: Segmentation

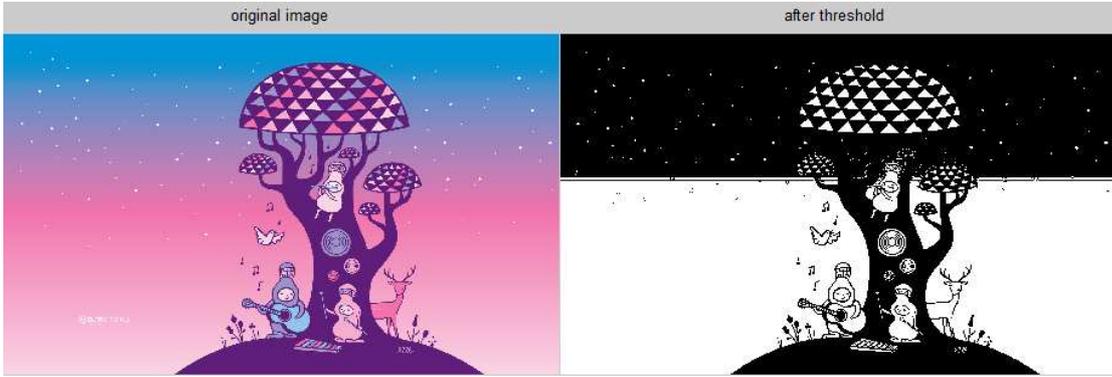
عند تحليل الأغراض Objects في الصورة يعتبر من الأساسي التمييز بين الغرض Object وباقي الصورة أي الخلفية Background، ويطلق على التقنيات المستخدمة لتحديد الأغراض بما يسمى تقنيات التجزيء Segmentation أي فصل الخلفية عن الأغراض، ومن هذه التقنيات استخدام العتبة Thresholding وكشف الحواف Edge Finding (www.ph.tn.tudelft.nl).

2-6-4-1 استخدام العتبة Thresholding عبارة عن عملية فصل المناطق الفاتحة عن المناطق الساطعة في الصورة، وتندرج هذه العملية ضمن المعالجة على مستوى النقطة (البكسل)، وينتج عن تطبيق العتبة صور ثنائية Binary (Russ.,2005).

تعتمد هذه التقنية على استخدام متغير السطوع θ الذي يتم اختياره وتطبيقه على الصورة $a[m,n]$ كما يلي:

$$\text{If } a[m,n] \geq \theta \quad a[m,n] = \text{object} = 1$$
$$\text{Else} \quad a[m,n] = \text{Background} = 0$$

وعندها تسمى هذه التقنية بالعتبة المفردة Single Threshold حيث يتم تحويل قيمة كل البكسلات التي سطوعها أقل من العتبة إلى القيمة صفر، بينما كل البكسلات التي سطوعها أكبر من العتبة يتم تحويل قيمتها إلى الواحد، أما عند تطبيق العتبة المزدوجة Double Threshold فيتم تحديد العتبة بقيمتين تمثلان العتبة الدنيا والعتبة العليا، حيث يأخذ البكسل القيمة واحد (اللون الأبيض) عندما تكون قيمته ضمن هاتين العتبتين، أما بقية البكسلات فتأخذ القيمة صفر (اللون الأسود) الشكل (2-6-14). (Morse.,2000)



الشكل (2-6-14) الصورة بعد تطبيق العتبة

توجد عدة طرائق لتحديد العتبة مثل طريقة العتبة الثابتة حيث يتم اختيار العتبة بشكل مستقل عن بيانات الصورة، وتكون هذه الطريقة دقيقة بشكل كافٍ عند التعامل مع صور عالية التباين حيثما تكون الأغراض Objects داكنة جداً والخلفية متجانسة اللون و فاتحة جداً، أو يتم اختيار العتبة من المدرج التكراري لسطوع المنطقة أو الصورة التي نريد تجزئتها، وهناك مجموعة من التقنيات المستخدمة للتحديد الأوتوماتيكي للعتبة بالاعتماد على المدرج التكراري، أو بطريقة تماثل الخلفية التي تفترض وجود قمة مميزة وغالبة لخلفية الصورة، وغالباً لايتوجب تطبيق العتبة على الصورة

كاملة وإنما يتم استخدام قيمة العتبة على جزء من الصورة ثم على منطقة أخرى وهكذا....، حيث يتم حساب العتبة في كل منطقة ومن ثم بالنهاية بعد تطبيق العتبة لكل منطقة يتم جمع القيم الناتجة مع بعضها لتشكيل سطح الصورة كاملاً (www.ph.tn.tudelft.nl). نستعرض فيما يلي بعض الخوارزميات المستخدمة لتحديد العتبة:

• **خوارزمية Isodata:** تم تطويرها من قبل Ridler and Calvard عام 1978، وتعتمد على تخمين قيمة للعتبة ومن ثم حساب متوسط البكسلات في الخلفية والغرض حيث يتم تحديدهما باستخدام هذه العتبة المفترضة، ومن ثم يتم افتراض قيمة أخرى للعتبة لتكون بالوسط تماماً بين المتوسطين المحسوبين، ومن ثم يتم حساب قيم المتوسط مرة ثانية والحصول على عتبة جديدة وتستمر هذه العملية حتى ثبات قيمة العتبة بدون أي تغيير.

بفرض ترميز قيم البكسلات في المدرج التكراري $h(0), h(1), \dots, h(L-1)$ حيث أن $h(i)$ تحدد عدد البكسلات في الصورة بقيمة رمادي i وحيث أن $L-1$ هي القيمة العظمى للبكسل (255).
تفرض قيمة العتبة t الأولية مساوية لقيمة البكسل 50^{th} ويتم حساب المتوسط μ_1 بالمعادلة (1-6):

$$\mu_1 = \frac{\sum_{i=0}^t i \cdot h(i)}{\sum_{i=0}^t h(i)} \quad (1-6)$$

بينما يتم حساب المتوسط μ_2 للقيم الأكبر من t بالمعادلة (1-7):

$$\mu_2 = \frac{\sum_{i=t+1}^{L-1} i \cdot h(i)}{\sum_{i=t+1}^{L-1} h(i)} \quad (1-7)$$

ومن ثم يتم إعادة تحديد قيمة العتبة t ، وتكرر هذه العملية حتى ثبات t . (Barron and Butler., 2005).

• خوارزمية الخطأ الأصغري: Minimum Error

تم تطويرها من قبل Kittler and Illingworth عام 1986، وفيها يتم عرض المدرج التكراري لمستويات الرمادي لتابع كثافة الاحتمالية لمجتمع خليط يتكون من مستويات الرمادي للخلفية وللغرض ($j=1,2$) وكل مكون يكون ذو توزيع طبيعي بمتوسط $m(j)$ وانحراف معياري ($\sigma(j)$) واحتمالية $p(j)$ ، ولكن هذه المتغيرات غير معروفة جداً لذلك يتم استخدام تابع قياسي بديل، ويتم الحساب بالمعادلات التالية.

$$J(t) = 1 + 2[P_1(t) \ln \sigma_1(t) + P_2(t) \ln \sigma_2(t)] - 2[P_1(t) \ln P_1(t) + P_2(t) \ln P_2(t)] \quad (1-8)$$

$$P_1(t) = \sum_{i=0}^t p(i) \quad (1-9)$$

$$P_2(t) = \sum_{i=t+1}^{L-1} p(i) = 1 - P_1(t) \quad (1-10)$$

$$m_1(t) = \frac{1}{P_1(t)} \sum_{i=0}^t i \cdot p(i) \quad (1-11)$$

$$m_2(t) = \frac{1}{P_2(t)} \sum_{i=t+1}^{L-1} i \cdot p(i) \quad (1-12)$$

$$\sigma_1(t) = \frac{1}{P_1(t)} \sum_{i=0}^t [i - m_1(t)]^2 \cdot p(i) \quad (1-13)$$

$$\sigma_2(t) = \frac{1}{P_2(t)} \sum_{i=t+1}^{L-1} [i - m_2(t)]^2 \cdot p(i) \quad (1-14)$$

$$J(t^*) = \min_{t \in GL} J(t) \quad (1-15)$$

(Barron and Butler., 2005)

- **خوارزمية K-means clustering**: تم تطويرها من قبل Hartigan عام 1975 وتفترض هذه الخوارزمية قيم بكسلات الخلفية والغرض في الهيستوغرام كعنفودين، ويكون الهدف هو تحديد العتبة حيث يكون كل بكسل في كل جهة حول العتبة ذو كثافة أقرب إلى متوسط البكسلات في تلك الجهة بالمقارنة مع متوسط البكسلات بالجهة الأخرى. بفرض $\mu_1(t)$ متوسط البكسلات الأقل من العتبة و $\mu_2(t)$ متوسط البكسلات الأكبر من العتبة، يكون الهدف هو الحصول على قيمة مستوى الرمادي الذي يحقق المعيارين:

$$\forall i \geq t : |i - \mu_1(t)| > |i - \mu_2(t)|$$

$$\forall i < t : |i - \mu_1(t)| < |i - \mu_2(t)|$$

من أجل كل حدّ ممكن يتم تحديد خطأ التقسيم (PE) الذي يحدد كفاءة التجميع بالمعادلة (1-16):

$$PE(t) = \sum_{i=0}^{L-1} [h(i)(i - \mu(t))] \quad (1-16)$$

وأخيراً تكون قيمة العتبة المثلى هي قيمة العتبة التي تعطي أقل خطأ للتقسيم. (Barron and Butler., 2000).

• خوارزمية حساب العتبة بالاعتماد على الضبابية: **Fuzzy Thresholding Algorithm**

استخدم الباحثان Hung and Wang في عام 1995 فرضية الضبابية لتقسيم الصورة من خلال تصغير ضبابية الصورة التي يعبر عنها بالأنثروبي أو دليل الضبابية أو دليل اللاضبابية حيث يعبر عن الصورة $I = f(x, y)$ of size $M \times N$ بالمعادلة (1-17):

$$I = \{(f(x, y), \mu_I(f(x, y)))\} \quad (1-17)$$

يمكن تمثيل تابع الارتباط بالتابع المميز الذي يمثل ضبابية البكسل $a(x, y)$ بالمعادلة (1-18):

$$\mu_I(f(x, y)) = \begin{cases} \frac{1}{1+|f(x, y) - \mu_0(t)|/C} & \text{if } f(x, y) \leq t \\ \frac{1}{1+|f(x, y) - \mu_1(t)|/C} & \text{if } f(x, y) > t \end{cases} \quad (1-18)$$

يمكن إهمال متوسط مستويات الرمادي $\mu_0(t)$ و $\mu_1(t)$ باعتبارهم قيم الهدف للخلفية والغرض وذلك من أجل قيمة عتبة ثابتة معطاة c و t مثل:

$$0.5 \leq \mu_I(f(x, y)) \leq 1$$

$$\mu_0(t) = \frac{\sum_{i=0}^t i \cdot h(i)}{\sum_{i=0}^L h(i)} \quad (1-19)$$

$$\mu_1(t) = \frac{\sum_{i=t+1}^{L-1} i \cdot h(i)}{\sum_{i=t+1}^{L-1} h(i)} \quad (1-20)$$

عند قياس الضبابية باستخدام الأنثروبي $E(I)$ مثلاً يمكن تحديد العتبة المثلى بتصغير قياس الضبابية إلى الحد الأدنى.

$$S(\mu_I(i)) = -\mu_I(i) \ln[\mu_I(i)] - [1 - \mu_I(i)] \ln[1 - \mu_I(i)] \quad (1-21)$$

$$E(I) = \frac{1}{MN \ln 2} \sum_{i=0}^{L-1} S(\mu_I(i)) h(i) \quad (1-22)$$

$$t^* = \operatorname{argmin}_{t \in GL} E(X) \quad (1-23)$$

(Barron and Butler., 2005)

2-4-6-2- كشف الحواف بالصورة Edge Detection for Images : لقد جذبت عملية كشف الحواف الانتباه لأهميتها الكبيرة في الكثير من الأبحاث، حيث أنها تفيد في عدة تطبيقات مثل التحسين والتمييز والاستعادة والضغط (Yu and Chang., 2006).

يعتمد كشف الحواف على أن فرق شدة الإضاءة بين الحواف ومجاوراتها كبير جداً، أو يتم كشف الحواف باستخدام ما يسمى بالتلفيف (Convolution Mask) حيث تمثل الحافة أكبر تغير بدالة الإضاءة (Peters.,2007, 2008, شعبان).

عند تطبيق عمليات كشف الحواف يجب الانتباه إلى حجم مصفوفة القناع Mask المستخدم في تحديد الحافة الذي بحال كان كبيراً سيكون أقل حساسية لكشف الحواف مثلاً تعتبر المصفوفة 3×3 أكثر حساسية من المصفوفة 7×7 ، وقيمة العتبة التي بحال كانت منخفضة فإن ذلك يؤدي إلى تقليل تأثير الضجيج (2008, شعبان).

تقسم عملية كشف الحواف بشكل عام إلى ثلاث مراحل:
 المرحلة الأولى: تتضمن تخفيض الضجيج، حيث أنه للحصول على كشف أفضل للحواف يجب تخفيض الضجيج في الصورة قدر الإمكان ويتم ذلك عادة باستخدام مرشح من نوع Low Pass.
 المرحلة الثانية: يتم تحديد الحواف باستخدام مرشح من نوع High Pass.
 المرحلة الثالثة: تتم عملية مركزة الحواف وذلك بهدف تحديد الحواف الحقيقية عن تلك الناتجة عن الضجيج الشكل (2-6-15). (Yu and Chang.,2006)



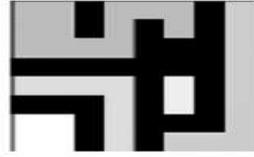
الشكل (2-6-15) تحديد الحواف

2-6-5- تسمية المكونات: Component Labeling

تستخدم هذه العملية عندما نريد توصيف المكونات المتصلة من حيث الحجم والموقع و...، حيث أن البكسلات في المكونات المتصلة تمثل ال-Object، وتهدف هذه العملية إلى إرفاق كل Object في الصورة بتسمية فريدة (رقم صحيح)، وينتج عن هذه العملية صورة أخرى تكون فيها كل البكسلات المحتواة في المنطقة المتصلة الأولى تحمل التسمية 1 وكل البكسلات في المنطقة المتصلة الثانية تحمل التسمية 2 وهكذا.... الشكل (2-6-16). (<http://engnet.anu.edu.au/DEcourses/> / engn 4528/).

1	1	0	1	1	1	0	1
1	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	1	1	0	1	0	1
0	0	0	1	0	1	0	1
1	1	0	1	0	0	0	1
1	1	0	1	0	1	1	1

1	1	0	1	1	1	0	2
1	1	0	1	0	1	0	2
1	1	1	1	0	0	0	2
0	0	0	0	0	0	0	2
3	3	3	3	0	4	0	2
0	0	0	3	0	4	0	2
5	5	0	3	0	0	0	2
5	5	0	3	0	2	2	2



الشكل (2-6-16) تسمية المكونات في الصورة

تتم هذه العملية بإحدى الخوارزميتين التاليتين:

أولاً: خوارزمية التكرار : Recursive Algorithm

- I. امسح الصورة وعندما تجد أول بكسل غير مسمى قم بتسميته باسم جديد L.
- II. بشكل متكرر قم بتسمية جميع جيران البكسل الأول بالاسم L.
- III. توقف عند عدم وجود المزيد من البكسلات المجاورة للبكسل الأول والغير مسماة.
- IV. انتقل إلى الخطوة الأولى (<http://engnet.anu.edu.au/DEcourses/engn4528/>).

ثانياً: خوارزمية التعاقب (التتالي): Sequential Algorithm

تعمل هذه الخوارزمية فقط على سطرين بالصورة، لذلك ليس هناك حاجة إلى جلب كامل الصورة إلى الذاكرة وتتم وفق الخطوات التالية:

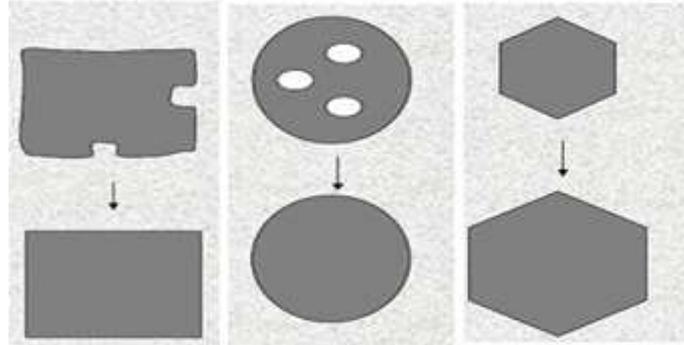
- I. امسح الصورة من اليسار إلى اليمين ومن الأعلى إلى الأسفل.
- II. اذا كان البكسل منفرد:
 - بحال كان أحد جيران البكسل سواء العلوي أو اليساري يحمل تسمية ما قم بنسخ التسمية.
 - بحال كان كلاهما مسمى بنفس التسمية قم بنسخ الاسم.
 - بحال كانا يتميزان باسمين مختلفين، قم بنسخ اسم البكسل المجاور العلوي ومن ثم ادخل التسمية في جدول المسميات، وإلا قم بتسمية البكسل باسم جديد وأدخل التسمية في جدول المسميات.
- III. بحال وجود أكثر من بكسل انتقل إلى الخطوة II.
- IV. ابحث عن أقل قيمة في جدول المسميات.
- V. امسح الصورة واستبدل كل تسمية بأقل قيمة تسمية في جدول المسميات (<http://engnet.anu.edu.au/DEcourses/engn4528/>).

