# الفهرس

المقدمة .....(1)

***الفصل الأول- لون الدقيق***

1-1 مقدمة .....(4)

2-1 العوامل المؤثرة على لون الدقيق.....(4)

1-2-1 طبيعة القمح ونوعيته.....(5)

2-2-1 الأسلوب التكنولوجي المتبع في الطحن ونسبة الاستخراج.....(7)

3-2-1 حجم حبيبات الدقيق .....(8)

3-1 أهمية قياس لون الدقيق.....(9)

1- 4 طرق قياس لون الدقيق.....(9)

***الفصل الثاني- اللـــــون***

1-2 مقدمة .....(11)

2-2 تعريف اللون.....(11)

3-2 أهمية قياس اللون.....(12)

4-2 العوامل المؤثرة على قياس اللون.....(12)

1-4-2 طبيعة منبع الضوء.....(13)

2-4-2 طبيعة المادة.....(16)

3-4-2 المراقب.....(19)

4-4-2 طبيعة سطح وقوام العينة وهندسة الآلة.....(21)

2-4-5 عوامل أخرى.....(24)
2-5 الخواص الأساسية لألوان المواد.....(24)

***الفصل الثالث– طرق قياس اللون***

3-1 مقدمة.....(26)
3-2 طرائق قياس اللون.....(26)
3-2-1 الطرائق الحسية..... (27)
- إيجابيات الطرق الحسية وسلبياتها.....(28)
- أهم الأمور الواجب مراعاتها عند إجراء الفحص البصري.....(29)

3-2-2 الطرائق الحسية الموضوعية.....(30)
- جهاز اللوفيبوند.....(30)

3-2-3 الطرائق الموضوعية.....(33)

***الفصل الرابع : أنظمة قياس اللون***

4-1 مقدمة.....(34)
4-2 نظريات رؤية اللون .....(35)
4-2-1 نظرية اللون الثلاثي.....(35)
4-2-2 نظرية تضاد الألوان.....(35)
4-3 الأنظمة المستخدمة في قياس اللون.....(37)
4-3-1 نظام Maxwell.....(37)
4-3-2 نظام Munsell.....(38)

3-3-4 نظام Ostwald.....(40)

4-3-4 نظام CIE 1931.....(41)

5-3-4 نظام Hunter L,a,b.....(46)

6-3-4 نظام CIE L*, a*, b* عام 1976.....(47)

***الفصل الخامس : أجهزة قياس اللون***

1-5 مقدمة.....(51)

2-5 أجهزة قياس اللون.....(52)

1-2-5 جهاز أغترون .....(52)

2-2-5 جهاز كنت جونز.....(54)

3-2-5 جهاز الكولوريمتر.....(56)

4-2-5 جهاز السبكتروفوتومتر.....(58)

***الفصل السادس : القسم العملي***

1-6 المواد المستخدمة..... (61)

2-6 تحضير وتقديم العينة.....(61)

3-6 قياس لون الدقيق باستخدام جهاز أو (مدرج) كنت جونز ومارتن.....(62)

4-6 قياس لون الدقيق باستخدام جهاز Minolta.....(64)

1-4-6 قياس لون الدقيق الجاف.....(66)

2-4-6 قياس لون (الدقيق+ ماء).....(67)

3-4-6 قياس لون العجين.....(67)

5-6 قياس لون الدقيق باستخدام جهاز Minolta اليدوي.....(68)

6-6 تحديد رطوبة الدقيق.....(69)

7-6 تحديد نسبة الرماد.....(71)

8-6 النتائج و المناقشة.....(72)

1-8-6 قياس لون الدقيق باستخدام جهاز كنت جونز.....(72)

2-8-6 قياس لون الدقيق باستخدام جهاز Minolta.....(73)

3-8-6 قياس لون (الدقيق + ماء) باستخدام جهاز Minolta.....(74)

4-8-6 قياس لون العجين باستخدام جهاز Minolta.....(75)

5-8-6 قياس لون الدقيق باستخدام جهاز Minolta اليدوي.....(76)

6-8-6 تحديد العلاقة بين طرق القياس السابق.....(77)

6-8-7 تحديد نسبة الرطوبة والرماد.....(82)

6-9 الاقتراحات.....(84)

## المقدمـــة Introduction:

اللون هو أحد الإحساسات الأكثر أهمية في الحياة، ودراسة خصائصه وقياسه مجال مثير للبحث، فاللون هو حب الجمال، وهو النكهة والجودة، هو كل ما سبق.

يعد اللون سمةً نوعيةً مهمةً ومرغوبةً لدى المستهلك حيث يختلف مدى قبول المستهلك للمنتج باختلاف لونه، كما يرتبط لون الطعام بصلاحيته، ويعتبر مؤشراً على جودته وكفاءة العمليات التصنيعية التي تعرض لها، وفي بعض الأغذية يعتبر اللون دليلاً على درجة النضج كما في (الفواكه والخضار)، كما ويستخدم اللون في المطاحن لتقييم نوعية الدقيق الناتج وتدريجه في أصناف محددة وفي تقييم عمل المطاحن أيضاً.

لهذه الأسباب يعد اللون أحد أهم متطلبات الصناعات الغذائية، فتقييم لون المواد الغذائية عملية مهمة دفعت منتجي الغذاء إلى تكريس نسبة مهمة من كلفة المنتج للحفاظ على اللون.

يجري اختبار لون الدقيق بشكل دوري في مخابر المطاحن وذلك لإعطاء فكرة واضحة عن مدى احتوائه على النخالة، والتي تتسبب زيادة نسبتها في الدقيق إلى رفع درجة اللون، كما يستخدم لون الدقيق من أجل تقييم صحة عمل المطاحن.

سابقاً كان يتم تقييم لون الدقيق بصرياً بالمقارنة مع عينات قياسية، ثم تطورت طرق استخدام الآلات من أجل تقييم أكثر موضوعية، حيث أصبح هناك تجهيزات آلية جديدة تحدد لون الدقيق وذلك لتنبه الطحان إلى أي تغير في النواتج النهائية.

يتم قياس لون الدقيق باستخدام أجهزة تعتمد على:

- مصدر الضوء.
- المراقب.
- الجسم المراد قياس لونه.

ينعكس الضوء عن هذا الجسم أو ينفذ من خلاله، ثم يصل الضوء إلى الشخص (المراقب)، حيث يتم التعرف عليه بواسطة طول موجته وشدته.

حالياً يعين السطوع (lightness) في مطاحن القطر السوري ومخابز التموين بواسطة تحديد الانعكاس لمزيج (دقيق+ماء) باستخدام أجهزة مثل كنت جونز، إلا أنه أصبح بالإمكان تحديد السطوع والاصفرار للدقيق الجاف أو باستخدام أجهزة ثلاثية التنبيه مثل Minolta.

وفي هذا السياق يأتي هذا المشروع ليحدد مدى ارتباط نتائج قياس لون الدقيق بواسطة الجهازين السابقين، وليبين الطريقة المثلى التي تحقق أعلى معامل ارتباط بين نتائج هذين الجهازين، كما يهدف هذا المشروع إلى توضيح العديد من النقاط الهامة:

- أهمية اللون وقياسه.
- العوامل المؤثرة على قياس لون الدقيق.
- أهم طرق قياس اللون.
- أهم الأنظمة المعتمدة في قياس اللون.
- أهم الأجهزة المستخدمة لقياس لون الدقيق.

# الفصل الأول

* لون الدقيق *

# * لون الدقيق*

# Flour color

## 1-1 مقدمة Introduction:

يعتبر اللون أحد أهم الخصائص التي تتمتع بها المادة الغذائية، فغالباً ما يقوم المستهلك بفحص المنتج واتخاذ قراره بشأنه، معتمداً بشكل كبير على مظهره العام وبخاصة لونه الخارجي، وذلك لأن اللون غالباً ما يكون مرتبطاً ارتباطاً وثيقاً بطعم المنتج ونكهته.

يعد لون الدقيق مؤشر الأساسي لجودته، ويتم من خلاله التحكم في عمليات الإنتاج، كما ويعتبر لون الدقيق أحد الخصائص الهامة في المجال التجاري، حيث يلجأ منتجو الدقيق إلى اختيار الأصناف ذات الحبوب الفاتحة عندما تكون الخواص الأخرى متشابهة.

يمكن وصف لون الدقيق من خلال مؤشرين رئيسيين هما السطوع (Brightness) والاصفرار (Yellowness)، فالسطوع يتأثر بلون النخالة وكميتها، أما الاصفرار فهو مرتبط بتواجد الأصبغة الطبيعية مثل الكاروتينات.

## 1- 2 العوامل المؤثرة على لون الدقيق (9-10-11-12-13-15)
## factors affecting flour color measurement:

تعد اختبارات لون الدقيق الأصعب والأهم في نفس الوقت، وقد لوحظ من خلال الدراسات أن لون الدقيق لا يتعلق بالصفات الريولوجية، وإنما يتعلق بالعوامل التالية:

١- طبيعة القمح ونوعيته.

٢- الأسلوب التكنولوجي المتبع في الطحن ونسبة الاستخراج.

٣- حجم حبيبات الدقيق.

**1-2-1 طبيعة القمح ونوعيته:**

ويتجلى ذلك من خلال عدة نقاط:

- صلابة القمح.
- مدى نظافة القمح (شوائب، أجرام).
- لون غلاف حبة القمح .
- صبغات الأندوسبرم.
- المحتوى البروتيني.

- تؤثر صلابة القمح على لون الدقيق من خلال تأثيرها على العمليات التكنولوجية التي ستتعرض لها خلال عملية الطحن، فالقمح القاسي يتعرض لمراحل تنعيم أكثر مما هو للقمح الطري، لذلك يكون الدقيق الناتج عن قمح قاس أغمق من الدقيق الناتج عن قمح طري.

– يختلف تأثير الشوائب على لون الدقيق باختلاف لون هذه الشوائب ونسبتها، فمن المعروف تجارياً عند استلام القمح إجراء عدة عمليات قبل طحنه بهدف إزالة الأجزاء غير المرغوبة مثل الحصى، والحبات المتكسرة والمتضررة، وحبات الأنواع الأخرى، وشوائب أخرى عديدة توجد عادةً مع القمح.

وتتم عمليات الفصل هذه بواسطة أجهزة عديدة تعتمد على الاختلاف في الوزن النوعي والشكل وأحياناً اللون.

– يؤثر لون غلاف الحبة على لون الدقيق، فالقمح عادةً ما يصنف حسب لون غلاف الحبة إلى قمح أبيض وقمح أحمر، ويعود اللون الأحمر للغلاف إلى وجود الصبغات الحمراء فيه، وعند غياب هذه الصبغات يكتسب غلاف حبة القمح اللون الأبيض الكريمي.

يتم اصطناع هذه الصبغات حيوياً ابتداءً من الحموض الأمينية (التيروزين، والفينيل آلانين)، حيث يوجد الفينيل آلانين بتركيز أعلى في القمح الأبيض.

إن السبب المحدد للون غلاف الحبة يعود في الواقع لعوامل وراثية عائدة إلى جيل سابق، وذلك نتيجةً لتواجد الجينات الثلاث (R3،R2،R1) المتوضعة على الكروموزومات المتناظرة (3D،3A،3B) على التوالي، وفي حال وجود إحداها فإن ذلك يعطي اللون الأحمر، وتزداد شدة اللون الأحمر عند تواجد أكثر من صبغة.

– تختلف صبغات الأندوسبرم (الفلافونات، الكزانتوفيلات، وبنسبة أقل الكاروتينات) عن الصبغات الموجودة في غلاف الحبة، حيث أن الفلافونات

تعطي للدقيق لوناً يتراوح بين الأصفر والكريمي، كما أن نسبتها في الجنين أكبر من نسبتها في الأندوسبرم.

إن صبغات الأندوسبرم موجودة في كل من القمح الأبيض والأحمر على حد سواء، ولكن بكميات مختلفة، وهذا هو العامل الأكثر أهميةً في تحديد تأثيرها على لون الدقيق.

– كذلك فإن نسبة البروتين في القمح القاسي أعلى منها في القمح الطري، ومن المعروف أن المحتوى البروتيني العالي هو أمر إيجابي من حيث الخواص التغذوية، ولكنه ذو تأثير سلبي على لون المنتج، كما يختلف تأثيره على لون الدقيق باختلاف نوعه، فالمحتوى البروتيني ذو تأثيرين كمي ونوعي.

**2-2-1 الأسلوب التكنولوجي المتبع في الطحن ونسبة الاستخراج:**

يتجلى تأثير عملية الطحن على اللون من خلال الأسلوب التكنولوجي لعملية الطحن ومعدل الاستخراج، حيث تعتبر نسبة الاستخراج المؤشر الأكثر أهميةً وفاعليةً في التحكم بلون الدقيق، فكلما ارتفعت نسبة الاستخراج ارتفعت معها نسبة النخالة ذات التلون العالي، مما يؤدي بالضرورة إلى اسمرار الدقيق.

إن نخالة القمح الأحمر ذات لون عاتم، لذا يكون لها تأثير أكبر من نخالة القمح الأبيض في تلون الدقيق الناتج، حيث يلاحظ أن القمح الأبيض يمكن أن يعطي دقيقاً له نفس الدرجة اللونية للدقيق الناتج عن قمح أحمر، حتى لو كانت نسبة استخراج دقيق القمح الأبيض أعلى من نسبة استخراج دقيق القمح الأحمر بحوالي(4-2)%، وذلك لأن نخالة القمح الأبيض أفتح.

يلاحظ تغير لون الدقيق مع زيادة نسبة الاستخراج بشكل واضح في المجال بين (70-82)%.

يوضح الجدول (1) علاقة نسبة الاستخراج مع الدرجة اللونية المقاسة بجهاز كنت جونز:

**جدول (1) نسبة الاستخراج مع الدرجة اللونية**

| نسبة الاستخراج | الدرجة اللونية |
|---|---|
| 72 | 1 - 1.5 |
| 75 | 2 – 4.5 |
| 80 | 5 – 7.5 |
| 85 | 8 – 12.5 |

### 3-2-1 حجم حبيبات الدقيق:

بالإضافة للعوامل السابقة هنالك عوامل أخرى أقل تأثيراً على لون الدقيق منها أن الدقيق ذو الحبيبات الأصغر يكون أكثر بياضاً.

## 3-1 أهمية قياس لون الدقيق: importance of flour color measurement

يعد لون المنتجات الغذائية أحد أهم العوامل التي تجذب المستهلك لاختيارها، ومن أجل المحافظة على لون هذه المنتجات لا بد من التحكم في أمرين رئيسيين:

- العمليات التصنيعية المختلفة التي تعرضت لها المادة الأولية وصولاً للمنتج النهائي.
- لون المكونات.

ولما كان الدقيق هو المادة الأولية و الرئيسية في صناعة الخبز والمعجنات، فإن المراقبة والتحكم المستمرين بلون الدقيق يسمح بالحصول على المنتجات المصنعة بالدرجة اللونية المرغوبة، ومن هنا تأتي الأهمية الاقتصادية لقياس لون الدقيق.

## 1- 4 طرق قياس لون الدقيق: methods of flour color measurement

يجري اختبار لون الدقيق بشكل دوري في مخابر المطاحن، وذلك لإعطاء فكرة واضحة عن مدى احتوائه على النخالة والتي تسبب زيادة نسبتها في الدقيق إلى رفع درجة اللون.

سابقاً كان يستخدم التقييم البصري من أجل تحديد لون الدقيق وذلك بمقارنة لون الدقيق مع عينة قياسية باستخدام اختبار البيشر((AACC(14-10). نظراً لعدم دقة التقييم البصري، فقد تم استخدام الطرق الآلية، التي تستخدم إما لقياس اسمرار الدقيق أو لقياس اسمرار واصفرار الدقيق معاً.

فمن أجل قياس اسمرار الدقيق الذي يعود لتواجد النخالة تستخدم أجهزة (Satake color).

ومن أجل قياس الاسمرار والاصفرار تستخدم الأجهزة التي تعتمد على قيم التنبيه الثلاثي مثل مقياس (Minolta).

وكي نتمكن من فهم المبدأ المستخدم في القياس لا بد من العودة إلى المفاهيم الأساسية للون.

# * الفصل الثاني *

## * اللون *

# * اللون *

# The color

## 1-2 مقدمة Introduction:

بعد الحديث عن لون الدقيق والعوامل المؤثرة عليه، وحتى نتوصل إلى فهم عميق لكيفية قياس اللون، لابد من العودة إلى الأساسيات في عالم الألوان وتوضيح كيفية رؤية العين لها، ومعرفة أهم خواص اللون، والمعايير المستخدمة في قياسه، والعوامل المؤثرة على تحديده.

## 2-2 تعريف اللون (Color defining): (8-9-12-15)

هو الإدراك الحسي الواضح في الاستجابة لمجال محدد من طيف الحقل المغناطيسي الصادر عن منابع ضوئية مثل أشعة الشمس.

يوضح هذا التعريف أن العناصر الأساسية للون هي الضوء، المادة(الجسم)، العين، وفي غياب إحداها لا يوجد لون.

تقسم رؤية اللون إلى مرحلتين:

- الأولى: ظاهرة فيزيائية بحتة تتطلب وجود منبع للضوء وجسم وعين(مراقب).

- الثانية: تحدث عمليات معقدة وغير معروفة تماماً وفيها تستقبل العين المعلومات وتنقلها إلى الدماغ الذي يفسرها كلون.

## 3-2 أهمية قياس اللون (Color measurement importance):

**(10-12-15)**

تعد عملية قياس لون مادة ما إحدى العمليات الهامة في المجال الصناعي لأسباب عديدة نذكر منها:

- تحديد درجة النضج كما في الفاكهة و الخضار.
- وسيلة تساعد على فرز وتدريج المواد الغذائية.
- دليل على مدى ملائمة طريقة وظروف التخزين، وتأثيرها على المنتج (مثل الاسمرار الأنزيمي في بعض المنتجات).
- مؤشر ودليل على كفاءة العمليات التصنيعية.
- وسيلة لتحديد جودة الغذاء ومطابقته للمواصفات المطلوبة.
- تحديد تأثير مكونات المنتج على لونه.

