المحاضرة الاولى

1- تعريف كيمياء الأغذية:

- هي علم يعنى **بدراسة الأغذية خارج جسم الإنسان**، من حيث تخربها أو غشها أو طريقة حفظها أو تركيبها الكيميائي أو طرائق تحليلها
- والذي يختلف عن علم التغذية Nutrition :وهو علم يختص بدراسة الغذاء حينما يدخل جسم الإنسان، كيفية امتصاصه واستقلابه، أعراض نقصه في الجسم والنتائج المترتبة على الإفراط فيه .
- تتعلق الكيمياء الغذائية بعلوم التغذية والكيمياء الحيوية والكيمياء العضوية والكيمياء التحليلية

2- وظائف الغذاء:

1-وظائف تغذوية

1.تأمين الطاقة.

2.عمليات البناء كالنمو وبناء الهيكل العظمي والعضلات.

3.تصنيع المركبات الفعالة حيوياً Bioactive compounds ، كالهرمونات والإنزيمات (فالإنسولين بروتين، ولو لم يتم تناول الحموض الأمينية الأساسية الداخلة في تركيبه عن طريق الغذاء لما استطاع الجسم تصنيعه).

4.الحفاظ على توازن السوائل Fluid balance والتوازن الحمضي القلوي Acid – base balance في الجسم: فمثلاً، حينما تنقص البروتينات في الجسم عند الأطفال فإن ذلك يسبب حبناً ووذمة في منطقة البطن،وبالتالي نستنتج أن للبروتين دوراً في الحفاظ على الماء، أيضاً فإن pH الدم يساوي 7.4 ، وإذا ما زادت تلك القيمة عن 8 دعونا ذلك قُلاء، وإذا ما انخفضت عن 6.5 دعونا ذلك حُماضاً، ويحافظ على هذا التوازن في الجسم ثلاثة وقاءات:

1) وقاء الفوسفات

2)وقاء البيكربونات (الذي تسهم في ضبطه عملية التنفس)

3) وقاء البروتينات .

5. تثبيط الإنزيمات وتفعيلها.

2. وظائف دوائية Pharmacological functions :

1. إزالة السمّية detoxification : فنعلم أنه يعطى للعاملين في بيئات تحتوي على نسب عالية من المعادن الثقيلة وجبات غذائية من البيض والحليب، لأن الشوارد فيهما)كالكالسيوم وغيره(تقوم بتشكيل معقّدات مع المعادن الثقيلة فتنطرح خارج الجسم.
2. التخلص من الجذور الحرة free radicals : والتي يمكن إيقاف فعلها المؤذي بمضادات الأكسدة التي توجد في الأغذية.
3. الاستجابة الالتهابية Inflammatory response : يؤمن الغذاء الحموض الدسمة)كالأوميغا 3 والأوميغا 6 التي تعتبر أساس تصنيع البروستاغلاندينات المسؤولة عن الاستجابة الالتهابية.
4. الاستجابة المناعية Immune response : يؤمن الغذاء البروتينات اللازمة لتشكيل الأضداد التي تشكل جزء من رد الفعل المناعي في الجسم.

3- رحله الغذاء

الغذاء وسط معقّد معرّض للتلوث والتخرّب بأنواع عديدة من الملوثات ابتداء من المزرعة فالمصنع ثم المخزن والمتجر انتهاء بلحظة الأكل From farm to fork

1.التلوث في المزرعة

- الطعام المصدر النباتي كالفواكه والخضار يمكن أن يكون ملوثاً بالمبيدات، أو مضافاً إليه كميات كبيرة من الأسمدة، أو مضافة إليه هرمونات، أو مروياً بمياه ملوثة، أو مزروعاً بجانب مصادر صناعية ملوثة (تلوث بالزئبق Hg)، والنباتات المزروعة بجانب الطريق تكون أكثر عرضة للتلوث بالكادميوم والرصاص
- وكذلك الطعام ذو المصدر الحيواني كلحوم الدجاج والبقر عرضة للتلوث:
  - قد يكون الحيوان مريضا وتنتقا العدوى عند اكل لحمه كانفلونزا الطيور
  - إعطاء الحيوانات هرمونات لزيادة الوزن

التلوث بالدواء : من المعلوم أنه يجب حين إعطاء الأدوية للحيوانات ألا تذبح إلا بعد مرور نحو 10 أيام للتأكد من انطراح الدواء خارج جسم الحيوان وإذا ما خاف المزارع من نفوق الحيوان قبل الوقت المحدد فيمكن أن يلجأ إلى ذبحه فتظل بقايا الأدوية في جسمه، وبافتراض أن الدواء الذي أعطي له صاداً حيوياً، فإن تناوله بكميات بسيطة لفترات طويلة من قبل المستهلك يمكن أن ينشئ

لديه مقاومة جرثومية لذلك الصاد الحيوي، وإذا كان الصاد من زمرة البينيسلينات فيمكن أن يثير الحساسية ، يمكن أن تعطى الحيوانات أيضآ أدوية مهدنة فتسبب آثارآ مشابهة لدى المستهلك أيضا ، اذا ذبح الحيوان وهو مجهد لا ينزف بشكل جيد ويبقى الدم الملوث بداخله .

2. التلوث خارج المزرعة

- في المصنع : فالعمل ضمن ظروف ملوثة يلعب دوراً مهماً أيضاً في تلوث الغذاء (إذا كان المصنع غير مسرمك أو يحوي فتحات غير مغلقة يؤدي لدخول الحشرات والقوارض)
- أثناء النقل: يمكن أن تتعرض اللحوم للتلوث الجرثومي عندما تكون درجة حرارة شاحنات النقل مرتفعة، ويمكن للرطوبة أو الجفاف أن يؤديا إلى تخرّب اللحم أيضاً.
- أثناء التخزين : يجب أن يتم ضبط الحرارة والرطوبة بما يتوافق مع شروط حفظ المنتج)مثالا نذكر الفول السوداني فإذا تم حفظه في حرارة وررطوبة عالية يتعرض لنمو نوع من الفطريات المصغرة التي تموت بالحرارة العالية و يبقى الذيفان "الافلاتوكسينات" وهي مادة مسرطنة.

- عند البائع: وأيضا يتلوث الغذاء نتيجة التخزين السيء.
- بعدها تصل إلى مكان التحضير بالمنزل :وربة المنزل هي أكثر شخص يهتم بالنظافة ولكن نتيجة عدم الدراية تتعرض اللحوم أيضاً إلى التلوث إذا ما كانت يدا ربة المنزل ملوثتين أو مصابتين بجرح ما.
- طريقة العمل على الطعام أيضا : قد تلعب دوراً، فإذا ما تم تقطيع البقدونس على لوح التقطيع ثم تم غسله فإن ذلك سيخلّصه من الطفيليات والملوثات التي فيه، لكن إذا تلا ذلك تقطيع للبندورة مثلاً على نفس لوح التقطيع من دون غسله ثم تم وضع البندورة في وعاء الطبخ فوراً فإن ذلك يمكن أن ينقل الملوثات منها إليه.

إن كل الأمثلة السابقة أوجدت الحاجة إلى وجود مراقبة لجودة الغذاء.

4- أهداف مراقبة الغذاء:

1.معرفة مكونات الغذاء:

فحينما يدّعي المصنّع أن المادة الفلانية تحتوي فيتامين معيناً أو معدناً مهماً لصحة الإنسان فإنه ما من طريقة لإثبات صحة ادعائه إلا بتحليل الغذاء.

2.. تحديد القيمة التغذوية:

معرفة الفائدة المأخوذة من الغذاء (الشاي الأخضر يحوي مضادات أكسدة تفيد بمقاومة السرطان) بالإضافة لمعرفة مقدار الحريرات الذي تقدّمه حصّة غذائية ما، وبالتالي حساب عائد الطاقة من غذاء معين.

مثال: نأتي بلصاقة غذائية مكتوب عليها كم تحوي من كل عنصر من العناصر الغذائية كالبروتين والدسم والكربوهيدرات بالغرام فنحسب الكيلو كالوري لهذه الحصة الغذائية.

1g سكريات ، 1g بروتين تحوي 4 كيلو كالوري

1g دسم تحوي 9 كيلو كالوري.

3.كشف الغش Fraud :

إن أكثر منتج يمكن أن يتم غشه هو الغذاء، لأنه أكثر المنتجات استهلاكا ، يتراوح الغش بين

- غش سهل الكشف: كغش الحليب بإضافة الماء، وغش الحلويات العربية بإضافة فستق العبيد بدلاً من الفستق الحلبي وتلوينه باللون الأخضر، وغش الشاي ببرادة الحديد ليعطي وزناً أكبر، وغش البن

- غش صعب الكشف: كغش المواد الغذائية بالفورمول الذي يشكل مع المواد الغذائية روابط فلا يمكن كشفه بالتحليل العادي إذ لا بد من فك هذه الروابط أولاً، وكغش الحليب بالميلامين لرفع نسبة النتروجين فيه مما يوحي بقيمة عالية للبروتين فيه.

أيضاً أمثلة على الغش : غش اللبن ,غش الحلاوة ,غش العسل ...

4.معرفة ما إذا كان الغذاء مطابقاً للمواصفات:

ترد المواصفات القياسية بصيغة أن الغذاء يجب أن يحوي من كل مادة فيه على نسبة محددة فتهدف مراقبة الغذاء إلى معرفة ما إذا كان المنتج الغذائي مطابقاً للموافقة القياسية أم لا.

5.تحديد الجودة:

تعلّمنا أن مطابقة المواصفة لا تعني الجودة، فمطابقة المواصفة تشير إلى الحد الأدنى الذي يكون المنتج مقبولاً معه، على سبيل المثال:

- إذا قالت المواصفة إن محتوى الغذاء من المعادن الثقيلة يجب ألا يزيد عن 1 مكغ فإذا فُحصت المادة ووُجد أن محتواها من المعادن الثقيلة لا يزيد عن ذلك المقدار فإنه يُعدّ مطابقاً للمواصفة، لكن إذا كان محتواها يساوي صفراً فإنها تكون ممتازة الجودة،
- إذا قالت المواصفة إن محتوى غذاء ما من الفيتامين C يجب ألا يقل عن 5 ملغ وبالتحليل تبين أن المنتج يحوي 5 ملغ فإنه يُعد مطابقاً للمواصفة، لكن إذا احتوى على 10 ملغ فإنه يكون أجود.

6.كشف التلوث في الغذاء:

قد يحتوي الغذاء على العديد من الملوثات كالسالمونيلا والإشريشيا القولونية والفطور، أو قد يحتوي الغذاء على منتجات وسطية سامة ظهرت أثناء التصنيع لم تكن موجودة بالأصل، كتلوث البطاطا بالأكريلاميد الذي لا يكون موجوداً قبل التصنيع.

7.معايرة المركبات الوسطية المتشكلة بالغذاء:

المركبات الوسطية: هي مركبات لم تكن موجودة بالمركب الأساسي وتشكلت نتيجة عمليات التحضير، فعلى سبيل المثال عندما نقوم بقلي البطاطا وفي حال تركنا الزيت حتى يَصدُر دخان منه، يكون قد احترق وبالتالي تخرب الغليسرول الموجود فيه بفعل الحرارة العالية الذي تعرض لها الزيت وتحررت مركبات وسطية سامة.

وعندما نقوم بشوي اللحم والدهن يسيل من الدهن قطرات زيتية على النار وهذه القطرات تزيد اشتعال النار مما يؤدي إلى احتراق اللحم وتشكل طبقة مقرمشة متفحمة على اللحم وهذه الطبقة هي عبارة عن مركبات كربونية مسرطنة.

- للملوثات أنواع ثلاثة:

•الملوثات الحيوية: كالجراثيم والفطور والحشرات.

•الملوثات الكيميائية: كالمنظفات والمبيدات والأسمدة والمعادن الثقيلة.

- الملوثات الفيزيائية: كالملوثات الإشعاعية أو بعض الموجودات كقطعة زجاج أو شعرة أو قشة.

- هذه الملوثات تؤثر على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للغذاء.

التغيرات التي تطال الغذاء تظهر على

- القوام: مثل تهلم الحليب، تغير قوام البندورة عند التخرب.
- اللون: تغير لون غير مرغوب مثل تغير لون النعنع والبقدونس للأصفر، تغير لون مرغوب مثل تحول لون الخبز للأسمر)سندرسه لاحقاً(.
- النكهة: قد يبدو الغذاء باللون والقوام غير متخرب ولا نعرف أنه متخرب إلا عند تذوقه
- القيمة التغذوية: عند ترك عصير البرتقال عدة أيام بالبراد فإن 50 %تقريباً أو أكثر من فيتامين C يتخرب.
- السلامة: فستق العبيد عندما يتخرب ويتغير طعمه يكون يحوي على ذيفان فطري وهو مادة سامة.