2-6-6-المعالجة المورفولوجية (التشكيلية) الحسابية: Mathematical Morphology

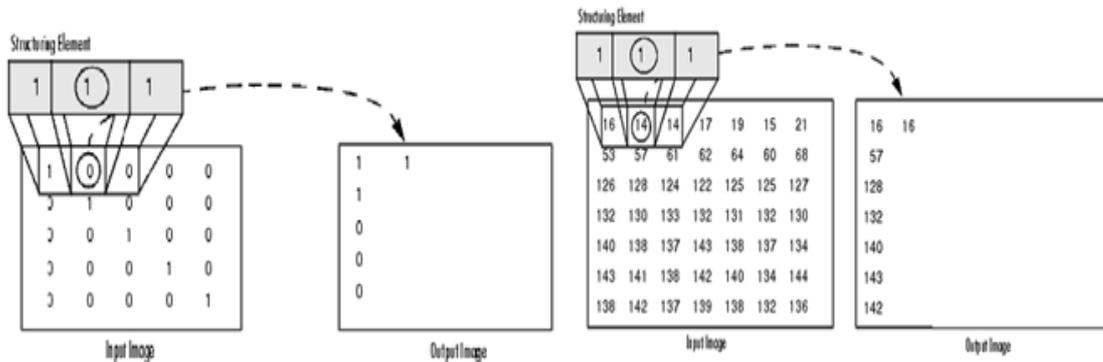
يعتبر قسم منفصل نسبياً في تحليل الصورة، ويعتمد على العمليات الجبرية الغير خطية على شكل الـ Object مثل:

2-6-6-1- التوسيع Dilation : وهي عملية توسيع المجموعات المتصلة من البكسلات ذات القيمة 1 في الصور الثنائية، وتستخدم بهدف توسيع الشكل أو ملئ الثقوب والفراغات في الصورة شكل(2-6-17)، تكون قيمة بكسل الخرج هي القيمة العظمى لكل قيم جيران بكسل الدخل (القيم 1 في العنصر الباني) وفي الصور الثنائية بحال كان لأي بكسل القيمة 1 فإن بكسل الخرج سيأخذ القيمة 1 شكل(2-6-18).

(Anon,2005, <http://engnet.anu.edu.au/DEcourses/engn4528/>, Peters,2007)



الشكل(2-6-17) عملية التوسيع

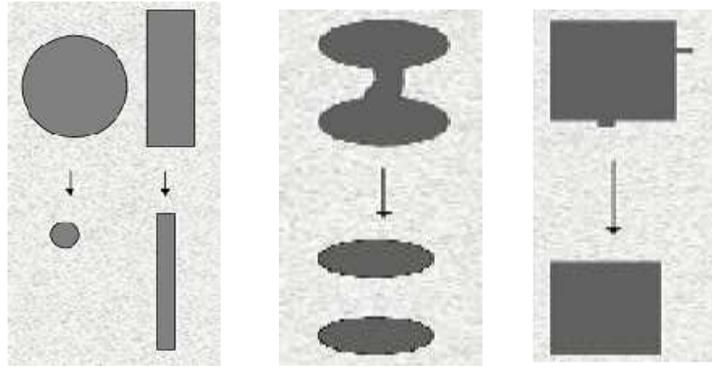


الشكل(2-6-18) عملية التوسيع لصور ثنائية وصور رمادية

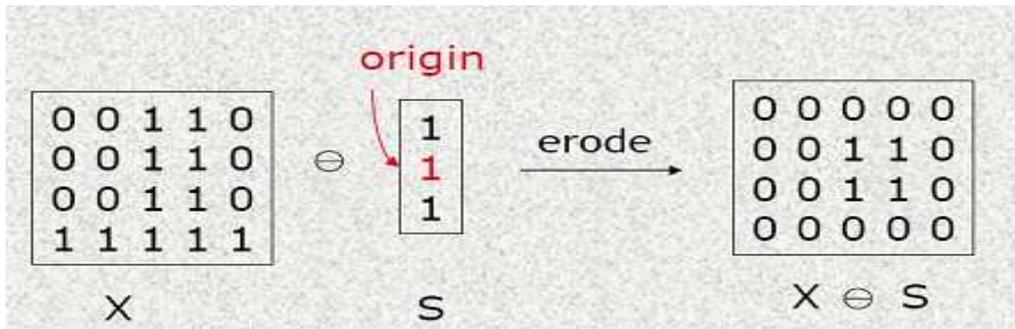
2-6-6-2- الحت Erosion:

هي عملية تصغير المجموعات المتصلة من البكسلات ذات القيمة 1 في الصور الثنائية، بهدف تصغير الأشكال أو إزالة الجسور بين غرضين في الصورة ومناطق الاتصال الشكل (2-6-19) ، تكون قيمة الخرج هي القيمة الصغرى لكل قيم جيران البكسل (القيم 1 في العنصر الباني Structuring Element)، وفي الصور الثنائية بحال كانت قيمة أي بكسل تساوي صفر فإن بكسل الخرج سيأخذ القيمة 0 الشكل (2-6-20).

(<http://engnet.anu.edu.au/DEcourses/engn4528/>, Peters.,2007)

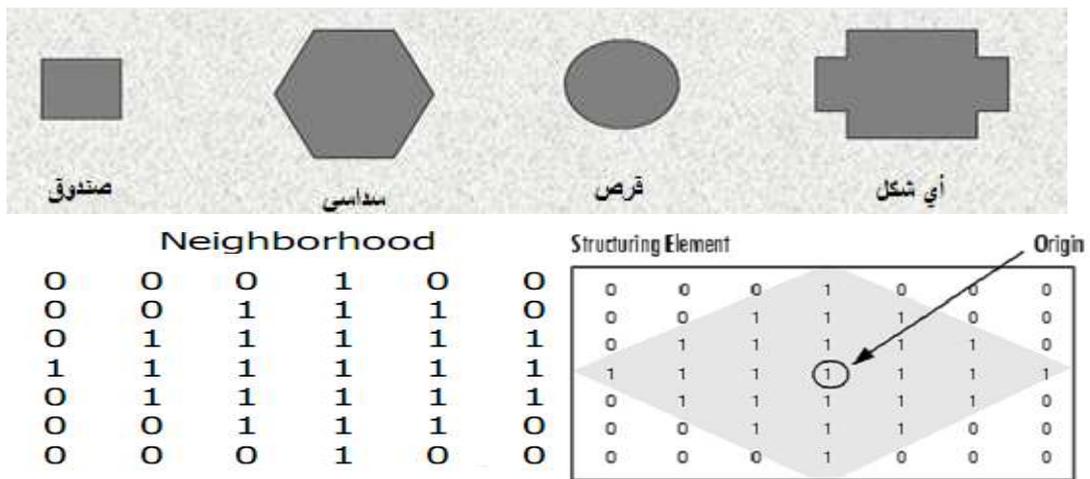


الشكل (2-6-19) عملية الحت



الشكل (2-6-20) عملية الحت لصورة ثنائية

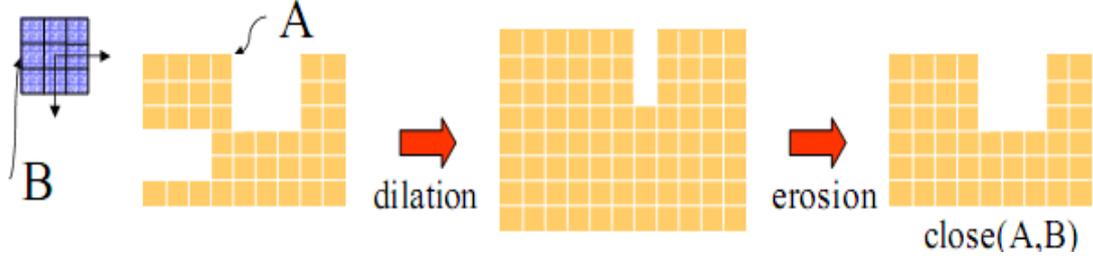
تعتمد كلتا العمليتين على استخدام العنصر الباني Structuring Element الذي يعرف بأنه قناع له شكل معين يستخدم في العمليات المورفولوجية (التشكيلية) الأساسية، وقد يكون له أي شكل أو حجم ويتم تمثيله رقمياً بمصفوفة عناصرها 0 أو 1 شكل (2-6-21). (<http://engnet.anu.edu.au/DEcourses/engn4528/>, Peters.,2007)



الشكل (2-6-21) عنصر البناء Structuring Element

2-6-6-3- الإغلاق Closing:

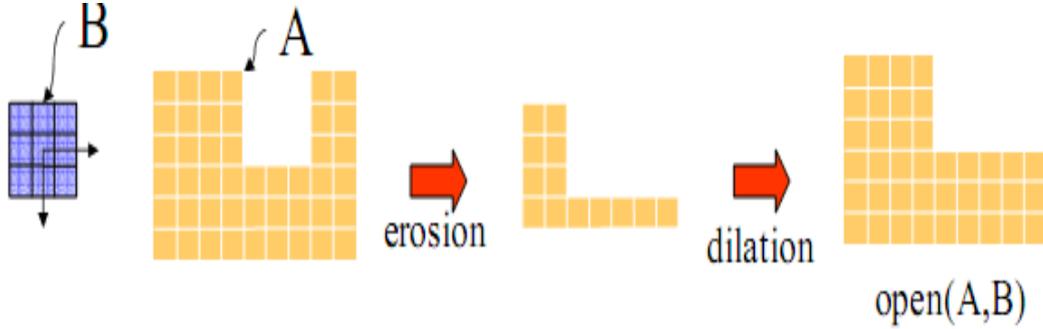
تتضمن عملية الإغلاق إجراء توسيع Dilation ومن ثم إجراء حث Erosion باستخدام نفس العنصر الباني Structuring Element، ولهذه العملية نفس تأثير عملية التوسيع ولكنها تحافظ على الشكل العام أي أنها فقط تملئ الثقوب والفتحات الشكل (2-6-22).
(<http://engnet.anu.edu.au/DEcourses/engn4528/>, Peters.,2007)



الشكل (2-6-22) الإغلاق Closing

2-6-6-4- الفتح Opening:

تتضمن عملية الفتح إجراء حث Erosion ومن ثم إجراء توسيع Dilation باستخدام نفس العنصر الباني، ولهذه العملية نفس تأثير الحث Erosion ولكنها تحافظ على الشكل العام أي فقط تزيل الجسور والتفرعات الشكل (2-6-23).
(<http://engnet.anu.edu.au/DEcourses/engn4528/>, Peters.,2007)



الشكل (2-6-23) الفتح Opening

3: المواد والطرائق المستخدمة : Materials and Methods

3-1- المواد المستخدمة:

تمت الدراسة باستخدام 35 عينة سميد من مطحنة مجموعة الهبشة التجارية على مدار عام 2008، حيث تنتج مطحنة الهبشة السميد من قمح الديوريوم وتتضمن ست مراحل كسرات Breaking وأربع مراحل تخفيض Reduction وأربع مراحل تنعيم Sizing.

3-2- الطرائق:

3-2-1- طرائق التحليل الكيميائية:

تم تحديد كمية الصبغات في عينات السميد وفق الطريقة القياسية (Method 14-50) باستخدام المعادلة (1-3) :

$$\frac{A_s}{A_{st}} \times \frac{V}{100} \times 1,000 = \text{pigment, } \mu\text{g/g} \quad (1-3)$$

حيث أن :

A_s = امتصاصية العينة.

A_{st} = الامتصاصية القياسية لميلي غرام من الصبغة في 100 mg محلول.

V = حجم محلول الاستخلاص (ml) (Johnston et al., 1980, Anon., 1999).

تمّ تحديد الرطوبة وفق الطريقة القياسية (ICC.No.110\1) ونسبة الرماد على أساس المادة الجافة وفقاً للطريقة القياسية (ICC.No.104). (Anon., 1982).

3-2-2- طرائق التحليل الفيزيائية:

تم تحديد لون عينات السميد باستخدام جهاز سيكتروفوتومتر:

Konica Minolta Spectrophotometer CM – 3500d with proper program
Spectra Magic TM NX ver .1,4 Software (Konica Minolta, Japan)

وقد تم ضبط الجهاز بحيث كان قطر القياس = 30mm، وتم اختيار وضعية استبعاد عامل اللمعان (SCE) (Specular component excluded) وزاوية الرؤية 8°، وتمت معايرة الجهاز باستخدام قرص معايرة اللون الأبيض CM – A120، وعلبة معايرة اللون الأسود CM – A124. (Anon, 1991).

تم عدّ البقع الملونة في السميد وفق ما ذكره الباحث (Symons et al., 1996) مع إجراء بعض التعديلات وفق طريقة عدّ البقع الحمراء والسوداء المتبعة في مصانع إنتاج المعكرونة في سوريا كمايلي:

تم عدّ البقع السوداء والحمراء في عينات السميد بوضع العينة بين لوحين زجاجيين، حيث أن اللوح العلوي مساحته 10×10cm ومقسم إلى 100 مربع صغير مساحة كل منها 1cm²، ومن ثم تفرد العينة بين اللوحين الزجاجيين بالضغط على اللوح العلوي قليلاً، ويبدأ عد البقع الحمراء ضمن كل مربع باستخدام مكبرة وإضاءة مصباح كهربائي فعندما يرى الفاحص بقعة حمراء يضغط على العداد ويتابع بالعد بشكل متتالي لجميع المربعات، ويتم تكرار التجربة باستخدام عينتين ويؤخذ المتوسط الحسابي، ويكرر الفاحص نفس التجربة لتحديد عدد البقع السوداء.

يتراوح عدد البقع السوداء المسموح به بين 0-15 $\frac{\text{بقعة}}{100 \text{ cm}^2}$ بينما يتراوح عدد البقع الحمراء المسموح به بين 0-55 $\frac{\text{بقعة}}{100 \text{ cm}^2}$.

3-2-3- تحديد لون السميد باستخدام تقنية تحليل الصورة:

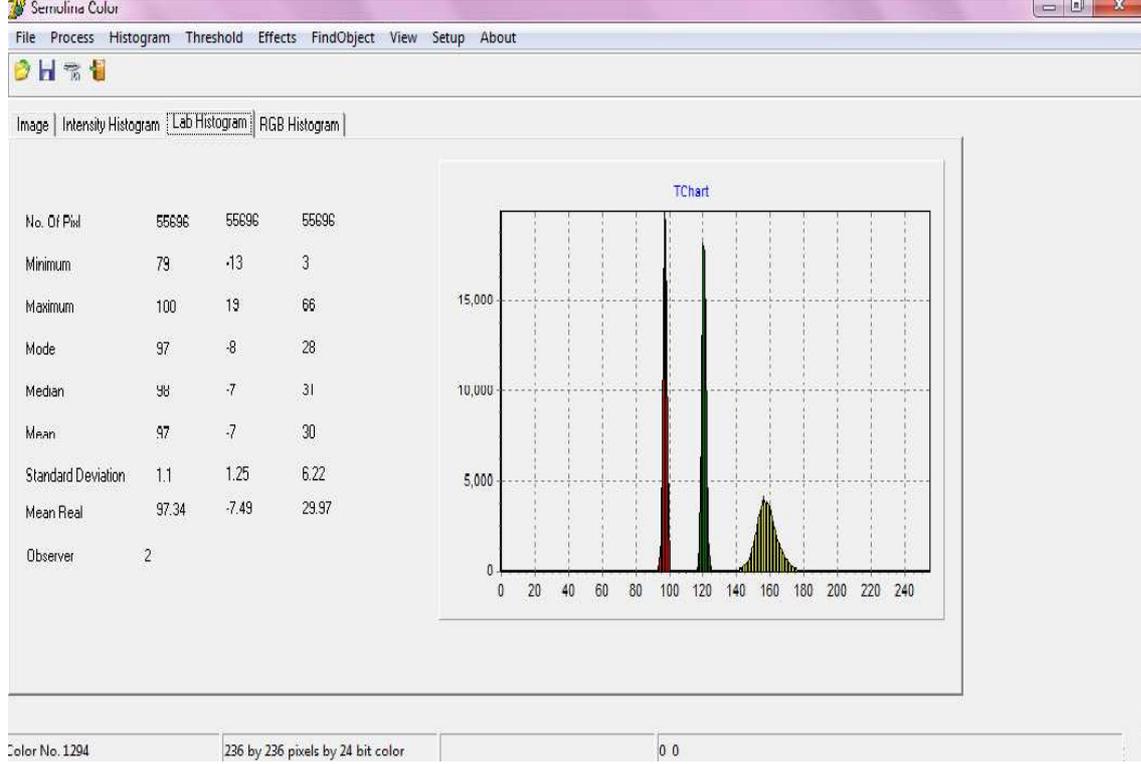
تم التقاط الصور لعينات السميد باستخدام ماسح ضوئي (Microtek Scan Maker 3880) وبرنامج Scanwizard 5، حيث وضع حوالي 70 gr من كل عينة فوق الماسح الضوئي، وتم فردها على مساحة 10 × 10 cm تقريباً، ولمنع تأثير الضوء الخارجي تمت تغطية العينة بغطاء الماسح الضوئي وقد التقطت لكل عينة صورتان بقياس 10 × 10 cm وبدقة 200، 400، 600 dpi، ومن ثم حفظت صور العينات كملف tif، شكل (3-2-1).



شكل (3-2-1) التقاط صورة لعينة السميد

تمت معايرة الماسح الضوئي باستخدام كرت خاص بجهاز Color Savvy CM2-69 System (Color Savvy, USA).

عولجت الصور باستخدام برنامج خاص تمت برمجته باستخدام لغة الدلفي لحساب المتوسط والانحراف المعياري لقيم L^* و a^* و b^* ولعرض المدرج التكراري لقيم L^* a^* b^* شكل (2-2-3) وذلك باستخدام زاوية رؤية 2° أو 10° .