## 4-2 العوامل المؤثرة على قياس اللون factors affecting color measurement:

يجب عند وصف لون مادة ما الانتباه إلى ظروف القياس ومراعاتها مثل نوع وجودة الضوء، ضبط الخلفية، الحجم والمساحة التي يغطيها اللون واختلاف المراقب.

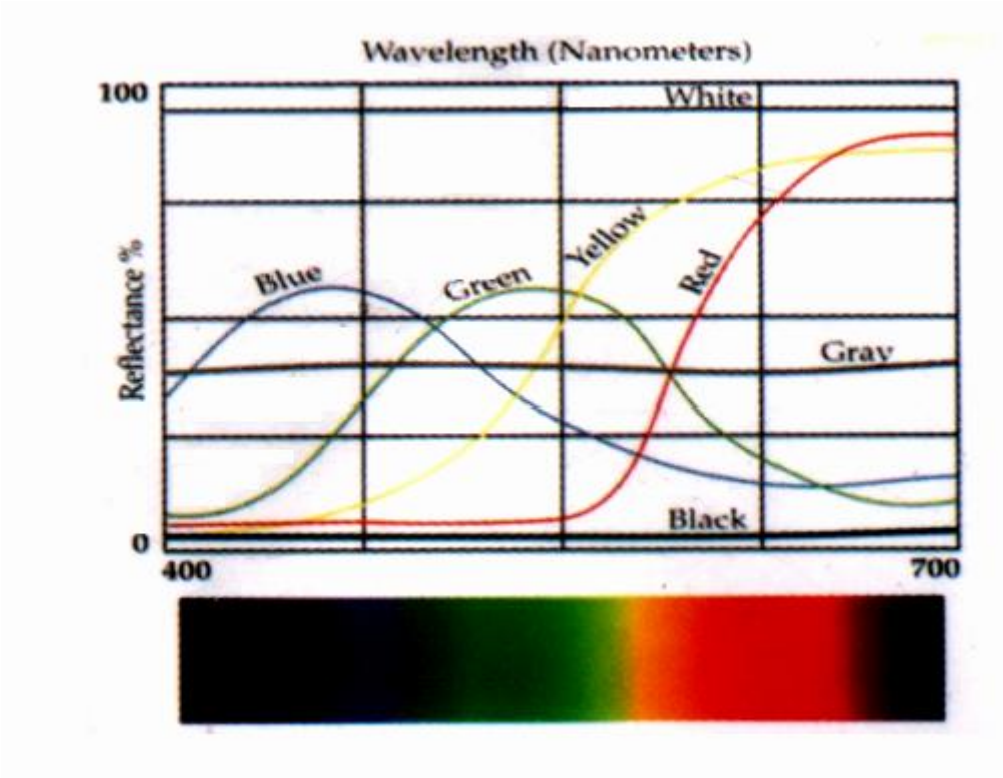
### 1-4-2 طبيعة منبع الضوء: (1-3-8-13-15)

يعتمد اللون على الضوء وبالتالي على منبع الضوء حيث يتألف الضوء من أشعة بأطوال موجات مختلفة والضوء المرئي هو الإشعاع الذي يتراوح طول أمواجه ما بين (380-750)nm.

**جدول (2) مجال طول الموجة للألوان المرئية**

| اللون | طول الموجة λ (nm) |
|---|---|
| فالبنفسجي– الأزرق | (480 > λ > 380) |
| الأخضر | (560 > λ > 480) |
| الأصفر | (590 > λ > 560) |
| البرتقالي | (630 > λ > 590) |
| الأحمر | (750 > λ > 630) |

كما يبين ذلك المخطط الطيفي لأطوال موجات الضوء المرئي، الشكل (1).

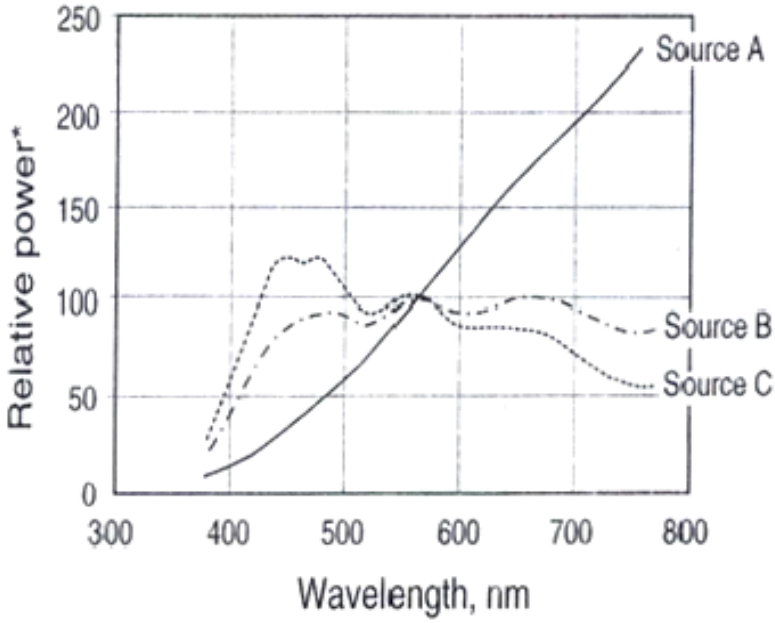



**الشكل (1) المخطط الطيفي لأطوال موجات الضوء المرئي**

عند تقييم اللون يجب أن تكون المادة مضاءة، وفي حال عدم توفر مصدر للضوء ينعدم الإحساس باللون (كما يحدث في الظلام)، كما أن لون المادة يختلف تبعاً لنوع مصدر الضوء، لهذا يجب عند تحديد لون مادة معينة أو قياسه أو مقارنته بمواد أخرى تثبيت مصدر الضوء الساقط.

قامت المنظمة العالمية للإضاءة (CIE) بتعريف مصادر ضوئية قياسية هي:

- المصدر A: وهو عبارة عن مصدر ضوئي له درجة حرارة T=2854 K مثل مصباح التنغستين.
- المصدر B: هو ضوء الشمس عند الظهيرة و درجة حرارته T=4870 K.
- المصدر C: هو ضوء السماء الملبدة بالغيوم مرتبطاً بدرجة حرارة T=6740 K كحد أقصى وهو غير متضمن لأشعة UV، الشكل(2).




**الشكل(2) توزع الطاقة الطيفية للمصادر الضوئية القياسية وفق CIE**

**2-4-2 طبيعة المادة: (1-4-8-15)**

حتى نتمكن من تحديد لون مادة ما، يجب أن يكون هناك تداخل ما بين المادة والضوء، وفي هذا التداخل نلاحظ ظواهر فيزيائيةً مختلفةً تؤدي لاختلاف في اللون مثل النفوذية، الانكسار، الامتصاصية، الانتشار، الانعكاس.

- **النفوذية (transmission):**

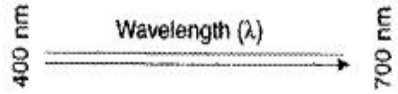
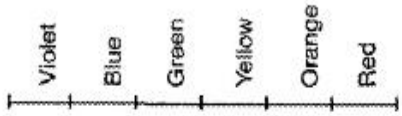
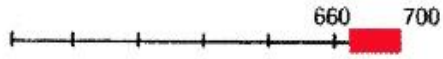
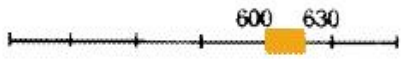
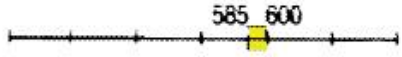
عند مرور الضوء خلال مادة دون أن يعاني من أي تغيير بشكل أساسي فالمادة شفافة.

المادة الشفافة هي التي تسمح لجميع الموجات بالمرور خلالها ولا تعكس إلا مقداراً صغيراً منها، أما المادة العاتمة فهي التي لا تسمح لجميع الموجات بالمرور، وبين هاتين الدرجتين يوجد مجال واسع.

- **الإمتصاصية (absorption):**

عند امتصاص المادة لجزء من الأشعة دون الآخر فستظهر ملونةً وفق الأشعة غير الممتصة (الجدول 3)، وفي حال امتصت المادة كل أطوال موجة الضوء المرئي فستظهر سوداء اللون، أما إذا لم تمتص أي أطوال موجية فستبدو بيضاء.

**الجدول(3) يمثل الأطوال الموجية للضوء المرئي الممتصة واللون الناتج**

| Portion of the Spectrum That Is Absorbed | Color Absorbed | Color Perceived |
|---|---|---|
|  | | |
|  | None | Achromatic color White |
|  | Red | Blue-Green |
|  | Orange | Blue |
|  | Yellow | Violet |
| | Yellow-Green | Mauve-Red |
| | Green | Orange |
| | Green-Blue | Yellow |
| | Blue | Yellow-Green |
| | Violet | Green-Yellow |

- **الإنتشار (scattering):**

بعد تداخل الضوء في المادة فإنه ينتشر في اتجاهات مختلفة ويحدث ذلك فقط عند وجود اختلاف في قرينة الانكسار ما بين المادة ووسط الانتشار، فعند تسليط الضوء على مادة ما فإذا انتشر جزء ونفذ الآخر تكون المادة نصف شفافة (سمحة)٠

أما إذا كان انتشار الضوء شديداً، فعندها لاتمر أية أشعة، وتكون المادة عاتمةً، ويوضح الانتشار العلاقة الكلية ما بين الضوء الممتص والمنعكس٠

- **الإنكسار (refraction):**

تلاحظ عند مرور الضوء بين وسطين لهما قرائن مختلفة، وتعتمد قرينة الانكسار على طبيعة الوسط، وطول الموجة أيضاً، ويلاحظ هذا بشكل واضح عند مرور الضوء الأبيض في الموشور.

قرينة الانكسار = سرعة الضوء في الوسط الأول / سرعة الضوء في الوسط الثاني.

- وهكذا نلاحظ أن اللون ظاهرة معقدة تضم كل الظواهر السابقة بالإضافة إلى ظواهر فيزيائية أخرى (اللمعان Gloss، البريق Haze، الضبابية Turbidity، التألق Fluorescence) وغيرها.

**3-4-2 المراقب: (12-15)**

– في حال كان المراقب شخصاً: فباختلافه يمكن أن تختلف الدرجة اللونية وذلك باختلاف الحساسية الفردية للعين البشرية من شخص لآخر، ولو بشكل طفيف، وكذلك تختلف الحساسية عند الشخص نفسه مع تقدم العمر.

– في حال كان المراقب أحد الأجهزة: فبعض الأجهزة تقيس درجة البياض (Whiteness) للمادة و ذلك بمقارنة عينة بأخرى قياسية بيضاء، وبعضها الآخر يقيس درجة الاحمرار (Redness) أو الاخضرار (Greenness) أو أحد الألوان الأساسية وذلك وفقاً لألوان أساسية قياسية.

قامت المنظمة العالمية (CIE) بتعريف مراقبين قياسيين وهما:

- المراقب °2:

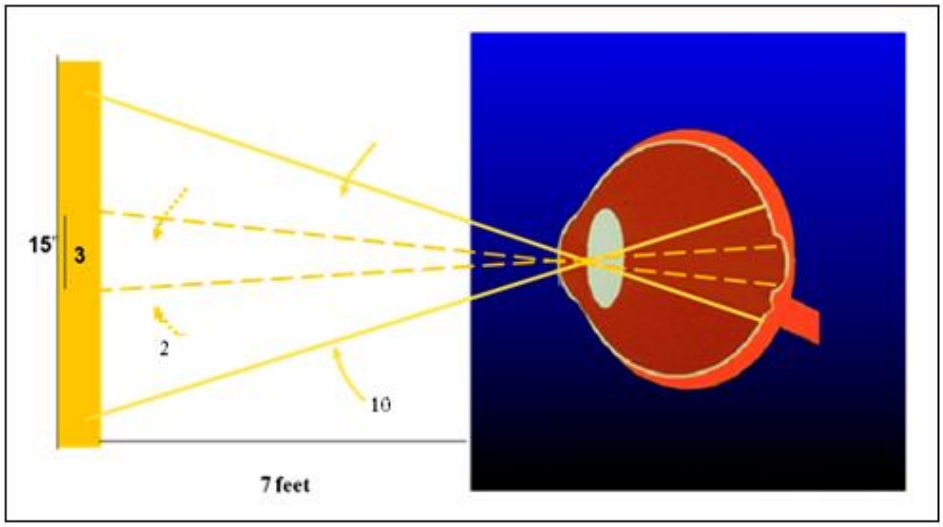
تم اعتماده من قبل منظمة CIE عام 1931، وهو مراقب يتمتع برؤية طبيعية للون، ويرتبط الرقم °2 بزاوية الرؤية التي تتطابق مع منطقة الحفيرة المركزية المستخدمة لتقييم اللون، حيث تم إجراء تجربة لتحديد قيم توابع مطابقة اللون للعين البشرية، تتضمن نظر المراقب إلى شاشة بيضاء من خلال فتحة ذات حقل رؤية يساوي 2 درجة (قطر الفتحة 15mm، مسافة الرؤية 45cm).

أما فيما يخص الشاشة فقد كان نصفها مناراً بواسطة الضوء المختبر أما النصف الآخر فيتم إسقاط الألوان الرئيسية الثلاثة عليه وهي الأحمر، الأخضر، الأزرق،

بحيث يتم تغيير نسب هذه الألوان حتى تتم مطابقة اللون الناتج مع الضوء المختبر.

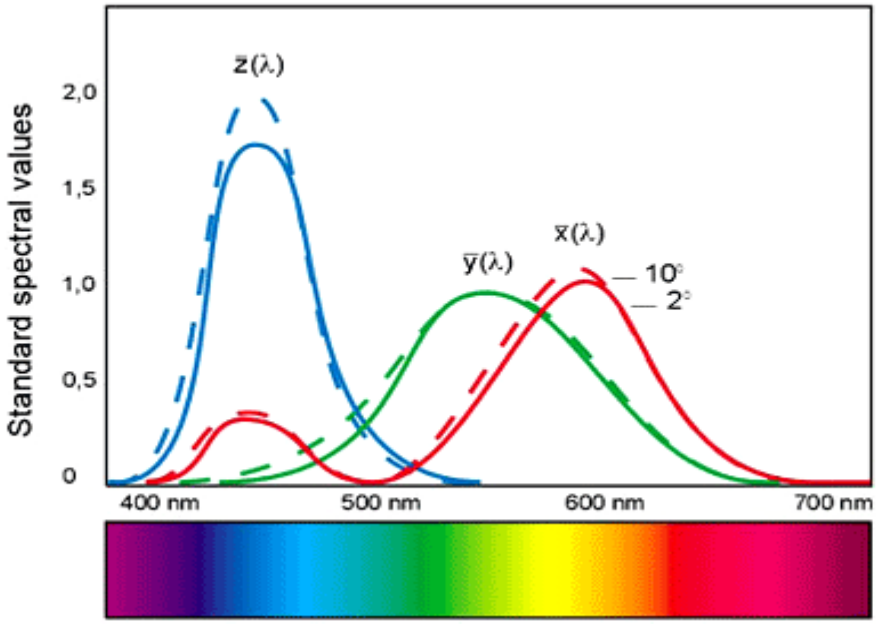
- المراقب °10:

عند تعريف المراقب °2 كان يعتقد أن الخلايا المخروطية تتوضع في منطقة النقرة (الحفيرة المركزية)، وبعد اكتشاف وجود نسبة قليلة من المخاريط في الشبكية المحيطية تم إعادة هذه التجربة عام 1964 مع تغيير الزاوية التي ينظر منها المجرب إلى شاشة الاختبار، حيث استبدلت الزاوية °2 بالزاوية °10 (قطر الفتحة 75mm، مسافة الرؤية 45cm).الشكل(3)




**الشكل (3) يوضح الاختلاف بين المراقب °2 والمراقب °10 وفقاً ل CIE**

كما يوضح الشكل (4) الفرق في قيم توابع مطابقة اللون للمراقب °2 و °10.




الشكل(4) الفرق في قيم توابع مطابقة اللون للمراقب °2 و °10

حالياً يستخدم المراقب °10 لقياس اللون، كما يستخدم المراقب °2 فقط عند قياس لون الأجسام الصغيرة.

**4-4-2 طبيعة سطح وقوام العينة وهندسة الآلة:**

بالنسبة للمواد العاتمة تبدو السطوح الخشنة أكثر إضاءة وأقل تلوناً من السطوح الناعمة، حيث أنه بازدياد خشونة السطح يزداد تبعثر الضوء.

إن بعض أجهزة قياس اللون تقيس تغير اللون الناتج عن تغير نعومة السطح وتغير لون الصبغة، وبعضها الآخر يقيس تغير اللون الناتج فقط عن تغير لون الصبغة، وبناءً على ذلك تم تصنيف أجهزة قياس اللون وفقاً لزاوية الإضاءة

وزاوية المراقب في مستو عمودي على سطح العينة ضمن إحدى الهندستين التاليتين:

**١- الهندسة الاتجاهية:**

°45/°0 (زاوية الإضاءة °45، زاوية المراقب °0).

°0/°45 (زاوية الإضاءة °0، زاوية المراقب °45).

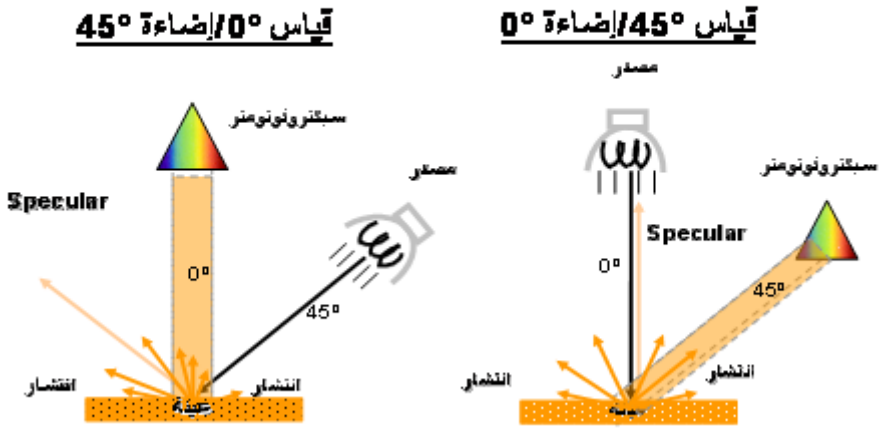
إن هذه الهندسة تتوافق مع ما تراه العين، حيث تعبر قياسات اللون عن تغيرات اللون نتيجة تغير لون الصبغة ونعومة السطح أو القوام، حيث أن هذه الهندسة تستقصي الانعكاس المرآوي (البراق)، الشكل(5).