5- التقييم الحسي للغذاء:

• استخدام جميع الحواس لتقييم عينة طعام تتضمن الحواس النظر والتذوق والشم واللمس والسمع، دون استخدام أي آلة أو أداة أو تفاعل كيميائي .

• فمثلا بالنظر نحكم على لون الغذاء كلمعان عيون السمكة لون الغلاصم، وبالتذوق نحكم عليه من طعمه هل أصبح حامضاً، لاذعاً، وبالشم نحكم عليه من رائحته هل رائحته طيبة، زنخة، غير مقبولة/، ويتغير ملمس الغذاء بتغير حالته يصبح الملمس عند تخرب المادة لزج أو طري وأما التقويم بالسمع هو الأقل أهمية بالنسبة لفحص الغذاء، فمن أمثلته أنه عند سماح صوت لدى خض البيض بجانب الأذن فهذا يدل على أنها قديمة.

2. الجوانب الكمية في التقييم الحسي Quantitative aspects

1. المظهر Appearance
2. النكهة Flavor
3. الرائحة Aroma
4. القوام Texture

1) المظهر Appearance

إن خصائص سطح المنتج الغذائي تسهم في المظهر، على سبيل المثال فإن جودة السمك يمكن أن يتم التأكد منها بسطوع عين السمكة

يمكن الحكم على اكتمال الطهو من خلال المظهر في المنتجات كاللحم والأرز.

2) الطعم (:الطعوم النموذجية)

➢ **صفات الطعم الكلاسيكية :**

حلو sweet ، مالح salty ، حامض sour ، مر bitter وقد أضيف ،إلى هذه الطعوم طعم خامس هو طعم الأومامي كطعم الدجاج وشوربة الماجي

➢ **الصفات الأساسية الأخرى :**

طعم معدني metallic كطعم شراب متممات الحديد، طعم قابض astringent كطعم الشاي وطعم ثمرة الخرما غير الناضجة، وطعم حار hot.

النكهات الطبيعية Natural Flavors

وهي النكهات الموجودة طبيعياً في الأغذية وتقسم إلى:

1) نكهة التوابل:

- ✓ ألدهيد القرفة Cinnamic aldehyde الذي يعطي نكهة القرفة.
- ✓ الأوجينول Eugenol الذي يعطي نكهة القرنفل.
- ✓ التيمولThymol الذي يعطي نكهة الزعتر
- ✓ الزنجيرون Zingerone الذي يعطي نكهة زيت الزنجبيل
- ✓ الكابسيكوم Capsicum الذي يعطي نكهة الفليفلة

2) الناتجة إنزيمياً أو كيميائياً :

نكهات تشكلت نتيجة تفاعلات تخمر أو أنزيمية ولم تكن موجودة بالأصل

✓ من تفاعلات التخمير Fermentation

فعند وضع العنب في مرطبانين، واحد مغلق تماماً وآخر مفتوح قليلاً لمدة 40 يوماً، فسيشكل المرطبان الأول (بالتخمر اللاهوائي)خمراً والثاني(بالتخمر الهوائي)خلا . ويختلف طعم العنب الأصلي عن طعم الخمر عن طعم الخل، ولا يمكن اعتبار نكهة الخل صنعية، فهي نكهة طبيعية لم تكن موجودة نشأت نتيجة عملية تخمر.

✓ من تفاعلات ميكروبية: Microbial

مثل أصناف السكّيراء Saccharomyces والملبنات Lactobacillus والعصويات Bacillusوفطور العفن Molds ، ومثال على هذه التفاعلات:

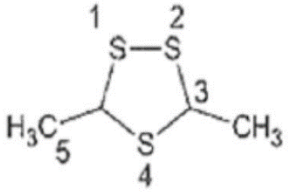
- تحول الحليب إلى اللبن حيث يتحول اللاكتوز نتيجة وجود العصيات اللبنية إلى اللاكتيك أسيد lactic acidويعطي النكهة الحامضة للبن.

✓ مركبات النكهة الخاصة بتفاعلات ميلارد : compoundsflavor Millard
الناتجة عن تفاعل السكاكر المرجعة مع الأحماض الأمينية وهنا تختلف النكهة باختلاف السكر

3) **التفاعلات الإنزيميةEnzymatic Reaction**

a) الفواكه والخضار :إن تشكيل الرائحة النموذجية يحدث أثناء نضج الفاكهة.

b) طبخ اللحم :المركب الآتي مسؤول عن نكهة اللحم المطبوخ، ويتشكل أثناء عملية الطبخ:



c) الثوم :المادة المسؤولة عن نكهة الثوم هي الأليسين، الذي لا يتشكّل بغير إنزيم الأليناز الذي يتفاعل مع ركازته S أليل سيستئين سلفوكسيد فنلاحظ أن رائحة الثوم عند تقطيعه أو هرسه لأن هاتين العمليتين تساعدان على وصول الإنزيم السابق إلى ركازته.

النكهات الصنعيه Artificial Flavors:

تكون المنكّهات الصنعيّة نمطيا إسترات % 95 (منها)، فالإسترات تمتلك رائحة فواكه مرغوبة،مشتقة من الحموض.

تنتج النكهات الصنعية عن تفاعل أسترة وهو عبارة عن تكثّف بين الحمض والغول:

$$\text{acid} + \text{alcohol} \rightarrow \text{ester} + \text{water}$$

وكلما غيرنا الحمض أو الغول نتجت نكهة جديدة، وإن معظم المنكهات الصنعية هي مزائج بسيطة من الإسترات، على سبيل المثال فإن مزيج فورمات الإيزوبوتيل وأسيتات الإيزوبوتيل يعطي نكهة توت العلّيق

العوامل المؤثرة على النكهة:

1) محتوى الدسم : Fat content إذ يمكن له أحياناً أن يقنّع(يخفي)النكهة، فيطغى على النكهة طعم المادة الدسمة لذلك نجد أكل المشافي ذو طعم غير مستساغ لخلوه من الدسم.
2) عمليات المعالجة : Processing ويمكن لها أن تزيد أو تنقص النكهة، حسب طريقة المعالجة، فمثلاً الإندومي تختلف طعمته عند طبخته عن فيما إذا أكلناه دون طبخ.
3) محتوى البروتين ونمطه : typeProtein content and فقد وجدنا أن تفاعلات ميلارد تنتج نكهات مختلفة باختلاف الأحماض الأمينية، وبالتالي فإن محتوى البروتين ونمطه يؤثران من هذا المبدأ على النكهة.
4) محتوى الرطوبة : contentMoisture فكثيراً ما يكون لون الدرّاق أو البطيخ جميلاً لكن يكون طعمه عند تناوله غير لذيذ، السبب في ذلك محتوى الرطوبة بسبب كثر السقاية التي تؤدي إلى ازدياد محتوى الفاكهة من الماء مما يؤدي إلى تمديد النكهة .ولهذا نجد مثلاً أن طعم التين المزروع بعلياً (المروي فقط بماء الأمطار)يكون ألذّ.
5) اختلافات درجة الحموضة : pH differences فالمركّب الحامضي في pH حامضية لا يكون متشرّداً فتكون نكهته أقوى، أما في الوسط القلوي فيتشرّد فتقل نكهته، والعكس في المركبات القلوية بالعكس.

اللون Color:

العوامل المؤثرة على اللون:

١- شدة الإضاءة

٢- الظل

٣- القدرة البصرية والتمييزية للفاحص

- ✓ أكثر ما تطبّق فحوص النظر على البيض(مكان توضع الصفار عند فقس البيضة فكلما كان في منتصف البياض كانت البيضة أكثر نضوجا، السواد والاخضرار ضمن الصفار دليل على التلوث بالسالمونيلا أو البسودومونوس، كلما كانت الحجرة الهوائية في البيضة المسلوقة أصغر كلما كانت البيضة أكثر نضوجا، إذا كان ملمس الغلاف ناعما(أملس)فالبيضة غير طازجة.)
- ✓ بالإضافة إلى إعطاء المتعة فإنّ لون الطعام مرتبط بخصائص أخرى، فنضج الفواكه كالموز والطماطم والمانغو يمكن أن يُقيّم من خلال اللون.
- ✓ يستخدم اللون كمؤشر على الجودة لعدد من الأطعمة(فاللون الأحمر للحم النيئ مرتبط بكونه طازجاً، أما اللون البني المحمر فيشير إلى أنه غير طازج.)
- ✓ يؤثر اللون أيضاً على إدراك النكهة، إذ يتوقع المستهلك أن تكون المشروبات الحمراء بطعم الفراولة أو الكرز، والصفراء بطعم الليمون وهكذا.

القوام Texture

من العوامل المؤثر على القوام:

1. اللزوجة: Viscosity فلزوجة الماء تختلف عن لزوجة الزيت.
2. التهلّم : Glutinous يتهلم الحليب عند تخربه.
3. المرونة : Flexibility مثل القدرة على تشكيل العجين.
4. اللدونة(المرانة : Elasticity)نراها عند مد العجين وعودة انكماشه.
5. التحبُّب(Granulation مثل تسكّر العسل.)

لوصف القوام تستخدم المصطلحات الآتية:

- ✓ سائل. Liquid
- ✓ ليفي الشكل(Fibro form كالسبانخ.)
- ✓ هلامي(Gelatinous كالجيلاتين أو مرق اللحم حينما يتجمد.)
- ✓ تراكمات من الخلايا تتحطم في الفم وتعطي سائلاً Accumulation of cells breakdown in the mouth،(مثل البرتقال أو البطيخ.)
- ✓ دهني(Fatty كالزبدة أو السمن.)
- ✓ هشّ أو جاف(Crisp or dry مثل البسكويت أو دجاج الكرسبي.)
- ✓ زجاجي(Glassy مثل السكر.)
- ✓ إسفنجي(Spongy مثل الكيك.)

فحص الخصائص الحسيه:

هنالك فاحصون مدرّبون Trained وآخرون غير مدربين Untrained ، ولكن في الفحوص الحسية لا بد من أعضاء فريق مدرّبين، إذ إن الفحص الحسي موجود أساساً ليتم قياسه بشكل شخصي، وقد كان الحكم على الخصائص الحسّية منذ وقت مبكر حكراً على الخبراء ممن اعتادوا تقييم الشاي والقهوة والنبيذ.

إن أعضاء الفريق يجب أن يكونوا مختارين بعناية ومدربين لكشف الاختلاف في خصائص جودة محددة، هنالك نوعان من الفِرق

1. الفِرق المدرّبة. Trained panels
2. الفرق غير المدرّبة(المستهلِكة. Consumer panels -)

وإن متطلبات عضو الفريق المثالي كما يلي:

- ✓ أن يكون قادراً على تمييز الاختلافات الملحوظة في الطعم والرائحة.
- ✓ ألا يكون مدخناً.
- ✓ أن يكون ذا صحة جيدة(فبعض الأمراض كالرشح تمنع المريض من الاشتمام أو التذوق الجيدين، وبعض الأمراض يمكن أن تؤثر على الحليمات الذوقية، وبعض الأدوية يمكن أن تعطي طعوماً في الفم ستتداخل مع ما يتذوقه الفاحص.)
- ✓ ألا يكون متعطراً لأن ذلك سيؤثر ولا شك.
- ✓ أن يكون خبيراً في هذا المجال خصوصاً.
- ✓ أن يكون لديه اهتمام في التحليل الحسي للعينات.
- ✓ ويجب أن يجرى الفحص في وقت يكون فيه أعضاء الفريق مفعمين بالنشاط، ويكون وقت الاختبار عموماً بين الساعة 8 إلى 10 صباحا ، ولا يجب إعطاء الكثير من العينات لأنها يمكن أن تسبب التعب للفاحص مما يؤدي إلى أخطاء في النتائج(ليس أكثر من 4 – 5 عينات في وقت ما.)

عنونة الغذاء:

تتألف عنونة الغذاء food labeling من المعلومات المقدّمة على جميع عبوات الطعام ، والعنونة التغذوية هي واحدة من مكوّنات لصاقة توسيم الطعام، أما المكوّنات الأخرى تتضمن تعريف الطعام، قائمة المكونات، اسم المصنّع ومكان عمله، الرازم packer أو الموزع distributerبالإضافة إلى أي مطالبات claims تم القيام بها.

تتضمن عنونة الطعام النظامية

a. لصاقة التوسيم المناسبة Suitable Label ، فلا يجوز مثلاً وضع صورة بقرة على عبوة لسمن نباتي لأنها ستعطي انطباعاً أنه سمن حيواني.
b. تقبل المستهلك Consumer Acceptance ، أي أن تكون جميلة المنظر.
c. الحقائق الغذائية. Nutrition Facts
d. تاريخ نهاية الصلاحية. Expiry date
e. معلومات المصنع Factory Information's ، مثلاً أين تم التصنيع؟ رقم التواصل مع المعمل لتقديم الاستفسارات أو الشكاوى.