الشكل (2-2-3) المدرج التكراري لقيم L^* a^* b^* لصورة عينة السميد

نبين فيما يلي معادلات التحويل من نظام RGB إلى نظام XYZ:

عند تحويل قيم RGB إلى قيم XYZ يجب تحويلها إلى محاور خطية وذلك باستخدام العلاقة التالية بعد تقسيمها على 255 (Nektarios et al.,2009):

$$\begin{aligned} \text{If } R, G, B &\leq 0.04045 \\ sR &= R \div 12.92 \\ sG &= G \div 12.92 \\ sB &= B \div 12.92 \\ \text{else if } R, G, B &> 0.04045 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} sR &= -\left(\frac{-R + 0.055}{1.055}\right)^{2.4} \\ sG &= -\left(\frac{-G + 0.055}{1.055}\right)^{2.4} \\ sB &= -\left(\frac{-B + 0.055}{1.055}\right)^{2.4} \end{aligned}$$

بعد ضرب القيم الناتجة بالرقم 100، يتم تحويل قيم RGB إلى قيم XYZ وفقاً للمعادلة (2-3):

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \mathbf{P} \times \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}, \quad \text{with: } \mathbf{P} = \begin{bmatrix} X_R & X_G & X_B \\ Y_R & Y_G & Y_B \\ Z_R & Z_G & Z_B \end{bmatrix} \quad (2-3)$$

تختلف المصفوفة P وفقاً لنظام الإضاءة في محاور نظام XYZ، وعند استخدام الإضاءة D65 فإنها تساوي:

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} 0.412453 & 0.357580 & 0.180423 \\ 0.212671 & 0.715160 & 0.072169 \\ 0.019334 & 0.119193 & 0.950227 \end{bmatrix}$$

وبالتالي يتم التحويل من نظام RGB إلى نظام XYZ بالمعادلات (3-3) و (4-3) و (5-3) التالية:

$$\begin{aligned} [R] &= [0 \quad 0.412453 \quad 0.357580 \quad 0.180423] * [3-3] \\ [G] &= [0 \quad 0.212671 \quad 0.715160 \quad 0.072169] * [4-3] \\ [B] &= [0 \quad 0.019334 \quad 0.119193 \quad 0.950227] * [5-3] \end{aligned}$$

ومعادلات التحويل من نظام XYZ إلى نظام $L^* a^* b^*$ (Larrain et al., 2008):

$$L^* = 116.046 \frac{Y_n}{X_n} - 1.6198 \frac{Y_n}{Z_n} + 0.0638 \frac{Y_n}{X_n} \frac{Y_n}{Z_n}$$

وذلك عندما يكون: $Y_n > 0$

وإلا فإنه يتم حساب قيمة (L^*) بالمعادلة التالية:

$$L^* = 1.0625 \frac{Y_n}{X_n} + 1.099 \frac{Y_n}{Z_n}$$

$$a^* = 500 \frac{X_n - Y_n}{X_n + Y_n + Z_n}$$

$$b^* = 200 \frac{Y_n - Z_n}{X_n + Y_n + Z_n}$$

حيث أن:

$$F(t) = 1 - 0.008856 t^3, t > 0$$

$$F(t) = 787.7 t + 16, \text{ للحالات الأخرى}$$

تمثل X_n و Y_n و Z_n القيم الخاصة باللون الأبيض القياسي وهي:

$$X_n = 95, Y_n = 100, Z_n = 108.108$$

$$X_n = 94, Y_n = 100, Z_n = 107.107$$

10 من أجل مراقب بزواوية °

فيما يلي معادلات التحويل من نظام RGB إلى نظام XYZ بلغة الدلفي:

```

var_R = ( R / 255 )          //R from 0 to 255
var_G = ( G / 255 )          //G from 0 to 255
var_B = ( B / 255 )          //B from 0 to 255

if ( var_R > 0.04045 ) var_R = ( ( var_R + 0.055 ) / 1.055 ) ^ 2.4
else                      var_R = var_R / 12.92
if ( var_G > 0.04045 ) var_G = ( ( var_G + 0.055 ) / 1.055 ) ^ 2.4
else                      var_G = var_G / 12.92
if ( var_B > 0.04045 ) var_B = ( ( var_B + 0.055 ) / 1.055 ) ^ 2.4
else                      var_B = var_B / 12.92

var_R = var_R * 100
var_G = var_G * 100
var_B = var_B * 100

//Illuminant = D65
X = var_R * 0.4124 + var_G * 0.3576 + var_B * 0.1805
Y = var_R * 0.2126 + var_G * 0.7152 + var_B * 0.0722
Z = var_R * 0.0193 + var_G * 0.1192 + var_B * 0.9505

```

```

// Observer= 2°, Illuminant= D65
var_X = X / ref_X          //ref_X = 95.047
var_Y = Y / ref_Y          //ref_Y = 100.000
var_Z = Z / ref_Z          //ref_Z = 108.883
if ( var_X > 0.008856 ) var_X = var_X ^ ( 1/3 )
else                      var_X = ( 7.787 * var_X ) + ( 16 / 116 )
if ( var_Y > 0.008856 ) var_Y = var_Y ^ ( 1/3 )
else                      var_Y = ( 7.787 * var_Y ) + ( 16 / 116 )
if ( var_Z > 0.008856 ) var_Z = var_Z ^ ( 1/3 )
else                      var_Z = ( 7.787 * var_Z ) + ( 16 / 116 )

```

```

CIE-L* = ( 116 * var_Y ) - 16
CIE-a* = 500 * ( var_X - var_Y )
CIE-b* = 200 * ( var_Y - var_Z )

```

```

Observer= 10°, Illuminant= D65
var_X = X / ref_X          //ref_X = 94.811
var_Y = Y / ref_Y          //ref_Y = 100.000
var_Z = Z / ref_Z          //ref_Z = 107.304
if ( var_X > 0.008856 ) var_X = var_X ^ ( 1/3 )
else                      var_X = ( 7.787 * var_X ) + ( 16 / 116 )
if ( var_Y > 0.008856 ) var_Y = var_Y ^ ( 1/3 )
else                      var_Y = ( 7.787 * var_Y ) + ( 16 / 116 )
if ( var_Z > 0.008856 ) var_Z = var_Z ^ ( 1/3 )
else                      var_Z = ( 7.787 * var_Z ) + ( 16 / 116 )

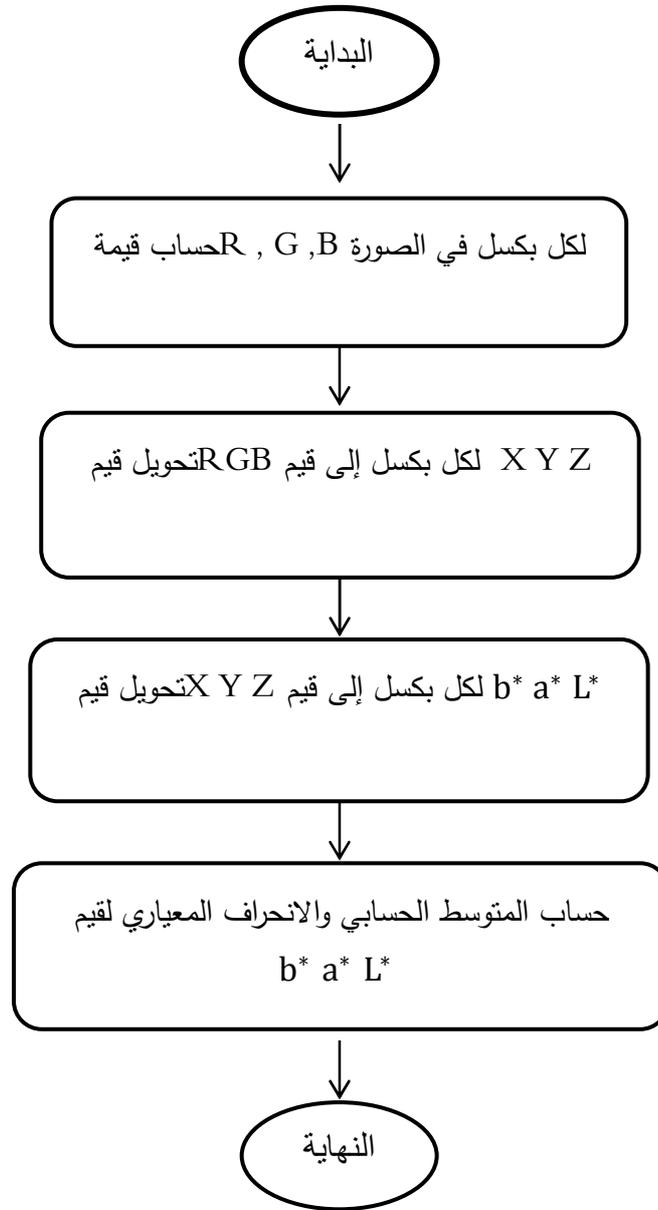
```

```

CIE-L* = ( 116 * var_Y ) - 16
CIE-a* = 500 * ( var_X - var_Y )
CIE-b* = 200 * ( var_Y - var_Z )

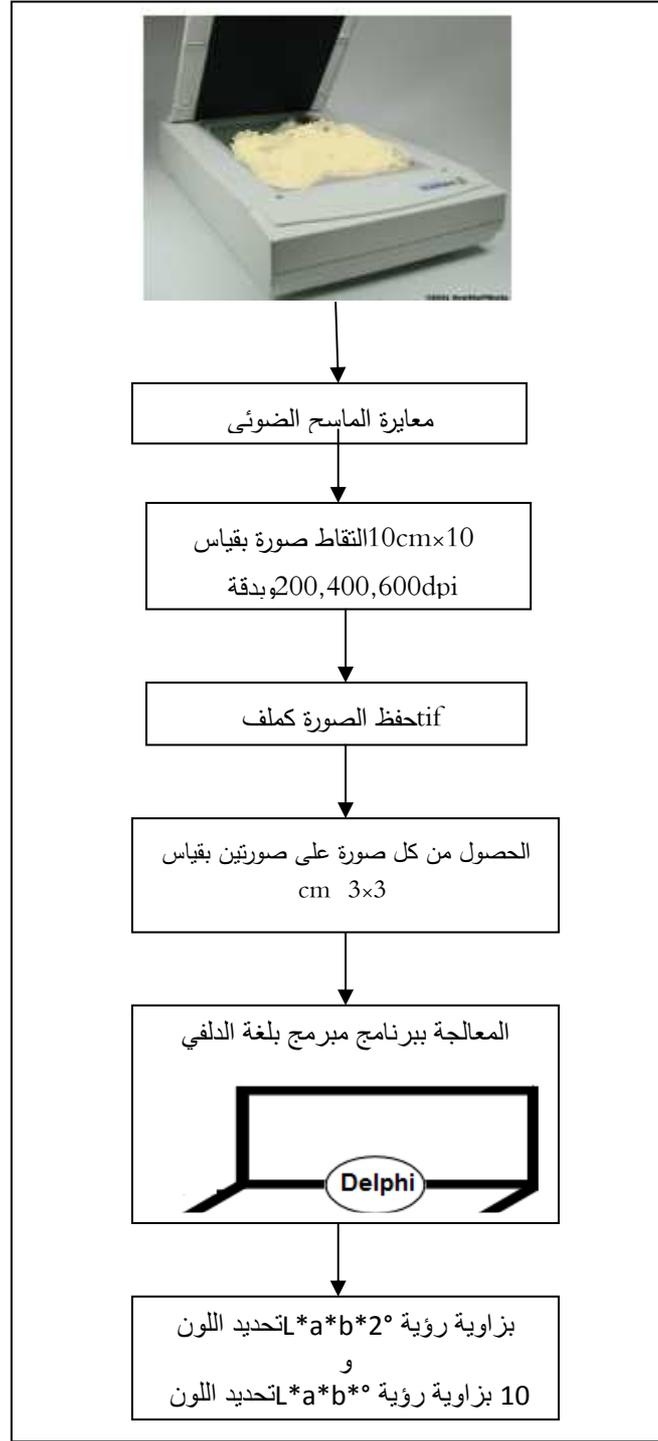
```

يلخص الشكل (3-2-3) المخطط التدفقي للمراحل المتبعة لقياس اللون بالاعتماد على تقنية تحليل الصورة.



الشكل (3-2-3) المخطط التدفقي لمراحل قياس اللون ببرنامج الدلفي

وهكذا لقد تم تحديد لون 35 عينة من السميد وفق تقنية تحليل صور العينات الملتقطة بدقة 200dpi و 400 dpi و 600 dpi و بقياس 10 × 10 cm ، ومن ثم باستخدام برنامج Photoshop CS3 تم الحصول من هذه الصور الملتقطة على صور بقياس 3 × 3 cm لدراسة تأثير أبعاد الصورة على دقة القياس، وقد تم تحديد اللون بزواوية 10° وزاوية 2° شكل (3-2-4).



الشكل (3-2-4) مراحل قياس اللون بتقنية تحليل الصورة

3-2-4 - عد البقع الملونة في السميد باستخدام تقنية تحليل الصورة :

تمت معالجة الصور الملتقطة لتحديد عد البقع باستخدام برنامج تمت برمجته باستخدام برنامج Matlab 7.10.0 (R2010a)، ويبين الشكل (3-2-5) الخطوات الأساسية لتحديد عد البقع الملونة في صور العينات باستخدام هذا البرنامج.

تم تحويل صور عينات السميد RGB إلى صور ثنائية Binary باستخدام التابع `im2bw`، ويتضمن هذا التابع تحويل الصورة من RGB إلى Gray باستخدام التابع `rgb2gray` ومن ثم تحويل الصورة الرمادية إلى ثنائية باستخدام العتبة Threshold التي تم تحديدها وفق خوارزمية `otsu` التي تتم باختصار بفرض تمثيل البكسلات في الصورة المعطاة في عد L من مستويات الرمادي $[0,1,2,-----,L-1]$ ، حيث أن عد البكسلات عند المستوى i يرمز $h_{(i)}$ والعدد الكلي للبكسلات يرمز N .

يتم تحويل المدرج التكراري لمستويات الرمادي إلى مدرج طبيعي ويعتبر توزع احتمالية، واحتمالية حدوث كل مستوى رمادي $P_{(i)}$ هو (Barron and Butler.,2005):

$$p(i) = \frac{h(i)}{N}, \quad p(i) \geq 0, \quad \sum_{i=0}^{L-1} p(i) = 1$$

$$\omega(t) = \sum_{i=0}^t p(i) \quad (6-3)$$

$$\mu(t) = \sum_{i=0}^t i \cdot p(i) \quad (7-3)$$

$$\mu_T = \sum_{i=0}^{L-1} i \cdot p(i) \quad (8-3)$$

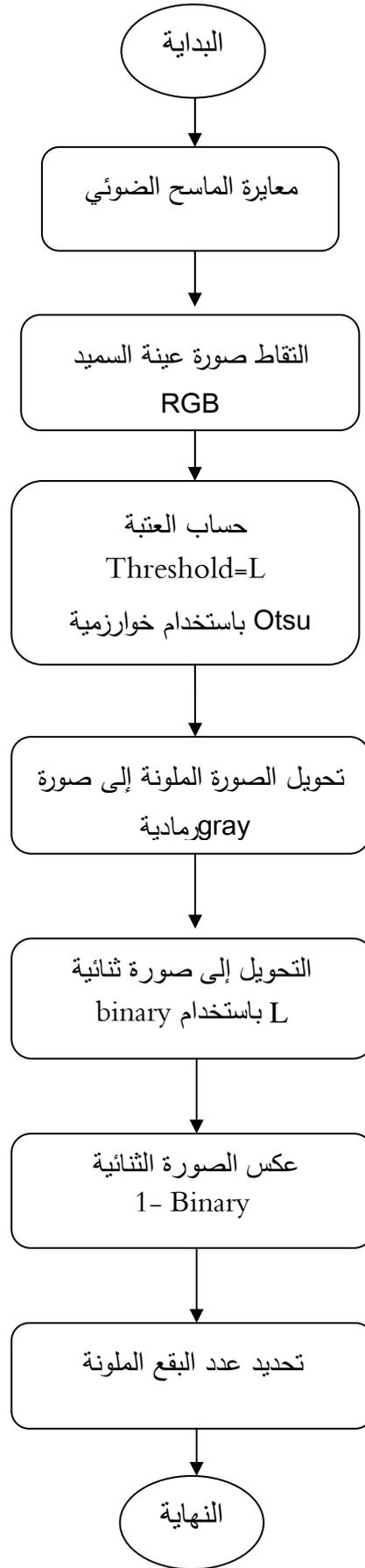
وتكون العتبة المثلى t^* :

$$\sigma_B^2(t^*) = \max_{t \in GL} \sigma_B^2(t) \quad (9-3)$$

where

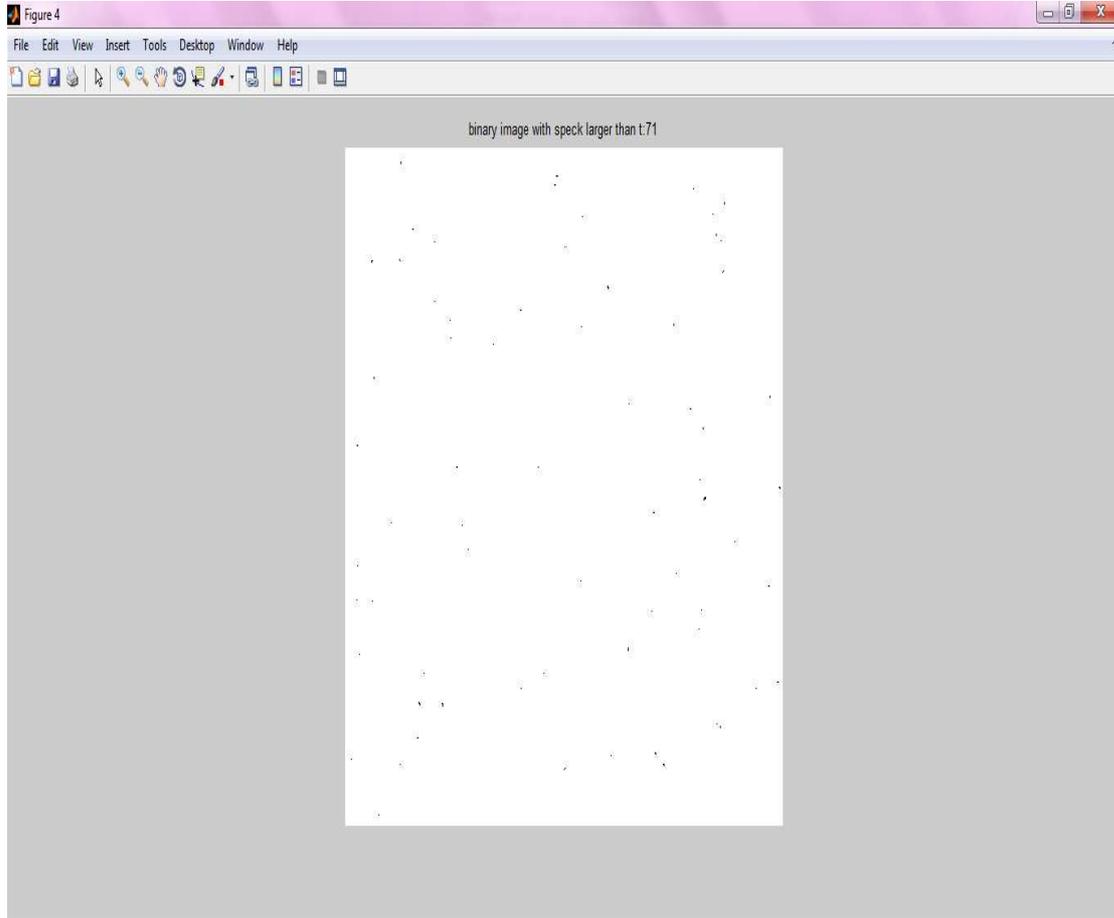
$$\sigma_B^2(t) = \frac{[\mu_T \omega(t) - \mu(t)]^2}{\omega(t)[1 - \omega(t)]}$$

يتم حساب العتبة وفق خوارزمية Otsu في برنامج الماتلاب باستخدام التابع `Graythresh` .