**٢- هندسة الإنتشار (الكرة، °d/8):**

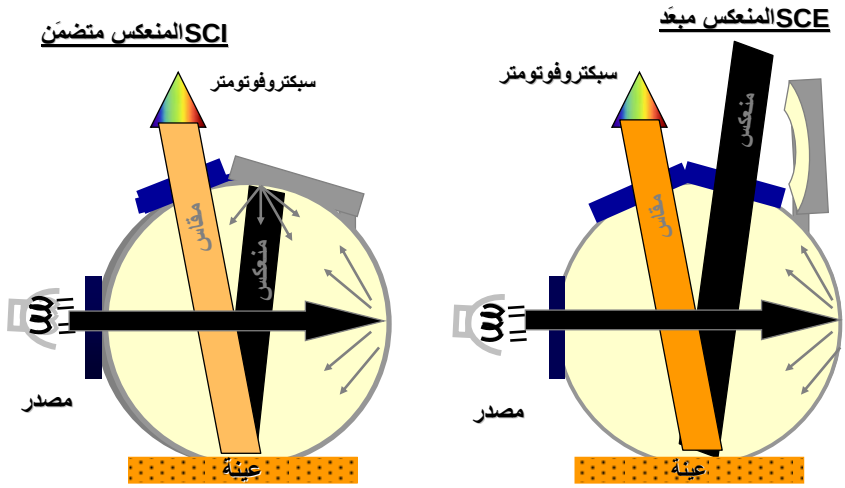
يستخدم هنا كرة بيضاء تضيء العينة بشكل منتشر diffuse ويقاس الضوء المنعكس عند زاوية °8 بالنسبة للعمود على سطح العينة.

تسمح هذه الهندسة بقياس تغيرات اللون الناتجة عن تغير لون الصبغة حيث أنها تتضمن بشكل طبيعي الانعكاس المرآوي (البراق) SCE ( Specular component included)، كما تملك الوسائل الكروية القدرة على منع الانعكاس المرآوي (البراق) SCE(Specular component excluded)، إلا أنها ليست فعالة في ذلك بالمقارنة مع الهندسة الاتجاهية، الشكل (5).

## الـهنـدسة الاتـجا هيـة




## هندسة الكرة (d/ 8˚)




**الشكل (5) يوضح الاختلاف بين الهندسة الاتجاهية وهندسة الكرة**

**5-4-2 عوامل أخرى: (15-8-4)**

- الخلفية (الأرضية):

فباختلاف لون الخلفية (باهت أو داكن) يبدو لون المادة نفسها مختلفاً.

- المساحة (الحجم):

فالألوان التي تغطي مساحة رؤية أوسع تكون مبهجةً وزاهيةً أكثر من نفس الألوان عندما تغطي مساحةً أصغر.

## 5-2 الخواص الأساسية لألوان المواد: (15-8-6-1)

يتحدد الإحساس باللون بثلاثة متغيرات هي:

- الدرجة اللونية (Hue):

هي اللون المميز للمادة كالأحمر والأخضر والأزرق.

- الإضاءة (Lightness):

هي الضوء المنعكس عن سطح ما مقارنةً بسطح أبيض عند نفس درجة الإنارة (المصدر الضوئي نفسه) .

وهناك مصطلح السطوع (brightness) ولكنه يستخدم لضوء الإضاءة الكلي أو الضوء المنعكس عن السطح.

وتتدرج الإضاءة والسطوع تحت مصطلح القيمة (value) رغم أن القيمة والإضاءة يستخدمان عادة بالتبادل.

يوجد اختلاف بين الإضاءة والسطوع، فالإضاءة هي سطوع نسبي وهي لا تتأثر بمستوى الإضاءة لأنها قيمة نسبية بينما يزداد الإحساس بالسطوع مع ازدياد مستوى الإضاءة.

- الإشباع اللوني– كثافة اللون (saturation):

هو صفاء اللون ونقاؤه كما يمكن أن يعرف على أنه كثافة التدرج اللوني مقارنةً بدرجة سطوعه، يبدو اللون المشبع صافياً وساطعاً بينما يبدو اللون غير المشبع معكراً (muddy)٠

إن الإشباع هو الصفة اللونية الرئيسية لوصف تدريجات اللون الدقيقة و اللانهائية، فهو يعبر عن تركيز الصبغة٠

فالإشباع هو اللون الكامل الذي يحكم عليه بالنسبة إلى سطوعه، وهناك مصطلح Chroma الذي يعبر عن اللون الكامل نسبة إلى سطوع البيئة المحيطة.

# الفصل الثالث

## * طرق قياس اللون *

# * طرق قياس اللون *

# Color measurement methods

## 1-3 مقدمة Introduction: (8-12)

كانت الطريقة الشائعة لتقدير اللون هي الفحص البصري المعتمد على عين المراقب، إلا أن اختلاف التقييم من شخص لآخر، والحاجة في التطبيقات العملية إلى عمليات قياس متكررة، وذات دقة عالية، تطلب إدخال الآلة في عملية قياس اللون، لتقلل الأخطاء الذاتية التي يتصف بها التقييم البصري، والتي تؤثر بشكل كبير على نتائج القياس.

تطورت طرق قياس اللون بدءً من الطرق الحسية، مروراً بالنصف آلية( حسية موضوعية )، إلى الطرق الموضوعية التي تعتمد على الأجهزة المعقدة التحليلية المصممة لتقدير اللون.

## 2-3 طرائق قياس اللون:

تقسم طرائق قياس اللون إلى:

- طرائق حسية (subjective method).
- طرائق حسية موضوعية (subjective & objective methods).
- طرائق موضوعية (objective methods).

### 1-2-3 الطرائق الحسية (subjective method): (4-8-10-12-15)

تعتمد هذه الطريقة على عين الإنسان وقدرتها على تمييز الألوان، حيث تستطيع عين الإنسان تمييز أكثر من (6-10) مليون لون تحت شعاع ضوء النهار العادي، إلا أن الدماغ ذو قابلية محدودة لتمييز مثل هذا العدد الكبير.

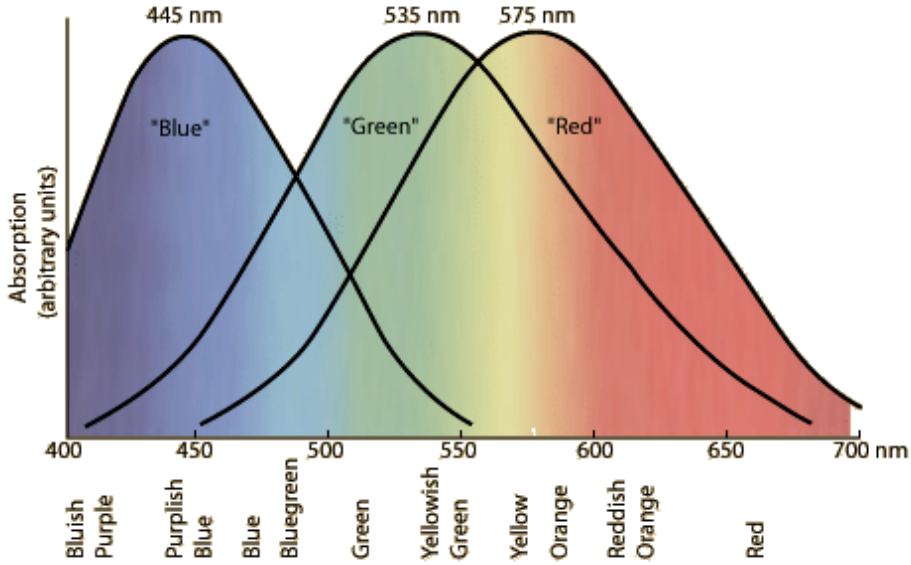
تشترك ثلاثة عناصر في رؤية اللون هي: العين،الجهاز العصبي، الدماغ.

يتم تحويل التنبيه الفيزيائي إلى استجابة عصبية بواسطة تركيبة متعددة تدخل فيها العصيات والمخاريط والنهايات وثنائيات الأقطاب.

تتألف حساسات الضوء في شبكية العين من العصيات والمخاريط، حيث تسمح لنا العصيات بالرؤية في حالات الإضاءة المنخفضة ولكنها لاتعطينا رؤية ملونة، وبالمقابل فإن المخاريط تُظهر حساسية أقل للضوء ولكن حساسية أكبر بكثير للألوان.

تم تصنيف ثلاثة مخاريط مستقبلة للضوء هي: مخاريط اللون الأحمر(R)، الأخضر(G)، والأزرق(B).

كل نوع من هذه المخاريط له منحني استجابة خاص عند طول موجة ضوئية محددة، وبالتالي فإن إثارة المخاريط المستقبلة بواسطة الضوء نفسه تنتج ثلاث استجابات مختلفة، ولكل نوع من المخاريط طول موجة محددة للحساسية العظمى: فأعلى حساسية للمخاريط الحمراءعند (575)، أماالمخاريط الخضراء (535)، والمخاريط الزرقاء (445)، الشكل (6).




**الشكل(6) الحساسية العظمى لمخاريط العين**

تحول بعد ذلك هذه الاستجابات إلى ثلاث إشارات: أبيض/أسود، أحمر/أخضر، أزرق/أصفر، يتم إرسالها عبر العصب البصري إلى الدماغ الذي يفسرها بوصفها إحساساً باللون المرئي

**إيجابيات الطرق الحسية وسلبياتها:**

يتميز التقييم البصري بالاقتصادية وسرعة التنفيذ ولكن له العديد من المساوئ أيضاً:

١- لا تعطي العين نفس النتيجة لنفس العينة في قياسات متكررة ومتلاحقة.

٢- حتى نقوم بفحص بصري موثوق لابد من التحكم بعدة متغيرات تتضمن:

نوعية طيف مصدر الضوء، شدة مصدر الضوء، زاوية سقوط الضوء، الجهة التي يسقط الضوء منها على العينة، اتجاه رؤية العينة، الفرق بين لون العينة و اللون القياسي، والاستجابة الطيفية للمراقبين.

٣- الألوان التي تقع ضمن معايير اللون البصري عادةً ما يصعب شرحها والتعبير عنها لأشخاص آخرين.

٤- التقييم البصري هو تقييم ذاتي غير موضوعي، متعب، وغالباً ممل.

وبالرغم من عيوب هذه الطريقة إلا أنها لا تزال معتمدةً في تقدير اللون لبعض المواد الغذائية مثل الحليب.

فعند استلام الحليب يجرى عليه الاختبار، وذلك بوضع عينة منه في زجاجة نظيفة وشفافة، وتفحص في مكان جيد الإضاءة، وبناءً عليه يمكن الاستدلال فيما إذا كان الحليب كامل الدسم أوحليب فرز، طبيعاً أو ناتجاً عن ماشية مريضة فيقبل أو يرفض تبعاً لذلك.

**أهم الأمور الواجب مراعاتها عند إجراء الفحص البصري:**

- إجراء الاختبار دوماً عند شروط نموذجية خاصةً فيما يتعلق بالإضاءة.
- يطلى سقف المخبر والجدران بألوان فاتحة (الأبيض، الرمادي الفاتح).
- أن يكون مكان الاختبار نظيفاً خالياً من الغبار وبخار الماء المتكاثف، وأن تحفظ جميع أدوات الاختبار في خزن مغلقة حتى استعمالها.

- تزويد جميع أفراد اللجنة بألوان قياسية.

### 2-2-3 الطرائق الحسية الموضوعية (subjective & objective):

**(1-2-6-7-8-14-15)**

وهي ناتجة عن اجتماع العين البشرية مع الآلة في تحديد الدرجة اللونية، حيث تتألف عملية القياس في هذه الطريقة من مرحلتين: الأولى تتم بشكل آلي كلياً ويلي ذلك فحص بصري للعينة.

تعتمد هذه الطريقة على مقارنة العينة المختبرة مع محاليل قياسية أو مرشحات لونية تمت معايرتها بدقة.

ومن أكثر الأمثلة توضيحاً لهذه الطريقة هي: جهاز اللوفيبوند.

- **جهاز اللوفيبوند:**

ينحصر استخدام هذا الجهاز في قياس لون زيوت المحركات ومحاليل السكر والبيرة والمواد العاكسة للضوء كالمرغرين.

يعتمد مبدأ عمل جهاز اللوفيبوند على مطابقة لون عينة الزيت المختبر بواسطة العين مع ألوان المرشحات اللونية المتوفرة في الجهاز (مجال مرشحات لوفيبوند المدمجة: وحدات أحمر لوفيبوند من 0.1 إلى 70، وحدات أصفر لوفيبوند من

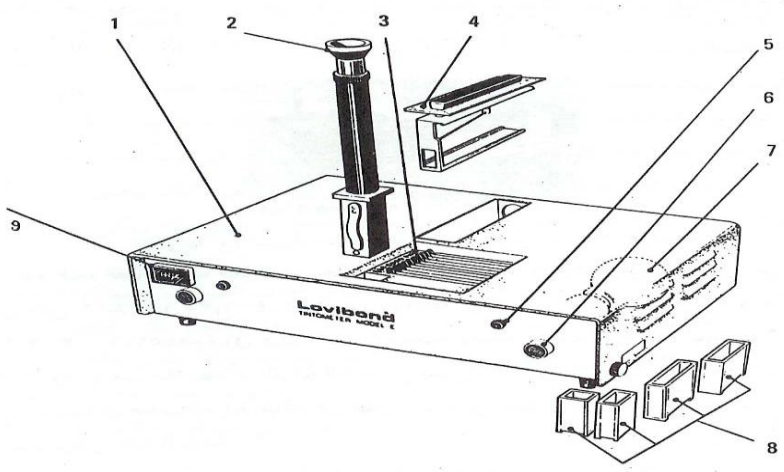
0.1 إلى 70، وحدات أزرق لوفيبوند 0.1 إلى 40، تدرجات لالونية من 0.1 إلى 3).

تتغير قيمة القراءة اللونية تبعاً لقياس خلية العينة المستخدمة (تتوفر خلايا بعرض من 6.35 - 152.4مم) بالإضافة إلى خليتين طويلتين قياس

(304.8 – 457.2 مم) ( وفي هذه الحالة تستخدم وصلة خاصة بالخلايا الطويلة)، ويجب ملاحظة أن القراءة الناتجة عن قياس لون العينة المدروسة باستخدام خلية ما لا يعني أنه يساوي ضعف القراءة الناتجة عن قياس لون العينة فيما لو استخدمت خلية عرضها ضعف عرض الخلية السابقة.

ويتم من حيث المبدأ استخدام خلية بحيث لاتزيد القراءة اللونية عن 20 وحدة (ذلك لأن قدرة العين على تمييز الفروق اللونية تنخفض كلما زادت الدرجة اللونية ).

يتألف الجهاز كما هو مبين في الشكل(7) من (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 (7) جهاز اللوفيبوند.**

إن عملية اختيار المرشحات اللونية المناسبة تستغرق وقتاً طويلاً، كما أن هذا الجهاز غير صالح في حالة الألوان المعتمة، لذلك تم استبدال نظامه بنظام Spectrophotometer.

ومن الأمثلة الأخرى على هذه الطريقة: قرص ماكسويل، نظام أوستفالد، نظام مانسيل، كما تم اقتراح أنظمة أخرى للتقييم اعتماداً على نظام ترتيب الألوان وهي نظام اللون الطبيعي NCS المعتمد في السويد منذ عام 1979، والنظام المتكامل لشدة اللون Chroma Cosmos 5000 الياباني.

### 3-2-3 الطرائق الموضوعية (Objective Method): (15-10-9)

بما أن حياتنا العملية تتطلب عمليات قياس متكررة (قابلة لإعادة الإنتاجية)، تتجلى أهمية استخدام الأجهزة في قياس اللون كونها تبتعد عن الذاتية في تقييمها، كما أن الصناعات الحديثة تتطلب إجراء عمليات قياس قابلة لإعادة الإنتاجية.

يقصد بالتقييم الموضوعي للون المواد الغذائية استبعاد الإنسان من اتخاذ القرار نظراً لعدم دقة العين البشرية في تحديد اللون وترك هذا القرار للجهاز، حيث تؤمن هذه الطريقة القيام بالقياسات في شروط متماثلة في جميع الحالات، مما يمكن من الحصول على نتائج قابلة للتكرار واهم الأمثلة عليها: جهاز كنت جونز Kent Jones، جهاز أغترون Agtron، أجهزة التحليل الضوئية مثل Colorimeter, Spectrophotometer.

# الفصل الرابع

## * أنظمة قياس اللون *

# * أنظمة قياس اللون *

# Color measurement systems

## 1-4 مقدمة Introduction: (2,4,8)

إن أول ظهور لفيزياء اللون والضوء يعود إلى العالم نيوتن Newton، بعد ذلك قدم الفيزيائي الاسكتلندي James Maxwell عام 1859 أول نظام لقياس كمية اللون بالاعتماد على نظرية اللون الثلاثي Trichromat.

وقد تم الاستفادة من نظام ماكسويل في إيجاد مقاييس أخرى للون تعتمد على مقارنة لون العينة مع ألوان قياسية مثل: نظام Ostwald – نظام Munsell.

من مساوئ هذه الأنظمة أنها تعتمد على المقارنة البصرية (عين الإنسان) للون العينة مع ألوان قياسية، كما أن الألوان القياسية قد يتغير لونها مع الزمن.

لذا ومع بداية القرن العشرين، بدأت تظهر الرغبة في إيجاد طريقة موضوعية للتحديد الكمي للون، وبعد سنوات من العمل والبحث أصدرت المنظمة الدولية للإضاءة (CIE) عام 1931 أول نظام للتحديد الكمي للون بالاعتماد على قيم التنبيه الثلاثي X,Y,Z.