مكونات الغذاء:

- تعد الأغذية بطبيعتها ذات تركيب معقد ومكونات عديدة،
- إذ يحتوي الغذاء على الماء، الكربوهيدرات، البروتينات، والدسم والزيوت بالإضافة إلى الفيتامينات والمعادن ومواد أخري أقل تواجداً كالمنكهات، والمواد المضافة كالمواد الحافظة
- لا تحوي جميع الأغذية على كل هذه المكونات بنسب متساوية.

أهم التحاليل المجراة لمكونات الغذاء:

- تحديد الرطوبة والمواد الصلبة الكلية في الغذاء.
- تحديد الرماد والعناصر المعدنية في الغذاء.
- تحليل الفيتامينات (المنحلة في الماء والمنحلة في الدسم).
- تحديد البروتينات والأحماض الأمينية.
- تحديد المواد الدسمة والأحماض الدسمة.
- تحديد السكريات.
- تحديد بعض أنواع المضافات وكميتها.
- التقويم الحسي للغذاء.

تقييم طرائق تحليل الغذاء ونتائجها:

١ . الإحكام Precision : مدى تقارب نتائج التحليل المكرر من قبل نفس المحلل أو عدة محللين في نفس المختبر و باستخدام نفس العينة ونفس طريقة العمل.

٢ . التكرارية Reproducibility حصول عدة محللين على نفس النتائج عند تحليل نفسى العينة و بنفس الطريقة لكن في مخابر مختلفة.

٣ . الدقة Accuracy : تقارب النتيجة المقاسة مع القيم الحقيقية للمكون المدروس.

٤ . بساطة العمل Simplicity of operation :قياس سهولة إجراء التحليل نسبياً من قبل المحللين غمر المتمرسين.

٥ . التكلفه Cost : تحديد الكلفه الإجماليه للتحليل بما في ذلك الأجهزة والكواشف وأجور العاملين.

٦ . الوقت أو السرعة Speed :قياس الوقت اللازم لاستكمال تحليل عينة واحدة أو تحديد عدد العينات التي يمكن تحليلها في وقت معن.

٧ . الحساسيه Sensitivity :قياس أقل تركيز من المكون المدروس والتي يمكن الكشف عنها بواسطة تحليل معين.

٨ . السلامه Safety : قياس مدى خطوره الإجراءات والكواشف المستخدمة في تحليل المواد الغذائية كالأحماض والأسس القوية والمواد الكيمائية السامه والمواد القابله للاشتعال.

٩ . الموافقة الرسميه Official Approval :تعطي هيئات دولية مختلفه الموافقات الرسميه لأساليب والطرائق التي خضعت لدراسه شاملة من قبل محللين مستقلين ولاقت قبولاً من مختلف المنظمات المعنيه.

التقنيات المستخدمة في تحليل الغذاء:

- تطور علم التحليل الكيميائي والكيميائي الغذائي مع الزمن ونتيجة هذا التقدم تم تحسين طرق التحليل الكلاسيكية أو إدخال طرق تحليل جديدة تتماشى مع متطلبات التحليل وتطور العلوم.

- الطرق القديمة أو الكلاسيكية تحتفظ بمكانتها فهي في بعض الحالات تمثل الخيار التحليلي الأفضل لإجراء تحليل ما.
- الطرق الحديثة تمتاز بالسرعة والدقة مما يجعلها خيار المحللين الأفضل في مجال صناعة الأغذية. ونذكر فيما يلي التقنيات التحليلية المستخدمة:

الطرائق التقليديه Classical Method

- التحليل بالمعايره
- التحليل الوزني
- الاستخلاص بالمذيبات
- قياس قرينه الانكسار
- قياس الأستقطاب

الطرائق الأليه Instrumental Method:

- الطرائق الطيفيه (القياس الطيفي الضوئي في الأشعه تحت الحمراء – مقياس التألق - مقياس اللهب - مقياس طيف الامتصاص الذري - الكروماتوغرافيا بأنواعها)
- طرائق الرحلان الكهربائي
- الطرائق الكيميائيه المناعيه

الاعتيان:

عرفت الجمعية العالمية للكيمياء النظرية والتطبيقية العينة sample بأنها كمية معينة من المادة الغذائية تؤخذ بطريقة عشوائية لتمثل الصفات الأساسية لمجتمع الغذاء أو الدفعة الأصلية. ونظراً لأن أغلب الأغذية ذات طبيعة غير متجانسة نسبياً, من المهم التأكد قبل إجراء التحليل من أن العينات المأخوذة لتحليل مكوناتها تمثل فعلاً المنتجات الغذائية التي يعتزم تحليلها.

تختلف طرق الاعتيان من غذاء إلى آخر ولذا قامت المنظمة الدولية للمقاييس بوضع معايير اعتيان لمختلف الأغذية تبعا لطبيعة المادة ونوعيتها:

- **الأغذية الجافة Dry foods:** تمرر الأغذية الجافة كالحبوب مثلاً في جاروشة ثم تمزج في هاون, وتبشر الأغذية القاسية كالشوكولا.
- **الأغذية الرطبة Moist foods:** تحضر الأغذية الرطبة كمنتجات اللحوم والأسماك والخضروات كما في الأغذية الجافة ويعاد جرشها مرة ثانية على الأقل قبل نقل الخليط منها إلى وعاء مغلق لخزنها تحت التبريد.

- **الأغذية السائلة أو المحفوظة في سائل Wet foods**: كالمخللات والحساء ومنتجاتها المعلبة, أفضل طريقة لإعدادها هي معالجتها بخلاط سريع الدوران مع الانتباه لعدم فصل الدهون من مستحلباتها.
- **الدهون والزيوت Fats and oils**: تسخن هذه الأغذية وترشح على ألا تكون الحرارة عالية لتجنب احتمال فقد ما يوجد فيها من مضادات أكسدة.
- **المستحلبات الدهنية Fatty emulsions**: يجب تسخين الأغذية كالزبدة والمارغرين إلى درجة حرارة 35°م في وعاء مغطى ومن ثم خلطها.

المحاضرة الثانية

أهمية الماء في الأغذية

يمثل الماء الوسط الذي تجري فيه جميع التفاعلات الكيميائية والإنزيمية.

يعتبر الماء مادة متفاعلة في عملية التميه Hydration والتخلص Dehydration والربط Bounding

المسؤول عن عمليات الاستقلاب Metabolism في المنتج وعن الكثير من التغيرات الفيزيائية والكيميائيه

يدخل في تحسين الصفات والحفاظ على المكونات لعدد من الأغذية من خلال التدخلات الفيزيائية والكيميائية بين المكونات الغذائية والماء مما يعطي الهيئة والقوام

يكون الماء هاماً في الكثير من عمليات التصنيع الغذائي Food Processing وأثناء إنضاج المواد الأولية وفي التخزين والتصنيع (تجفيف , تعقيم, بسترة , ترطيب....)

يعتبر عامل جودة للحفظ والثباتية التخزينية وعمليات التعبئة والنقل والمعاملات التجارية

يعتبر المحتوى المائي من المواصفات القياسية لبعض الأغذية وتحديد أنواع الفساد ونسبة الغش

يستخدم الماء في العمليات المساعدة كتوليد البخار والتعقيم وتنظيف الآلات والتجهيزات المختلفة أثناء مراحل التصنيع

يعتبر الماء كما هو معروف المذيب لكثير من المركبات والغازات المختلفة

تكون نسبة الماء مختلفة في المنتجات الغذائية فتصل إلى ٩٠ % في الكثير من المنتجات النباتية وحتى ٦٥%-٢٥ في اللحوم المقلية والمعجنات السكرية وتختلف حسب طريقة ومرحلة التصنيع والعمليات الحرارية المطبقة وماهية المنتج الغذائي

أنواع الماء

١- **الماء الحر Free water** الذي يتواجد بشكل محل أو كوسط تبعثر

٢- **ماء الادمصاص Adsorbed water** من خلال ادمصاص الماء على أسطح مركبات قطبية قوية (سكريات، بروتين)

٣- **ماء التشرب Swelling water أو الممتص Absorbed water:** الذي يأتي من المركبات القطبية القوية (بروتينات بتبيدات سكريات متعددة) في هذه الحالة تغلب الروابط الهيدروجينة كما في الهلاميات والجيليه

٤- **ماء مرتبط كيميائياً Chemical water** الذي لايمكن استبعاده بالطرق العادية لأن العمليات هذه تكون مترافقة بتخريب مكونات المادة (مثال الحبوب والفواكه والألياف العضلية)

محتوى الأغذية من الماء

يمكن تعريف محتوى الرطوبة في المواد الغذائية عن طريق المعادلة التالية

$$Moisture = (ma/ mp).100$$

ma :كتلة الماء المتبخر إلى نقطة ثابتة من درجة الحرارة

mp: التي تمثل كتلة المنتج الغذائي

المحتوى الوسطي لبعض المنتجات الغذائيه من الماء

اسم المنتج الغذائي	المحتوى من الماء(الرطوبة)،%	اسم المنتج الغذائي	المحتوى من الماء(الرطوبة)،%
اللحم	75 –56	حليب البودرة	4.0
الحليب السائل	87.0	زبدة حيوانية (مارغرين)	18 –16
الخضار	95 –70	المشمش	86.0
العسل	20.0	العنب	80.0
الحبوب (قمح ،أرز حمص ، فاصولياء)	14.0	الموز	84.0
زبدة حيوانية	25 –16	التفاح والبرتقال	87.0

أهمية تحديد الرطوبة في الغذاء

١. لمعرفة مدى صلاحية المنتج الغذائي من أجل استهلاكه أو سرعة فساده

٢. لتحديد الشروط الأمثل لتخزين المنتج الغذائي الصالح للاستخدام البشري لأطول فترة ممكنة.

٣. لحساب تركيز المكونات الأخرى بالكتلة الجافة.

٤. لتحديد سلوك المنتج الغذائي أثناء مراحل الإنتاج كإمكانية التدفق عبر الأنابيب أو المزج أو التعبئة والتغليف .

معايره الماء ضمن الأغذيه

1) **الاعتيان: Sampling**

يجب أن تكون العينة ممثلة، أي تعبّر عن كامل المادة المفحوصة، ففي علبة الحليب مثلاً يجب ألا تؤخذ العينة من السطح فقط بل يجب مزج العلبة بشكل جيد وأخذ عينة ممثلة منها، وفي قطعة لحم مثلاً قد يكون محتوى جزء من الماء أعلى من جزء آخر لذا يجب تحرّي كون العينة ممثلة دائما عبر فرم قطعة اللحم مثلا.

2) **حفظ العينة: preservation**

يجب أن توضع العينة في حاوية ملائمة مزودة بجوان مطاطي مغلقة بإحكام تحميها من فقد الرطوبة أو امتصاص الرطوبة أثناء النقل والتخزين، وعلى نحو جلي فإن أي تعرض للعينة إلى الجو المفتوح يجب أن يكون أقصر ما يمكن.

3) **تحضير العينة: preparation**

يجب تحضير العينة ضمن شروط محددة تحفظها فمثلا إن أي تسخين أثناء طحن عينة حبوب يجب أن يكون أصغرياً، فالطحن اليدوي أو بالآلة يمكن أن يولد بسبب الاحتكاك حرارة تسبب فقد جزء من الماء، لذا يجب استعمال أجهزة خاصة مزودة بمبردات تمنع تأثير الحرارة على الماء.

طرائق معايرة الرطوبة

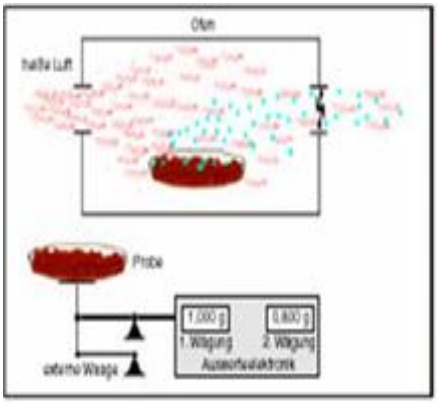
١. طرائق التبخير (التجفيف)
٢. طرائق التقطير
٣. الطرائق المعتمده على التفاعلات الكيميائيه
٤. الطرائق الأليه الحديثه

طرائق التبخير (التجفيف)

تشمل هذه الطرائق تجفيف عينة الغذاء إلى وزن ثابت، ويكمن المبدأ الأساسي لهذه التقنية في أن نقطة غليان الماء أدنى من المكونات الرئيسية الأخرى في المواد الغذائية كالمواد الدسمة والكربوهيدرات والبروتينات والمعادن. يتم التبخير باستعمال إحدى الطرائق التالية:

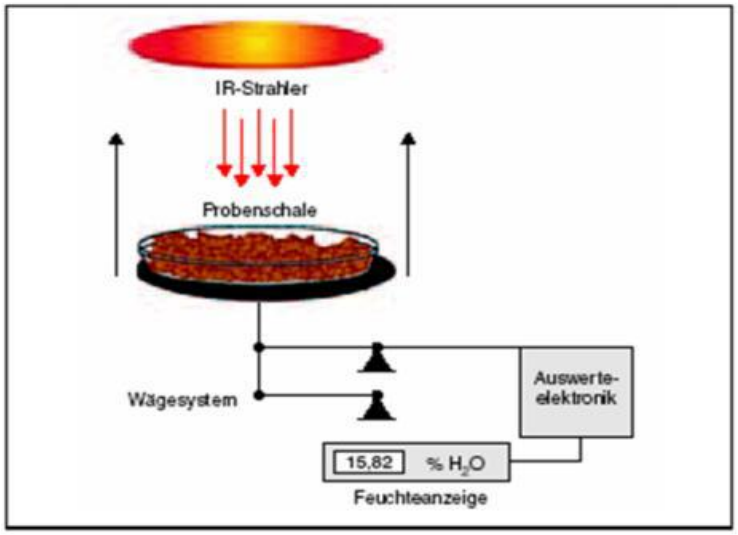
أفران التجفيف وأفران الحمل الحراري

تستخدم هذه الأفرن درجة الحرارة 100 للأغذية الثابتة في الحرارة .