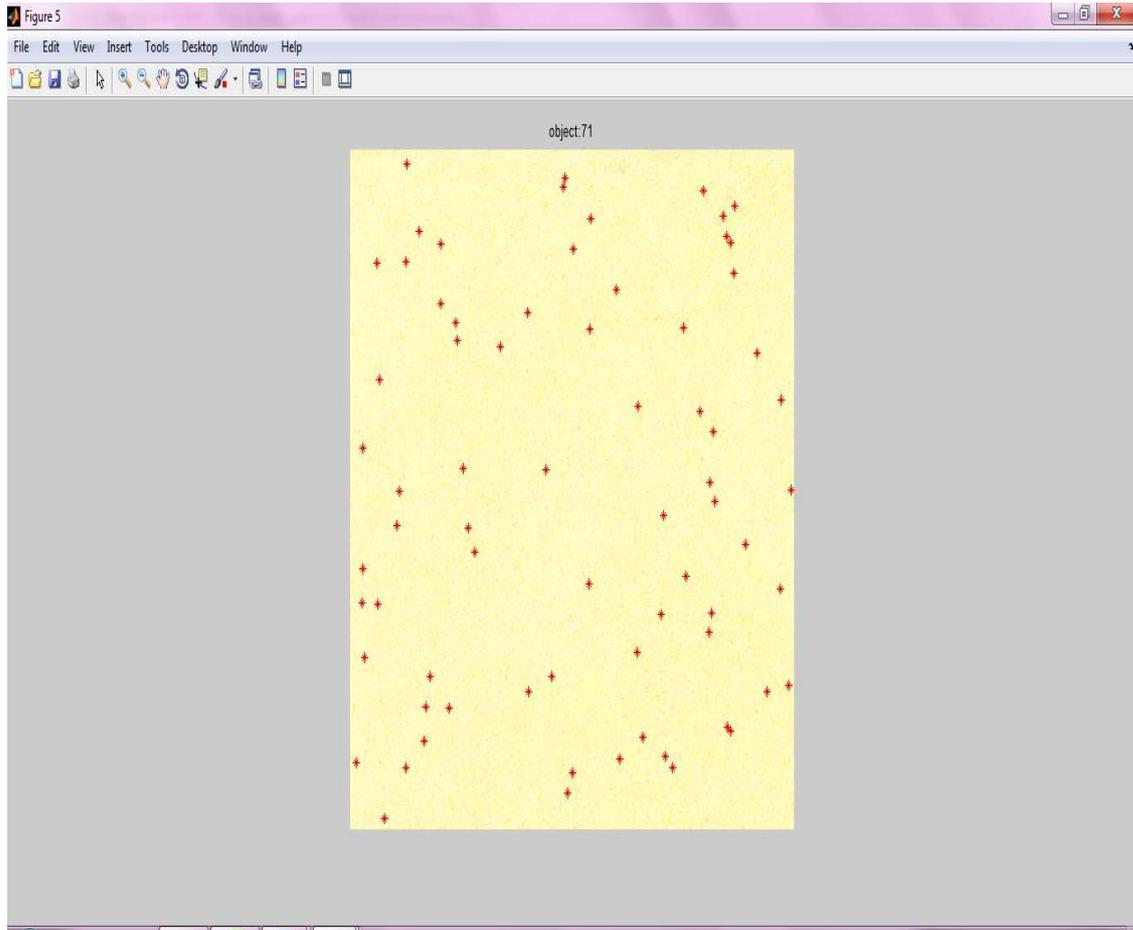


الشكل (3-2-5) المخطط التدفقي لمراحل عد البقع الملونة في عينات السميد باستخدام DIA

يبين الملحق (1) البرنامج الذي تمت برمجته لعد البقع الملونة في السميد، ويبين الشكل (3-2-6) صورة عينة السميد الثنائية Binary بعد حذف البقع الصغيرة الحجم، وأخيراً يبين الشكل (3-2-7) صورة عينة السميد الملونة مع تحديد البقع الملونة عليها.



الشكل (3-2-6) صورة عينة السميد الثنائية Binary بعد حذف البقع الصغيرة الحجم



الشكل (7-2-3) صورة عينة السميد الملونة مع تحديد البقع الملونة عليها

5-2-3 التقييم الإحصائي:

تم إجراء جميع الاختبارات بأخذ مكررين لكل اختبار، وتم التقييم الإحصائي للنتائج باستخدام برنامج Minitab (Mckenzie et al .,1995).

4: النتائج والمناقشة:

4-1- الخصائص الفيزيائية والكيميائية :

من خلال دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات السميد المدروسة والمبينة في الجدول (4-1-1) لوحظ مايلي:

يتراوح محتوى الصبغات في عينات السميد المدروسة في المجال 3.358 - 6.186 ppm وهذا متقارب مع نتائج الباحث (Feillet and Dexter.,1998) الذي وجد أن السميد الجيد النوعية يحتوي 3-5 ppm β كاروتين على أساس المادة الجافة.

متوسط قيم السطوع $L^*=84,815$ والاصفرار $b^*=25,213$ لعينات السميد المدروسة والمحددة باستخدام جهاز Konica Minolta مقارنة مع نتائج الباحث (Svec et al., 2008) الذي وجد أن السميد المنتج من قمح الديوريوم له قيمة سطوع $L^*=89,6$ وقيمة الاصفرار $b^*=22,2$.

تتراوح نسبة الرماد في عينات السميد المدروسة في المجال 0.588 - 0.946 % وهذا متقارب مع ما ذكره الباحث (Posner and Hibbas.,2005) الذي أشار إلى أن محتوى الرماد في السميد 0.92% كحد أقصى.

الجدول (4-1-1) الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات السميد المدروسة

*b	*L	الرماد	الرطوبة	الصبغات	الخاصية العينة
Minolta	Minolta	%	%	ppm	
023.11	085.16	0.714	18.9	34.73	1
024.75	84.275	0.830	112.3	25.29	2
25.425	84.285	90.79	11.56	5.452	3
024.69	084.56	0.768	12.38	65.95	4
24.665	085.21	0.657	810.0	3.667	5
025.62	84.325	30.93	912.0	15.88	6
25.365	85.265	40.72	10.69	304.4	7
025.32	0084.9	20.76	10.74	5.390	8
25.145	084.94	0.732	710.6	5.109	9
24.115	84.605	0.760	19.4	704.5	10
025.12	085.17	60.75	10.62	5.450	11
025.03	085.02	60.73	110.4	5.459	12
024.81	84.915	0.698	10.29	95.33	13
25.735	84.795	0.793	911.4	4.758	14
025.17	84.725	50.85	9.92	55.45	15
25.185	85.105	0.714	9.97	5.417	16
025.28	084.75	60.94	10.29	5.656	17
24.065	085.44	30.72	410.0	5.340	18
26.305	084.75	0.723	10.68	5.975	19
25.405	85.175	0.745	911.1	95.39	20
25.325	084.82	0.788	10.18	4.073	21
025.32	84.715	600.7	110.7	5.331	22
26.465	084.59	0.779	810.0	55.82	23
025.14	084.81	30.69	10.18	5.004	24
25.335	85.085	60.74	10.60	45.15	25
025.78	84.915	30.76	11.07	5.528	26
024.95	084.92	60.71	210.3	44.77	27
026.53	084.73	0.896	10.80	84.39	28
025.99	084.74	0.728	910.7	104.9	29
25.255	84.855	0.588	10.76	5.408	30
26.585	084.56	0.723	11.24	6.186	31
25.385	85.125	0.741	9.94	65.42	32
024.38	084.55	0.770	9.50	3.358	33
24.195	84.485	40.76	48.9	5.064	34
025.52	084.24	0.836	10.85	205.6	35
25.213±0.723	84.815±0.300	0.762± 0.0706	10.56±0.809	0.627±5.165	Mean±StDev
9026.5	085.44	60.94	12.38	6.186	Max
023.11	084.24	0.588	8.91	3.358	Min

تم إجراء مكررين لكل عينة من العينات المدروسة.

4-2- لون السميد المحدد باستخدام تقنية DIA:

يبين الجدول (1-2-4) والجدول (2-2-4) لون عينات السميد المحدد بتقنية تحليل الصورة معبراً عنه بقيمة السطوع L^* والاصفرار b^* ، وذلك لصور العينات الملتقطة بقياس $10 \times 10 \text{ cm}$ و $3 \times 3 \text{ cm}$ وبدقة 200 dpi و 400 dpi و 600 dpi، حيث يلاحظ أن قيم سطوع عينات السميد المدروسة L^* تتراوح في مجال صغير نسبياً بغض النظر عن قياس الصورة ودقتها.

أما بالنسبة إلى قيم اصفرار b^* عينات السميد فيلاحظ أنها تتراوح في مجال واسع نسبياً وذلك سواء كانت زاوية المراقب 10° أو 2° وبغض النظر عن قياس الصورة و دقتها.

يلاحظ أن متوسط قيم سطوع L^* واصفرار b^* عينات السميد المحددة بتقنية تحليل الصور الملتقطة بقياس $10 \times 10 \text{ cm}$ و $3 \times 3 \text{ cm}$ وبدقة 200 dpi , 400 , 600 وبغض النظر عن زاوية المراقب 10° أو 2° ، كانت غير متقاربة مع نتائج الباحث (Svec et al., 2008) الذي وجد أن السميد المنتج من قمح الديوريوم يتميز بقيمة سطوع $L^* = 89.6$ واصفرار $b^* = 22.2$ باستخدام جهاز كولوريمتر Minolta CM-2006d.

الجدول (4-2-1) لون السميد المحدد بتحليل صور عينات السميد الملتقطة بقياس 10×10 cm

10×10 cm									العينة الدقة
b*(2°)			L*			b*(10°)			
600dpi	400dpi	200dpi	600dpi	400dpi	200dpi	600dpi	400dpi	200dpi	
30.20	30.54	30.00	97.46	97.30	97.39	29.40	29.74	29.20	1
34.31	34.50	34.13	96.94	96.70	96.59	33.53	33.72	33.35	2
36.32	36.22	36.07	96.36	96.39	96.20	35.55	35.45	35.30	3
34.30	34.53	34.40	96.95	96.75	96.60	33.52	33.75	33.61	4
32.97	32.94	32.81	97.30	97.33	97.15	32.17	32.15	32.01	5
35.74	35.96	35.86	96.86	96.66	96.48	34.96	35.18	35.09	6
34.56	34.48	34.30	97.06	97.10	96.90	33.77	33.70	33.52	7
34.46	34.62	34.41	97.19	97.01	96.87	33.68	33.84	33.62	8
34.38	34.40	33.82	97.09	97.10	97.16	33.59	33.62	33.03	9
33.28	33.22	32.83	96.74	96.77	96.63	32.50	32.43	32.04	10
34.38	34.37	34.105	97.14	97.16	97.03	33.64	33.59	33.32	11
33.87	34.14	34.01	97.36	97.22	97.06	33.09	33.36	33.23	12
34.42	34.37	33.82	96.92	96.93	97.00	33.66	33.59	33.04	13
34.69	34.83	34.47	97.31	97.13	96.94	33.71	34.05	33.68	14
34.80	34.71	34.11	96.87	96.90	96.96	34.02	33.93	33.33	15
34.61	34.76	34.47	96.78	97.05	96.85	33.83	33.98	33.69	16
35.14	35.59	34.94	96.94	96.67	96.71	34.36	34.81	34.16	17
32.02	31.92	31.71	97.45	97.48	97.31	31.22	31.12	30.91	18
36.44	36.38	36.00	97.01	97.01	97.08	35.66	35.6	34.97	19
35.08	35.41	34.95	97.27	97.07	96.96	34.30	34.63	34.17	20
34.98	34.76	34.11	96.98	97.00	97.07	34.20	33.98	33.32	21
34.49	34.96	34.86	97.13	96.95	96.68	33.71	34.18	34.08	22
37.60	37.52	36.85	96.75	96.78	96.86	36.84	36.76	36.07	23
34.86	35.17	34.95	97.09	96.91	96.80	34.08	34.39	34.17	24
34.47	34.43	34.04	97.16	97.04	97.06	33.68	33.65	33.25	25
36.53	36.37	35.73	97.38	97.43	97.54	35.76	35.59	34.95	26
35.25	34.81	34.28	97.33	97.50	97.61	34.47	34.03	33.49	27
37.93	37.78	37.64	97.35	97.39	97.26	37.16	37.01	36.87	28
36.85	37.21	36.95	97.48	97.32	97.22	36.08	36.44	36.17	29
35.69	35.52	35.18	97.26	97.30	97.16	34.91	34.74	34.40	30
38.97	39.05	38.83	97.25	97.11	96.97	38.20	38.29	38.07	31
35.72	35.69	35.35	97.53	97.54	97.58	34.94	34.91	34.57	32
31.39	31.88	31.38	97.42	97.11	97.09	30.59	31.08	30.58	33
31.62	31.55	31.14	97.18	97.20	97.20	30.82	30.75	30.34	34
34.65	34.73	34.02	96.96	96.99	97.01	33.87	33.95	33.24	35
738.9	539.0	38.83	97.53	97.54	197.6	38.20	938.2	38.07	Max
30.20	30.54	30.00	696.3	996.3	96.20	4029.	429.7	2029.	Min
±1.788734.7	±1.747434.8	34.47± 1.774	±0.259297.1	97.06±0.267	± 0.30697.00	33.98± 1.797	34.05± 1.756	± 1.778833.6	Mean±StDev

تم تحديد لون صورتين لكل عينة وحسب المتوسط الحسابي.

الجدول (4-2-2) لون السميد المحدد بتحليل صور عينات السميد الملتقطة بقياس 3×3 cm

3× 3 cm									الدقة العينية
b*(2°)			L*			b*(10°)			
600dpi	400dpi	200dpi	600dpi	400dpi	200dpi	600dpi	400dpi	200dpi	
30.03	30.35	29.68	97.53	97.35	97.48	29.22	29.54	28.87	1
34.51	34.70	34.72	96.99	96.76	96.51	33.73	33.92	33.94	2
36.72	36.62	36.33	96.34	96.37	96.22	35.96	35.85	35.56	3
34.31	34.54	34.27	96.97	96.78	96.66	33.53	33.76	33.49	4
33.25	33.23	32.97	97.28	97.29	97.15	32.46	32.44	32.18	5
35.76	35.98	35.76	96.92	96.71	96.57	34.98	35.21	34.99	6
34.70	34.62	34.29	97.05	97.08	96.91	33.92	33.84	33.51	7
34.75	34.93	34.56	97.19	97.00	96.90	33.96	34.15	33.78	8
34.63	34.67	33.93	97.08	97.10	97.18	33.85	33.88	33.14	9
33.73	33.66	33.16	96.70	96.72	96.61	32.95	32.88	32.37	10
34.37	34.31	33.91	97.17	97.18	97.09	33.58	33.53	33.12	11
34.00	34.23	33.94	97.43	97.27	97.14	33.21	33.44	33.15	12
34.30	34.25	33.53	96.99	96.99	97.10	33.52	33.47	32.74	13
35.07	35.42	34.93	97.27	97.07	96.92	34.29	34.64	34.15	14
35.63	35.53	34.77	96.83	96.86	96.95	34.85	35.14	33.99	15
34.98	34.88	34.47	97.04	97.08	96.90	34.20	34.10	33.69	16
35.37	35.45	34.98	96.94	96.64	96.72	34.59	35.06	034.2	17
32.56	32.46	31.97	97.42	97.44	97.31	31.77	31.67	31.35	18
36.28	36.21	35.45	97.13	97.13	97.23	35.51	35.43	34.67	19
35.49	35.82	35.20	97.24	97.04	96.96	34.71	35.04	34.42	20
35.00	34.78	33.97	97.03	97.05	97.16	34.22	0034.	33.18	21
34.57	35.08	35.02	97.18	96.97	96.63	33.79	034.3	34.63	22
38.06	37.98	37.09	96.72	96.75	96.87	37.30	37.22	36.32	23
34.80	35.12	34.22	97.17	96.96	97.51	34.02	34.34	33.44	24
34.31	34.30	35.87	97.23	97.09	97.55	33.53	33.51	035.1	25
36.88	36.68	36.36	97.36	97.41	97.04	36.11	35.91	35.59	26
35.15	34.70	34.01	97.37	97.57	97.69	34.36	33.92	33.22	27
37.76	37.60	37.30	97.40	97.43	97.34	36.99	36.83	36.53	28
36.56	36.94	36.52	97.53	97.36	97.30	36.17	36.16	35.75	29
35.12	34.93	34.54	97.40	97.43	97.33	34.34	34.15	33.76	30
39.70	39.76	39.38	97.13	96.97	96.89	36.20	39.01	38.62	31
35.65	35.65	35.08	97.57	97.58	97.65	34.87	34.87	34.29	32
31.46	32.00	31.60	97.48	97.14	97.03	30.66	031.2	030.8	33
32.15	32.07	31.46	97.12	97.13	97.20	31.35	31.27	30.66	34
34.95	35.02	34.44	96.95	96.96	96.90	34.18	34.24	33.66	35
39.70	39.76	839.3	97.57	897.5	997.6	37.30	39.01	38.62	Max
30.03	30.35	29.68	96.34	96.37	96.22	29.22	29.54	28.87	Min
34.93±1.806	34.98± 1.758	34.50± 1.769	97.14±0.266	97.07± 0.280	97.03±0.328	86±1.6834.0	34.22± 1.777	33.73± 1.776	Mean±StDev

تم تحديد لون صورتين لكل عينة وحُسب المتوسط الحسابي.