وبسبب الصعوبة في فهم قيم X,Y,Z ومن أجل إدراك أفضل للون، تم إيجاد مقياس للون ثلاثي الأبعاد هو Hunter L,a,b عام 1958 بالاعتماد على نظرية الألوان المتضادة، كما أصدرت (CIE) عام 1976 نظاماً ثلاثي الأبعاد لقياس كمية اللون آلياً هو(CIELAB).

## 2-4 نظريات رؤية اللون color vision theory: (2,7)

قبل أن نشرح الأنظمة المستخدمة في قياس اللون، لا بد من التعرف على النظريتان المستخدمتان في رؤية اللون.

### 1-2-4 نظرية اللون الثلاثي Trichromatic theory:

اقترحت من قبل Thomas Young عام 1802، وعدلت من قبل Helmohltz عام 1866.

تعتمد على الآلية التي تميز فيها عين الإنسان الألوان، فكما نعلم أن عين الإنسان تملك ثلاث مستقبلات للون هي: مخاريط اللون الأحمر، مخاريط اللون الأزرق، مخاريط اللون الأخضر، وبقية الألوان تنتج عن تنبيه هذه المخاريط بنسب مختلفة.

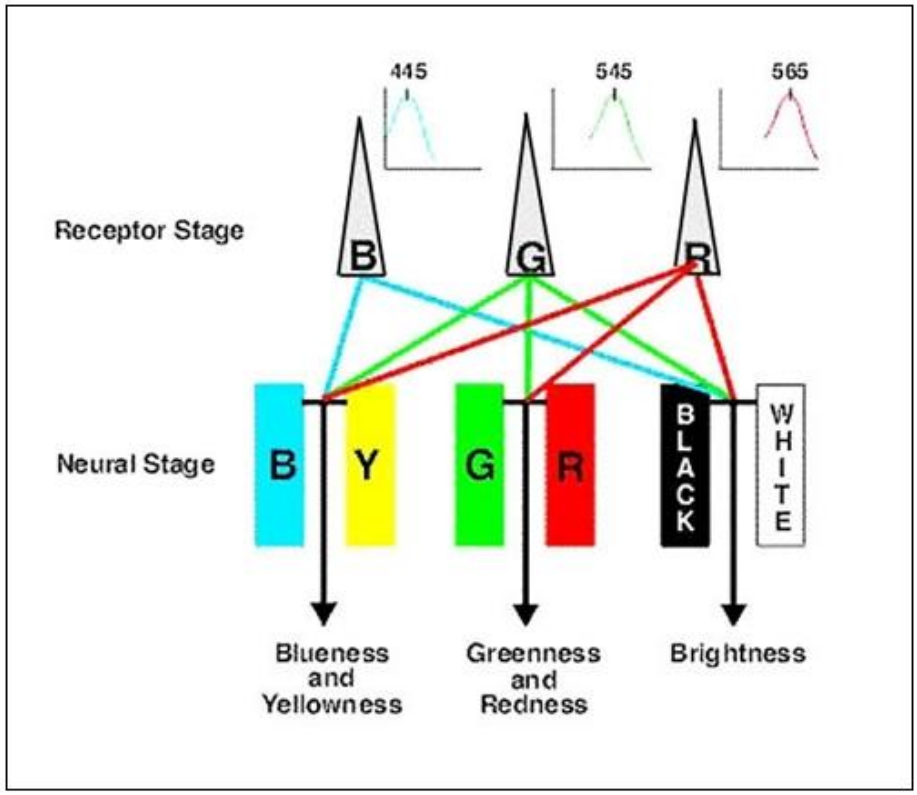
### 2-2-4 نظرية تضاد الألوان Opponent type theory:

اقترحت من قبل Hering عام 1872، وتعتمد على أن استجابات مخاريط العين لألوان (الأحمر، الأخضر، الأزرق) يعاد خلطها في أنظمة متضادة إلى: الإضاءة (الأبيض، الأسود)، وإشارات (أحمر، أخضر)، وإشارات (أصفر، أزرق) المقابلة لها، حيث يتم تشفيرها قبل أن ترسل عبر العصب البصري إلى الدماغ، وهذا يعني أن الإنسان يدرك حسيا إما اللون أحمر أو أخضر(وليس أحمر مخضر).

يبين الشكل (٨) مراحل الرؤية الطبيعية للون التي تتضمن كل من نظرية اللون الطبيعي ونظرية تضاد الألوان:

المرحلة الأولى (مرحلة استقبال الضوء): تتألف من ثلاثة مخاريط أحمر، أخضر، وأزرق.

المرحلة الثانية (مرحلة ما بعد الاستقبال): وهي مرحلة العملية العصبية.




**الشكل (8) مراحل الرؤية الطبيعية للون التي تتضمن كل من نظرية اللون الطبيعي ونظرية تضاد الألوان**

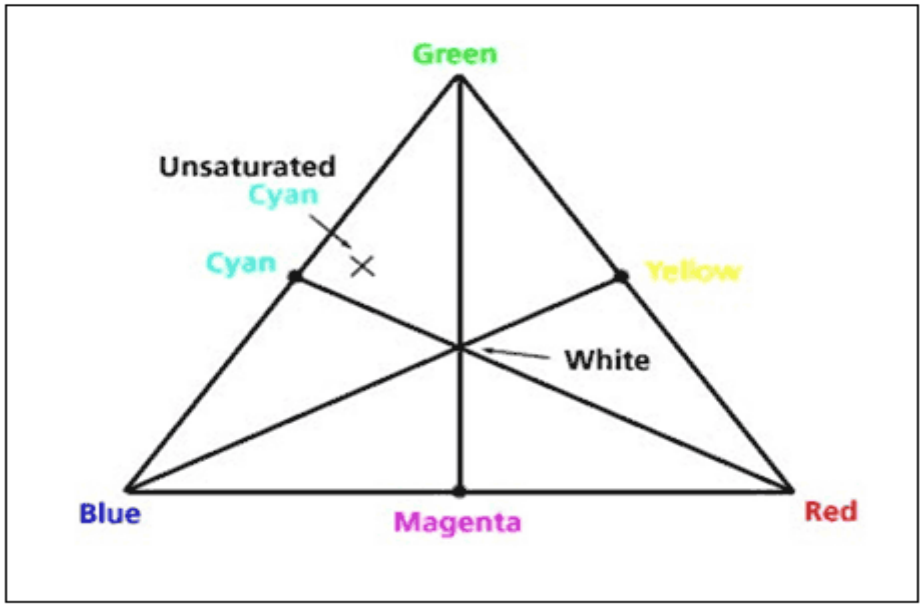
## 3-4 الأنظمة المستخدمة في قياس اللون:(1-2-3-6-8-12)

### 1-3-4 نظام Maxwell:

اعتمد ماكسويل على نظرية اللون الثلاثي، وأثبت أن كل الألوان تنتج عن مزج الألوان الأساسية الثلاثة (أخضر، أزرق، أحمر).

حيث قام بتوزيع هذه الألوان على زوايا مثلث الشكل (9)، والذي اعتمد فيما بعد من قبل منظمة الإضاءة العالمية (CIE) لرسم إحداثيات x,y,z.

كما قام ماكسويل بإنشاء قرص دوراني، برسم قطاعات دائرية ملونة بألوان مختلفة على قطعة دائرية من الورق، ويسمح هذا القرص بقياس لون العينة، وذلك بتدويره حتى نحصل على المزيج اللوني المطابق للون العينة.




**الشكل (9) مثلث ماكسويل**

**2-3-4 نظام munsell:**

ابتكر هذا النظام العالم munsell عام 1905، ويعتبر أكثر أنظمة قياس اللون تمثيلاً لنظام ترتيب اللون، فمن خلال هذا النظام يمكن تحديد خصائص اللون المختلفة وذلك بمقارنة العينة مع ألوان قياسية.

الخواص المستخدمة لتقييم اللون هي:

Hue - Value - Chroma.

- الدرجة اللونية (Hue):

تتوزع الدرجة اللونية بالتساوي على محيط القرص الذي يحوي 100 درجة لونية ، 10 درجات أساسية هي الألوان الرئيسية:الأحمر R، الأصفر Y، الأخضر G، الأزرق B، البنفسجي P، والألوان المتوسطة بينها اصفر – أحمرYR، وأخضر – أصفر GY، وازرق – اخضر BG، وبنفسجي – ازرق PB، واحمر – بنفسجي RP. وكل درجة لون أساسية تقسم إلى 10 درجات فرعية.

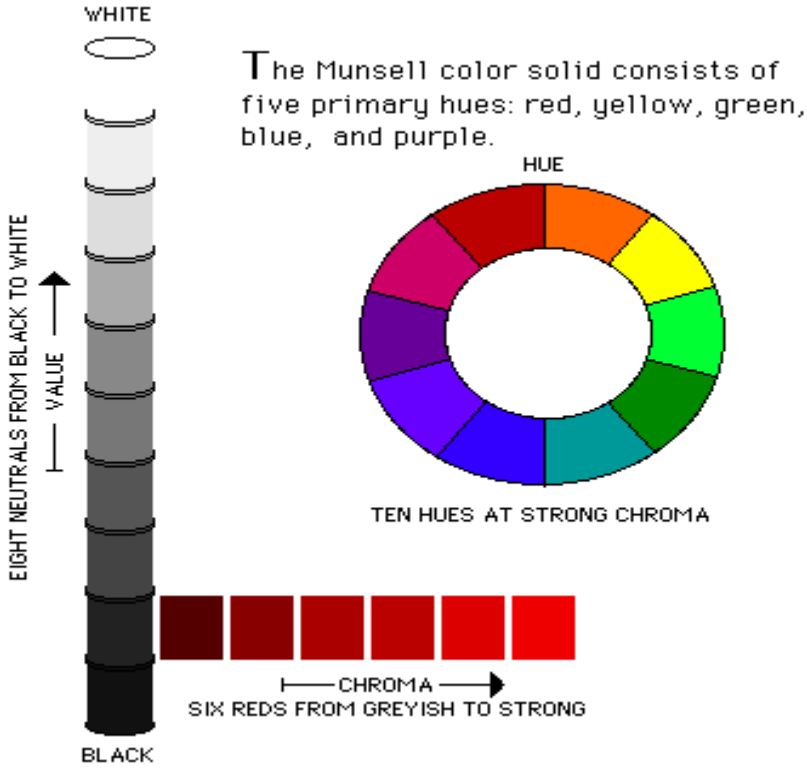
- الإضاءة (value):

تحدد الإضاءة على المحور المتعامد مع مركز القرص، تقسم إلى عشرة أقسام تبدأ بالأسود (0) وتنتهي في الطرف الآخر بالأبيض (10) ويشكل الرمادي الذي يقع في المنتصف بين الأسود و الأبيض مركز الدائرة.

- شدة اللون(chroma):

تحدد على الخط الواصل بين مركز القرص(اللون الرمادي) إلى المحيط، تتراوح تقسيماتها بين 18-10 وحدة وذلك حسب الدرجة اللونية.

تم جمع مقاييس المقارنة في نظام منسل في كتب منسل للألوان، وتعتبر هذه الكتب مراجع ينشرها Gretag Macbeth، ترتبط كل عينة قياسية في هذه الكتب بصيغة عامة HV/C، مثلاً الصيغة التالية 6/10 2 GY تعني أن اللون أصفر/أخضر (Hue)، العينة متوسطة الإضاءة (Value)، واللون مشبع (Chroma)، الشكل (10).




**الشكل (10) يوضح نظام منسل**

ميزاته: يسمح بإعطاء نفس التقييم للون العينة في ظروف إضاءة متشابهة، حتى لو اختلف المراقب، مما يسمح باستخدامه بشكل واسع في التطبيقات العملية.

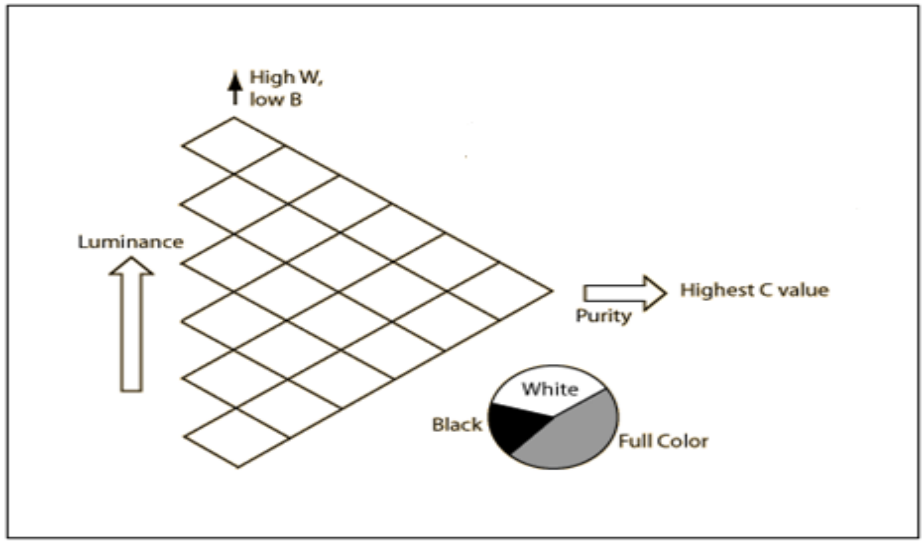
سلبياته: عدم وجود اللون المتمم على الطرف المقابل من محور الإضاءة Value.

### 3-3-4 نظام Ostwald:

إن الخواص المستخدمة لتقييم اللون:

- طول الموجة المسيطرة (Dominant wavelength)، وهو يقابل Hue.
- صفاء اللون (Purity)، وهو يقابل Saturation.
- الإضاءة (Luminance)، وهي تقابل Brightness.

يتم تحديد لون العينة بتدوير قرص أوستفالد حتى نحصل على اللون المشبع(Hue)، ثم نبدأ بإضافة اللون الأبيض (الإضاءة)، ثم نضيف اللون الأسود (الإشباع)، حتى نحصل على لون مطابق للون العينة.الشكل (11)




**الشكل (11) قرص أوستفالد**

يقارن اللون الناتج مع لصاقة مكافئة للقرص الدوار تسمح بتسجيل قيم :

اللون المشبع (c) X%، اللون الأبيض(w) Y%، اللون الأسود(b) Z%، حيث أن:X+Y+Z=100.

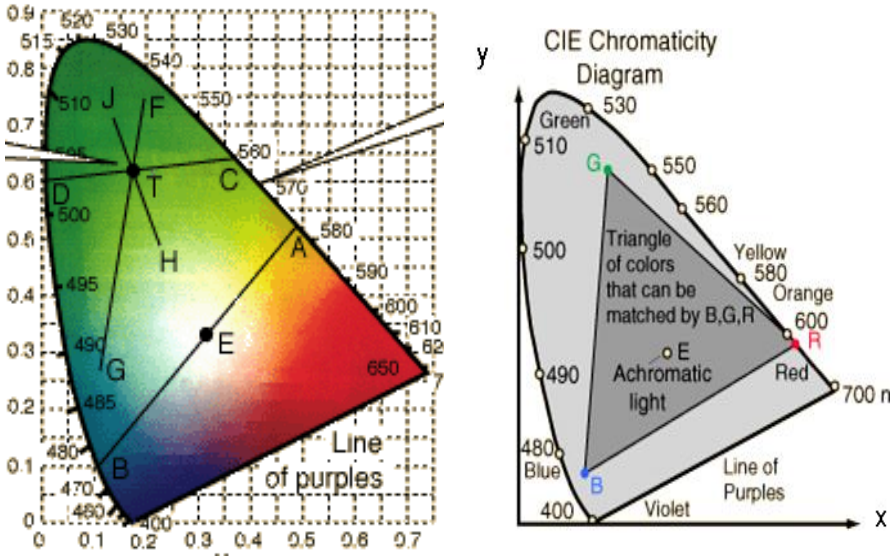
وهكذا يتم وصف اللون باستخدام (X,Y,Z) وطول الموجة المسيطرة الذي يحدد من منحني الانعكاسية.

من سلبيات هذا النظام أن العين تحتاج لبعض الوقت حتى تتمكن من مطابقة الألوان بعد مزجها مع لون العينة، كما أن العينات القياسية قد يتغير لونها مع الزمن.

### 4-3-4 نظام CIE 1931:

بدأ العمل بهذا النظام في عام 1931، حيث يعين لون الجسم اعتماداً على تحديد قيم: الاضاءة Y، الاحداثيات اللونية x,y (تصف الدرجة اللونية والإشباع) على الرسم البياني لنظام CIE 1931، الشكل(12).

يتم حساب قيم x,y,z انطلاقا من قيم التنبيه الثلاثي X , Y , Z التي تدل على درجة الازرقاق والاخضرار والاحمرار على الترتيب.




**الشكل (12) الرسم البياني لنظام CIE 1931**

**وصف الرسم البياني لـــ CIE 1931:**

- له شكل اللسان أو نعل الفرس.
- يقسم محيط المنحني إلى:

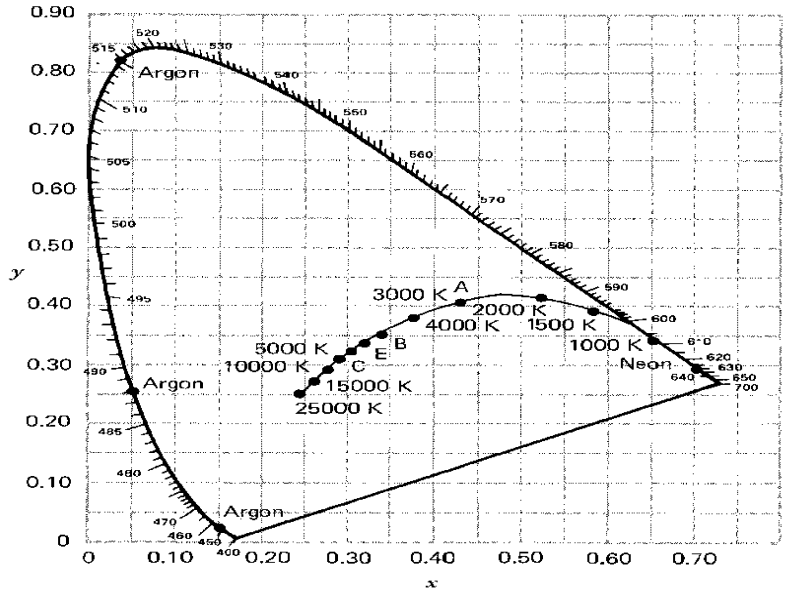
Loci spectrum: يضم الألوان ذات طول الموجة الوحيدة، والمشبعة تماماً.