مصابيح الأشعة تحت الحمراء للتجفيف

التي تحتوي على موازين تعطي قراءه مباشرة لتغيرات الوزن وفي هذه الطريقة طاقة الأشعة تخترق العينة بدلا من نقل الحرارة من سطح العينة للداخل وهي سريعة وسهلة الاستخدام.



أفران الأمواج الميكروية

- نفس مبدأ التجفيف بالأشعة تحت الحمراء
- يمكن التحكم بالزمن وبقوة الأمواج الميكروية
- طريقة سريعة (٣ - ١٠ دقائق) وسهلة الاستخدام

مصابيح الهالوجين

- أسرع من التجفيف بالأشعه تحت الحمراء
- يتألف الجهاز من مصباح هالوجين مع ميزان حساس

أفران ومجففات التفريغ:

- أفران ومجففات التفريغ Vacuum oven: توضع العينات الموزونة تحت ضغط منخفض في فرن التفريغ لوقت ودرجة حرارة محددة ويتم تحديد الكتلة الجافة، إذ تنخفض درجة غليان الماء عند خفض الضغط مما يؤدي إلى تخفيض الزمن اللازم لتجفيف العينة. وتستخدم هذه المجففات:
  - في الدرجة 70 ° م للأغذية التي تتفكك في الدرجة 100° م كالسكاكر
  - في الدرجة العادية من الحرارة للأغذية التي تتفكك بسرعة عند تعرضها لدرجات حرارة أعلى من درجة حرارة الغرفة مثل مساحيق الخبيز

ينتشر استخدام طرائق التجفيف لتقدير رطوبة الأغذية لاسيما لأنها سهلة الاستعمال ومقبولة الدقة وتجهيزاتها بسيطة ورخيصة نسبياً. إلا أنها غير مناسبة للاستعمال مع المنتجات المحتوية على زيوت طيارة، وتسبب تلف العينة وتستغرق وقتاً طويلاً.

الملاحظات العملية الواجب مراعاتها في العينات التي تحدد رطوبتها بالتجفيف:

١. **أبعاد العينة:** يعتمد معدل إزالة الرطوبة على حجم العينة وشكلها وطريقة وضعها في الجهازفكلما زادت مساحة سطح العينة المعرضة للحرارة كلما زاد معدل إزالة الرطوبة وسرعتها .

٢. **التكتل وتشكل القشرة الخارجية**. تميل بعض العيناث عند التجفيف إلى التكتل أو تشكيل قشر. شبه نفوذة على السطح، عندها يقتصر فقدان الرطوبة على التكتلت أو القشرة المتشكلة مما يؤدي إلى نتائج خاطئة.

٣. **ارتفاع درجة الغليان**: متسبب وجود مواد مذاباً في العينه برفع درجة غليان الماء وبصبح معدل فقدان الرطوبة أبطأ من المتوقع.

٤. **نوع المادة** تعد إزاله الماء الحر من الأغذيه من الأكثر سهولة بينما تحتاج إزالة الماء المرتبط فيزيائياً أو كيميائياً إلى مزيد من الشروط القاسيه التي تسبب تلف بعض المكونات الأخرى.

٥. **تطاير المكونات الغذائية الأخرى:** تحتوي غالبية الأغذية على مكونات طيارة تفقد بالتسخين مثل النكهات أو الروائح، فمن الضروري استخدام أساليب بديلة لتحديد محتواها من الرطوبة

٦. **العينات عاليه الرطوبه** يتم تجفيفها على مرحلتين لمنع تناثر العينه ولتجنب تراكم الرطوبه في الفرن. تعرف عملية التناثر Spatteringبأنها عملية تناثر الماء من عينة الغذاء حامل معه مكونات المواد الغذائيه الأخرى أثناء التجفيف.

٧. **تغيرات مستوى الطاقه ودرجه الحرارة.** تعتمد فاعلية التجفيف على موقع العينه في أجهزه التبخير

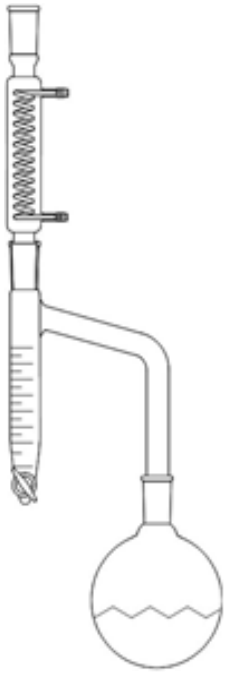
٨. **وعاء العينة**. ينبغي استخدام أوعيه مناسبة تتممكن من احتواء العينات ومعاملتها بشكل صحيح

٢ـ طرائق التقطير

طريقه Dean and Stark التي يمزج فيها وزن معلوم من العينه في دورق التقطير مع مذيب (كالكزايلين أو التولوين) الذي يتصف بأنه لا يمتزبج مع الماء وذو نقطه غليان أعلى من الماء. يوصل الدورق إلى مكسف ويسخن المزيج ويجمع ناتج التقطير (الماء والمذيب في أنبوب مدرج وعندما يتوقف تقطير الماء في الأنبوب المدرج (تثبت كمية الماء المتجمعة في الأنبوب) توقف التجربة ويقرأ حجم الماء .

تعد طرائق التقطير جيدة للاغذيه القليله الرطوبه وللمنتجات الحاوية على زيوت طياره كالأعشاب والبهارات، وذلك لبقاء الزيت الطيار منحلا في المذيب العضوي. كما أنها لا تحتاج إلى اهتمام ومراقبة كبيرة.

مساوئها تكمن بإعطاء قيم أقل من الطرق الأخرى كما أنها خطرة لاستعمالها المذيبات القابلة للاشتعال.



٣-الطرائق المعتمدة على التفاعل الكيميائي:

يدخل الماء في تفاعلات كيميائية مع مواد معينة (كواشف كيميائية محددة) ويستفاد من هذه الخاصية في تقدير الماء في الأغذية.

١- معايره كارل فيشرKarl Fisher Method

يتم فيها معايرة كل الماء المرتبط والحر في الغذاء. تستعمل عادة مع الأغذية القليلة الرطوبة (مثل الفواكه المجففة والحلويات والبن والزيوت والمواد الدسمة) حيث يتفاعل الماء مع مزيج من اليود وثنائي أوكسيد الكبريت المنحل في الكحول مع مركب أميني مثل البريدين أو الايميدازول. يتفاعل ثنائي أوكسيد الكبريت مع الكحول ويعطي إستر ، ثم يتأكسد الإستر باليود متحولاً إلى كبريتات الميتيل في تفاعل يتضمن الماء.

هي عبارة عن إجراء تحليل كيميائي يعتمد على أكسدة ثاني أكسيد الكبريت بفعل اليود في محلول هيدروكسيد الميثانول. وبشكل عام، يحدث التفاعل الكيميائي التالي:

$$H2O + I2 + SO2 + CH3OH + 3RN \rightarrow [RNH]SO4CH3 + 2[RNH]I$$

تطبق هذه الطريقة على الأغذية التي تعطي نتائج خاطئة عند تعريضها للحرارة أو للتخلية كالفواكه والخضار المجففة والزيوت، إلا أنها غير مناسبة للأغذية عالية الرطوبة.

٢- أجهزه القراءه المباشرة Gas production Method

يوجد تجهيزات تعطي قراءات مباشرة للرطوبه في الغذاء وتعتمد على تفاعل الماء مع مواد معينة معطياً غازاً يؤدي لتوليد ضغط تتعلق كميته بمقدار الماء في الغذاء

كمثال التفاعل بين كربيد الكالسيوم والماء الذي يعطي الأسيتيلين:

$$2H_2O + CaC_3 \longrightarrow C_2H_2(gas) + Ca(OH)_2$$

أو التفاعل بين هيدريد الكالسيوم والماء لإنتاج الهيدروجين:

$$2H_2O + CaH_2 \longrightarrow H_2 + Ca(OH)_2$$

٤- الطرق الألية الحديثة:

ومنها يوجد عدة طرق تختلف كثيرا فيما بينها بسهولة التشغيل والتكلفة وغيرها. وتعتمد في آليتها على الخواص الفيزيائية والكيميائية للماء كالناقلية الكهربائية وكذلك NIR الأشعة تحت الحمراء القريبة و NMR الرنين النووي المغناطيسي. وتفيد هذه الطرق في ضبط الجودة إذ تستخدم للمراقبة المباشرة على خطوط الإنتاج. تعتمد مقاييس الرطوبة الكهربائية على تأثير الماء على الناقلية الكهربائية وهي رخيصة الثمن وسهلة الاستعمال وتعطي قراءات مباشرة إلا أنها تفتقر للدقة (تستخدم لفحص سوية الرطوبة في كميات كبيرة من الأغذية كالحبوب). أما التجهيزات التي تعتمد على NIR و NMR فهي أجهزة متطورة وعالية الثمن وتحتاج لإجراء معايرات تقييس قبل استخدامها.

المحاضرة الثالثة

تحديد محتوى الرماد والعناصر المعدنية في المواد الغذائية

الرماد: هو مقياس لكمية المعادن الإجمالية الموجودة في المواد الغذائيه.

المحتوى المعدني: هو مقياس لكمية المكونات غير العضوية الموجودة ضمن المواد الغذائية مثل: الكالسيوم والبوتاسيوم والصوديوم والكلور .

أهمية تحديد الرماد والمعادن في المواد الغذائية:

١. **عنونة المواد الغذائية**: يجب أن تحتوي بطاقه البيان على تركيز المعادن الموجودة في المواد الغذائية ونوعها .

٢. **الجودة:** تعتمد الجودة، الملمس، المظهر، الثبات والطعم للكثير من المواد الغذائية على تركيز المعادن التي تحتويها ونوعها .

٣. **الثبات الميكروبيولوجي**: قد تستخدم تراكيز معدنية عالية لإعاقة نمو بعض الكائنات الحية الدقيقة في المواد الغذائية.

٤. **التغذية**: إن بعض المعادن ضرورية للنظام الغذائي الصحي (مثل:الكالسيوم والفوسفور والبوتاسيوم والصوديوم) وبعضها الآخر سام (مثل: الرصاص والزئبق والألمنيوم) .

٥. **عمليات التصنيع**: من المهم معرفة المحتوى المعدني للأطعمة أثناء معالجتها لأن هذا يؤثر في خصائصها الفيزيائية .

دور المركبات المعدنية في الجسم

تعتبر المركبات المعدنية التي تكون على شكل أملاح أو شوارد أو معقدات إحدى المكونات الأساسية التي تدخل في بنية جميع الخلايا الحيوانية والنباتية ، ويوضح الجدول (1) محتوى المركبات المعدنية في المنتجات الغذائية الرئيسية المستخدمة في الوجبة الغذائية اليومية للإنسان .

تقوم العناصر المعدنية بدور رئيسي في جميع الخلايا الدقيقة والتأثيرات المختلفة والمتنوعة في جسم الإنسان ، فهي تدخل في تركيب البروتوبلازما وتدخل في تركيب المركبات العضوية المعقدة كالهيموغلوبين والهرمونات والأنزيمات .