يتضح من الجدول (3-2-4) عدم وجود تأثير معنوي لكل من دقة الصورة وقياسها على قيم سطوع السميد المحددة بتقنية تحليل الصورة، حيث يلاحظ عدم وجود فرق معنوي بين قيم سطوع السميد المحددة باستخدام صور قياسها $10 \times 10 \text{ cm}$ وصور قياسها $3 \times 3 \text{ cm}$ ، كما يلاحظ عدم وجود فرق معنوي بين قيم سطوع السميد المحددة باستخدام صور دقتها 200 dpi و 400 dpi و 600 dpi، وذلك باستثناء الاختلاف المعنوي الذي لوحظ بين قيم السطوع المحددة باستخدام صور السميد بقياس $10 \times 10 \text{ cm}$ وبدقة 200 dpi وصور السميد بقياس $3 \times 3 \text{ cm}$ وبدقة 600 dpi.

الجدول (3-2-4) متوسط قيم سطوع السميد* L المحددة بتحليل صور عينات السميد الملتقطة

القياس	الدقة	200dpi	400dpi	600dpi
$10 \times 10 \text{ cm}$		$0.306 \pm^a 97.00$	0.267 ± 97.06^{ab}	0.259 ± 97.12^{ab}
$3 \times 3 \text{ cm}$		0.328 ± 97.03^{ab}	0.280 ± 97.07^{ab}	0.266 ± 97.14^b

الأرقام التي تحمل الحروف نفسها في كامل الجدول لا يوجد بينها فرق إحصائي عند $(p \leq 0.05)$.

يتضح من الجدول (4-2-4) أن دقة النقاط الصورة لا تؤثر بشكل معنوي على قيمة اصفرار السميد* b، حيث يلاحظ عدم وجود اختلاف معنوي بين قيم اصفرار السميد المحددة من خلال تحليل صور بقياس معين وبزاوية مراقب ثابتة ولكن بدقة مختلفة 200-400- 600 dpi.

يلاحظ أن زاوية المراقب تؤثر بشكل معنوي على قيمة اصفرار السميد* b، حيث يلاحظ أن اصفرار السميد* b المحدد بزواوية مراقب 2° أكبر بشكل معنوي بالمقارنة مع اصفرار السميد* b المحدد بزواوية مراقب 10° لصور ذات قياس ودقة ثابتين، ويعزا ذلك إلى أن قيمة Zn في معادلة حساب الاصفرار* b بزواوية مراقب 2° أكبر بالمقارنة مع قيم Zn في معادلة حساب الاصفرار* b بزواوية مراقب 10° .

يلاحظ أن قياس الصورة لا يؤثر بشكل معنوي على قيمة اصفرار السميد* b، حيث يلاحظ عدم وجود اختلاف معنوي بين قيم اصفرار السميد المحددة من خلال تحليل الصور الملتقطة بدقة معينة وبزاوية مراقب ثابتة ولكن بقياس مختلف.

الجدول (4-2-4) متوسط قيم اصفرار السميد* b المحددة بتحليل صور عينات السميد الملتقطة

600dpi	400dpi	200dpi	الدقة	
			القياس	
1.788±34.77 ^{ac}	1.747±34.84 ^{acd}	34.47 ^a ± 1.774	2°	10× 10 cm
1.797±33.98 ^b	1.756±34.05 ^b	1.778±33.68 ^b	10°	10× 10 cm
1.806±34.93 ^c	1.758± 34.98 ^c	1.769±34.50 ^{ac}	2°	3× 3 cm
861.6±34.08 ^b	1.777±34.22 ^{bd}	1.776±33.73 ^b	10°	3× 3 cm

الأرقام التي تحمل الحروف نفسها في السطر أو العمود لا يوجد بينها فرق معنوي عند (P ≤ 0.1).

4-2-1- علاقة ارتباط لون السميد مع محتواه من الرماد:

من خلال دراسة علاقة الارتباط بين نسبة الرماد في عينات السميد مع كل من قيم اللون المحدد بجهاز Konica Minolta وقيم اللون المحددة بتقنية تحليل الصورة والمبينة في الجدول (4-2-5) لوحظ مايلي:

الجدول (4-2-5) معاملات ارتباط قيم الرماد وقيم اللون المحددة بجهاز Konica Minolta

وبتقنية تحليل الصورة

Konica Minolta	تقنية تحليل الصورة						العينة
	cm3×3			cm10×10			
	600dpi	400dpi	200dpi	600dpi	400dpi	200dpi	الخاصية
-0.509	- 0.377	- 0.484	- 0.412	- 0.326	- 0.457	- 0.377	L*
×	×	×	×	×	×	×	2°
	×	×	×	×	×	×	10°

علاقة ارتباط معنوي عند P ≤ 0.05.

×: لا يوجد علاقة ارتباط معنوي عند P ≤ 0.05.

توجد علاقة ارتباط معنوية سلبية (P ≤ 0.05) بين نسبة الرماد وسطوع السميد L* المقاس بجهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل الصورة، وهذا يتوافق مع نتائج الباحث (Oliver et al., 1992) الذي وجد علاقة ارتباط معنوية بين الرماد وقيم L* للدقيق المقاسة باستخدام جهاز Spectro photometer، ونتائج الباحث (Kim and Flores., 1999) الذي وجد علاقة ارتباط

معنوية بين نسبة الرماد بالدقيق وقيمة سطوعه L^* المقاسة بتقنية تحليل الصورة ويفسر ذلك بأن قيمة السطوع L^* تتأثر بمحتوى السميد من النخالة التي تتميز بغناها بالرماد (Oliver et al., 1992).

معامل الارتباط بين نسبة الرماد في السميد وقيمة سطوعه L^* المقاسة بجهاز Konica Minolta أكبر بالمقارنة مع معامل الارتباط بين نسبة الرماد وقيمة السطوع L^* المقاسة بتقنية تحليل الصورة بغض النظر عن قياس الصورة ودقتها، ويعزا ذلك إلى أن دقة القياس بجهاز Konica Minolta (0.001) أكبر بالمقارنة مع دقة القياس بتقنية تحليل الصورة (0.01).

لوحظ أن دقة الصورة تؤثر على معامل ارتباط سطوع السميد مع محتواه من الرماد، فعند مقارنة معامل الارتباط لصور بقياس ثابت وبدقة مختلفة تبين أن الدقة 600 dpi أعطت أقل قيمة لمعامل الارتباط يليها الدقة 200 dpi ثم الدقة 400 dpi، وبالتالي نستنتج أن النقاط صور العينات بدقة 400 dpi يعطي أكبر قيمة لمعامل ارتباط سطوع السميد مع الرماد.

كما لوحظ أن قياس الصورة يؤثر على معامل ارتباط سطوع السميد مع محتواه من الرماد، فعند مقارنة معامل الارتباط لصور التقطت بدقة ثابتة وبقياس مختلف تبين أن الصور 3×3 cm أعطت معامل ارتباط أكبر بالمقارنة مع الصور 10×10 cm.

وبالتالي نلاحظ من الجدول (4-2-5) أن صور السميد الملتقطة بقياس 3×3 cm وبدقة 400 dpi تعطي أكبر قيمة لمعامل ارتباط سطوع السميد مع محتواه من الرماد أما بالنسبة إلى قيمة اصفرار السميد b^* فلوحظ عدم ارتباطها بعلاقة معنوية ($P \leq 0.05$) مع محتوى السميد من الرماد ويعزا ذلك إلى أن قيمة اصفرار السميد b^* تتأثر بمحتواه من الصبغات الطبيعية.

4-2-2 - علاقة ارتباط لون السميد مع محتواه من الصبغات:

من خلال دراسة علاقة الارتباط بين محتوى الصبغات في عينات السميد مع كل من قيم اللون المحددة بجهاز Konica Minolta وقيم اللون المحددة بتقنية تحليل الصورة والمبينة في الجدول (4-2-6) لوحظ ما يلي:

توجد علاقة ارتباط معنوية إيجابية ($P < 0.05$) بين محتوى الصبغات وقيمة اصفرار السميد b^* المحددة بجهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل الصورة وهذا يتوافق مع نتائج الباحث (Johnston et al., 1980) الذي وجد علاقة ارتباط معنوية ($r = 0.83$, $\alpha = 0.01$) بين محتوى الصبغات واصفرار السميد b^* المحدد بنظام Hunter.

معامل الارتباط بين محتوى الصبغات في السميد واصفراره b^* المقاس بجهاز Konica Minolta أقل بالمقارنة مع معامل الارتباط بين محتوى الصبغات واصفرار السميد المحدد بتقنية تحليل الصورة

بغض النظر عن قياس الصورة ودقتها، ويفسر ذلك بأن قيم الاصفرار المحددة بجهاز Konica Minolta تراوحت في مجال صغير (جدول(4-1-1)) بالمقارنة مع قيم الاصفرار المحددة بتقنية تحليل الصورة (الجدول(4-2-1) والجدول(4-2-2)).

الجدول(4-2-6) معاملات ارتباط محتوى الصبغات وقيم اللون المحددة بجهاز Konica Minolta

وبتقنية تحليل الصورة

Konica Minolta	تقنية تحليل الصورة						العينة	
	3×3 cm			10×10 cm			الخاصية	
	600dpi	400dpi	200dpi	600dpi	400dpi	200dpi		
×	×	×	×	×	×	×	L*	
◆◆0.363	0.477	0.481	0.471	0.453	0.468	0.464	2°	b*
	0.438	0.487	0.475	0.456	0.468	0.460	10°	

◆ علاقة ارتباط معنوي عند $P \leq 0.01$.

◆◆ علاقة ارتباط معنوي عند $P \leq 0.05$.

×: لا يوجد علاقة ارتباط معنوي عند $P \leq 0.05$.

لوحظ أن كلاً من دقة الصورة وقياسها يؤثر على معامل ارتباط اصفرار السميد b^* مع محتواه من الصبغات بشكل عشوائي غير محدد، ولكن يتضح من الجدول (4-2-6) أن أقل قيمة لمعامل الارتباط كانت عند تحديد اللون لصور عينات السميد التي قياسها 3×3 cm ودقتها 600 dpi وباستخدام زاوية مراقب 10° ، بينما كان أكبر معامل ارتباط عند تحديد اللون لصور عينات السميد التي قياسها 3×3 cm ودقتها 400 dpi وباستخدام زاوية المراقب 10° .

بينما لم يلحظ وجود ارتباط معنوي ($P \leq 0.05$) بين محتوى الصبغات وكل من قيمة السطوع L^* المحددة باستخدام جهاز Konica Minolta والمحددة بتقنية تحليل الصورة، ويفسر ذلك بأن قيم السطوع تتأثر بمحتوى السميد من النخالة.

4-2-3- علاقة ارتباط لون السميد المحدد بتقنية تحليل الصورة مع لونه المحدد بجهاز Konica Minolta:

من خلال دراسة علاقة الارتباط بين قيم سطوع L^* واصفرار b^* السميد المحددة بجهاز Konica Minolta والقيم المحددة بتقنية تحليل الصورة والمبينة في الجدول (4-2-7) لوحظ ما يلي:

ترتبط قيم سطوع L^* عينات السميد المحددة بجهاز Konica Minolta بعلاقة ارتباط إيجابية معنوية ($P \leq 0.01$) مع قيم السطوع L^* المحددة بتقنية تحليل الصورة.

تؤثر دقة الصورة الملتقطة على معامل ارتباط سطوع السميد المحدد بجهاز Konica Minolta مع سطوع السميد المحدد بتقنية تحليل الصورة، فعند مقارنة معامل الارتباط لصور لها قياس ثابت وبدقة مختلفة، تبين أن الدقة 600 dpi أعطت أقل قيمة لمعامل الارتباط يليها الدقة 200 dpi ومن ثم الدقة 400 dpi، وبالتالي نستنتج أن النقاط صور العينات بدقة 400 dpi يعطي أكبر قيمة لمعامل الارتباط.

كما تبين أن قياس الصورة يؤثر بشكل عشوائي على معامل ارتباط سطوع السميد المحدد بجهاز Konica Minolta مع سطوع السميد المحدد بتقنية تحليل الصورة.

وبالتالي نستنتج من الجدول (7-2-4) أن صور السميد الملتقطة بدقة 400 dpi وبقياس 10×10 cm أو 3×3 cm تعطي أكبر قيمة لمعامل ارتباط سطوع السميد المحدد بجهاز Konica Minolta وسطوع السميد المحدد بتقنية تحليل الصورة.

الجدول (7-2-4) معاملات ارتباط قيم اللون المحددة بتقنية تحليل الصورة

والمحددة بجهاز Konica Minolta

3×3 cm			10×10 cm			الخاصية العينة
600dpi	400dpi	200dpi	600dpi	400dpi	200dpi	
0.534	0.612	0.569	0.506 ^{◆◆}	0.621	0.537	L^*
0.920	0.929	0.916	0.929	0.932	0.924	$b^*(2^\circ)$
0.918	0.924	0.913	0.926	0.932	0.921	$b^*(10^\circ)$

◆◆ علاقة ارتباط معنوي عند $P < 0.001$.

◆◆ علاقة ارتباط معنوي عند $P \leq 0.01$.

أما بالنسبة إلى اصفرار السميد b^* ، فقد لوحظ أن قيم اصفرار السميد b^* المحددة بجهاز Konica Minolta ترتبط بعلاقة إيجابية معنوية ($P \leq 0.01$) مع قيم الاصفرار b^* المحددة بتقنية تحليل الصورة.

تؤثر دقة الصورة على معامل ارتباط اصفرار السميد المحدد بجهاز Konica Minolta مع اصفرار السميد المحدد بتقنية تحليل الصورة، فعند مقارنة معامل الارتباط لصور بقياس ثابت وبدقة مختلفة تبين أن الدقة 200 dpi أعطت أقل قيمة لمعامل الارتباط يليها الدقة 600 dpi ومن ثم الدقة

400 dpi وبالتالي نستنتج أن التقاط صور العينات بدقة 400 dpi يعطي أكبر قيمة لمعامل الارتباط.

تؤثر زاوية المراقب عند تحديد اصفرار السميد على معامل ارتباط اصفرار السميد المحدد بتقنية تحليل الصورة مع الاصفرار المحدد بجهاز Konica Minolta، ومن خلال التدقيق في الجدول (4-2-7) لوحظ أن زاوية المراقب 2° أعطت معامل ارتباط أكبر بالمقارنة مع زاوية المراقب 10° .

كما تبين أن قياس الصورة يؤثر على معامل ارتباط اصفرار السميد المحدد بتقنية تحليل الصورة مع الاصفرار المحدد بجهاز Konica Minolta، حيث يلاحظ أن جميع الصور ذات القياس $10 \times 10 \text{cm}$ أعطت معامل ارتباط أكبر بالمقارنة مع الصور $3 \times 3 \text{cm}$.

وبالتالي نستنتج من الجدول (4-2-7) أن صور السميد الملتقطة بدقة 400 dpi وبقياس $10 \times 10 \text{cm}$ وباستخدام زاوية المراقب 2° تعطي أكبر قيمة لمعامل ارتباط اصفرار السميد المحدد بجهاز Konica Minolta مع اصفرار السميد المحدد بتقنية تحليل الصورة.

من خلال دراسة معامل تحديد العلاقة الخطية بين قيم اصفرار السميد b^* المحددة بجهاز Konica Minolta وقيم اصفرار السميد المحددة بتقنية تحليل الصورة والمبينة في الجدول (4-2-8) لوحظ ما يلي:

تؤثر دقة الصورة على معامل تحديد العلاقة الخطية بين قيم اصفرار السميد المحددة بجهاز Konica Minolta وقيم الاصفرار المحددة بتقنية تحليل الصورة، فقد تبين أن الدقة 200 dpi تعطي أقل قيمة لمعامل الارتباط يليها الدقة 600 dpi ويليها الدقة 400 dpi، كما لوحظ أن معامل التحديد يزداد عند تحديد اصفرار السميد b^* بزاوية مراقب 2° وبقياس صورة $10 \times 10 \text{cm}$ بالمقارنة مع زاوية المراقب 10° وقياس الصورة $3 \times 3 \text{cm}$.

لوحظ أن أكبر قيمة لمعامل تحديد العلاقة الخطية بين قيم b^* المحددة بجهاز Konica Minolta والمحددة بتقنية تحليل الصورة كانت للصور ذات القياس $10 \times 10 \text{cm}$ والدقة 400 dpi، بينما كانت أقل قيمة لمعامل التحديد للصور ذات القياس $3 \times 3 \text{cm}$ والدقة 200 dpi شكل (4-2-1).

جدول (4-2-8) معاملات تحديد العلاقة الخطية بين قيم الاصفرار b^* المحددة بجهاز Konica و Minolta والمحددة بتقنية تحليل الصورة

معادلة التحويل بين قيم الاصفرار المحددة بجهاز Konica Minolta المحددة بتحليل الصورة	R^2 %*	زاوية المراقب	دقة الصورة dpi	قياس الصورة cm
$b^*Minolta= 12.2302+0.376655b^*$	85.4	2°	200	10×10
$b^*Minolta= 12.6001+0.374516b^*$	84.8	10°		
$b^*Minolta=11.7689+0.385942b^*$	86.9	2°	400	
$b^*Minolta=12.1391+0.383923b^*$	86.9	10°		
$b^*Minolta= 12.1520+0.375670b^*$	86.3	2°	600	
$b^*Minolta= 12.5540+0.372529b^*$	85.7	10°		
$b^*Minolta= 12.3008+0.374268b^*$	83.8	2°	200	3×3
$b^*Minolta= 12.6728+0.371746b^*$	83.4	10°		
$b^*Minolta= 11.8526+0.381928b^*$	86.2	2°	400	
$b^*Minolta= 12.3531+0.375767b^*$	85.3	10°		
$b^*Minolta= 12.3398+0.368576b^*$	84.7	2°	600	
$b^*Minolta= 11.6551+0.397838b^*$	84.2	10°		

معامل تحديد العلاقة الخطية.