خط الـــ Purple: يمثل الألوان التي لا يمكن إحداثها بأي طول موجة أحادي للضوء المرئي، في حين أن النقاط الموازية لهذا الخط تمثل لوناً مشبعاً بشكل كامل، ولكي ندرك هذه الألوان نحتاج لمزج أكثر من طول موجة للضوء.

- E (equal power point): هي نقطة عديمة اللون ذات أبعاد (0.33,0.33)، ونجد أن أي خط مستقيم يمر من هذه النقطة، يشكل زوجاً من لونين متممين لبعضهما البعض(AB).

- إن أي نقطة داخل هذا المنحني تمثل لوناً وحيداً مدركاً حسياً، لكن قد ينتج اللون نفسه عن عدة مزائج لونية (الأزواج CD,FG,HJ كلها تعطي نفس اللون T إذا اجتمعت بالنسبة الصحيحة).
- منحني Black body curve:

يعبر عن علاقة تغير اللون بدرجة الحرارة، حيث أنه عند درجات حرارة مرتفعة يصبح اللون على علاقة بدرجة الحرارة بشكل أكبر بكثير من علاقته بطول الموجة، ويبين الشكل (13) هذا المنحني بالإضافة إلى مصادر الإضاءة القياسية.




**الشكل (13) أقسام منحني CIE 1931**

**قيم التنبيه الثلاثي X,Y,Z:**

قامت المنظمة الدولية للاضاءة CIE1931 بتحديد قيم التنبيه الثلاثي انطلاقا من تحديد العناصر الثلاثة المستخدمة في تقييم اللون وهي: مصدر الاضاءة، المراقب، الجسم، حيث استخدمت المصدر القياسي C للإضاءة، والمراقب القياسي $2^o$.

**الخطوات المتبعة لتحديد قيم التنبيه الثلاثي بطريقة CIE1931:**

- إيجاد SPD أي التوزع الطيفي لطاقة مصدر الضوء.
- إيجاد توابع اللون المكافئ (تابع مطابقة اللون) $\bar{X},\bar{Y},\bar{Z}$ للمراقب القياسي (CIE $2^o$) .
- إيجاد منحني الانعكاسية للجسم المراد تحديد لونه.

تستخدم هذه المعطيات لتشكيل منحني يمثل كافة مجال أطوال الموجات في المنطقة المرئية وضمن فواصل أطوال موجات قصيرة.

نحصل على قيم التنبيه الثلاثي بحساب المساحة تحت المنحي المطابق باستخدام المعادلات:

$$X = k.\sum_{\lambda} P_{\lambda}.R_{\lambda}.\bar{x}_{\lambda}.(\Delta\lambda)$$

$$Y = k.\sum_{\lambda} P_{\lambda}.R_{\lambda}.\bar{y}_{\lambda}.(\Delta\lambda)$$

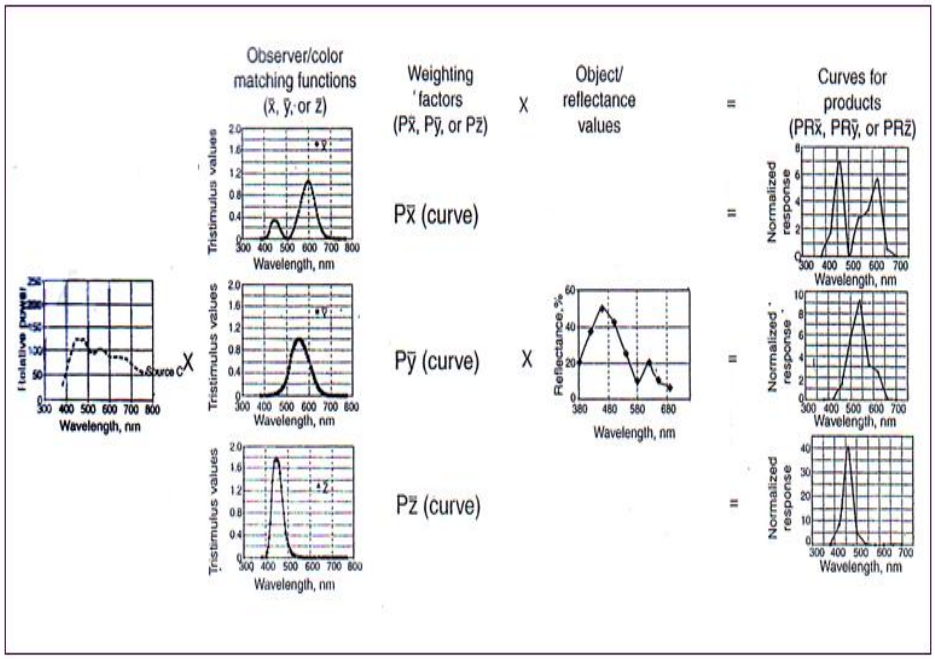
$$Z = k.\sum_{\lambda} P_{\lambda}.R_{\lambda}.\bar{z}_{\lambda}.(\Delta\lambda)$$

تم اختيار قيم k بحيث تكون Y مساوية لمجموع الضوء المنعكس عن العينة أي الإضاءة (Lightness).

$$x = X/(X+Y+Z)$$

$$y = Y/(X+Y+Z)$$

$$z = Z/(X+Y+Z)$$

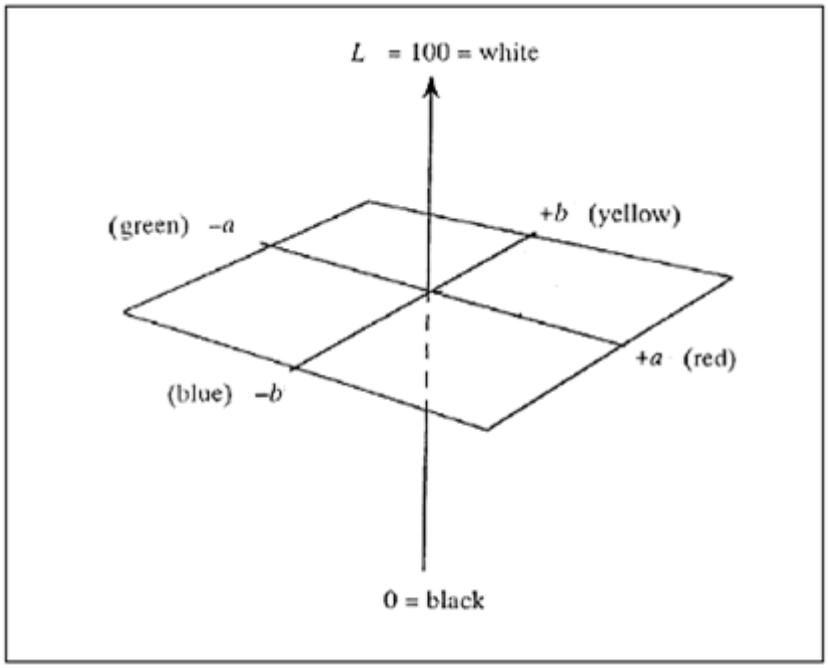



**الشكل (14) استنتاج قيم التنبيه الثلاثي**

### 5-3-4 نظام Hunter L,a,b:

تم تطوير هذا النظام واعتمد عام 1958، وهو يعتمد في الأساس على نظرية تضاد الألوان، حيث يتم وصف اللون وفق الإحداثيات الثلاثية الشكل (15) كما يلي:

- المحور L: يمثل السطوع يمتد من (0) للأبيض وحتى (100) للأسود.
- المحور a: يمثل (الأحمر– أخضر)، حيث تكون قيم a الموجبة للأحمر وa السالبة للأخضر، أما إذا كانت a = 0 عندها لا يوجد لون (لون محايد).
- المحور b: يمثل (أصفر – أزرق)، حيث تكون قيم b الموجبة للأصفر و b السالبة للأزرق أما إذا كانت b = 0 عندها لا يوجد لون (لون محايد).




**الشكل (15) الفراغ اللوني لنظام Hunter L,a,b**

وترتبط قيم L,a,b مع X,Y,Z قيم التنبيه الثلاثي لـــ CIE وفق العلاقات التالية:

$$L = 100 * \sqrt{Y/Yn}$$

$$a = Ka * \left[ \frac{X/Xn - Y/Yn}{\sqrt{Y/Yn}} \right]$$

$$b = Kb * \left[ \frac{Y/Yn - Z/Zn}{\sqrt{Y/Yn}} \right]$$

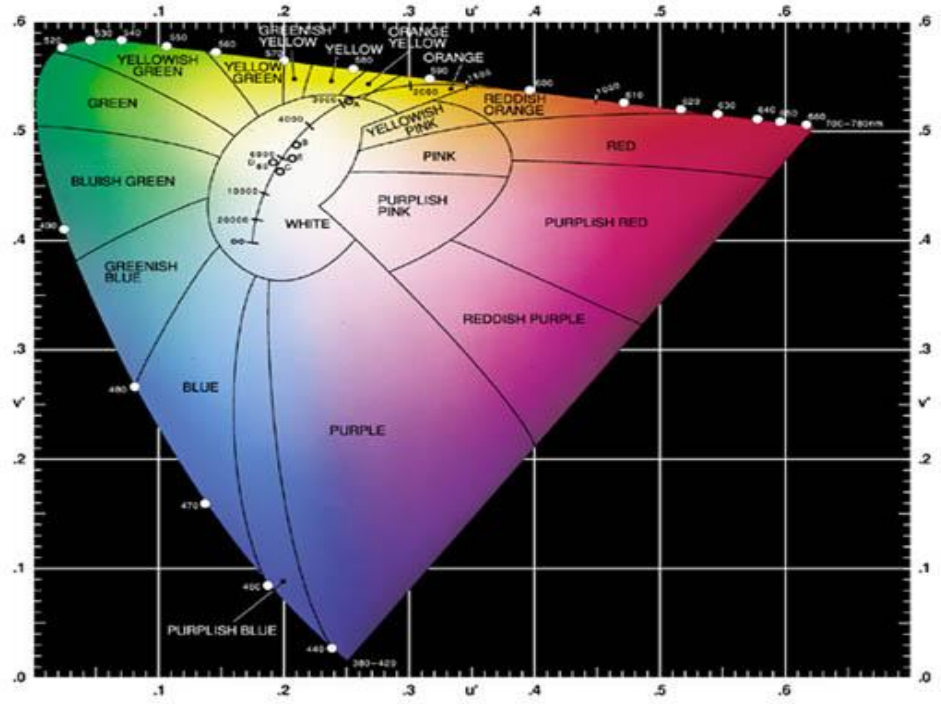
حيث: Xn ,Yn, Zn قيم التنبيه الثلاثي للإضاءة، Yn = 100.

Xn وZn تسجل في جداول حسب مصدر الإضاءة وزاوية المراقب.

Ka و Kb معاملات لونية للإضاءة، تسجل في جداول حسب مصدر الإضاءة وزاوية المراقب.

### 6-3-4 نظام CIE L*, a*, b* عام 1976:

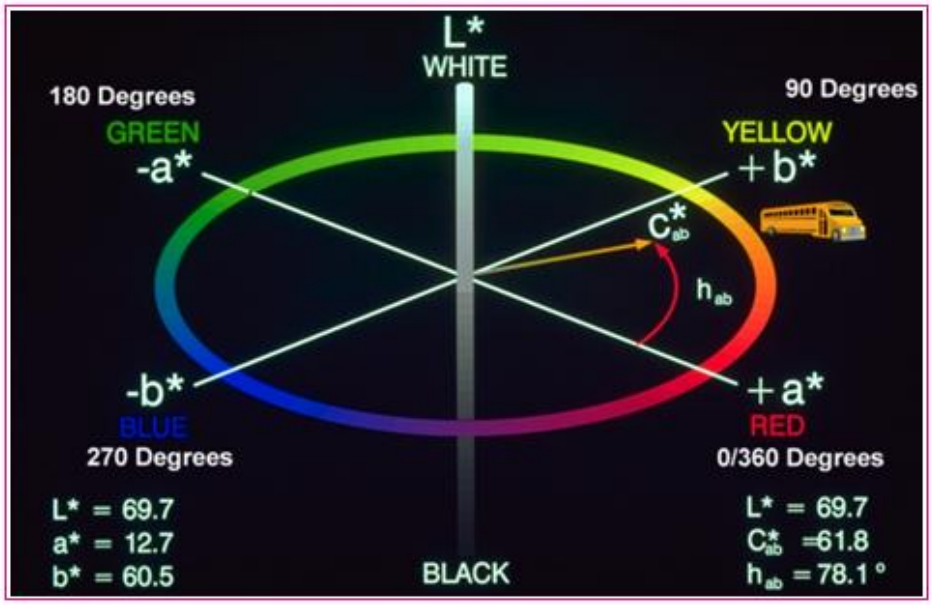
تم تعديل الرسم البياني لنظام CIE 1931 لتلافي عدم التوافق البصري، وذلك بزيادة المسافات البصرية لمنطقة اللون الأحمر عدة أضعاف باتجاه منطقة اللون الأخضر، ليتم إنجاز الطيف المحسن الذي تم اعتماده عام 1976، الشكل (16).




الشكل (16) الرسم البياني المعدل

نظراً لصعوبة فهم قيم التبيه الثلاثي ومن أجل إدراك أفضل للون قامت المنظمة الدولية للإضاءة 1976 بإجراء مجموعة من التحويلات الجذرية المكعبة لقيم التنبيه الثلاثي **(CIE L*, a*, b*)**، والذي يقترب كثيراً من الفراغ البصري للعينات القياسية في نظام مانسيل.

**CIE L*, a*, b*** عبارة عن فراغ لوني مستطيل ثلاثي الأبعاد مبني على نظرية الألوان المتضادة ويرمز له اختصاراً CIELAB.الشكل (17).




**الشكل (17) يبين الفراغ اللوني L*,a*,b* والتمثيل القطبي**

- محور **L*** (الإضاءة): أو درجة دكانة اللون ويتدرج من الصفر (الأسود) إلى المائة (الأبيض).
- محور **a*** (الأحمر- الأخضر): القيم الموجبة تعبر عن اللون الأحمر والقيم السالبة عن اللون الأخضر (ضمن مجال يتراوح بين **+60** إلى **-60**) والقيمة صفر تعبر عن الرمادي.
- محور **b*** (الأصفر- الأزرق): القيم الايجابية تعبر عن اللون الأصفر أما القيم السالبة فهي تعبر عن اللون الأزرق

(ضمن مجال يتراوح بين **+60** إلى **−60**) والقيمة صفر تعبر عن الرمادي.

إن قيم الـ **L*, a*, b*** مشتقة بشكل رياضي من **X,Y,Z** والمعادلات التالية توضح العلاقة بين هذه المتحولات:

$$\mathbf{L}^* = 116(Y/Yn^{1/3}) - 16$$
$$\mathbf{a}^* = 500\,[(X/Xn)^{1/3} - (Y/Yn)^{1/3}]$$
$$\mathbf{b}^* = 200\,[(Y/Yn)^{1/3} - (Z/Zn)^{1/3}]$$

كما تم اقتراح تمثيل قطبي لنظام الاحداثي المستطيل **CIE L*,a*,b*** حيث يسمح هذا النظام بتحديد اللون عن طريق الزاوية اللونية أو تدرج اللون (**h°** , hue angle) ودرجة الاشباع أو صفاء اللون أو نقاوته (**C***, Chroma , Saturation) (الشكل17)، وهذه الإحداثيات الأخيرة (**C*, h°**) تحسب انطلاقاً من **b*** و **a*** كما يلي :

$$\mathbf{C}^* = [(b^*)^2 + (a^*)^2]^{1/2} \qquad \mathbf{h}^\circ = \tan^{-1}(b^*/a^*)$$

اعتمدت CIE منذ عام 1976 المراقب °10 ومصدر الإضاءة D65 (المصدر C متضمناً أشعة UV).

# الفصل الخامس

## * أجهزة قياس لون الدقيق *

# أجهزة قياس لون الدقيق

# Flour color measurement devices

## 1-5 مقدمة Introduction:(7-9-15)

تعد الطرق الآلية لقياس اللون أكثر دقة من الطرق البصرية، فهي تستبعد الذاتية، وتستغرق وقتاً أقل، وبشكل عام تكون عملية القياس بواسطتها أبسط بكثير.

ليكون المقياس اللوني مفيداً ينبغي أن يكون متعلقاً بكيفية رؤيتنا للون، سهل الفهم، خطياً على امتداد الطيف اللوني، ولديه المقدرة على قياس الفروقات اللونية (تقدير كمي).

من أجل توحيد قياس اللون عالمياً تم إيجاد أنظمة مختلفة، واعتماداً على هذه الأنظمة تم تطوير أجهزة قياس اللون.

بشكل عام توجد ثلاثة نماذج معتمدة لقياس لون الدقيق:

- مقاييس اللون أحادية اللون (وحيدة طول الموجة) monochromatic colorimeter: مثل جهاز كنت جونز، وجهاز أغترون.
- مقاييس اللون ثلاثية التنبيه tristimulus colorimeter: مثل جهاز Colorimeter.
- مقياس اللون الطيفي the colorimetric spectrophotometer مثل جهاز Minolta.

## 2-5 أجهزة قياس لون الدقيق Flour color measurement devices: (1-2-3-9-15)

تعددت الأجهزة المستخدمة وذلك حسب مجال استخدامها، كما تم تعديل العديد من الأجهزة وتطويرها لتصبح أكثر دقة وموضوعية، وفيما يلي وصف موجز لأهم أجهزة قياس لون الدقيق وأكثرها انتشاراً:

### 1-2-5 جهاز أغترون Agtron device:

هو جهاز مصمم لقياس اللون الخارجي للمنتج الغذائي وذلك بقياس الطيف المنعكس عن العينة عند أطوال ثلاث موجات وحيدة اللون، الشكل(18).