الجدول رقم(1) المحتوى المعدني للمنتجات الغذائية الرئيسية

المنتج الغذائي	mg،(Macroelements)							mg،(Microelements)								
	بوتاسيوم K	كالسيوم Ca	ماغنزيوم Mg	صوديوم Na	كبريت S	فوسفور P	كلور Cl	الحديد Fe	اليود I	الكوبالت Co	المنغنيز Mn	النحاس Cu	الفلور F	الكروم Cr	التوتياء Zn	موليبدنيوم Mo
الخبز	245	35	47	610	52	158	980	3900	5.6	–	1610	220	35	2.7	1210	8
حليب خام	146	120	14	50	29	90	110	67	9	0.8	6	12	20	2	400	5
جبن قشقوان	116	1000	50	820	–	540	–	1100	–	–	–	50	–	–	3500	–
لحم الغنم	329	9. 8	25.1	101	165	168	83.6	2090	2.7	6	35	238	120	8.7	2820	9
لحم البقر	355	10.2	22	73	230	188	59	2900	7.2	7	35	182	63	8.2	3240	11.6
لحم الخنزير	316	8	27	64.8	220	170	48	1940	6.6	8	28,5	96	69	13. 5	2070	13
سمك نهري	265	35	25	55	180	210	55	800	5	35	150	130	25	55	2080	4
سمك بحري	340	25	30	100	200	210	165	650	135	30	80	150	700	55	1020	4
ملفوف	185	48	16	13	37	31	37	600	3	3	170	75	10	5	400	10
بطاطا	568	10	23	28	32	58	58	900	5	5	170	140	30	10	360	8
جزر	200	51	38	21	6	55	63	700	5	2	200	80	55	3	400	20
خوخ	214	20	9	18	6	20	1	500	4	1	110	87	2	4	100	8
تفاح	278	16	9	26	5	11	2	2200	2	1	47	110	8	4	150	6

وفقاً للمعايير الأمريكية فإنه الوارد المعدني اليومي مع الوجبة الغذائية إلى جسم الإنسان يجب أن يكون مُحدداً كما هو مبين في الجدول رقم(2) .

الجدول رقم(2) الوارد اليومي من العناصر الكيميائية إلى جسم الإنسان،mg

العنصر	اليافعين	الأطفال	العنصر	اليافعين	الأطفال
K	2500-2000	530	Cr	0.2-0.05	0.04
Na	3300-1100	260	Co	0.2 حوالي	0.001
Ca	1200 –800	420	Cl	3200	470
Mg	400 –300	60	PO_4^{-3}	1200–800	210
Zn	15	5	I	10	–
Fe	15 – 10	7	Se	0.15	0.07
Mn	5.0 – 2.0	1.3	F	0.07–0.05	–
Cu	3.0 – 1.5	1	SO_4^{-2}	4.0–1.5	0.6
Mo	0.25–0.075	0.06			

تحديد محتوى الرماد في المواد الغذائية

تعتمد معظم التقنيات التحليلية على إمكانية تمييز المعادن المراد تحليلها بطريقة قابلة للقياس عن جميع العناصر الأخرى ضمن المواد الغذائية. إن تحمل المعادن الجيد للحرارة و قابليتها المنخفضة للتطاير عند التسخين بالمقارنة مع غيرها من المكونات الغذائية هو المبدأ الذي تستند عليه الطرق التحليلية الرئيسية الثلاثة المستخدمة لتحديد محتوى الرماد في الأغذية:

- الطريقة الجافة للترميد dry ashing
- الطريقة الرطبة للترميد wet ashing
- الطريقة الجافة للترميد بالبلازما ذات درجة الحرارة المنخفضة low temperature plasma dry ashing

يعتمد اختيار أحد هذه الطرق على الهدف من التحليل وعلى نوع الغذاء المدروس والمعدات المتوفرة. يستخدم الترميد كخطوة أولى لإعداد العينات من أجل تحليل المعادن بطريقة التحليل الطيفي الذري أو غيرها من الأساليب التقليدية المبينة لاحقاً. نادراً ما تتجاوز كمية الرماد في المواد الغذائية الطازجة 5 ٪، بينما قد تصل نسبته في بعض الأغذية المصنعة إلى 12 ٪ (لحم البقر المجفف).

تحضير العينة:

يجب اختيار العينة بعناية بحيث تمثل الغذاء المراد تحليله مع مراعاة عدم تغيير تكوينها قبل التحليل. يتراوح عادة وزن عينات تحليل محتوى الرماد من 1–10 غرام. يجب طحن الأغذية الصلبة ومزجها بعناية قبل اختيار العينة التي تمثل المادة الغذائية جيداً. يتم تجفيف العينات عالية الرطوبة قبل ترميدها لمنع تناثر الغذاء خلال الترميد، أما العينات عالية المحتوى من الدسم فيتم نزع الدسم بواسطة المذيبات العضوية مما يسهل عملية نزع الرطوبة ويمنع التناثر، كما يستعمل الماء المنزوع الأيونات عند إعداد العينات لتلافي المشاكل المحتملة بتلوث العينات بالمعادن عند ملامستها الأواني الزجاجية، المطاحن أو البوتقات خلال التحليل.

الترميد الجاف:

يستخدم في الترميد الجاف أفران ذات درجات حرارة عالية تتراوح بين 500–600 مئوية وثابتة لمدة 24 ساعة عادة. يتبخر ضمن هذه الظروف الماء والمواد المتطايرة الأخرى ويتم حرق المواد العضوية بوجود الأكسجين في الهواء معطياً CO_2 و H_2O و N_2. كما تتحول معظم المعادن إلى أكاسيد الكبريتات والكلوريدات والفوسفاتات أو السيليكات. بالرغم من ثبات معظم المعادن في درجات الحرارة العالية إلا أن بعضها قد يفقد جزئياً كالحديد والرصاص والزئبق، لذا يجرى تحليل هذه المعادن عادة باستخدام طرائق ترميد بديلة وبدرجات حرارة منخفضة.

يتم وزن العينة الغذائية قبل وبعد الترميد لتحديد تركيز الرماد، ويمكن التعبير عن محتوى الرماد على أساس إما الكتلة الجافة أو الكتلة الرطبة:

$$Ash\ (dry\ basis) = M_{ash} / M_{DRY}\ X\ 100$$

$$Ash\ (wet\ basis) = M_{ash} / M_{wet}\ X\ 100$$

حيث: M_{ash} كتلة الرماد في العينة

M_{DRY} كتلة العينة المجففة

M_{wet} كتلة العينة الأصلية الرطبة

إيجابيات وسلبيات الترميد الجاف:

- **الإيجابيات:** الترميد الجاف طريقة آمنة، كواشفه المطلوبة قليلة، سهل العمل، يمكننا من تحليل عينات كثيرة في وقت واحد، كما يمكن تحليل الرماد من أجل محتوى معدن محدد.
- **السلبيات:** يستغرق وقتاً طويلاً لإجراء التحليل، كما أن تكاليف أفران الترميد مرتفعة بسبب استهلاكها الكبير من الكهرباء، قد يحدث فقدان للمعادن الطيارة في درجات الحرارة العالية مثل: النحاس، الحديد، الرصاص، الزئبق، النيكل والزنك.

الترميد الرطب:

يستخدم الترميد الرطب في المقام الأول لإعداد عينات الأغذية الحاوية على معادن طيارة وكذلك عندما يراد تحليل لاحق لمعادن معينة. يزيل الترميد الرطب كل المواد العضوية المحيطة بالمعادن في العينة ويبقيها منحلة في المحلول المائي بينما تشكل طبقة منصهرة حول العينة عند استخدام الترميد الجاف. يتم العمل بوزن العينة الغذائية المجففة والمطحونة في قارورة تحتوي على أحماض قوية وعناصر مؤكسدة (nitric, perchloric and/or sulfuric acids) ثم تسخينها. تستمر عملية التسخين حتى تتهضم المواد العضوية تماماً ولا يبقى سوى أكاسيد المعادن في المحلول. تعتمد درجة الحرارة والوقت المستخدم على نوع الأحماض والعناصر المؤكسدة المستخدمة. تستغرق عملية الهضم نموذجياً من 10 دقائق لبضع ساعات عند درجة حرارة حوالي 350 م°، يتم بعد ذلك تحليل المعادن المطلوبة في المحلول.

إيجابيات وسلبيات الترميد الرطب:

- **الإيجابيات:** فقدان جزء أقل من المعادن الطيارة بسبب انخفاض درجات الحرارة المستخدمة، أسرع من طريقة الترميد الجاف.
- **السلبيات:** كثافة العمل المخبري، تتطلب هذه الطريقة استخدام ساحبات دخان خاصة، استخدام حمض البيكريك perchloric acid ذي الطبيعة الخطرة، انخفاض إنتاجية العينة.

تحديد الرماد الذواب وغير الذواب في الماء:

يمكن بالإضافة إلى تحديد محتوى الرماد الكلى تحديد نسبة الرماد القابل للذوبان فى الماء، إلى نسبة الرماد غير القابل للذوبان في الماء. يعطي هذا التناسب مؤشرا مفيدا عن جودة بعض الأغذية، مثال: محتوى الفاكهة من المواد الحافظة والهلام.

طريقة العمل :

يتم تمديد الرماد بالماء المقطر ثم يسخن إلى ما يقارب الغليان ويرشح المحلول الناتج بعد أن يبرد. تحدد كمية الرماد القابلة للذوبان في الماء بتجفيف الرشاحة ووزن الناتج المتبقي أما الرماد غير القابل للذوبان في الماء فيحدد بغسل ورقة الترشيح وتجفيفها وترميدها ثم يوزن الباقي.

تحديد محتوى الرماد من العناصر المعدنية:

إن معرفة نوع وتركيز المعادن الموجودة في المنتجات الغذائية ذو أهمية كبيرة في صناعة المواد الغذائية. إذ تستخدم خصائص المعادن الفيزيائية الرئيسية لتمييزها عن مكونات الغذاء الأخرى، نذكر من هذه الخصائص: تطايرها القليل، قدرتها على التفاعل مع كواشف كيميائية وإحداث تغييرات محددة قابلة للقياس، امتلاكها لطيف كهرومغناطيسي فريد من نوعه.

يستخدم مطياف الامتصاص أو الانبعاث الذري لتحديد نوع وتركيز المعادن في الأغذية لأنها من أكثر الوسائل فعالية. ويمكن استخدام الأجهزة التي تستند إلى هذا المبدأ لتحديد مجموعة المعادن الموجودة في الأغذية وبتراكيز منخفضة.

تحضير العينة:

تشترط معظم الطرق التحليليه المستخدمه لتحديد المحتوى المعدني في الأغذيه أن يتم حل المعادن في محلول مائي. لهذا يجب عزل المعادن من المكونات العضوية المحيطه قبل التحليل وذلك من خلال ترميد العينة باستخدام أحد الطرق المذكورة سابقا. يجب التأكد من أن عملية الترميد لا تسبب تتطاير المعادن ولا تغير من تركيزها في الغذاء.

يعد تداخل الملوثات الموجودة في الكواشف أو الماء أو الزجاجيات مصدراً آخراً للخطأ في تحليل المعادن.

لتلافي هذه المشكلة يجب استخدام الماء والكواشف عالية النقاوة ويجب تحليل الشاهد **blank** في الوقت نفسه الذي يجري فيه التحليل للعينة. يستخدم في عينة الشاهد الأدوات الزجاجية والكواشف نفسها المستخدمة في تحليل العينة لنحصل على التركيز نفسه من الملوثات ثم يطرح تركيز المعادن في تجربة الشاهد من القيمة المقاسة للعينة. ينبغي إزالة المواد التي قد تتعارض مع تحليل المعادن قبل التحليل ويتم مراعاتها عند تفسير النتائج والحسابات.

التحليل الوزني:

يعتمد التحليل الوزني للعناصر المعدنية على إضافة كاشف معين يشكل مع العنصر المعدني معقداً غير قابل للذوبان وذا صيغة كيميائية معروفة.

يفصل الراسب بالتريشح ويغسل بالماء ، ثم يجفف ويوزن ويحسب منه تركيز المعدن، حيث يحدد تركيز المعدن في العينة الأصلية من معرفة الصيغة الكيميائية للراسب المتشكل.

مثال: يمكن تحديد كميه الكلور في المحلول من خلال إضافة كمية زائدة من أمونات الفضة لتشكل راسب كلوريد الفضة.

الطرق اللونية:

تعتمد الطرق اللونية على تغير لون المحلول عندما يتفاعل الكاشف المضاف مع المعدن المطلوب.

يتم التحديد الكمي عن طريق قياس الامتصاصية للمحلول عند طول موجة محدد باستخدام مقياس الطيف الضوئي.

تتوافر كواشف مختلفة لتحديد تركيز معادن مختلفة بالطرق اللونية متل: كاشف أزرق الموليبيدينوم لتعيين الفوسفور، وكاشف ثنائي بيريديل لتعيين الحديد.

طرائق المعايرة:

يندرج ضمن مبدأ المعايرات مجموعة واسعة من الطرائق نذكر منها:

- **المعايرة بتشكيل معقدات مع EDTA:**

يعد EDTA من الكواشف الكيميائية التي تشكل معقدات قوية ملونة مع شوارد معدنية عديدة. يستخدم عادة ملح EDTA ثنائي الصوديوم لتوافره بدرجة نقاء عالية.