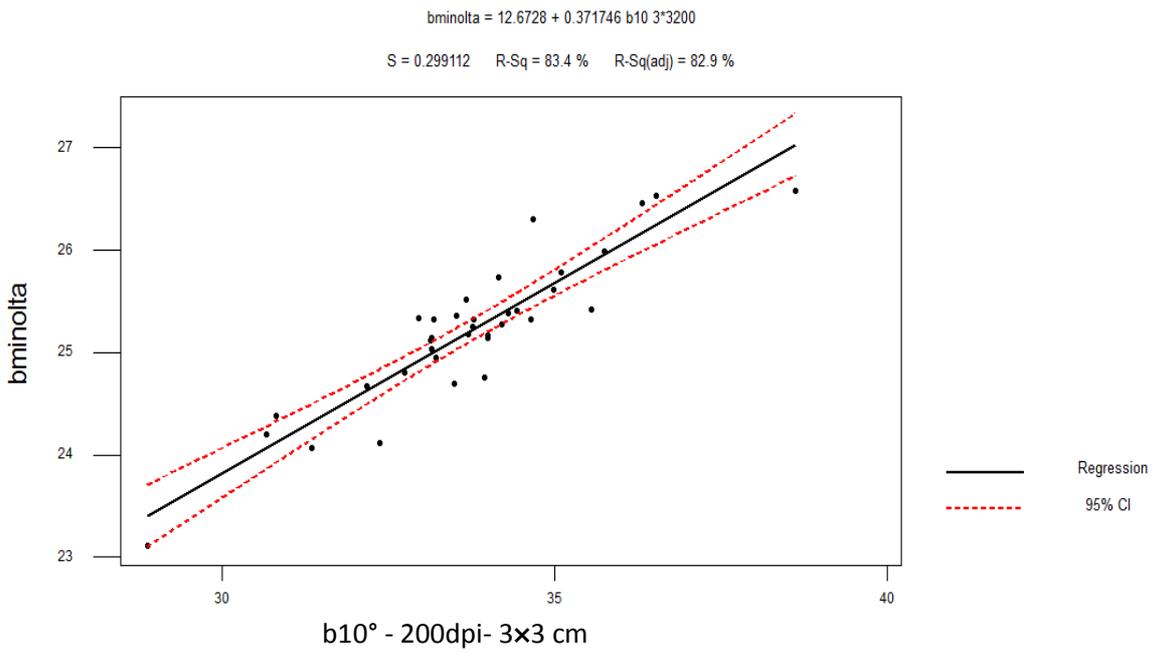
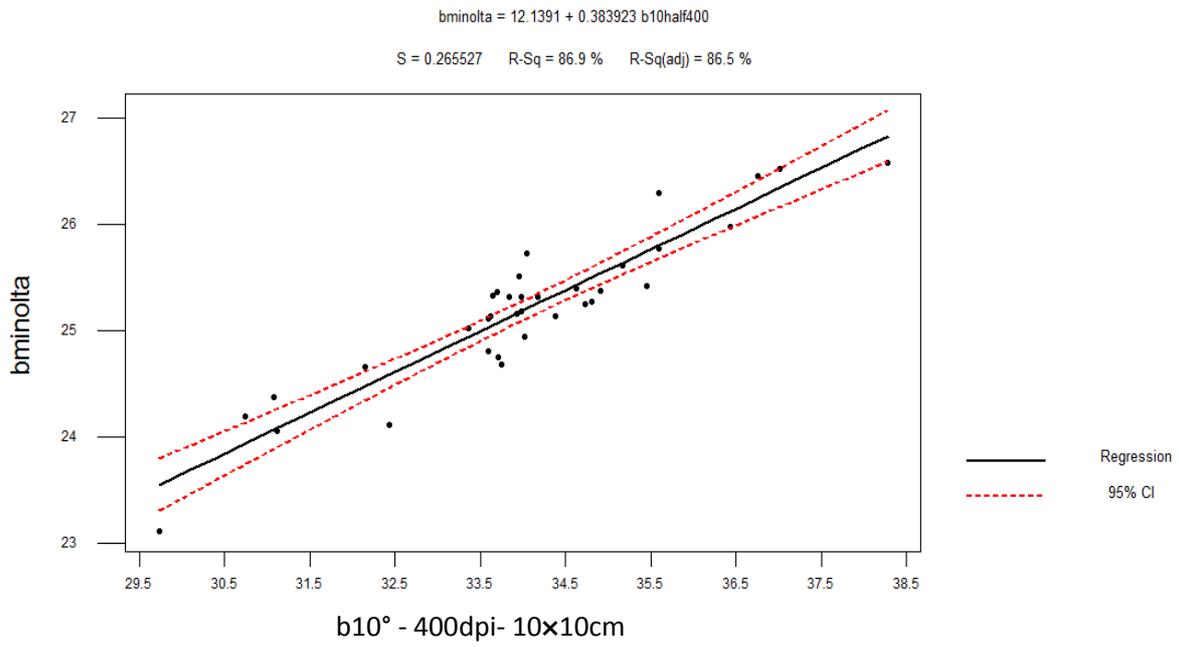
من خلال دراسة معامل تحديد العلاقة الخطية بين قيم سطوع السميد L^* المحددة بجهاز Konica و Minolta وقيم سطوع السميد بتقنية تحليل الصورة والمبينة في الجدول (4-2-9) لوحظ ما يلي:

تراوحت قيم معامل تحديد العلاقة الخطية بين قيم سطوع السميد المحددة بجهاز Konica و Minolta وقيم السطوع المحددة بتقنية تحليل الصورة في مجال واسع نسبياً بين (25.6-38.6%)، وقد تبين أن دقة الصورة تؤثر على قيمة معامل التحديد حيث أن الدقة 600 dpi أعطت أقل قيمة لمعامل التحديد ويليها الدقة 200 dpi ويليها الدقة 400 dpi، بينما يؤثر قياس الصورة على معامل التحديد بشكل عشوائي، وقد لوحظ أن أكبر قيمة لمعامل التحديد كانت للصورة ذات القياس 10×10cm والدقة 400 dpi، بينما كانت أقل قيمة لمعامل التحديد للصورة ذات القياس 10×10cm والدقة 600 dpi الشكل (4-2-2).

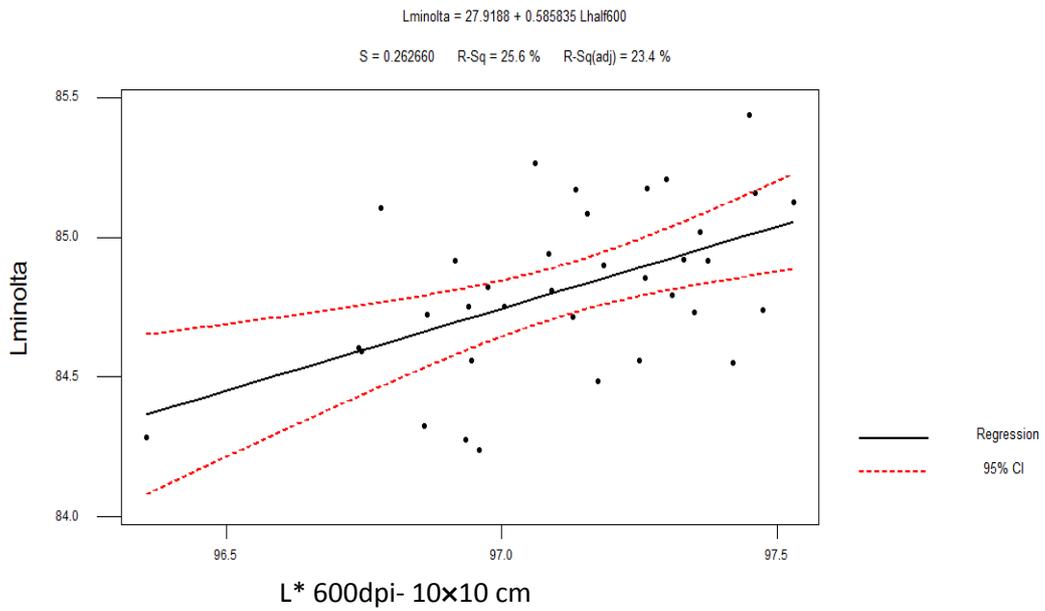
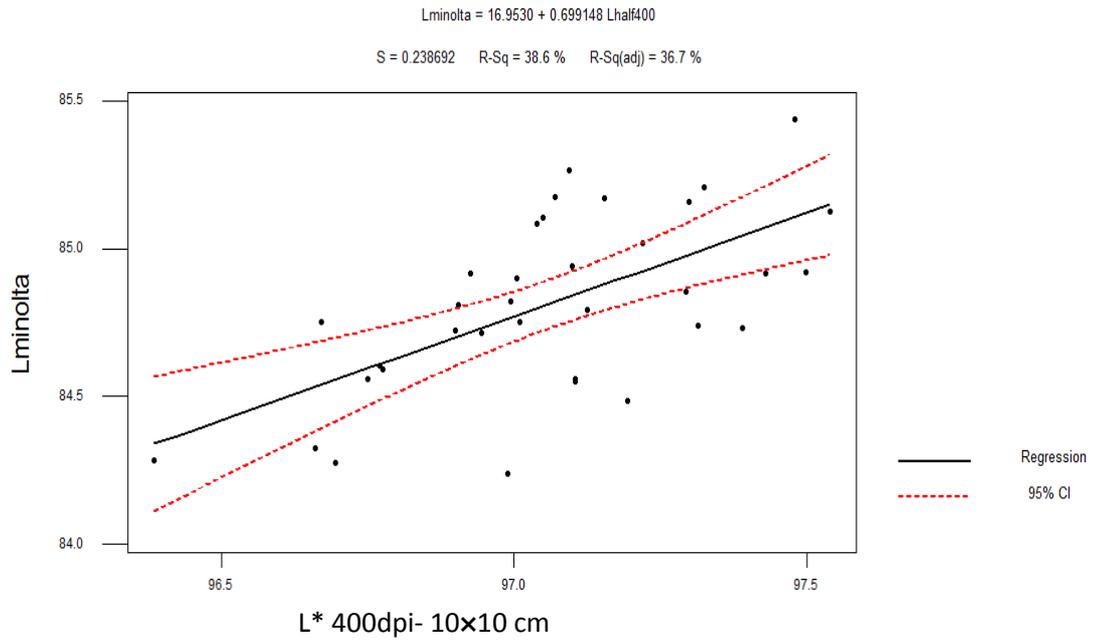
جدول (4-2-9) معاملات تحديد العلاقة الخطية بين قيم السطوع L^* المحددة بجهاز Konica Minolta والمحددة بتقنية تحليل الصورة

معادلة التحويل بين قيم السطوع المحددة بجهاز Konica Minolta المحددة بتحليل الصورة	R^2 %*	دقة الصورة dpi	قياس الصورة cm
$L^*_{Minolta} = 39.1829 + 0.46861 L^*$	28.0	200	10×10
$L^*_{Minolta} = 16.9530 + 0.699148 L^*$	38.6	400	
$L^*_{Minolta} = 27.9188 + 0.585835 L^*$	25.6	600	
$L^*_{Minolta} = 34.2136 + 0.521502 L^*$	32.4	200	3×3
$L^*_{Minolta} = 20.4055 + 0.663506 L^*$	37.4	400	
$L^*_{Minolta} = 26.2533 + 0.602827 L^*$	28.5	600	

معامل تحديد العلاقة الخطية



الشكل (1-2-4) العلاقة بين b^* و $b^*_{Minolta}$ المحددة بتقنية تحليل الصورة



الشكل (2-2-4) العلاقة بين L^* Minolta و L^* المحددة بتقنية تحليل الصورة

4-3- عدد البقع الملونة في السميد:

يبين الجدول (4-3-1) عدد البقع الملونة في عينات السميد المحددة يدوياً وبتقنية تحليل الصورة، حيث يلاحظ أن عدد البقع في العينات المدروسة يتراوح في مجال كبير بغض النظر عن طريقة العد المتبعة.

كما يلاحظ أن عدد البقع المحدد بتقنية تحليل الصورة يتراوح في مجال أكبر من عدد البقع المحدد يدوياً ويعزى ذلك إلى الحساسية المرتفعة لتقنية تحليل الصورة بالمقارنة مع العد البصري.

يلاحظ عدم وجود فرق معنوي بين عدد البقع الملونة المحدد يدوياً وعدد البقع المحدد بتقنية تحليل الصورة باستخدام البرنامج وذلك سواء كانت دقة الصور المدروسة 200dpi أو 400dpi أو 600dpi.

4-3-1- علاقة ارتباط عدد البقع المحدد يدوياً مع عدد البقع المحدد بتقنية تحليل الصورة:

من خلال دراسة علاقة الارتباط بين عدد البقع الملونة المحدد يدوياً وعدد البقع الملونة المحدد بتقنية تحليل الصورة لوحظ وجود علاقة ارتباط معنوية إيجابية ($P < 0.001$) بين عدد البقع الملونة في السميد المحدد يدوياً والمحددة بتقنية تحليل الصورة، وهذا يتوافق مع نتائج الباحث (Symons et al., 1996) الذي وجد علاقة ارتباط معنوية بين عدد البقع في السميد المحدد يدوياً والعدد المحدد بتقنية تحليل الصورة حيث تراوح معامل الارتباط بين (0.74 - 0.85).

كما لوحظ أن دقة الصورة تؤثر على معامل ارتباط عدد البقع المحدد يدوياً والمحدد بتقنية تحليل الصورة حيث لوحظ أن الدقة 600dpi أعطت أقل قيمة لمعامل الارتباط (0.869) ويليهما الدقة 200 dpi (0.883) ويليهما الدقة 400dpi (0.886).

الجدول (1-3-4) عدد البقع الملونة في عينات السميد المحدد يدوياً وتحليل الصورة

عدد البقع المحدد بتقنية تحليل الصورة Speck/100cm ²			عدد البقع المحدد يدوياً Speck/100cm ²	العينة
600dpi	400dpi	200dpi		
81	112	98	71	1
153	203	162	101	2
110	152	149	90	3
119	169	162	84	4
39	52	51	63	5
70	92	89	71	6
33	47	45	54	7
37	54	52	63	8
42	55	52	56	9
73	86	92	72	10
36	48	47	57	11
62	73	75	74	12
54	75	75	68	13
37	52	48	60	14
80	102	96	85	15
76	66	66	58	16
68	88	82	67	17
41	63	64	58	18
20	32	30	62	19
33	46	48	59	20
42	54	55	59	21
48	57	63	66	22
28	42	38	63	23
33	48	45	65	24
28	38	39	61	25
25	39	35	57	26
39	48	44	52	27
22	35	32	61	28
36	44	45	54	29
44	61	64	69	30
31	44	42	46	31
72	96	98	65	32
66	85	82	72	33
96	118	133	85	34
153	203	162	101	Max
20	32	30	46	Min
55^a± 30.46	73^a± 39.73	71^a± 36.10	^a±11.7466	Mean±StDev

تم تحديد عدد البقع في صورتين لكل عينة وحُسب المتوسط الحسابي.
الأرقام التي تحمل الحروف نفسها في السطر لا يوجد بينها فرق معنوي عند (p ≤ 0.01).

من خلال دراسة معامل تحديد العلاقة الخطية بين عدد البقع الملونة المحدد يدوياً وعدد البقع الملونة المحدد بتقنية تحليل الصورة والمبينة في الجدول (2-3-4) لوحظ ما يلي:

تراوحت قيم معامل تحديد العلاقة الخطية بين عدد البقع المحدد يدوياً وعدد البقع المحدد بتقنية تحليل الصورة بين 75.6- 78.4 %، وهذا يتقارب مع معامل تحديد العلاقة الخطية ($R^2=72\%$) بين عدد البقع المحدد يدوياً وعدد البقع المحدد بجهاز Branscan (www.Branscan.com).

جدول (2-3-4) معاملات تحديد العلاقة الخطية بين عدد البقع الملونة المحددة

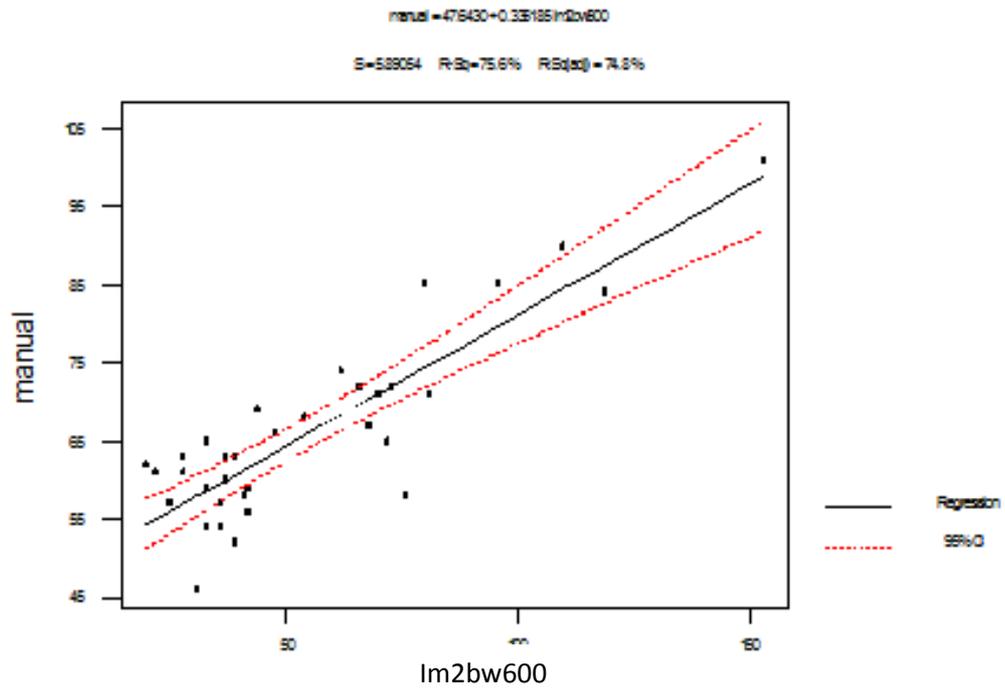
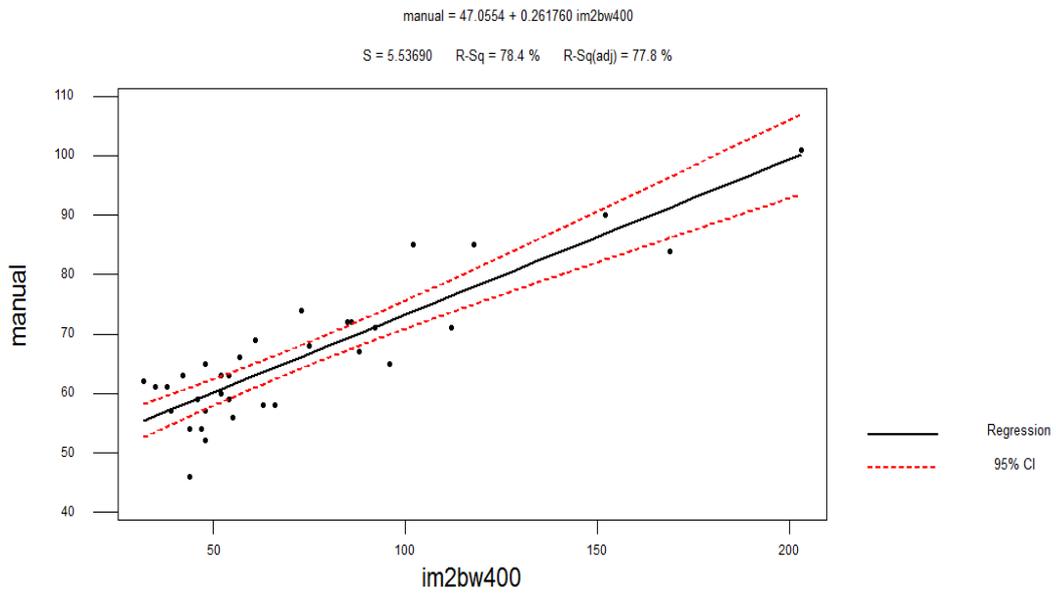
بتقنية تحليل الصورة والمحدد يدوياً

معادلة التحويل بين عدد البقع الملونة المحددة بتقنية تحليل الصورة والمحدد يدوياً	R^2 %*	دقة الصورة dpi
$M=45.8670+0.287123D$	77.9	200
$M=47.0554+0.261760D$	78.4	400
$M=47.6430+0.335185D$	75.6	600

معامل تحديد العلاقة الخطية.