يستعمل الجهاز مصدراً ضوئياً مكوناً من أنبوبين مفرغين متحدي المركز، يملأ أحدهما ببخار الزئبق والأخر نيون بحيث يشعان ضوءاً بأطوال أمواج معينة هي:

(346 nm الأزرق) و (546 nm الأخضر) و (640 nm الأحمر).

بحيث يستخدم اللون الأخضر لقياس اللون الناتج عن تواجد النخالة والمواد ذات الدرجة اللونية المنخفضة.

تستعمل مصفاة تداخل لتفريق هذه الأمواج، ثم يسقط الضوء المنعكس على أنبوب ضوئي يحوله إلى إشارة كهربائية تتناسب مع شدته.

كما ويزود الجهاز بأقراص قياسية مرقمة لمعايرة الجهاز، وهذه الأقراص لها درجات لونية مختلفة تبدأ بالرمادي، بحيث يزداد البياض بازدياد الرقم على القرص.

تتم معايرة مقياس المدرج بالقرصين ليعطي معامل انعكاس من (0 – 100)%، وحسب الخط الطيفي المختار، نقرأ على المقياس المدرج معامل الانعكاس النسبي للعينات.

ويتم قياس لون الدقيق في جهاز أغترون Agtron بطريقتين:

* الطريقة الرطبة:

يحيث يضاف 25ml ماء مقطر في فنجان عينة يحتوي 20 ml دقيق، ويتم المزج حتى يصبح المزيج ناعماً، وتوضع العينة في الحجيرة بعد معايرة الجهاز وتؤخذ النتيجة مقربة إلى 0.5 وحدة.

* الطريقة الجافة:

في هذه الطريقة يملأ فنجان العينة بحوالي 25-30 gr من الدقيق الجاف، ويتم ذلك بصورة متجانسة من خلال رفع الكأس حوالي 1.25 cm وإسقاطه على صفيحة مطوية من محارم الوجه ذات سطح قاس ولكن مرن قليلاً، وتكرر هذه العملية حوالي 45 - 40 مرة، ثم تؤخذ القراءة على الجهاز كما سبق.

**الشكل (18) جهاز أغترون**

### 2-2-5 جهاز كنت جونز Kent - Jonse device:

وهو مطور عن جهاز ساتاكي (Satake)، يستخدم جهاز كنت جونز لتحديد اللمعان أو السطوع الناتج عن وجود النخالة والمواد الغريبة وذلك عند طول موجة 540 nm حيث يلغى تأثير الصبغات، الشكل (19).

يعتمد مبدأ الجهاز على قياس فرق شدة الضوء بين خليتين كهرضوئيتين، إحداهما تستقبل الضوء من لمبة الإضاءة الرئيسية مباشرة، وهي خلية المقارنة ويمكن ضبط كمية الضوء الواصل إليها بواسطة مفتاح الصفر، والثانية تستقبل الضوء من نفس المصدر الضوئي، ولكن بعد انعكاسه على سطح خلية العينة الموجود ضمنها مزيج من (الماء والدقيق) المراد تقدير لونه، وتدعى هذه الخلية

الكهرضوئية بخلية القياس، ويمكن ضبط شدة الأشعة المنعكسة بواسطة قرص خاص يدعى main dial وذلك بمساواتها بشدة الأشعة الواصلة إلى خلية المقارنة.

يعتمد قياس اللون على تحديد نقطة التوازن بين شدة الضوء الواصل إلى كلا الخليتين وذلك بواسطة المقياس الغلفاني، الذي يشير عند التوازن إلى الصفر، عند ذلك نقرأ درجة اللون على القرص الرئيسي main dial الذي تمت بواسطته الموازنة بين الشدة الضوئية الواصلة للخليتين الضوئيتين، وتجري معايرة دورية للجهاز باستخدام عينات قياسية (stander) ذات درجات لونية معروفة ترسل من المخبر المركزي.

**الشكل (19) جهاز كنت جونز**

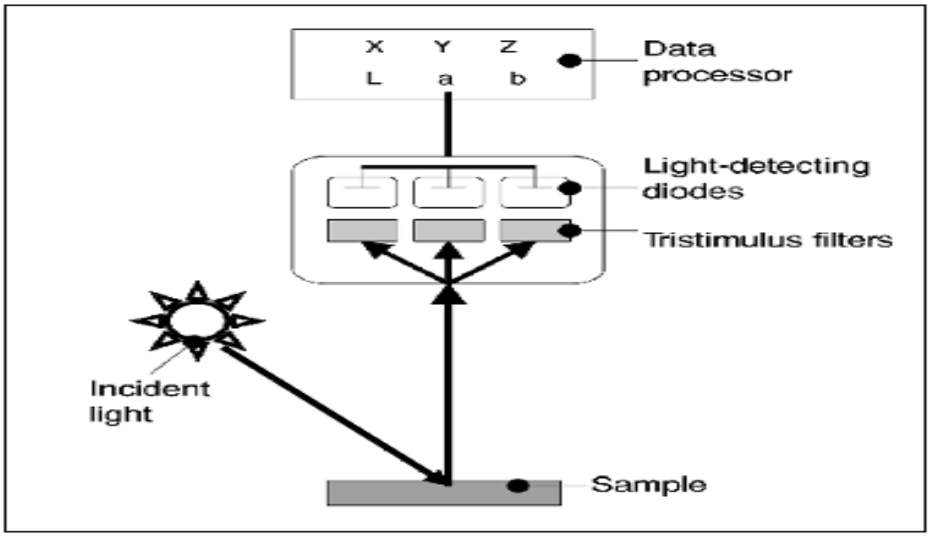
يصنف الدقيق حسب درجته اللونية المقاسة بجهاز كنت جونز حسب الجدول التالي:

جدول (4) يبين تصنيف الدقيق عالمياً حسب نسبة الاستخراج

| نوعية الدقيق | درجة اللون ( كنت جونز ) |
|---|---|
| دقيق ممتاز جداً | -١ – ٠.٥ |
| دقيق ممتاز | ٠.٦ – ١.٢٥ |
| دقيق جيد | ٢ – ٤.٥ |
| دقيق متوسط | ٥ – ٧.٥ |
| دقيق رديء | ٨ – ١٢.٥ |

**3-2-5 جهاز الكولوريمتر colorimeter device:**

تعتمد هذه الأجهزة في قياسها للون على وجود ثلاثة مستقبلات للون في العين، حيث تضاء العينة بواسطة مصدر ضوئي مناسب، ثم يمرر الضوء المنعكس عبر ثلاثة مرشحات للون الأحمر والأخضر والأزرق، ليتم بعدها الحصول على قيم التنبيه الثلاثي X,Y,Z التي تحول إلى المقياس اللوني المطلوب، حيث يتم تحويل النتائج إلى CIELAB أوHunter LAB أو x,y,Y.




**الشكل (20) آلية عمل أجهزة colorimeter**

إن هندسة اللون لهذه الآلة هي °45/0 أو °0/45، وبالتالي فهي تدرس تغير لون المنتج مع الأخذ بعين الاعتبار طبيعة وأبعاد السطح.

**الشكل (21) جهاز colorimeter**

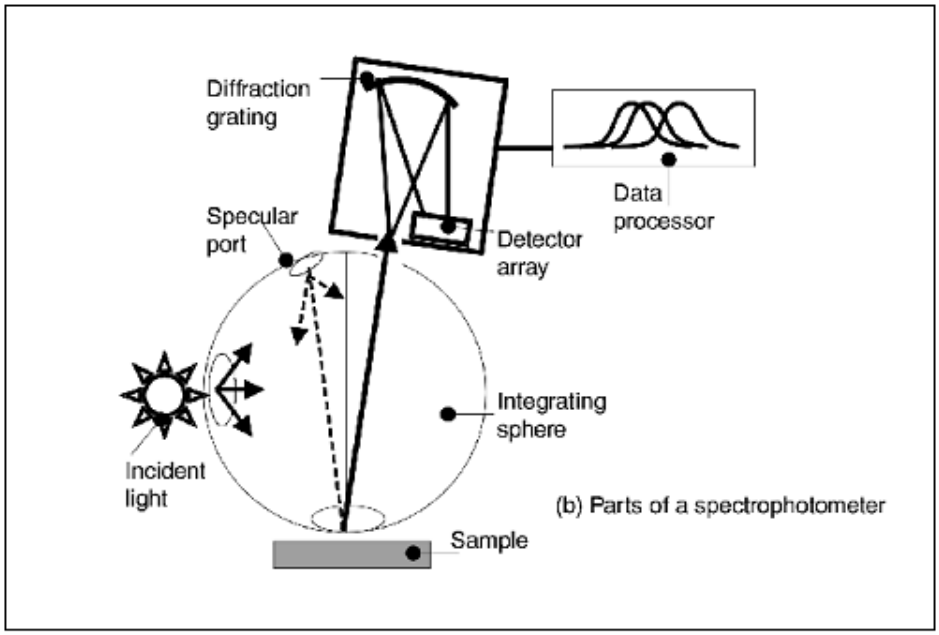
### 4-2-5 جهاز السبكتروفوتومتر spectrophotometer device:

يعتمد السبيكتروفوتومتر بخلاف colorimeter في قياس اللون على قياس كامل الطيف للضوء المرئي المنعكس عن العينة (منحني الانعكاسية) للمواد العاتمة، أو قياس كامل الطيف للضوء المرئي النافذ خلال العينة(منحني النفوذية) للمواد الشفافة، وذلك ضمن مجال أطوال موجية (380-700 nm) وبفواصل تختلف تبعاً لطبيعة الحساس الطيفي والمتحكم الالكتروني وعادة تكون (10 أو 20)nm، الشكل(22).

تستخدم معظم أجهزة السبيكتروفوتومتر الهندسة الكروية (d/8°)، وتمتاز الأجهزة الحديثة باستخدام شعاع مقارنة، وهو الضوء المنتشر داخل الحجرة الكروية الذي يضيء سطح العينة، حيث يتجمع هذا الضوء عند فتحة مرجعية ويوجه بواسطة مرآة إلى حساس طيفي مشابه للحساس الطيفي للضوء المنعكس، وبناءً على ذلك، تظهر النتيجة كنسبة مئوية بدلاً من قيمة مطلقة، وبالتالي يتم إلغاء الانحرافات الصغيرة الناتجة عن الخطأ الفيزيائي والالكتروني.

تظهر الأخطاء القياسية عند تحديد هندسة القياس، فعندما يراد التحكم بنوعية المنتج النهائي يتم اختيار (SCI)، ولتمثيل ما تراه العين يتم اختيار (SCE).

تمتاز هذه الأجهزة بأنها أكثر دقة من أجهزة الكولوريمتر في قياس الإضاءة والاصفرارللدقيق، إلا أنها أكثر غلاءً.




**الشكل (22) آلية عمل أجهزة spectrophotometer**

# * الفصل السادس *

## *القسم العملي*

** خطة العمل **

* قياس لون الدقيق باستخدام جهاز(كنت جونز ومارتن).

* قياس لون الدقيق باستخدام جهاز (Minolta).

* قياس لون الدقيق باستخدام جهاز (Minolta) اليدوي.

* إيجاد العلاقة بين طرق قياس اللون السابقة مع بعضها البعض.

* قياس نسبة الرماد.

* قياس نسبة الرطوبة.

## 6 -1 المواد المستخدمة:

١. تم استخدام عينات دقيق من مطحنة (شركة المطاحن الكبرى – المدينة الصناعية في حسياء – حمص).

تم أخذ هذه العينات من مراحل التصنيع المختلفة، حيث تختلف عن بعضها بدرجاتها اللونية، وهذه العينات هي:

**C2:1, C3:1 , C4:1, C5:1 , C6:1 , C7:1, C8:1 , C9:1, C10:1 .**

**.C1: A1, C1:B1.**

**B3:1 , B4:1, B1+B2.**

**DF1, DIV1 DIV2 .**

٢. ماء مقطر.

٣. محلول ملح الطعام بتركيز 2%.

## 6 -2 تحضير وتقديم العينة:

من أجل الحصول على نتائج دقيقة ممثلة لخصائص المادة ككل نقوم باتباع الخطوات التالية:

١. نختار عينةً تكون ممثلة للمنتج.

٢. نحضر العينة بطريقة نحصل فيها على أفضل تقريب لخواص العينة المثالية.

٣. نحضر العينات بنفس الطريقة كل مرة.

٤. نقدم العينات إلى الجهاز بطريقة قابلة للتكرار.

٥. تحضير محضرات متعددة للعينات وأخذ متوسط القياسات.

## 6 - 3 قياس لون الدقيق باستخدام جهاز أو (مدرج) كنت جونز ومارتن:

## Kent – jones &martin flour color grader

يعد هذا الجهاز أحد أكثر الأجهزة استخداماً في مخابر المطاحن والتموين في الوقت الحالي.

يعطي اختبار لون الدقيق باستخدام هذا الجهاز فكرة واضحةً عن مدى احتواء الدقيق على جزيئات من النخالة، والتي تسبب زيادة نسبتها في الدقيق إلى رفع درجة اللون.

**مواصفات الجهاز:**

١- الدرجة اللونية للعينة القياسية 8.45 (بواحدة كنت جونز) وتم ضبط الجهاز على أساسها، وذلك باستخدام بزال معايرة مجاله [-5،+5].

٢- اللمبة المستخدمة في الجهاز هي لمبة الهالوجين 6 v.

٣- دقة القياس لهذا الجهاز هي ± 0.2.

٤- مجال القياس [-5،+18].

٥- كلما انخفضت قراءة جهاز كنت جونز كلما كان الدقيق أكثر بياضاً.

**طريقة العمل:**

١- لا بد أولاٌ من ضبط الجهاز والتأكد من جاهزيته للعمل باستخدام عينة قياسية( standard) تم تحديد لونها مسبقاً في المخبر المركزي.
٢- تغسل خلية القياس البلورية بالماء جيداً ثم بالماء المقطر لأن وجود الأوساخ عليها يزيد من نسبة الأشعة الممتصة وبالتالي نحصل على نتائج خاطئة.
٣- يتم وزن 30 غرام من الدقيق المراد اختباره، ويوضع في بيشر سعة 250 ميللتر، ويضاف لها 50 ميللتر ماء مقطر بالدرجة 20°م، وعند لحظة إضافة الماء نضغط زر(start timer)، ويمزج الدقيق مع الماء بشكل جيد بواسطة محرك كهربائي أو سباتولا، مع مراعاة عدم بقاء حبيبات غير منحلة تؤثر على دقة القياس.
٤- تمسك الخلية بشكل مائل قليلاً، ويسكب المزيج الناتج حتى المستوى المشار إليه بالخطين على جدار الخلية، مع تجنب إحداث فقاعات هوائية ضمن المزيج لأنها تؤثر على قراءة اللون.
٥- توضع الخلية ضمن الجهاز بالوضع الصحيح ويغلق الغطاء الخارجي لها، ونضغط زر ( measure ).

ملاحظة: يجب أن لا يتجاوز الزمن من لحظة إضافة الماء حتى وضع الخلية ضمن الجهاز 45 ثانية.

٦- عندما يشير المؤقت الزمني في الجهاز إلى الزمن 90 ثانية، يتم أخذ قراءة الجهاز المعبرة عن لون الدقيق ويقوم الجهاز بطباعة النتيجة.

٧- بعد انتهاء القراءة، يفتح الغطاء وتخرج الخلية وتغسل بالماء العادي ثم بالماء المقطر وتجفف لتكون جاهزة للعمل فيما بعد.

## 4-6 قياس لون الدقيق باستخدام جهاز Minolta:

تم تصنيع هذا الجهاز من قبل شركة Konica Minolta اليابانية، موديل الجهاز (CM 3500 d).

يعتمد على مبدأ عمل أجهزة السبيكتروفوتومتر، حيث أن المبدأ الأساسي لعملية قياس الانعكاس هي كما يلي:

- ينتشر الضوء الناتج عن لمبة (Xenon) داخل الحجرة الكروية (Integrating sphere)، ويضيء بالتساوي سطح العينة.
- يتم عكس الضوء المنعكس عن سطح العينة بزاوية 8 (بالنسبة للمتعامد مع سطح العينة) بواسطة مرآة، ثم يذهب خارج الحجرة الكروية ماراً عبر فتحة الإضاءة (illumination port) إلى حجرة قياس النفوذية، ثم يتم تجميعه عبر نظام عدسات لأخذ القياسات، ثم يدخل الى الحساس الطيفي (للقياس).

  وبنفس الوقت، يدخل الضوء الموجود داخل الحجرة الكروية (الضوء الذي يضيء سطح العينة) إلى كابلات optical fiber cable لمراقبة الإضاءة، ثم ينفذ إلى حساس طيفي (لمراقبة الإضاءة).

- الضوء الداخل إلى كل من الحساسين الطيفيين يتم تقسيمه وفقاً لطول الموجة (من 400-700 nm، وذلك باستخدام مجال فاصل هو 20 nm) بواسطة

فلتر، ثم يدخل كل طول موجة إلى الجزء الموافق في الديود الضوئي ،ليحول الضوء المستقبل إلى تيار كهربائي متناسب مع شدة الضوء، ومن ثم يمر هذا التيار الكهربائي إلى دارة تحكم تشابهية analog.

- دارة التحكم التشابهية تحول التيار الى قيم تشابهية متناسبة بالفولت، ومن ثم إلى إشارات رقمية تدخل إلى cpu الحاسب، حيث يقوم بعدها الحاسب بحساباته لتحديد قيم الانعكاس الطيفي لكل مجال من طول الموجة، ومن ثم تظهر النتيجة على الحاسب المتصل مع الجهاز.

إن نظام التحكم بدارة مغلقة ثنائية الأشعة لهذا الجهاز يستخدم اثنان من الحساسات الطيفية، حساس يستقبل الضوء المنعكس عن سطح العينة، والحساس الثاني يراقب الضوء ضمن الحجرة المتكاملة، إن استخدام حساسين طيفيين في هذه الطريقة يمكننا من إهمال الانحرافات(التغيرات) الصغيرة في خواص الطيف أو شدة الإضاءة أثناء الحساب.