- **تفاعلات الأكسدة والإرجاع:**

يلجأ المحللون إلى استخدام نظام مقترن أي يقترن تفاعل أكسدة مع تفاعل إرجاع بحيث يؤدي أحد اطراف التفاعل على الأقل إلى تغير ملموس قابل للقياس بسهولة (كتغير اللون مثلاً) ويمكن اعتباره نقطة انتهاء المعايرة، مثال : تحديد الحديد أو الكالسيوم في الغذاء بالمعايرة بالبرمنغنات.

- **المعايرة بالترسيب:**

هي المعايرة التي يكون على الأقل من نواتجها راسباً غير قابل للذوبان. مثال: طريقة مور لتحليل الكلور.

التحليل الطيفي الذري:

تعد هذه الطريقه لتحديد نوع وتركيز المعدن أكثر حساسيه وانتقائيه وأسرع من الطرائق الكيميائيه الرطبة التقليدية.

لهذا السبب حلت إلى حد كبير محل الطرائق التقليدية في المختبرات التي يمكنها دفع تكاليف الشراء والمخابر التي تقوم بالتحليل الروتيني المتكرر للمعادن.

محتوى المعادن والمركبات المعدنية خلال عمليات تصنيع المواد الغذائية:

يتم عادة عند التصنيع الغذائي للمواد الأولية انخفاض كمية المركبات المعدنية في المنتج النهائي (يستثنى من ذلك المنتجات التي يضاف إليها ملح الطعام). عند تصنيع المواد الأولية النباتية يفقد قسم كبير من هذه المركبات في المنتجات الثانوية

وكمثال على ذلك عندما يتم الحصول على الدقيق من الحبوب فإن معظم المركبات المعدنية تفقد مع القشرة والجنين.

يفقد عند تنظيف الخضار والبطاطا من 10 حتى 30 بالمئة من المركبات المعدنية وإضافة لذلك يفقد عند المعاملة الحرارية من 5 وحتى 30 % من هذه المركبات .

يفقد كمية كبيرة من الكالسيوم والفوسفور عند تصنيع اللحوم والأسماك ولحوم الطيور وذلك عندما يتم فصل اللحم عن العظم .

يمكن أن تنتقل كمية من المركبات المعدنية الموجودة في التجهيزات التكنولوجية (إذا كانت هذه التجهيزات مصنعة بشكل سيئ) إلى المنتجات الغذائية أثناء عمليات التصنيع فمثلا عند تحضير العجين في صناعة الخبز ينتقل عنصر الحديد من العجانات المصنوعة من هذا المعدن إلى العجين وهذه الظاهره غير مرغوب بحدوثها .

عند تعليب الخضروات والفواكه في عبوات معدنية ذات نوعية سيئة يمكن أن تنتقل إلى هذه المنتجات بعض المعادن السامة كالرصاص والكادميوم وأحياناً القصدير

يؤدي وجود بعض المعادن ولو بكميات ضئيلة كالحديد والنحاس إلى حدوث عمليات أكسدة للمنتجات الغذائية ، كالزيوت والمواد الدسمه الأخرى .

عند تخزين الزبده الحيوانية والنباتية التي تحتوي على الحديد بكمية أعلى من 1.5 مغ/ كغ وعلى النحاس بكمية 0.4 مغ /كغ لفترة طويلة تتزنخ هذه المنتجات ، كما يلاحظ أيضاً عند تخزين بعض المشروبات التي تحتوي على الحديد بكمية أكثر من 5 مغ/ ليتر وعلى النحاس بكمية مغ/ ليتر اسمرار وتلون هذه المنتجات .

يؤدي التركيز المرتفع لشوارد الكالسيوم في المياه المستخدمة في مصانع التعليب إلى اتحاد هذه الشوارد مع المواد البكتينية الموجودة في قشور البازلاء والفاصولياء أثناء عمليات التصنيع مما يسبب زيادة في صلابة قوام هذه المواد وهذا أمر غير مرغوب فيه

يستعمل ملح كلور الصوديوم كعامل خفض للنشاط المائي للأغذية منذ القديم حيث يؤدي إلى ثبات كثير من المنتجات الغذائية (الزبدة ، الأجبان، اللحوم ، الأسماك والخضار) وذلك بإضافته بكميات محدودة.

المحاضرة الرابعة

السكريات

مقدمة

تتشكل السكريات في النباتات من خلال عملية التركيب الضوئي ، وهي مصدر مهم للطاقة.

تمثل السكريات (CHO_s) طاقة مخزنة من أجل النباتات والحيوانات (النشاء، الغليكوجين والسيللوز)

تؤدي السكريات وظائف هامة في فيزيولوجيا البشر، وهي جزء من الغليكوبروتينات والغليكولبيدات الموجوده في الجسم

تمتلك السكاكر الصيغة العامة $C_n(H_20)_n$

تصنيف السكريات

١. المجموعة الوظيفية
٢. عدد ذرات الكربون في السكر
٣. عدد السكاكر المتحدة معآ
٤. تجانس أو تغاير السكر

١- تقسيم السكريات وفقا للمجموعة الوظيفية

- سكاكر ألدوز : Aldose (تحتوي مجموعة ألدهيدية)، ومن السكاكر الأحادية التي تنتمي إلى هذه المجموعة هي الغلوكوز والغالاكتوز والريبوز والغليسر الدهايد. الغليسر الدهايد هو أول السكاكر الألدهيدية، ممتلكاً 3 ذرات كربون.
- سكاكر كيتوز : Ketoses (تحتوي مجموعة كيتونية)، والسكر الأحادي الأهم في هذه المجموعة المماكب الكيتوني من الغليسر الداهيد هو الديهيدروكسي أسيتون، وهو السكّر الوحيد الذي لا يمتلك مركز عدم تناظر، حاملاً على ذرة الكربون في مجموعة الكربونيل مجموعتين CH2OH .

٢- تقسيم السكريات حسب عدد السكاكر المتحدة معاً

تصنف السكاكر وفقاً لذلك إلى سكاكر أحادية Monosaccharides تحوي سكراً واحداً، وسكاكر ثنائية Disaccharides تحوي سكّرين اثنين،وسكاكر متعددة Polysaccharides

السكاكر الأحادية	السكاكر الثنائية	السكاكر المتعددة
الغلوكوز	السكروز	النشاء
الغالاكتوز	المالتوز	الغليكوجين
الفركتوز	اللاكتوز	السيللوز
الريبوز		

٣- تقسيم السكريات حسب عدد ذرات الكربون

عدد ذرات الكربون	اسم الصنف	أمثلة
4	تيتروز	الإريتروز Erythrose، الثريوز Threose
5	بنتوز	الأرابينوز Arabinose، الريبوز Ribose، الريبولوز Ribulose، الكسيلوز Xylose، الكسيلولوز Xyl;ulose، الليكسوز Lyxose.
6	هكسوز	الألوز Allose، الألتروز Altrose، الفركتوز، الغالاكتوز، الغلوكوز، الغولوز Gulose، الإيدوز Idose، التالوز Talose، المانوز Mannose، السوربوز Sorbose، التاغاتوز Tagatose.وهي السكاكر الأكثر تواجداً في الغذاء.
7	هيبتوز	السيدوهبتولوز Sedoheptulose.

٤- تقسيم السكريات وفق للتجانس أو التغاير

تصنف السكاكر وفقاً لذلك إلى

- السكاكر المتجانسة Holosides ، وتكون إما أوليغوزيدات Oligosides أو بوليزيدات Polysidesمثل النشاء (فتحطّم النشاء يعطي الغلوكوز فقط، لذلك يدعى سكّراً متجانساً.)
- السكاكر المتغايرة Heterosides ، وفيها يتصل الجزء السكري بجزء غير سكري، فالسكاكر المتجانسة تحوي الذرات C و H و O فقط، وتدعى متغايرة إذا اتصلت مثلاً بلبيد lipid أو بروتين كالغليكوبروتين أو بذرّات أخرى، مثلاً:

O – Heterosides.

N – Heterosides.

C – Heterosides.

S – Heterosides

مصادر السكريات

يختلف محتوى الأغذية من السكاكر باختلافها، فأكثر السكاكر توافرا في الفواكه هو الفركتوز، أما أكثرها في الخضراوات كالشوندر وقصب السكر والبطاطا الحلوة فهو السكروز

السكر المعياري للحلاوة هو السكروز لأنه سكر الطعام ويعطى قدرة تحلية معيارية 100 وتنسب له باقي السكاكر حيث أن جميع السكاكر أقل حلاوة من السكروز باستثناء الفركتوز (يعتبر أحلى السكاكر الطبيعية)

يبين الجدول الآتي الحلاوة النسبية للسك

السكروز	100	الغلوكوز	74
الفركتوز	174	اللاكتوز	16
السكّر المنقلب	126	المالتوز	32
الغالاكتوز	132		

المنسب السكري للأغذية :

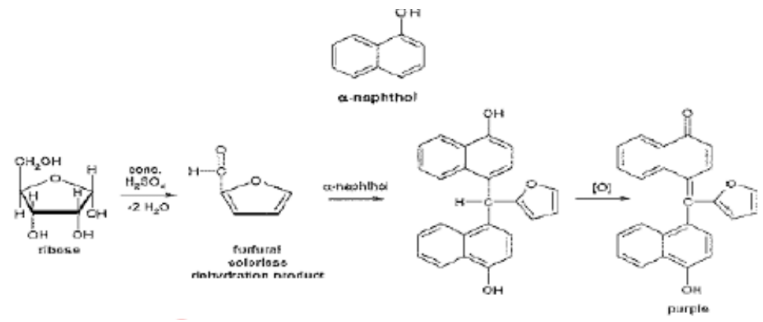
- المنسب السكّري : Glycemic index (GI) لغذاء ما هو قيمة تدلّ على قدرة هذا الغذاء على رفع سكّر الدم.
- يتم حساب المنسب السكري باستخدام متطوعين، حيث يقاس الغلوكوز الصيامي لديهم، ثم يُعطون الغذاء السكري المراد حساب GI له(وليكن محلول غلوكوز يحوي 50g غلوكوز مثلاً)ثم يتم قياس غلوكوز الدم على فترات متساوية عقب هذا الإعطاء(بمبدأ يشبه اختبار تحمل السكر) منطقياً، فإن تركيز سكر الدم سوف يرتفع تدريجياً ليصل إلى ذروة ثم يعود لينخفض، وي رسم منحنٍ ثم تحسب المساحة تحت المنحني. AUC
- محلول الغلوكوز هو المادة المعيارية التي يقاس المنسب السكري بالنسبة إليها، ويُعطى القيمة. 100
- في وقت آخر، تتم إعادة نفس الخطوات على غذاء سكري آخر ما يعادل وزن السكر الذي أخذناه بالمرة الأولى فنأخذ 50g تفّاح)وتُحسب ال AUC ثم يتم نسبها إلى AUC محلول الغلوكوز واستنتاج قيمة المنسب السكّري الخاص بها، ووفقاً لذلك يصنّف التفاح في أحد الأصناف الثلاثة المبينة في الجدول السابق :ففي حال المساحة صغيرة مقارنة بالعياري نقول أن المادة low GI وفي حالة كبيرة تكون high GI وفي حال تساويها مع العياري تكون medium GI لنجد أنه ضمن الأغذية ذات GI منخفض، أي أنه يرفع غلوكوز الدم بمقدار بسيط ولا يهبط به فجأة بعد ذلك.
- يمكن اتخاذ الخبز الأبيض معيارياً بدلاً من الغلوكوز، لأنه يرفع سكر الدم بشكل كبير.

الكشف عن السكريات:

➢ **الاختبارات الدالة على طبيعة السكر:**

1. اختبار موليش: Molisch test
   - يستخدم اختبار موليش للكشف عن وجود السكريات بغض النظر عن بنيتها (هل يوجد سكر أم لا؟.)
   - كاشف موليش (ألفا نفتول في الكحول)+ حمض الكبريت.

بإضافة الحمض تتحول الوظيفة الغولية في السكر إلى وظيفة ألدهيدية فيتشكل الفورفورال الذي يشكل مع الألفا نفتول معقداً ملوناً بلون بنفسجي دليل وجود السكر.

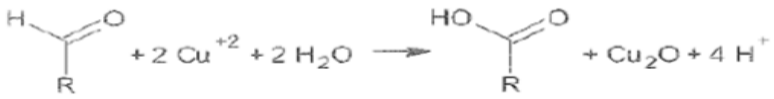


2. اختبار بارفود: Barfoed's test

- يفيد في تحديد نوع السكر أهو أحادي أم ثنائي.

يعتمد اختبار بارفورد على الخصائص الإرجاعية للسكّر، يعمل هذا التفاعل على إرجاع شاردة النحاس الثنائي الى أوكسيد النحاسي O2Cu الأحمر مما يشير إلى وجود سكّر مرجع.