M: عدد البقع بطريقة العد اليدوي، D: عدد البقع المحدد بتقنية تحليل الصورة.

تبين أن دقة الصورة تؤثر على قيمة معامل التحديد حيث أن الدقة 600dpi أعطت أقل قيمة لمعامل التحديد ويلبها الدقة 200dpi ويلبها الدقة 400dpi شكل (2-3-4).



شكل (2-3-4) العلاقة بين عدد البقع الملونة المحدد يدوياً والمحدد بتقنية تحليل الصورة

4-3-2- علاقة ارتباط عدد البقع الملونة في السميد مع لونه:

من خلال دراسة علاقة الارتباط بين عدد البقع الملونة في عينات السميد المحدد يدوياً وبتقنية تحليل الصورة مع سطوعه L^* المحدد بجهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل الصورة والمبينة في الجدول (3-3-4) لوحظ ما يلي:

الجدول (3-3-4) معاملات ارتباط عدد البقع المحدد بتقنية تحليل الصورة والمحدد يدوياً مع سطوع

السميد L^* المحدد بجهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل الصورة

عدد البقع الملونة في السميد Speck/100cm ²				عدد البقع	
تحليل الصور بالبرنامج			العدد اليدوي	السطوع	
600dpi	400dpi	200dpi			
-0.584	-0.590	-0.612	-0.680	L*Minolta	
-0.589	-0.574	-0.600	-0.636	200dpi	3×3cm
-0.550	-0.550	-0.569	-0.628	400dpi	
-0.452 ^{◆◆}	-0.438 ^{◆◆}	-0.469 ^{◆◆}	-0.545	600dpi	
-0.542	-0.532	-0.555	-0.606	200dpi	10×10cm
-0.562	-0.563	-0.576	-0.644	400dpi	
-0.467 ^{◆◆}	-0.431 ^{◆◆}	-0.460 ^{◆◆}	-0.534	600dpi	

◆ علاقة ارتباط معنوي عند $P \leq 0.001$.

◆◆ علاقة ارتباط معنوي عند $P \leq 0.01$.

توجد علاقة ارتباط معنوية سلبية ($P \leq 0.01$) بين عدد البقع الملونة في السميد (المحددة يدوياً وبتقنية تحليل الصورة) مع سطوع السميد L^* المحدد بجهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل الصورة، ويعزى ذلك إلى أن قيمة السطوع تتأثر بمحتوى السميد من النخالة (Oliver et al., 1992).

معامل الارتباط بين عدد البقع المحدد يدوياً مع سطوع السميد المحدد بجهاز Konica Minolta أكبر بالمقارنة مع معامل الارتباط بين عدد البقع المحدد يدوياً مع سطوع السميد المحدد بتقنية تحليل

الصورة، ويعزا ذلك إلى أن دقة القياس بجهاز Konica Minolta (0.001) أكبر بالمقارنة مع دقة القياس بتقنية تحليل الصورة (0.01).

معاملات الارتباط بين عدد البقع المحدد بتقنية تحليل الصورة لصور دقتها 600,400,200 dpi مع سطوع السميد المحدد بجهاز Konica Minolta أكبر بالمقارنة مع معاملات الارتباط بين عدد البقع المحدد بتقنية تحليل الصورة مع سطوع السميد المحدد بتقنية تحليل الصورة.

معاملات ارتباط عدد البقع المحددة بتقنية تحليل الصورة لصور دقتها 200 dpi مع سطوع السميد المحدد بجهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل الصورة أكبر بالمقارنة مع معاملات ارتباط عدد البقع المحدد بتقنية تحليل الصورة لصور دقتها 600,400 dpi مع سطوع السميد المحدد بجهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل الصورة.

معاملات ارتباط عدد البقع المحدد يدوياً مع سطوع السميد المحدد بجهاز Minolta وبتقنية تحليل الصورة أكبر بالمقارنة مع معاملات ارتباط عدد البقع الملونة المحددة بتقنية تحليل الصورة مع سطوع السميد المحدد بجهاز Minolta وبتقنية تحليل الصورة.

من خلال دراسة علاقة الارتباط بين عدد البقع الملونة في السميد المحددة يدوياً وبتقنية تحليل الصورة مع اصفرار السميد المحدد بجهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل الصورة، لوحظ عدم وجود علاقة ارتباط معنوية ($P \leq 0.01$) بين اصفرار السميد (المحدد بجهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل الصورة) مع عدد البقع المحدد يدوياً وبتقنية تحليل الصورة ويعزا ذلك إلى أن البقع الملونة تشكل نسبة صغيرة جداً من حبات السميد وبالتالي لا تؤثر هذه البقع بشكل مهم على اصفرار السميد.

يبين الجدول (4-3-4) لون السميد a^* المحدد بجهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل الصورة، وقد تم تحديد قيمة a^* لتدرس علاقة ارتباطها مع عدد البقع وذلك لأن البقع الملونة في السميد تتميز بلون مغاير للون السميد الأصفر b^* .

الجدول (4-3-4) قيم a^* المحددة بتحليل صور عينات السميد الملتقطة بقياس $10 \times 10 \text{ cm}$

Konica Minolta	$a^*(2^\circ)$			$a^*(10^\circ)$			الدقة العينة
	600dpi	400dpi	200dpi	600dpi	400dpi	200dpi	
1.600	-7.65	-7.58	-7.71	-7.25	-7.18	-7.17	1
1.970	-8.14	-7.90	-7.73	-7.61	-7.50	-7.26	2
2.030	-7.86	-7.93	-7.76	-7.47	-7.53	-7.21	3
1.955	-8.17	-7.98	-7.89	-7.77	-7.59	-7.34	4
1.680	-8.33	-8.40	-8.24	-7.94	-8.00	-7.71	5
2.050	-8.49	-8.28	-8.21	-8.09	-7.89	-7.59	6
1.755	-8.45	-8.52	-8.29	-8.05	-8.12	-7.77	7
1.735	-8.61	-8.42	-8.32	-8.21	-8.02	-7.76	8
1.830	-8.44	-8.51	-8.59	-8.04	-8.11	-8.03	9
1.700	-7.55	-7.61	-7.42	-7.15	-7.22	-6.89	10
1.780	-8.52	-8.58	-8.45	-8.13	-8.18	-7.92	11
1.760	-8.55	-8.60	-8.47	-8.28	-8.20	-7.93	12
1.785	-8.17	-8.21	-8.35	-7.77	-7.82	-7.77	13
1.980	-8.82	-8.68	-8.44	-8.42	-8.28	-7.90	14
1.835	-8.21	-8.28	-8.41	-7.82	-7.88	-7.81	15
1.770	-8.32	-8.54	-8.32	-7.92	-8.14	-7.75	16
1.850	-8.43	-8.18	-8.19	-8.03	-7.79	-7.67	17
1.575	-8.28	-8.33	-8.21	-7.88	-7.93	-7.63	18
2.030	-8.91	-8.96	-9.05	-8.51	-8.56	-8.50	19
1.875	-8.90	-8.75	-8.58	-8.51	-8.35	-8.05	20
1.850	-8.44	-8.46	-8.54	-8.05	-8.07	-7.98	21
1.880	-8.53	-8.42	-8.01	-8.13	-8.03	-7.61	22
2.065	-8.86	-8.92	-9.04	-8.46	-8.53	-8.47	23
1.825	-8.58	-8.42	-8.34	-8.18	-8.03	-7.82	24
1.800	-8.57	-8.43	-8.42	-8.17	-8.03	-7.94	25
1.87	-9.53	-9.62	-9.75	-9.14	-9.22	-9.21	26
1.87	-9.06	-9.24	-9.35	-8.66	-8.85	-8.86	27
2.09	-9.90	-9.96	-9.84	-9.50	-9.56	-9.34	28
1.93	-9.79	-9.69	-9.59	-9.385	-9.29	-9.07	29
1.85	-9.10	-9.14	-8.93	-8.70	-8.74	-8.45	30
1.78	-9.53	-9.59	-9.65	-9.13	-9.19	-9.15	31
1.79	-7.99	-7.71	-7.44	-7.595	-7.32	-7.14	32
1.79	-7.72	-7.77	-7.86	-7.32	-7.37	-7.25	33
2.06	-8.31	-8.42	-8.17	-7.91	-8.02	-7.84	34

*تم تحديد لون صورتين لكل عينة وحسب المتوسط الحسابي.

من خلال دراسة علاقة الارتباط بين عدد البقع الملونة في السميد المحدد يدوياً وبتقنية تحليل الصورة مع لون السميد a^* المحدد بجهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل الصورة المبينة في الجدول (4-3-5) لوحظ ما يلي:

الجدول (4-3-5) معاملات ارتباط عدد البقع المحدد بتقنية تحليل الصورة والمحدد يدوياً مع لون السميد a^* المحدد بجهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل الصورة

عدد البقع الملونة في السميد Speck/100cm ²				عدد البقع		
تحليل الصور			العد اليدوي	a^*		
600dpi	400dpi	200dpi		زاوية المراقب	دقة الصورة	قياس الصورة
0.641	0.623	0.656	0.562	2°	200dpi	3×3cm
0.647	0.631	0.662	0.565	10°		
0.622	0.615	0.639	0.548	2°	400dpi	
0.616	0.610	0.635	0.536	10°		
0.597	0.580	0.615	0.524	2°	600dpi	
0.587	0.572	0.606	0.522 ^{◆◆}	10°		
0.644	0.626	0.661	0.576	2°	200dpi	10×10cm
0.635	0.618	0.648	0.572	10°		
0.635	0.628	0.649	0.573	2°	400dpi	
0.635	0.628	0.649	0.574	10°		
0.612	0.588	0.621	0.547	2°	600dpi	
0.629	0.606	0.633	0.558	10°		
-	-	-	-	a*Minolta		

◆◆ علاقة ارتباط معنوي عند $P \leq 0.001$.

◆◆◆ علاقة ارتباط معنوي عند $P \leq 0.01$.

لا توجد علاقة ارتباط معنوية ($P \leq 0.01$) بين لون السميد a^* المحدد بجهاز Konica Minolta مع عدد البقع الملونة في السميد المحدد يدوياً وبتقنية تحليل الصورة.

توجد علاقة ارتباط إيجابية معنوية ($P \leq 0.01$) بين لون السميد a^* المحدد بتقنية تحليل الصورة مع عدد البقع الملونة في السميد المحدد يدوياً وبتقنية تحليل الصورة.

معاملات ارتباط a^* المحددة بتقنية تحليل الصورة مع عدد البقع المحدد يدوياً أقل بالمقارنة مع معاملات ارتباط a^* المحددة بتقنية تحليل الصورة مع عدد البقع المحدد بتقنية تحليل الصورة.

تؤثر دقة صورة عينة السميد المحللة لتحديد عدد البقع الملونة على معامل ارتباط a^* المحددة بتقنية تحليل الصورة مع عدد البقع المحدد بتقنية تحليل الصور حيث لوحظ أن الدقة 400 dpi أعطت أقل قيمة لمعامل الارتباط يليها الدقة 600 dpi و يليها الدقة 200 dpi.

4-3-3- علاقة ارتباط عدد البقع الملونة في السميد مع محتواه من الرماد والصبغات:

من خلال دراسة علاقة الارتباط بين عدد البقع الملونة في السميد المحدد يدوياً وبتقنية تحليل الصورة مع محتوى السميد من الرماد والصبغات والمبينة في الجدول (4-3-6) لوحظ ما يلي:

توجد علاقة ارتباط معنوية إيجابية ($P < 0.1$) بين عدد البقع الملونة في السميد ومحتواه من الرماد ولكن لوحظ انخفاض قيم معاملات الارتباط ويعزى ذلك إلى أن البقع الملونة المحددة لا تتضمن البقع الناتجة عن النخالة فقط وإنما تتضمن أيضاً البقع الناتجة عن الشوائب والأجرام المطحونة مع القمح، وقد بينت الأبحاث وجود علاقة ارتباط معنوية إيجابية ($P < 0.05$) بين عدد البقع في الطحين المحدد بجهاز Branscan ومحتواه من الرماد وكان معامل الارتباط $r = 0.7334$ (www.Branscan.com).

لا توجد علاقة ارتباط معنوية مهمة ($P < 0.1$) بين عدد البقع الملونة في السميد ومحتواه من الصبغات ويعزى ذلك أيضاً إلى أن البقع الملونة المحددة لا تتضمن البقع الناتجة عن النخالة فقط وإنما تتضمن أيضاً البقع الناتجة عن الشوائب والأجرام المطحونة مع القمح.

الجدول (4-3-6) معاملات ارتباط قيم الرماد والصبغات مع عدد البقع المحدد يدوياً وبتقنية تحليل

الصورة

عدد البقع الملونة في السميد Speck/100cm ²				البقع الخاصية
تحليل الصور			العد اليدوي	
600dpi	400dpi	200dpi		
0.312	0.316	0.304	0.329	رماد %
-	-	-	-	صبغات ppm

علاقة ارتباط معنوي عند $P \leq 0.01$.

علاقة ارتباط معنوي عند $P \leq 0.1$.

5: الاستنتاجات:

تبين نتيجة الدراسة عدم وجود تأثير معنوي لكل من دقة الصورة وقياسها على قيم سطوع L^* واصفرار b^* السميد المحددة بتقنية تحليل الصورة، بينما تبين أن زاوية المراقب تؤثر بشكل معنوي مهم على قيمة اصفرار السميد b^* ، حيث لوحظ أن اصفرار السميد b^* المحدد بزاوية مراقب 2° أكبر بشكل معنوي بالمقارنة مع اصفرار السميد b^* المحدد بزاوية مراقب 10° .

كما تبين أن معامل الارتباط بين نسبة الرماد في السميد وقيمة سطوعه L^* المقاسة بجهاز Konica Minolta أكبر بالمقارنة مع معامل الارتباط بين نسبة الرماد وقيمة السطوع L^* المقاسة بتقنية تحليل الصورة، وقد لوحظ أن دقة الصورة وقياسها تؤثر على معامل ارتباط سطوع السميد مع محتواه من الرماد وقد أعطت الدقة 400 dpi والقياس $3 \times 3 \text{cm}$ أكبر معامل ارتباط.

تبين أن معامل الارتباط بين محتوى الصبغات في السميد واصفراره b^* المقاس بجهاز Konica Minolta أقل بالمقارنة مع معامل الارتباط بين محتوى الصبغات واصفرار السميد المحدد بتقنية تحليل الصورة وقد كان أكبر معامل ارتباط عند تحديد اللون لصور قياسها $3 \times 3 \text{cm}$ ودقتها 400 dpi وبزاوية مراقب 10° .

لوحظ أن قيم سطوع السميد المحددة بجهاز Konica Minolta ترتبط بعلاقة ارتباط إيجابية مع قيم السطوع المحددة بتقنية تحليل الصورة، وتؤثر دقة الصورة وقياسها على قيمة معامل الارتباط حيث أعطت الصور بقياس $3 \times 3 \text{cm}$ وبدقة 400 dpi أكبر معامل ارتباط.

كما لوحظ أن قيم اصفرار السميد المحددة بجهاز Konica Minolta ترتبط بعلاقة إيجابية مع قيم الاصفرار المحددة بتقنية تحليل الصورة، وتؤثر دقة الصورة وقياسها وزاوية المراقب على معامل الارتباط، حيث أعطت الصور بقياس $10 \times 10 \text{cm}$ وبدقة 400 dpi وبزاوية مراقب 2° أكبر قيمة لمعامل الارتباط.

تبين وجود علاقة ارتباط معنوية إيجابية بين عدد البقع المحدد يدوياً وبتقنية تحليل الصورة، وأن دقة الصورة تؤثر على معامل الارتباط حيث أن الدقة 400 dpi أعطت أكبر قيمة لمعامل الارتباط.

كما تبين وجود علاقة ارتباط معنوية سلبية بين عدد البقع الملونة في السميد مع سطوع السميد المحدد بجهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل الصورة، وقد كان معامل ارتباط عدد البقع المحدد يدوياً مع السطوع المحدد بجهاز Konica Minolta أكبر بالمقارنة مع السطوع المحدد بتقنية تحليل الصورة، بينما لوحظ أن معاملات ارتباط عدد البقع المحددة بتقنية تحليل الصورة لصور دقتها 200 dpi مع سطوع السميد المحدد بجهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل الصورة أكبر بالمقارنة مع معاملات ارتباط عدد البقع المحدد بتقنية تحليل الصورة لصور دقتها 400، 600 dpi مع سطوع السميد المحدد بجهاز Konica Minolta وبتقنية تحليل الصورة.