**الشكل (23) جهاز Minolta**

**1-4-6 قياس لون الدقيق الجاف:**

يتم قياس لون الدقيق الجاف وفق الخطوات التالية:

- ✓ تشغيل الجهاز مع الحاسب المتصل به.
- ✓ نشغل برنامج الجهاز (spectra magic)، الذي يسمح بمعالجة البيانات التي تم الحصول عليها بعدها نعطي الأمر( run) وعند ظهور الإشارة الخضراء يعني أن الاتصال قد تم.
- ✓ نقوم بضبط الجهاز للعمل وفق هندسة إضاءة هي **(SCI)** speculer component included، ومصدر الإضاءة هو D65، والمراقب 10°، المساحة المضاءة للعينة هي 30mm.
- ✓ نقوم بمعايرة الجهاز باستخدام شاهدين أحدهما أبيض L =100 والآخر أسود L = 0 مزود بهما الجهاز.
- ✓ نضع كمية كافية من الدقيق في طبق زجاجي، بعد تنظيفه وتجفيفه بشكل جيد، وهو مخصص للقياس ويكون مرفقا بالجهاز، وتضغط العينة بشكل جيد لمنع تشكل فراغات، ثم يوضع الطبق في المكان المحدد على الجهاز.
- ✓ نضغط على measure target ونكتب اسم العينة ثم enter.
- ✓ يتم أخذ القراءة الممثلة لمتوسط ثلاث قراءات متتالية، حيث يعطي الجهاز كلاً من قيم L, a, b.

### 6-4-2 قياس لون (الدقيق+ماء):

من أجل إلغاء خاصية التحبب التي تتميز بها أنواع الدقيق عن بعضها البعض والتي تؤثر بشكل مهم على قياس اللون، يتم إضافة الماء إلى الدقيق بطريقة مماثلة لطريقة العمل بجهاز كنت جونز.

حيث يتم وزن 30 غرام من الدقيق وتوضع في بيشر، ويضاف لها 50 ميللتر ماء مقطر بالدرجة 20°م، ويتم الخلط بشكل جيد مدة 45 ثانية بواسطة سباتولا، وذلك ابتداءً من لحظة إضافة الماء، بعدها يتم سكب العينة في الطبق المخصص للقياس ووضع الطبق في المكان المخصص على الجهاز.

وكما هو الحال عند استخدام جهاز كنت جونز، عندما يصبح الزمن الكلي 90 ثانية نقيس اللون بالضغط على measure target، وهكذا لأجل باقي العينات.

### 6-4-3 قياس لون العجين:

تم تحديد لون العجين باستخدام جهاز Minolta بعد تحضيره مباشرة، أي عند الزمن صفر.

يتم تحضير العجين بأخذ 10 غرام من الدقيق في بيشر، ثم يضاف 5.2 مللتر محلول ملح الطعام 2% المحضر مسبقاً مع العجن المستمر حتى الحصول على عجينة متجانسة ومتماسكة القوام.

بعدها يتم وضع العجينة على زجاجة خاصة موضوعة في مكان القياس على الجهاز وتضغط العجينة بشكل جيد.

تؤخذ القراءة الناتجة عن كل عينة بنفس آلية العمل السابقة.

## 5-6 قياس لون الدقيق باستخدام جهاز Minolta اليدوي:

تم قياس لون عينات الدقيق السابقة باستخدام جهاز Minolta اليدوي الموجود في مخبر مطحنة (شركة المطاحن الكبرى) حيث أن مبدأ عمل هذا الجهاز مماثل لجهاز Minolta السابق إلا أنه يقيس لون الدقيق الجاف فقط ولون الخبز.

**الشكل (24) جهاز Minolta اليدوي**

**طريقة العمل:**

١- يعاير الجهاز على أساس البياض الناصع الذي يأخذ قيمة عليا في هذا الجهاز هي 97.5 والقيمة صفر للون الأسود.
٢- توضع العينة في طبق خاص للقياس ويكون الجهاز بوضعه الشاقولي ثم نضغط (enter) فتظهر القراءة على شاشة الجهاز.
٣- تكرر العملية ثلاث مرات للتأكد من صحة النتائج.
٤- دقة القياس بهذا الجهاز هي ±0.01.
٥- ترفض عينات الدقيق التي تكون فيها (L) المعبرة عن سطوع الدقيق أقل من 91.5.

## 6-6 تحديد رطوبة الدقيق:

الرطوبة هي عبارة عن كمية الماء في المادة الغذائية حيث يعبر عنها بالنسبة المئوية من وزن هذه المادة.

تعتبر رطوبة المادة الأولية بشكل عام والدقيق هنا بشكل خاص واحدة من أهم المؤشرات المؤثرة بشكل كبير على حفظ المادة الغذائية، ومدة تخزينها، وعلى سير العمليات التصنيعية، وعلى سعر المواد الأولية.

تم تعيين رطوبة الدقيق باستخدام جهاز NIR المستخدم في مخبر شركة المطاحن الكبرى.

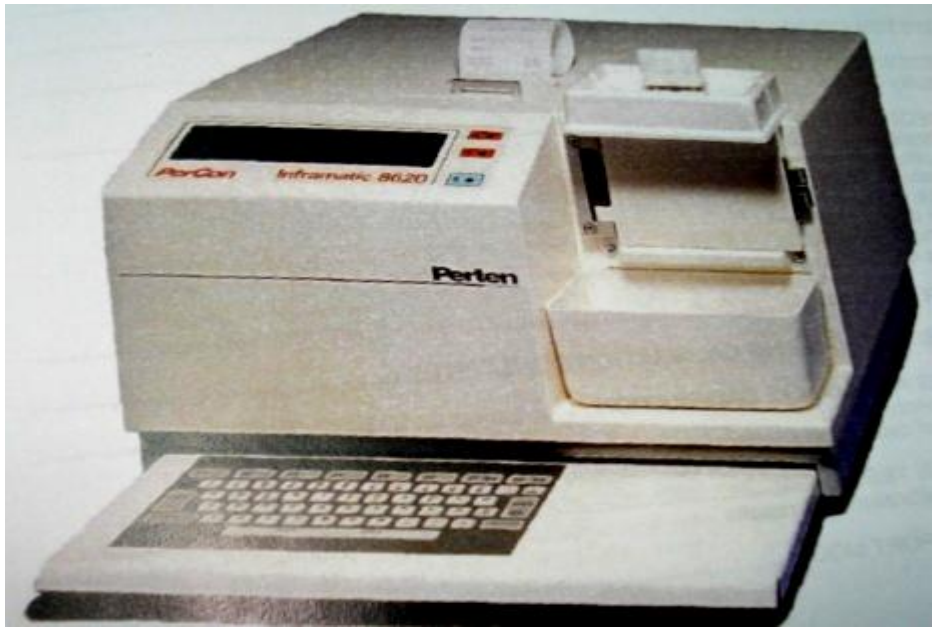
يستخدم هذا الجهاز من أجل القمح والشعير والدقيق.

حيث تم أخذ حوالي 15-10 غرام من الدقيق، توضع في وعاء خاص ضمن الجهاز بعدها يتم ضغط الدقيق بأداة خاصة في الجهاز.

نختار على شاشة الجهاز نوع العينة المراد قياس رطوبتها (دقيق) ثم نقوم بضغط Enter، بعد عدة ثوان تظهر النسبة المئوية للرطوبة على شاشة الجهاز.

بالإضافة لقياس نسبة الرطوبة فإن هذا الجهاز يقيس نسبة الرماد والبروتين والقساوة، وكمية الماء الممتص، وzeleny، وذلك بنفس الطريقة السابقة.

ملاحظة: الرطوبة الحدية للدقيق 14%.




**الشكل (25) جهاز NIR**

## 7-6 تحديد نسبة الرماد:

هو عبارة عن الجزء المتبقي من المواد غير عضوية بعد حرق المادة العضوية الموجودة في المنتجات الغذائية في المرمدة على درجة حرارة عالية تتراوح بين $500 – 600\ C^o$.

تم قياس نسبة الرماد في عينات الدقيق باستخدام جهاز NIR السابق وبنفس طريقة قياس رطوبة الدقيق.

## 8-6 النتائج والمناقشة:

### 1-8-6 قياس لون الدقيق باستخدام جهاز كنت جونز:

تم قياس لون عينات الدقيق السابقة بهذا الجهاز وكانت النتائج كما هو مبين:

**الجدول(5) لون الدقيق باستخدام كنت جونز**

| العينة | قراءة جهاز كنت جونز |
|---|---|
| C 2 :1 | -0.33 |
| C 3 :1 | -0.78 |
| C 4: 1 | 0.68 |
| C 5 :1 | 0.52 |
| C 6:1 | 5.41 |
| C 7 :1 | 3.49 |
| C 8 :1 | 6.81 |
| C 9:1 | 9.59 |
| C 10: 1 | 7.29 |
| C1 A1 | -0.13 |
| C1 :B1 | 2.58 |
| B 3 :1 | 3.25 |
| B4 :1 | 7.46 |
| B1 +B2 | 2.92 |
| Df1 | 9.63 |
| DIV1 DIV2 | 4.32 |

### 6-8-2 قياس لون الدقيق باستخدام جهاز Minolta:

تم قياس لون الدقيق الجاف باستخدام جهاز Minolta وكانت النتائج:

**الجدول (6) قيم التنبيه الثلاثي لعينات الدقيق**

| العينة (الدقيق) | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|
| C 2 :1 | 93.53 | 0.43 | 11.50 |
| C 3 :1 | 93.81 | 0.40 | 11.53 |
| C 4: 1 | 92.87 | 0.47 | 11.41 |
| C 5 :1 | 93.26 | 0.45 | 11.56 |
| C 6:1 | 89.35 | 1.03 | 13.65 |
| C 7 :1 | 90.96 | 0.79 | 13.26 |
| C 8 :1 | 89.63 | 0.96 | 13.01 |
| C 9:1 | 88.76 | 1.07 | 11.87 |
| C 10: 1 | 88.49 | 1.16 | 14.02 |
| C1 A1 | 93.32 | 0.51 | 11.56 |
| C1 :B1 | 92.36 | 0.53 | 11.22 |
| B 3 :1 | 92.13 | 0.56 | 11.01 |
| B4 :1 | 90.47 | 0.86 | 11.80 |
| B1 +B2 | 92.51 | 0.54 | 10.51 |
| Df1 | 89.44 | 0.95 | 11.15 |
| DIV1 DIV2 | 91.26 | 0.71 | 11.44 |

### 3-8-6 قياس لون (الدقيق + ماء) باستخدام جهاز Minolta:

تم قياس لون (الدقيق + ماء) باستخدام جهاز Minolta وكانت النتائج:

**الجدول (7) قيم التنبيه الثلاثي لعينات (الدقيق+ ماء)**

| العينة (دقيق+ماء) | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|
| C 2 :1 | 88.81 | 0.54 | 15.76 |
| C 3 :1 | 89.00 | 0.44 | 15.65 |
| C 4: 1 | 87.68 | 0.70 | 15.81 |
| C 5 :1 | 87.96 | 0.66 | 16.40 |
| C 6:1 | 83.21 | 1.82 | 17.15 |
| C 7 :1 | 85.30 | 1.26 | 16.89 |
| C 8 :1 | 82.26 | 1.83 | 17.81 |
| C 9:1 | 79.44 | 2.60 | 19.09 |
| C 10: 1 | 81.68 | 1.99 | 18.26 |
| C1 A1 | 88.66 | 0.53 | 15.70 |
| C1 :B1 | 86.05 | 1.07 | 16.01 |
| B 3 :1 | 85.66 | 1.14 | 16.37 |
| B4 :1 | 81.59 | 1.83 | 17.75 |
| B1 +B2 | 85.95 | 1.08 | 15.54 |
| Df1 | 79.22 | 2.32 | 18.28 |
| DIV1 DIV2 | 84.61 | 1.37 | 16.45 |

### 4-8-6 قياس لون العجين باستخدام جهاز Minolta:

تم قياس لون العجين بعد تحضيره مباشرة وكانت النتائج كالتالي:

**الجدول (8) قيم التنبيه الثلاثي لعينات العجين بجهاز Minolta**

| b* | a* | L* | العينة(عجين) |
|---|---|---|---|
| 18.78 | 1.08 | 81.82 | C 2 :1 |
| 20.34 | 1.34 | 81.14 | C 3 :1 |
| 19.23 | 1.32 | 80.41 | C 4: 1 |
| 19.30 | 1.30 | 81.07 | C 5 :1 |
| 20.58 | 2.98 | 75.21 | C 6:1 |
| 20.42 | 2.24 | 77.30 | C 7 :1 |
| 21.06 | 2.85 | 75.40 | C 8 :1 |
| 23.51 | 4.32 | 68.34 | C 9:1 |
| 22.47 | 3.67 | 71.33 | C 10: 1 |
| 17.45 | 0.65 | 83.21 | C1 A1 |
| 17.21 | 1.32 | 79.87 | C1 :B1 |
| 19.22 | 1.72 | 77.64 | B 3 :1 |
| 21.80 | 3.15 | 72.77 | B4 :1 |
| 17.63 | 1.57 | 78.61 | B1 +B2 |
| 22.15 | 3.76 | 70.52 | Df1 |
| 18.58 | 2.02 | 80.21 | DIV1 DIV2 |

### 5-8-6 قياس لون الدقيق باستخدام جهاز Minolta اليدوي:

تم قياس لون الدقيق الجاف باستخدام جهاز Minolta اليدوي وكانت النتائج كالتالي:

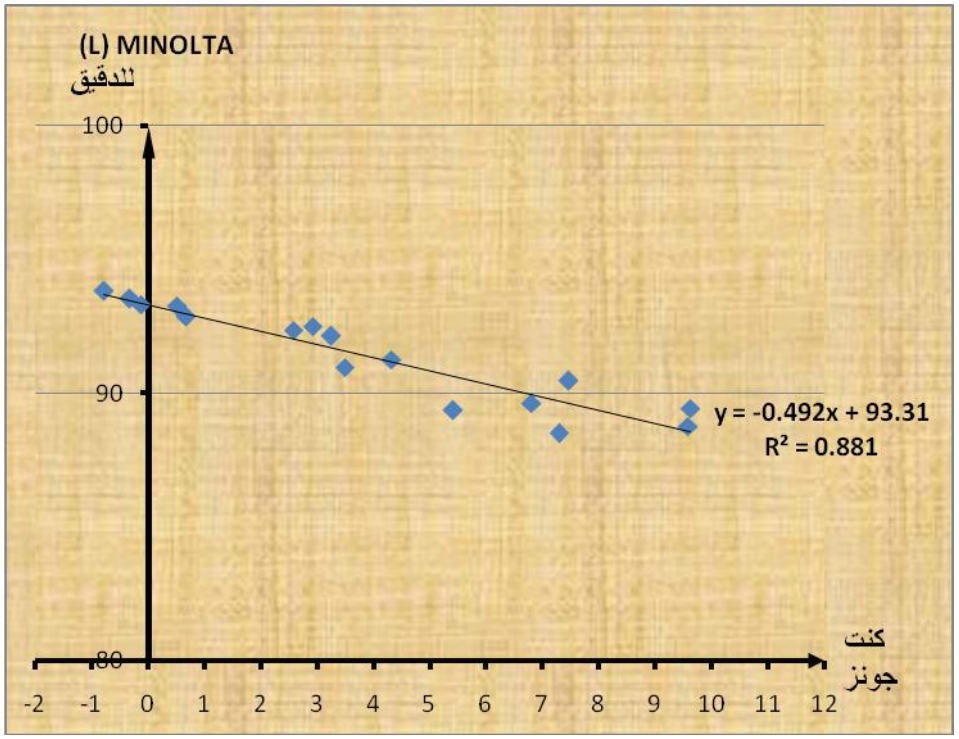
**الجدول (9) قيم التنبيه الثلاثي لعينات الدقيق بجهاز Minolta اليدوي**

| العينة (دقيق) | L* | a* | b* |
|---|---|---|---|
| C 2 :1 | 93.29 | -6.30 | 16.10 |
| C 3 :1 | 93.30 | -6.33 | 16.05 |
| C 4: 1 | 92.70 | -6.13 | 15.92 |
| C 5 :1 | 92.67 | -6.18 | 16.12 |
| C 6:1 | 88.90 | -5.27 | 17.37 |
| C 7 :1 | 90.50 | -5.68 | 17.22 |
| C 8 :1 | 89.14 | -5.16 | 16.81 |
| C 9:1 | 87.90 | -4.71 | 15.67 |
| C 10: 1 | 88.14 | -4.95 | 17.34 |
| C1 A1 | 93.15 | -6.22 | 15.99 |
| C1 :B1 | 91.76 | -5.81 | 15.5 |
| B 3 :1 | 91.74 | -5.76 | 15.61 |
| B4 :1 | 90.03 | -5.18 | 15.31 |
| B1 +B2 | 92.82 | -5.76 | 15.07 |
| Df1 | 88.76 | -4.83 | 14.87 |
| DIV1 DIV2 | 90.75 | -5.57 | 15.63 |