- يستخدم زمن ترسب هذا الراسب الأحمر للتمييز بين السكاكر الأحادية والثنائية، إذ إن ظهور اللون الأحمر يستغرق 2 – 3 دقائق في الاختبار الإيجابي للسكاكر الأحادية(غلوكوز-غالاكتوز-فركتوز)في حين أنه يستغرق قرابة 10 دقائق في السكاكر الثنائية المرجعة مثل اللاكتوز أو المالتوز، ولا يظهر اللون الأحمر مع السكاكر الثنائية غير المرجعة مثل السكروز.

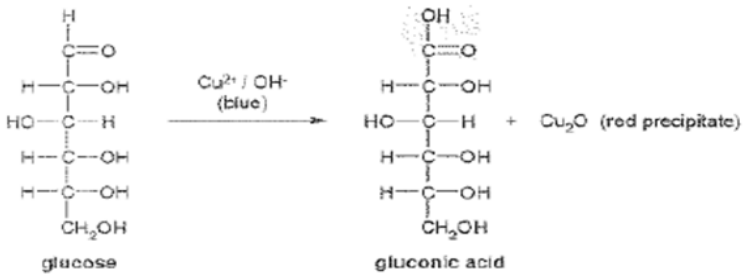


في نهاية هذا التفاعل نكون أمام احتمالين:

- أن يكون السكر أحادياً، وهو بالتالي إما غلوكوز أو فركتوز أو غالاكتوز، وثلاثتها مرجعة، لذلك لا حاجة لتطبيق اختبار بينيديكت التالي.
- وإما أن يكون السكر ثنائياً، وهو بالتالي إما مالتوز أو لاكتوز وكلاهما مرجعان، أو سكروز وهو غير مرجع، لذلك فنحن بحاجة إلى تطبيق اختبار يميّز لنا بين السكّر المرجع وغير المرجع، وهو الاختبار التالي.

3. اختبار بينيديكت Benedict's test :

- يتفاعل كاشف بينيديكت (كبريتات النحاس CuSO4 + حمض) مع السكاكر المرجعة ليشكل رواسب غير عضوية يمكن تحرّيها بسرعة بالملاحظة البصرية.
- في التفاعل بين هذا الكاشف والسكاكر المرجعة يتم إرجاع النحاس الثنائي II في كبريتات النحاس الأحادي I بالمجموعة الوظيفية الألدهيدية، ويشير تشكّل راسب أحمر آجري إلى وجود سكّر مرجع.

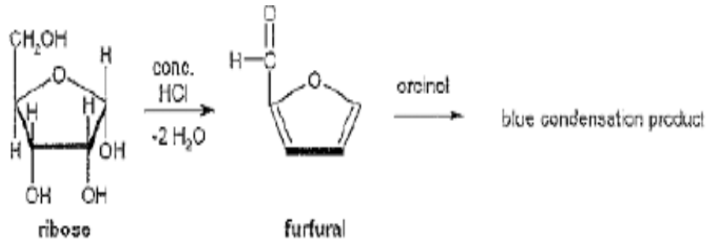


إذا كان اختبار بينيديكت إيجابياً فالسكّر هو إما مالتوز أو لاكتوز، وإذا كان سلبياً فهو سكروز.

وعلاوة على ذلك، فإذا كان الاختبار 2 أي اختبار بارفورد إيجابياً فنحن بحاجة إلى معرفة طبيعة السكر المرجع الموجود، أهو خماسي أم سداسي.

4. اختبار بيال: Bial's test

- كاشف بيال :أورسينول + حمض
- يقوم الاختبار على تفاعل الأورسينول مع السكاكر الخماسية فإذا كان السكر خماسياً أعطى لوناً أزرق، وإذا كان الاختبار سلبياً فالسكّر سداسي

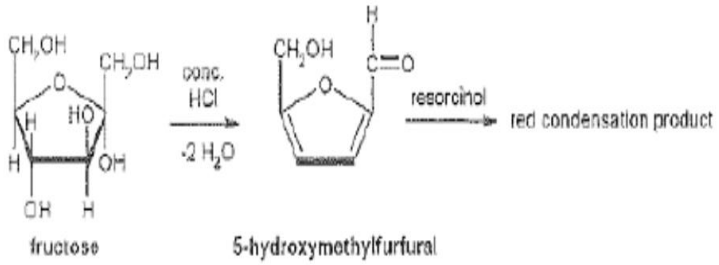


بعد تعيين السكر باختبار بيال، فإذا كان سداسياً فيتعين علينا معرفة نوع هذا السكر،هل هو ألدوز أم كيتوز، ولذلك نلجأ إلى الاختبار التالي، اختبار سيليفانوف.

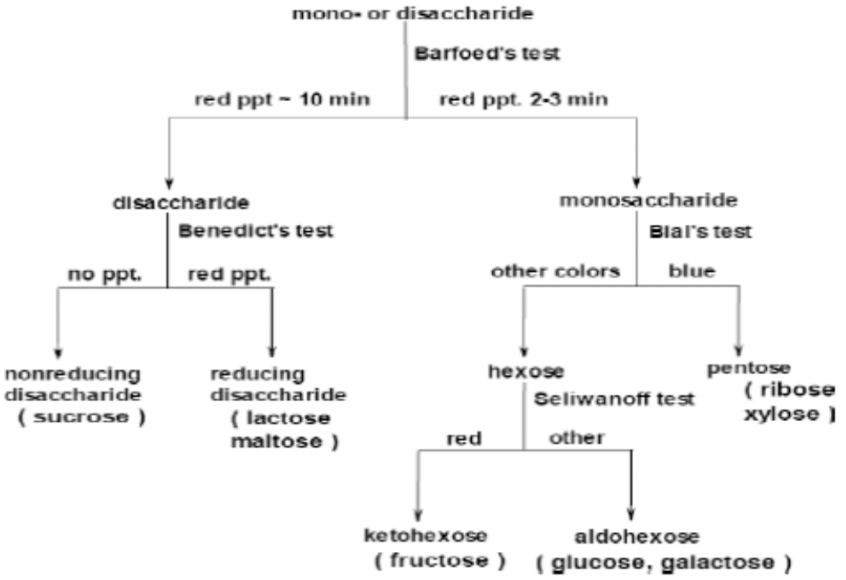
5. اختبار سيلفانوف: Seliwanoff test

- تفاعل نوعي للوظيفة الكيتونية يستخدم للتفريق بين السكاكر الألدهيدية والكيتونية (كالفركتوز.)
- كاشف سيلفانوف: حمض HCl المركّز + الريزورسينول.

حينما يعمل HCl على نزع الماء من سكاكر الكيتوهكسوز فإنها تتحول إلى – 5 هيدروكسي ميتيل فورفورال، الذي يمكن أن يخضع لتكثف مع الريزورسينول في غضون دقيقتين ليشكّل مركباً أحمر اللون.



يلخّص المخطط الآتي الخطوات المتسلسلة للتفاعلات السابقة للوصول إلى نوع السكر:



معايرة السكاكر

الخطوة الأساسية في معايرة السكاكر هي بالاعتماد على الخصائص الإرجاعية حيث تنقسم السكاكر إلى مرجعة وغير مرجعة

تتضمن السكاكر المرجعة كلا من الغلوكوز والغالاكتوز والفركتوز والمالتوز واللاكتوز

تتضمن السكاكر غير المرجعةكلا من السكروز والرافينوز (سكر ثلاثي) والسيللوز والأميلوبكتين (النشاء) والديكسترينات

طرق معايرة السكاكر

1. طريقة فهلنغ.
2. طريقة لوف شورل.
3. طريقة بيرتراند.
4. طريقة مقياس الاستقطاب.
5. طرائق الكروماتوغرافيا غاز – سائل.
6. الطرائق الإنزيمية.

1. طريقة فهلنغ: Fehling's method

يقوم مبدأ معايرة السكاكر على قدرة السكّر على إرجاع النحاس في محلول فهلنغ A إلى أوكسيد النحاسي cuprous oxide الأحمر الآجري غير الذوّاب، ويكون ذلك وفق المعادلة الآتية:

$$2Cu + C_6H_{12}O_6 \rightarrow Cu_2O + HCOO\text{-}(CHOC)_4 - CH_2O$$

حمض (غلوكورونيك(لونه أحمر)

- ونفصّل في طرق المعايرة:
  - كاشف : A كبريتات النحاس لونه أزرق.
  - كاشف : B طرطرات الصوديوم والبوتاسيوم مع HNao وهو عديم اللون.
- وتكون أهمية طرطرات الصوديوم والبوتاسيوم إبقاء الناتجة عن تفاعل النحاس مع الصود بشكل منحل ولايتحول لراسب فيكون مجموع فهلنغ و لون أزرق.
- إذا كان لدينا سكر مرجع فإن هذا السكر سوف يرجع شاردة النحاس في محلول فهلنغ إلى شاردة النحاسي في أوكسيد النحاسي Cu2O ، وهو راسب أحمر آجري brick red
- تمكن المعايرة بأخذ هذا الراسب ووزنه (معايرة وزنية)، ولكنّها طريقة غير دقيقة، لذا تم التعديل على هذه الطريقة لتصبح باسم طريقة كوس – بونان (معايرة حجمية) أو تسمى (فهلنغ المعدلة).
- طريقة فهلنغ المعدلة
- في هذه الطريقة(كوس بونان)تتم إضافة فروسيانور البوتاسيوم 5% لحل الراسب الأحمر فيتغير اللون من أزرق إلى أخضر إلى أصفر إلى أسمر فأسود، واسوداد المحلول يشير إلىCu2O
- انتهاء المعايرة، فيكون فروسيانور البوتاسيوم بمثابة مشعر، وتتحول المعايرة من وزنية إلى معايرة حجمية(لذلك تسمى فهلنغ المعدلة) وتكون معادلتها:

$$Cuso4 + NaoH \rightarrow CU(0H)2$$

2. طريقة لوف شورل

تعتمد هذه الطريقة أيضاً على الخواص الإرجاعية للسكاكر، ويقوم مبدأ هذه الطريقة على أنه

إذا تمت إضافة محلول يودور البوتاسيوم KI (العديم اللون) إلى محلول كبريتات النحاس

ذي اللون الأزرق) فإنّهما يتفاعلان مشكلين كبريتات البوتاسيوم ويودور النحاس وفق المعادلة الآتية:

$$K2SO4 + CuI2 + 2KI \leftrightarrow CuSO4$$

لكنّ يودور النحاس مركّب غير ثابت، فيتفكك إلى اليود ويود النحاسي .يمتلك اليود لوناً بني، وتتم معايرته بتحت كبريتيت الصوديوم ويتم اصطلاح هذا المصروف ب v1 واعتبار التجربة تجربة شاهدة.

في التجربة الفعلية يوضع محلول كبريتات النحاس مع يودور البوتاسيوم(نفس كميات التجربة الشاهدة)لكن يضاف إليهما أيضاً المحلول السكري المراد معايرته(يجب أن يكون مرجعاً)

حيث يتفاعل السكر مع كبريتات النحاس بقدر كميته، وما فاض من كبريتات النحاس يخضع

لتفاعل مشابه للذي في التجربة الشاهدة، فتصبح المعايرة معايرة بالرجوع، ويكون المصروف

. v2

ويكون المصروف v1 أكبر من v2 ، ويكون مقدار الفرق بينهما تقابل السكر المرجع من السكر، حيث يُقارن الناتج بجداول مرجعية لمعرفة التركيز.

3. طريقة بيرتراند: Bertrand method

- تعتمد هذه الطريقة كذلك على الخواص الإرجاعية للسكاكر لكبريتات النحاس، حيث يتشكل بداية نتيجة الإرجاع راسب من أوكسيد النحاسي لونه أحمر آجري:

$$2Cu^{+2} + 2OH^{-} + 2e- \leftrightarrow Cu_2O + H_2O$$

- بدلاً من حل هذا الراسب في فروسيانور البوتاسيوم كما في طريقة فهلنغ يتم حله في محلول من كبريتات الحديد، حيث تتم أكسدة النحاسي في أوكسيد النحاسي إلى نحاس وإرجاع الحديد في كبريتات الحديد إلى حديدي:

$$Cu_2O + 2H^{+} + 2Fe^{+3} \leftrightarrow 2Fe+^{2} + H_2O + 2Cu^{+2}$$

- بعد ذلك تتم معايرة كبريتات الحديدي المتشكلة ببرمنغنات البوتاسيوم بوجود كاشف الفينانترولين الذي يحول اللون من أخضر إلى أورانج يدل على نهاية المعايرة:

$$5Fe^{+2} + MnO^{-}_4 + 8H^{+} \leftrightarrows Mn^{+2} + 4H_2O + 5Fe^{+3}$$

- الملخص: هي طريقة تعتمد على الخصائص الإرجاعية، حيث نستخدم كبريتات الحديد في إرجاع البرمنغنات إلى منغنيز.
- مشكلة الطريقة أنها طويلة، ومشكلة الطرق الثلاثة السابقة أنها لا تعاير إلا السكاكر المرجعة، والسكروز مثلاً غير مرجع، فكان لا بد من طرق أخرى لمعايرته.
- تمكن معايرة السكروز في مزيج من السكاكر بمعايرة السكاكر المرجعة أولاً، ثم حلمهة السكروز (إلى سكاكر مرجعة) عبر إضافة HCl ووضعه على حمام مائي ثم معايرة إجمالي السكاكر المرجعة، ويكون الفرق بينهما عائداً إلى السكروز.