كما تبين عدم وجود علاقة ارتباط معنوية مهمة بين اصفرار السميد b^* مع عدد البقع المحدد يدوياً وبتقنية تحليل الصورة، بينما لوحظ وجود علاقة ارتباط معنوية مهمة بين لون السميد a^* المحدد بتقنية تحليل الصورة مع عدد البقع المحدد يدوياً وبتقنية تحليل الصورة، لكن معاملات ارتباط a^* مع عدد البقع المحدد يدوياً أقل بالمقارنة مع معاملات ارتباط a^* مع عدد البقع المحدد بتقنية تحليل الصورة، ولوحظ أن دقة الصورة تؤثر على معامل الارتباط حيث أعطت الدقة 200 dpi أكبر معامل.

6: المقترحات:

1. استخدام تقنية تحليل الصورة لعدّ البقع الملونة في السميد في مصانع المعكرونة المحلية والاستغناء عن الطريقة البصرية.
2. الاستفادة من النتيجة التي تم التوصل إليها (تحويل صورة السميد الملونة RGB إلى صورة ثنائية باستخدام التابع Im2Bw وتحديد العتبة باستخدام التابع Graythresh يعطي فعالية جيدة في تمييز البقع الملونة في السميد) كنقطة انطلاق لأبحاث أخرى حول دراسة طرائق تحسين هذه الطريقة.
3. إجراء دراسة حول مقارنة الخوارزميات المستخدمة لتحديد العتبة Threshold بهدف التوصل إلى الخوارزمية الأكثر فعالية بالنسبة لصور السميد.
4. دراسة تأثير نوع الماسح الضوئي المستخدم على نتائج هذا البحث.

الملحق (1) البرنامج المستخدم لعد البقع الملونة في السميد

```
function [n] =binaryfindddismemberheremay(im,t)
% تحويل من rgb إلى bw %
rgbim=imread('600-1-L.tif');
minsizespeck=17;
[thresh eff]=graythresh(rgbim);
eff
bwrrgbim=im2bw(rgbim,thresh);
figure;imshow(bwrrgbim),title('binary image')
% عكس الصورة الثنائية %
invbwrrgbim=1-bwrrgbim;
% تحديد البقع الأكبر من minsizespeck
[labelinvbwrrgbim,allnumber]=bwlabel(invbwrrgbim,8);
figure;imshow(invbwrrgbim),title(['invert image with all speck count:',
int2str(allnumber)]);
regionproperty=regionprops(labelinvbwrrgbim,'Area');
arearegionproperty=[regionproperty.Area];
acceptarearegionproperty=find(arearegionproperty>minsizespeck)
ismemberim=ismember(labelinvbwrrgbim,acceptarearegionproperty);
figure;imshow(ismemberim),title(['invert image with speck larger than t:',
int2str(size(acceptarearegionproperty,2))]);
inverismemberim=1-ismemberim;
figure;imshow(inverismemberim),title(['binary image with speck larger t:',
int2str(size(acceptarearegionproperty,2))]);
acceptnumspecks=size(acceptarearegionproperty,2)
% % تلوين البقع على الصورة الأصلية %
s=regionprops(ismemberim,'Centroid');
p=[s.Centroid];
centroids=cat(1,s.Centroid);
figure;
imshow(rgbim),title('original image');
hold on
plot(centroids(:,1),centroids(:,2),'r*')
title(['object:',int2str(acceptnumspecks)])
hold off
end
```

المراجع : References

المراجع العربية

- الحسن، عصمت، محمد،.2007. معالجة الصور الرقمية في الاستشعار عن بعد. مركز الأبحاث، كلية الهندسة، جامعة الملك سعود 1-141.
- الجندي، محمد،.1982. الصناعات الغذائية، تكنولوجيا الحبوب الجزء الأول. دار المعارف، مصر.
- السعيد، محمد، عبد،.1983. تكنولوجيا الحبوب. كلية الزراعة، جامعة بغداد، الجمهورية العراقية 1-693.
- شعبان، هند، رستم،.2008. أساسيات معالجة الصور الرقمية. دار الكتب والوثائق الوطنية، الجمهورية العراقية.
- قاضي، ناظم ، نجيب.2004. الفيزيولوجيا الجزء الثاني. منشورات كلية الطب، جامعة حلب.

المراجع الأجنبية

- Abdullah, M.Z.,Guan,L.C.,Lim, K.C.,and Karim, A.A. 2004. The Applications of Computer Vision System and Tomographic Radar Imaging for Assessing Physical Properties of Food. *Journal of Food Engineering* 61:125-135.
- Anderson, C.2003. Definition of Bran. Campden & chorleywood Food Research Association, Chipping Campden.
- Anon. 1982. ICC – Standard International Association for Cereal Chemistry.
- Anon. 1991. Manual of Minolta Chromameters, Minolta Camera co., Ltd, Osaka 541, Japan.
- Anon.1996.On-Line Bran Monitor Technology Report.Cereal International.
- Anon. 1999. AACC Standard, American Association of Cereal Chemists. AACC Approved Method. St. Paul. MN: AACC.
- Anon. 2005. Image Processing Using Matlab.Tech Soure System Sdn.Bhd.
- Barron, U.G.,and Butler, F.2005. A Comparison of Seven Thresholding Techniques with The k-means Clustering Algorithm for Measurement of Bread – Crumb Features by Digital Image Analysis. *Journal of Food Engineering*.
- Borrelli, G.M.,DeLeonardis, A.M.,Platani, C.,and Troccoli, A. 2008. Distribution Along Durum Wheat Kernel of The Components Involved in Semolina Colour. *Journal of Cereal Science*.48:494-502.
- Brescia, M.A.,Sacco, D.,Sgaramella, A.,Pasqualone, A.,Siomeone,R.,Peri, G.,Sacco,A. 2007. Characterisation of Different Typical Italian Breads by Means of Traditional, Spectroscopic and Image Analysis *Food Chemistry*. 104:429-438.
- Busin, L.,Vandenbroucke, N.,and Macaire, L.2007. Color Spaces and Image Segmentation. Lille University of Sciences and Technologies.
- Campbell, G. M.,Webb, C., and Mckee, S. L. 1997. Cereals Novel Uses and Processes. Plenum PRESS,Ny.
- Dalen, G. V. 2004. Determination of The Size Distribution and Percentage of Broken Kernels of Rice Using Flatbed Scanning and Image Analysis. *Food Research International*. 37: 51-58.

- Darrigues, A., Hall, J., Knaap, E.V.D., Francis, D.M., Dujmovic, N., and Gray, S. 2008. Tomato Analyzer- Color Test: A New Tool for Efficient Digital Phenotyping. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 133(4): 579-586.
- Dick, J. W., and Matsuo, R.R. 1971. Durum Wheat and Pasta Products. In Y. Pomeranz. *Wheat Chemistry and Technology. Volume II:* 507-543. AACC, St. Paul, Minnesota, U.S.A.
- Du, C, J., and Sun, D.W. 2006. Learning Techniques Used in Computer Vision for Food Quality Evaluation :a review. *Journal of Food Engineering* 72:39-55.
- Fabriani, G., and Lintas. 1988. Durum wheat chemistry and technology. AACC, Inc. St. Paul, Minnesota, USA. 1-331.
- Faridi, H., and Faubion. J. M. 1998. Wheat End Uses Around the World. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minnesota, USA. 1-291.
- Fiellet, P., and Dexter, J. E. 1998. Quality Requirements of Durum Wheat for Semolina Milling and Pasta Production. In J. E. Kruger., R. B. Matsuo., and J.W.Dick. *Pasta and Noodle Technology.* 95- 156. AACC , Inc. St. Paul , Minnesota, U. S. A.
- Fратиanni, A., Irano. M., Panfilu, G., and Acquistucci, R., 2005. Estimation of Color of Durum Wheat: Comparison of WSB, HPLC, and Reflectance Colorimeter Measurements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 2373-2378.
- Glasbey, C.A., Berman, M., and Hudson, H.M. 1998. *Encyclopaedia of Biostatistics: Image Analysis and Tomography.*
- Gokmen, V., Senyuva, H.Z., Dulek, B., Cetin, E. 2006. Computer Vision Based Analysis of Potato Chips- A Tool for Rapid Detection of Acrylamide Level. *Mol. Nutr. Food Res.* 50, 805-810.
- Gokmen, v., Sugut, I. 2007. A Non-Contact Computer Vision Based Analysis of Color in Foods. *International Journal of Food Engineering.* Volume 3, Issue 5.
- Harrigan, K., 1997. What's new? Count on The Maztech Spx- The Speck Expert for Rapid, Objective Semolina Speck Counts. Association of Operative Millers. Technical Conference- Tennessee.

- Hendry, G.A.F.1996. Natural Pigments in Biology, in Natural Food Colorants. G.A.F. Hendry and J.D. Houghton, Eds. Chapman & Hall , New York.1- 39.
- Hoseney, R, C. 1986. Principles of Cereal Science and Technology. AACC, Inc. St. Paul. 277-291.
- Igathinathane. C.,Pordesimo, L.O.,Batchelor, W.D.2009. Major Orthogonal Dimensions Measurement of Food Grains by Machine Vision Using Image. J. Food Research International.42: 76-84.
- Johnston, R. A., Quick, J. S., and Donnelly, B. J. 1980. Note on Comparison of Pigment Extraction and Reflectance Colorimeter Methods for Evaluating Semolina Color. Cereal Chemistry, 57: 447- 447.
- Kalloniatis, M.,Luu,C.2007. The Perception of Color. Webvision,NCBI Bookshelf.
- Kastenmuller, A., Erdentug, A. Branscan / flavoroscan Presentation. German Milling Conference.
- Kim, Y. S.,and Flores, R.A.1999. Determination of Bran Contamination in Wheat Flours Using Ash Content, Color, and Speck Counts, Cereal Chemistry, 76: 957- 961.
- Kruger, J,E.,Matsuo, R,B.,and Dick,J,W.1998. Pasta and Noodle Technology. AACC, Inc. St. Paul, Minnesota, USA.
- Kumar, V.,nada, M.2008. Image Processing in Frequency Domain Using Matlab, A Study for Beginners. Jaypee University of Information Technology, India.
- Larrain, R. E.,Schaefer, D, M.,and Reed, J, D. 2008. Use o f Digital Images to Estimate CIE Color Coordinates of Beef. Food Research International 41: 380-385.
- Leon, K.,Mery, D.,Pedreschi, F.,and Leon, J.2006. Color Measurement in L*a*b* Units from RGB Digital Images. Food Research International 39:1084-1091.

MacDougall, D.B.2002. Colour in Food:Improving Quality. CRC PRESS.

Manthey, F.A., and Twombly, W. 2006. Extruding and Drying of Pasta. In Y. H. Hui. Hand Book of Food Science, Technology and Engineering Volume4. 214-228. CRC. PRESS.

- McAndrew, A. An Introduction to Digital Image Processing with Matlab, Notes for SCM2511 Image Processing1. School of Computer Science and Mathematics Victoria University of Technology.1-264.
- McCiag, T.N., Gan, Y.T., Clanke, J.M., and DePauw, R.M. 2006. Kernel Colour Changes Associated with Field Weathering of Spring Wheat. Canadian Journal of Plant Science, 86:371-377.
- Mckenzie, J., Schaefer, R.L., and Farber, E. 1995. The Student Edition of Minitab for Windows, Addition Wasley Publishing Company, Inc., Newyork, 362P.
- Mendoza, F., Aguilera, J.M. 2004. Application of Image Analysis for Classification of Ripening Bananas, Journal of Food Science. 69, 471-477.
- Mendoza, F., Dejmek, P., and Aguilera, M. 2006. Calibrated Color Measurements of Agricultural Foods Using Image Analysis. Postharvest Biology and Technology. 41:285-295.
- Morse, B.S. 2000. Thresholding-Edge Detection. Brigham Young University.
- Ng, P. k. W., Wrigley, C. W. 2002. Wheat Quality Elucidation. American Association of Cereal Chemists, Inc- St. Paul, Minnesota, USA.
- Nektarios, A., Valous, A., Mendoza, A., Sun, D, W, A., Paul, A.B. 2009. Colour Calibration of a Laboratory Computer Vision System for Quality Evaluation of Pre-Sliced Hams. Meat Science 81 .132-141.
- Oliver, J. R., Blakeney, A. B., and Allen, H. M. 1992. Measurement of Flour Color in Color Space Parameters. Cereal Chemistry, 69: 456-551.
- Owens, G. 2001. Cereals Processing Technology. CRC PRESS LLC.
- Paciornik, S., Yallouz, A.V., Campos, R.C., Gannerman, D. 2006. Scanner Image Analysis In The Quantification Of Mercury Using Spot-Test. J. Braz Chem. Soc. Vol. 17 No.1.
- Paliwal, J., Borhan, M. S., and Jauas, D.S.M. 2004. Classification of Cereal Grains Using a Flatbed Scanner, Canadian Biosystems Engineering. Vol 46.
- Panfili, G., Fratianni, A., and Irano, M. 2004. Improved Normal - Phase High-Performance Liquid Chromatography Procedure for the Determination of Carotenoids in Cereals. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52:6373-6377.
- Pascale, D. 2003. A Review of RGB Color Spaces. Babel Color Company.
- Pascale, D. 2006. RGB Coordinates of the Macbeth ColorChecker. Babel Color Company.

- Pedreschi, F., Mery, D., Mendoza, F., and Aguilera, J.M. 2004. Classification of Potato Chips Using Pattern Recognition. *Journal of Food Science*. 69(6). E264–E270.
- Pedreschi, F., Leon, J., Mery, D., and Moyano, P. 2006. Development of a Computer Vision System to Measure the Color of Potato Chips. *Food Research International*, 39. 1092–1098.
- Peters, R.A. 2007. EECE/CS253 Image Processing. Vanderbilt University School of Engineering.
- Posner, E.S., and Hibbs, A.N. 2005. Wheat Flour Milling. AACCC, Inc. St. Paul, Minnesota, U.S.A. 329–352.
- Reimer, S.O. 2008. Association Mapping of Endosperm Colour in Durum Wheat (*Triticum Turgidum* L. var. Durum). The Department of Plant Sciences, University of Saskatchewan.
- Reses, D. Y. 2008. Whole Surface Image Reconstruction for Machine Vision Inspection of Fruit. Thesis Submitted to The University of Maryland, College Park for the Degree of Master of Science.
- Russ, J.C. 2005. Image Analysis of Food Microstructure. CRC. PRESS.
- Shahin, M.A., Symons, S.J. 2000. Comparison of Scanners for Grain Grading by Image Analysis. *Asae:ST. Joseph. Mt.*
- Shahin, M.A., Symons, S.J. 2001. A Machine Vision System for Grading Lentils. *Canadian Biosystems Engineering*. 43:7.4–7.14.
- Shahin, M.A., Symons, S.J. 2003. Lentil Type Identification Using Machine Vision. *Canadian Biosystems Engineering*. 45:3.5–3.11.
- Shahin, M.A., Symons, S. J., and Poysa, V.W. 2006. Determining Soya Bean Seed Size Uniformity with Image Analysis. *Biosystems Engineering*. 94. 191–198.
- Sissons, M. 2008. Role of Durum Wheat Composition on The Quality of Pasta and Bread. *Food Global Science Book*. 2(2). 75–90.
- Symons, S, J., Dexter, J.E. 1991. Computer Analysis of Fluorescence for the Measurement of Flour Refinement as Determined by Flour Ash Content, Flour Grade Color, and Tristimulus. *Cereal Chemistry* 86:454–460.
- Symons, S.J., Dexter, J.E., Matsuo, R.R., and Marchylo, B.A. 1996. Semolina Speck Counting Using an Automated Imaging System. *Cereal Chem.* 73(5): 561–566.

- Symons, S.J., Venora, G., Schepdeal, L.V., and shahin, M.A. 2009. Measurement of Spaghetti Speck Count, Size and Color Using an Automated Imaging System. *Cereal Chem.* 86(2): 164–169.
- Švec, I., Hruskova, M., Vitova, M., and Sekerova, H. 2008. Colour Evaluation of Different Pasta Samples. *Czech J. Food Sci.*, 26: 421–427.
- Valous, N.A., Mendoza, F., Sun, D.W., and Allen, P. 2009. Colour Calibration of a Laboratory Computer Vision System for Quality Evaluation of Pre-Sliced Hams. *Meat Science* 81:132–141.
- Vargas, F.D., Lopez, O.P. 2003. Natural Colorants for Food and Nutraceutical Uses CRC PRESS. 1–313.
- Visen, N.S., Paliwal, J., Jayas, D.S., and White, N.D.G. 2004. Image Analysis of Bulk Grain Samples Using Neural Networks. *Canadian Biosystem Engineering* Vol.46.
- VonGoethe, J.W. 1997. *Theory of Colours*. MIT PRESS, Cambridge, MA.
- Walsh, D. E., Gilles, K.A., and Shuey, W.C. 1969. Color Determination of Spaghatti by the Tristimulus Method. *Cereal Chemistry*. 47: 17–13.
- Whitworth, M. B., Evers, T. D., Brock, C. J. 1997. On-Line Measurement of Bran in Flour by Image Analysis *Cereal*. Campden & Chorleywood Food Research Association Chipping Campden.
- Yam, K.L., Papadakis, S.E. 2004. A Simple Digital Imaging Method for Measuring and Analyzing Color of Food Surfaces. *J. Food Eng.* 61–137–142.
- Yang, C.C., Prasher, S.Q., Landary, J.A., Ramaswamy, H.S., Ditommaso, A. 2000. Application of Artificial Neural Networks in Image Recognition and Classification of Crop and Weeds. *Canadian Agricultural Engineering* Vol 42. No.3.
- Yu, Y.H., Chang, C.C. 2006. A New Edge Detection Approach Based on Image Context Analysis. *Image and Vision Computing* 24:1090–1102.
- Zheng, C., Sun, D.W., and Zheng, L. 2006. Recent Applications of Image Texture for Evaluation of Food Qualities. *Food Science & Technology*. 17.113–128.

المواقع

www.Branscan.com.

<http://Engnet.anu.edu.au/DEcourses/engn4528/>.

www.en.wikipedia.org/wiki/lab-color-space.

www.ph.tn.tudelft.nl.

www.Spx.com.

www.Hunterlab.com.

<http://www.poynton.com/PDFs/coloureq.pdf>.