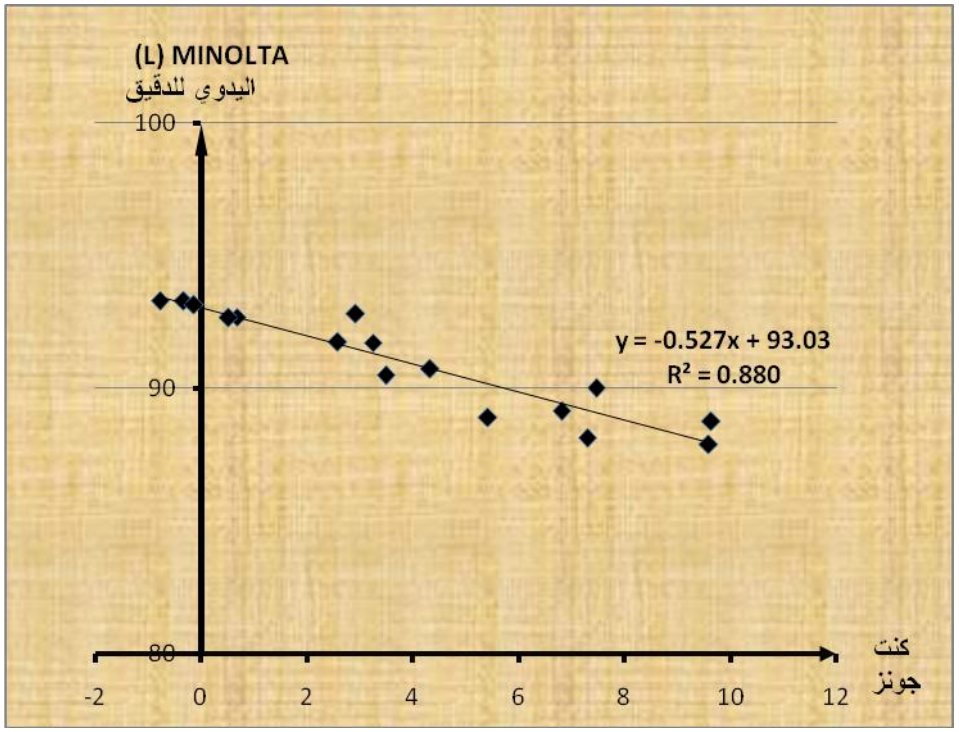
### 6-8-6 تحديد العلاقة بين طرق القياس السابقة:

بما أن جهاز كنت جونز هو الأكثر شيوعاً واستخداماً ، ومن أجل إمكانية الاستفادة من أجهزة التنبيه الثلاثي التي تعتبر أكثر دقة وشمولية في تحديد الاختلافات اللونية، لذلك فقد تم ربط النتائج التي يعطيها جهاز كنت جونز مع نتائج أجهزة أخرى وبطرق مختلفة لإيجاد الطريقة الأمثل التي تعطي نتائج ذات ارتباط عال مع نتائج الجهاز السابق وفق المخططات التالية:

**أولاً: الدقيق الجاف:**




**الشكل (26) علاقة نتائج كنت جونز مع نتائج Minolta للدقيق**



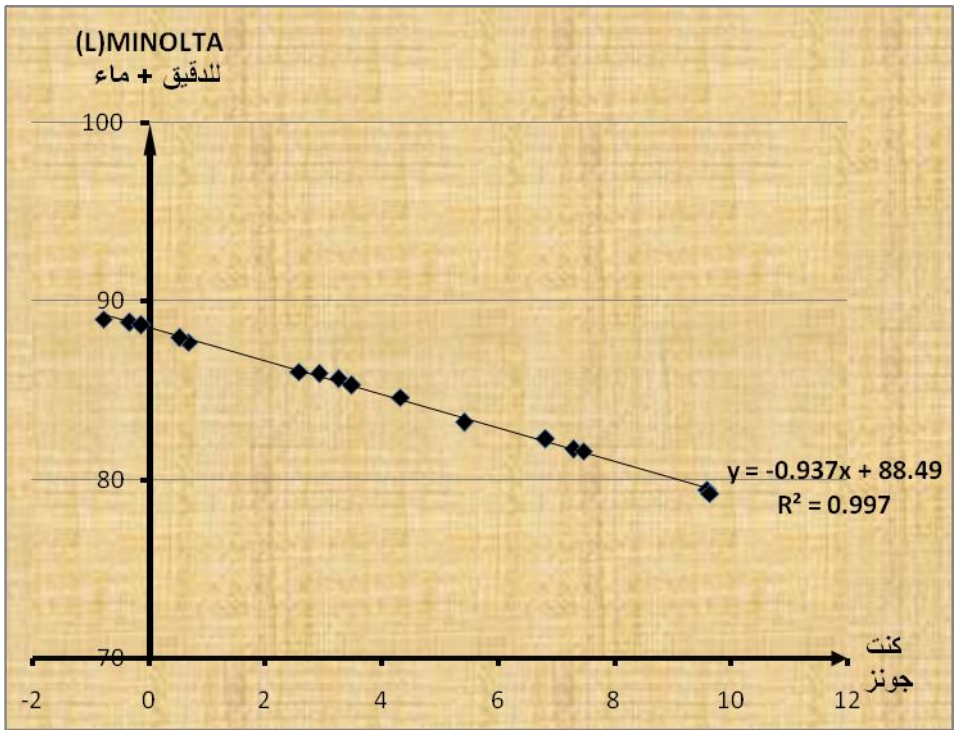

**الشكل (27) علاقة نتائج كنت جونز مع نتائج Minolta اليدوي**

**المناقشة:**

تعطي كل من طريقة قياس لون الدقيق الجاف باستخدام جهاز Minolta

وMinolta اليدوي معامل ارتباط (0.88) مع جهاز كنت جونز وهو أقل من معامل ارتباط طريقة العجين أو (الدقيق + ماء) ومع ذلك يعد قياس لون الدقيق بهذه الطريقة الأسهل و الأسرع، ويعطي نتائج دقيقة ومقبولة، ويمكن من مراقبة تغير لون الدقيق وتدريجه في المطاحن التي تستخدم هذه الأجهزة.

**ثانياً: مزيج (الدقيق + الماء):**



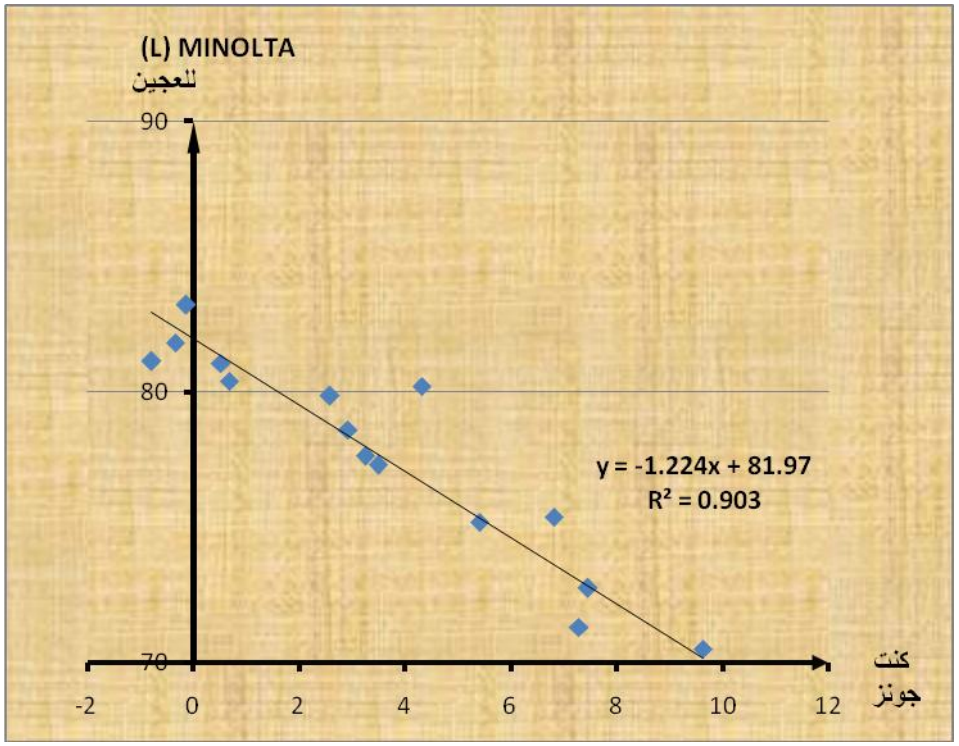

**الشكل (28) علاقة نتائج كنت جونز مع نتائج Minolta (للدقيق+ ماء)**

**المناقشة:**

عند استخدام (الدقيق + الماء) ارتفع معامل الارتباط (0.997) (الشكل21)، أي أن استخدام جهازMinolta بهذه الطريقة يعتبر مثالياً لربط نتائجه مع نتائج جهاز كنت جونز.

يعود السبب في ارتفاع معامل الارتباط عند استخدام (الدقيق مع الماء) إلى التماثل التام في شروط القياس لكلا الجهازين (الزمن، الكميات، طريقة تحضير العينات).

**ثالثاً: العجين:**



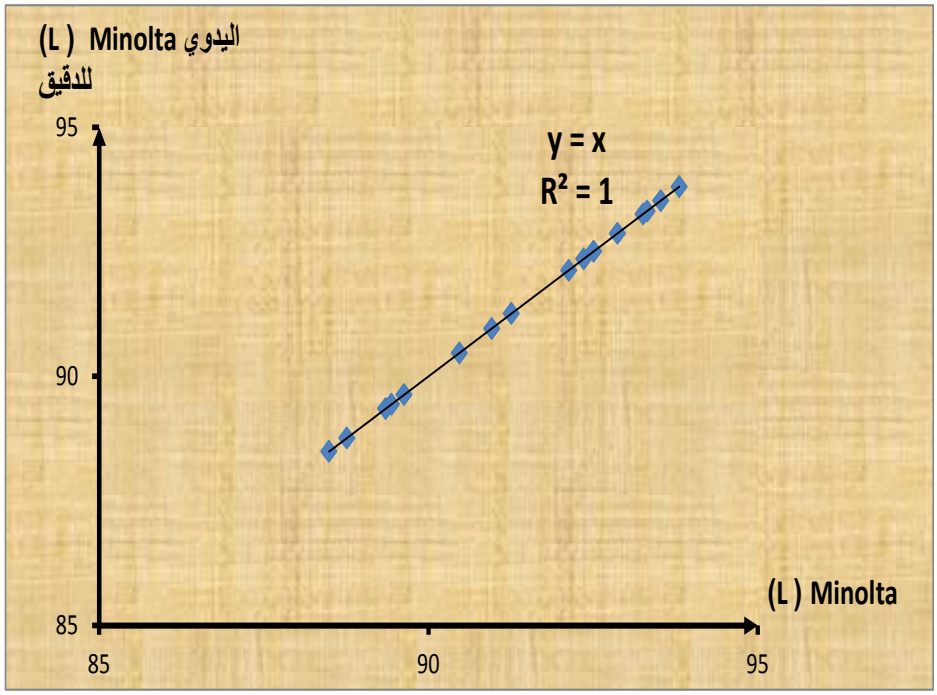

**الشكل (29) علاقة نتائج كنت جونز مع نتائج Minolta للعجين**

**المناقشة:**

إن استخدام طريقة قياس لون العجين باستخدام جهاز Minolta أعطى معامل ارتباط مرتفع (0.903)، وهذا مؤشر جيد على مدى ارتباط نتائج هذه الطريقة بنتائج طريقة جهاز كنت جونز، ولكن يعيب هذه الطريقة

صعوبة إجرائها بالمقارنة مع الطرق السابقة كونها تستغرق فترة من الزمن من أجل تحضير العجين، كما أن الفراغات الهوائية تسيء إلى عملية قياس اللون، وتلاحظ ظاهرة تدبق العجين والتصاقها على عدسة الجهاز مما يجعل من هذه الطريقة غير مناسبة عملياً.

**رابعاً:مقارنة نتائج Minolta اليدوي مع Minolta العادي للدقيق الجاف:**




**الشكل (30) علاقة نتائج Minolta اليدوي مع نتائج Minolta االعادي للدقيق الجاف**

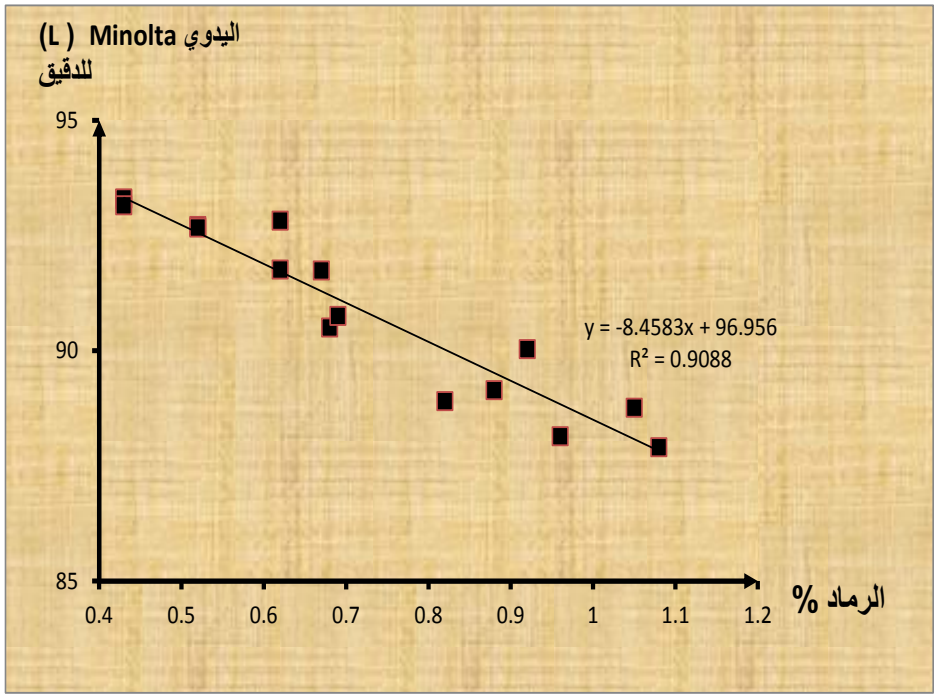
**المناقشة:**

نلاحظ من الشكل وجود تطابق بين نتائج Minolta اليدوي مع نتائج Minolta العادي، حيث أن معامل الارتباط هنا يأخذ القيمة (1)، وهذا يدل على دقة معايرة الأجهزة باعتبارها من نفس الشركة المصنعة.

### 7-8-6 تحديد نسبة الرطوبة والرماد:

**الجدول (10) نتائج قياس الرطوبة والرماد**

| العينة | الرطوبة % | الرماد % |
|---|---|---|
| C 2 :1 | 14.40 | 0.43 |
| C 3 :1 | 14.00 | 0.43 |
| C 4: 1 | 13.80 | 0.52 |
| C 5 :1 | 14.20 | 0.52 |
| C 6:1 | 14.40 | 0.82 |
| C 7 :1 | 14.00 | 0.68 |
| C 8 :1 | 13.90 | 0.88 |
| C 9:1 | 14.10 | 1.08 |
| C 10: 1 | 13.90 | 0.96 |
| C1 A1 | 14.60 | 0.43 |
| C1 :B1 | 14.30 | 0.62 |
| B 3 :1 | 14.90 | 0.67 |
| B4 :1 | 14.50 | 0.92 |
| B1 +B2 | 15.00 | 0.62 |
| D f1 | 14.60 | 1.05 |
| DIV1 DIV2 | 14.80 | 0.69 |




**الشكل (31) علاقة نسبة الرماد باللون**

**المناقشة:**

- ✓ نلاحظ من الشكل اسمرار الدقيق مع ارتفاع نسبة الرماد فيه والمرتبطة بدورها مع ارتفاع نسبة الاستخراج.
- ✓ ترتبط نسبة الرماد في الدقيق مع الدرجة اللونية وفق معامل ارتباط قيمته 0.9088، وهذا يدل على أن نسبة الرماد في الدقيق تعد مؤشراً هاماً للدلالة على الدرجة اللونية.

## 9-6 الاقتراحات:

- ✓ يوصى باستخدام الأجهزة الحديثة مثل جهاز Minolta في المخابر المختصة كونها أكثر دقة وقدرة على وصف الفروقات اللونية بين عينات الدقيق مهما بلغت من الصغر.
- ✓ يفضل استخدام طريقة (الدقيق + الماء) عند مقارنة نتائج لون الدقيق بجهاز كنت جونز مع نتائج جهاز Minolta.
- ✓ عند استخدام أجهزة Minolta للدقيق الجاف يفضل تعبئة العينات في الطبق الخاص مع تطبيق ضغط عليها، مما يؤدي لإزالة الفراغات الهوائية وبالتالي تحسين دقة النتائج.

# References

1- Billmeyer, F.W. and M. Saltzman. 1981, Principles of Color Technology .John Wiley & Sons, New York

2- 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 , pp. 1- 39

3- Rich, D.C. 1998. Artificial intelligence in today`s colorant management systems. Cereal Foods World 43: 415 – 417

4- von Goethe, J.W. 1997 . Theory of Colours. MIT Press , Cambridge , MA.

5- Henry, B.S. 1996 . Natural food colours , in Natural Food Colorants . G.A.F. Hendry and J.D. Houghton , Eds. Chapman & Hall , New York , pp.40 – 79.

6- Wyszecki, G. and W.S. Stiles. 1967 . Color Science . Concepts and Methods , Quantitative Data and Formulas . John Wiley & Sons , NewYork.

7- Masland, R.H. 1996. Unscrambling color vision .Science 271 : 616 – 617.

8- Vargas F.C.D. and Lopez , O.P. 2003 , in Natural Colorants For Food , CRC press 1- 27.

9- Posret, E.S. and Hibbs , A.N. in Wheat Flour Milling, St.Paul , Minnesota , U.S.A.

10- Oliver , J.R, Blakeney , A.B. and Allen , H.M. 1992 , Measurement of flour color in color space.

# المراجع العربية

١٢- الوزير دريد ، مصطفى رنا (٢٠٠٩) . دراسة قدرة بعض المستخلصات النباتية على منع الاسمرار الأنزيمي لبعض منتجات الخضار و الفواكه ، قسم الهندسة الغذائية ، كلية الهندسة الكيميائية و البترولية ، جامعة البعث .

١٣- ألفين فرحان ، مصطفى رنا (٢٠٠٩) . دراسة توزع أنزيم بولي فينول أوكسيداز و المركبات الفينولية في دقيق تيارات المطحنة ، قسم الهندسة الغذائية ، كلية الهندسة الكيميائية و البترولية ، جامعة البعث .

١٤- الشعار محمد علي ،(٢٠٠٥)، تقانة الزيوت ١ (القسم العملي) ، منشورات جامعة البعث ، كلية الهندسة الكيميائية والبترولية.

١٥- ألفين فرحان (٢٠٠٢) . التقانات الحديثة لقياس درجة لون المواد الغذائية و أهميتها في الصناعات الغذائية ، قسم الهندسة الغذائية ، كلية الهندسة الكيميائية و البترولية ، جامعة البعث..

١٦- الصالح عبود (٢٠٠٠) . تكنولوجيا الحبوب ( القسم العملي ) ، منشورات جامعة حلب ، كلية الزراعة الثانية