4. طريقة مقياس الاستقطاب: Polarimetric Method

- نتذكر أن المركبات عديمة التناظر المرآتي chiral تحرف الضوء المستقطب polarized light .
- بما أن جميع السكاكر تحتوي مركز عدم تناظر فهي قادرة على حرف الضوء المستقطب.
- يتم تحري زاوية التدوير باستخدام مقياس الاستقطاب. Polarimeter

التدوير البصري: Optical rotatio هو الزاوية التي يدور من خلالها المستوى الاهتزازي للاستقطاب الخطي للضوء حينما يعبر الضوء المستقطب خلال محلول يحوي مركّباً فعالاً ضوئياً.

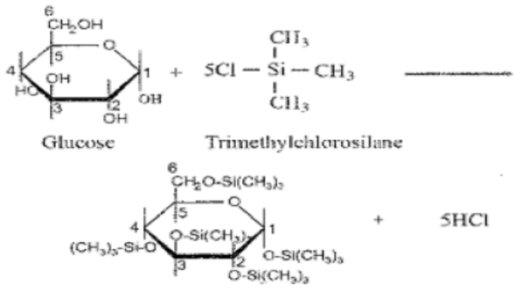
إذا لم يُنص على أمور محددة فإنه عادة ما يتم قياس التدوير البصري بشعاع الصوديوم على طبقة بثخن 1 دسم عند درجة حرارة 20° س.

5.الكروماتوغرافيا غاز – سائل:

تتطلب هذه الطريقة أن يكون المركّب طيار ا، ولكن السكاكر جميعها مركبات صلبة، لذلك يتطلب الأمر اشتقاقها أولاً، حيث تشكّل السكاكر مركب تري ميتيل سيليل إيتر Trimethylsilyl etherمن خلال تفاعلها مع مركّب تري ميتيل كلوروسسيلان Trimethyl chlorosilane

رابط إيتري — تري ميتيل كلوروسيلان

فمثلاً يتم اشتقاق الغلوكوز على النحو الآتي:



Glucose — Trimethylchlorosilane

6.الطرائق الإنزيمية: Enzyme methods

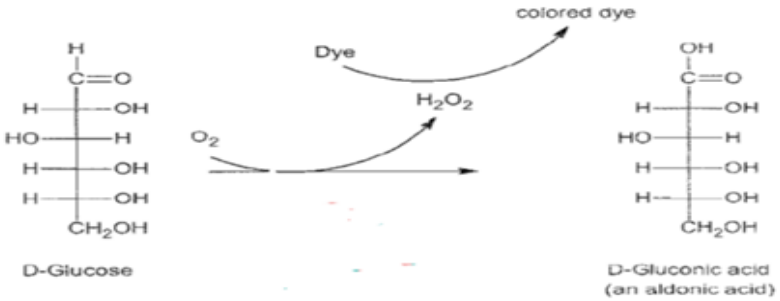
تعتمد الطرائق الإنزيمية على تفاعلات لونيّة باستخدام إنزيم، وهي طرائق لقياس الغلوكوز glucose measurement methodsغالباً ما تستخدم في المعايرات الحيوية، حيث نجد حالياً ثلاثة أنظمة إنزيمية لقياس الغلوكوز، وهي:

A. الغلوكوز أوكسيداز glucose oxidase.
B. الغلوكوز ديهيدروجيناز Glucose dehydrogenase.
C. الهكسوكيناز Hexokinase.

يتولّد عن هذه الطرق مركبات يمكن قياسها إما ضوئياً أو بتيار كهربائي يتناسب مع تركيز الغلوكوز البدئي.

➢ **الغلوكوز أوكسيداز:**

يؤكسد الغلوكوز أوكسيداز الغلوكوز إلى حمض D – غلوكونيك(وهو حمض ألدوني)وينتج عن ذلك الماء الأوكسجيني، ويقوم الماء الأوكسجيني بأكسدة صباغ أورتو – ديانيزيدين عديم اللون إلى مركّب ملوّن يقاس بمقياس الطيف الضوئي، كلما كان اللون أغمق ← كلما تشكل الماء أوكسجيني بشكل أكبر ← وهذا يدل على وجود غلوكوز بشكل أكبر.

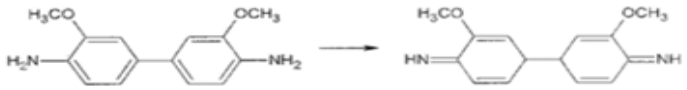


وتكون التفاعلات على النحو الآتي:

$$D-Glucose + O_2 \xrightarrow{\text{Glucose Oxidase}} Gluconic\ acid + H_2O_2$$

$$H_2O_2 + O,\ Dianisidine \xrightarrow{\text{Peroxidase}} 2H_2O + oxi.\ O,\ dianisidine$$

عديم اللون — بني



➢ **الهيكوكيناز:**

يأخذ الهيكوكيناز فوسفوراً منATP ويثبته على الغلوكوز معطياً الغلوكوز -6- فوسفات و ADP ، ويتفاعل الغلوكوز -6- فوسفات مع +NADP معطياً الغلوكونات -6- فوسفات و NADPHو +H بوساطة أنزيم G-6-P دي هيدروجيناز كما يلي:

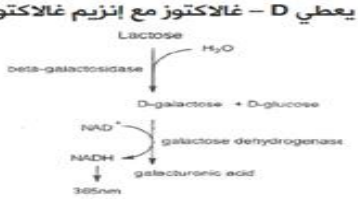
$$Glucose + ATP \xrightarrow{\text{Hexokinase}} G\text{-}6\text{-}P + ADP$$

$$G6P + NADP^+ \xrightarrow{\text{G6P DH}} Gluconate\ 6\ phosphate + NADPH + H^+$$

حيث $NADP^+$: هو النيكوتين أميد أدينين دي نوكليوتيد فوسفات.

إن كمية NADPH المتشكلة في هذا التفاعل تكون ستيكومترية مع كمية الغلوكوز حيث يُقاس NADPH بامتصاصه عند طول موجة 334 nm.

❖ بنفس الطريقة تمكن معايرة اللاكتوز بحلمهته بالإنزيم بيتا – غالاكتوزيداز(وهو نفسه أنزيم اللاكتاز) الذي يفككه إلى D – غالاكتوز و D – غلوكوز. يعطي D – غالاكتوز مع إنزيم غالاكتوز ديهيدروجيناز حمض الغالاكتورونيك، محولاً في طريقه +NAD إلى NADH التي تقاس بامتصاصها عند طول موجة 365 nm .



معايرة عديدات السكريات

عادة ما تنطوي معايرة عديدات السكريد على إجراء حلمهة إنزيمية أو كيميائية لها متبوعة بتحليل للمواحيد الناتجة عن ذلك.

يعطي الأميلوز مع اليود لوناً أزرق شهيراً(فاللون الأزرق لليود مع النشاء عائد إلى تشكيل اليود معقداً مع الأميلوز لا الأميلوبكتين، حيث يتعقّد اليود ضمن لولب الأميلوز)،وباستخدام مقياس الطيف الضوئي يمكن تحديد مقدار معقّد الأميلوز – يود وفقاً لقراءة الجهاز.

أما الأميلوبكتين وحده فيعطي مع اليود لوناً ضارباً إلى الحمرةreddish

المحاضرة الخامسة

المواد الدسمة

تعرف المواد الدسمة بأنها مركبات منحلة في المحلات العضوية وغير منحلة في المحلات المائية، مشتقّة من العضويات الحية، وتعتبر الحموض الدسمة وحدة البناء الأساسية في المواد الدسمة، والتي تملك الصيغة العامة التالية

$$CH_3(CH_2)_x - COOH$$

وهي عبارة عن سلسلة من الفحوم الهيدروجينية ووظيفة حمضية كربوكسيلية

الدسم بشكل عام هي عائلة من المركبات تضم:

1. ثلاثيات الغليسريد Triglycerides وتضم:
   - الدهون : Fat وهي لبيدات صلبة في درجة حرارة الغرفة(الزبدة، السمنة.)
   - الزيوت : Oils وهي لبيدات سائلة في درجة حرارة الغرفة.
2. فوسفوليبيدات. Phospholipids
3. ستيرولات. Sterols

تقسم المواد الدسمة إلى نوعين

1. دسم صبونة (قابلة للتصبن) saponifiable والتي بدورها تضم نوعين:
   a) الدسم البسيطة: وتضم ثلاثية الغليسيريد والشموع.
   b) الدسم المعقدة: وتضم السفنغولييدات والفوسفولييدات.
2. دسم غير صبونة(غير قابلة للتصبن) unsaponifiable والتي تضم :
   a) الستيرولات (الكوليسترول)
   b) البروستاغلانديات.

وظائف المواد الدسمة في الجسم:

- تدخل في بنية غشاء الخلية(الفوسفوليبيدات.)
- لها دور في الحفاظ على درجة حرارة الجسم.
- تعد مصدراً للطاقة(كل 1 غ دسم يعطي 9 كيلو كالوري.)
- طليعة لبناء الهرمونات مثل الكوليسترول طليعة الهرمونات الستيروئيدية والفيتامين. D .

وظائف المواد الدسمة في الغذاء

وظائف المواد الدسمة في الغذاء:

- ❖ تحمل الفيتامينات المنحلّة في الدسم والحموض الدسمة الأساسية(.هام)
- ❖ تعطي الإحساس بالشبع. satiety
- ❖ تسهم في الرائحة والنكهة(لذلك يكون طعام المشافي غير محبب الطعم لعدم احتوائه على دسم.).

مصادر المواد الدسمة الغذائية:

- ➢ الدسم الحيوانية :الحليب ومشتقاته(السمن-الزبدة)و اللحوم.
- ➢ الدسم النباتية :الزيوت النباتية، المكسرات، الحبوب، بعض أنواع الخضراوات والفواكه(الافوكادو).

تصنيف الحموض الدسمة

تصنف الحموض الدسمة حسب:

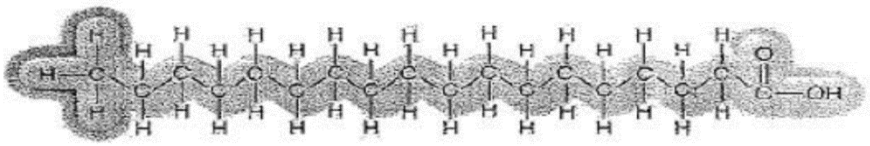
1. حسب طول سلسلة الكربون إلى:

a) الحموض الدسمة قصيرة السلسلة short-chain هي حموض تحوي أقل من 6 ذرات كربون.
b) الحموض الدسمة متوسطة السلسلة medium-chain هي حموض تحوي ما بين 6 إلى10 ذرات كربون.
c) الحموض الدسمة طويلة السلسلة long-chain هي حموض تحوي 12 ذرة كربون وما فوق.

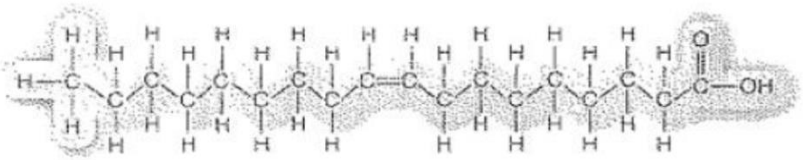
ملاحظة: غالباً الحموض الدسمة ضمن الغذاء يكون عدد الفحوم فيها زوجياً c6,c4 ...

2. حسب درجة عدم الإشباعDegree of Unsaturation

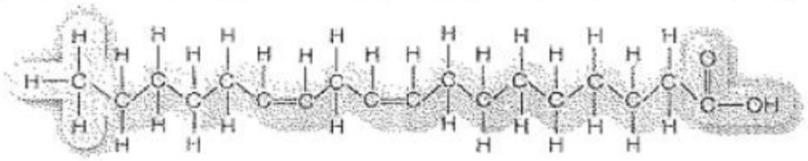
a) الحموض الدسمة المشبعة:saturated : جميع الروابط كربون-كربون هي روابط أحادية.



b) الحموض الدسمة وحيدة عدم الإشباع(MUFA)MonoUnsaturated Fatty Acids
وهي حموض تمتلك رباط كربون – كربون مضاعف واحد, مثال :حمض الزيت وزيت الزيتون.



c) الحموض الدسمة عديدة عدم الإشباع Fatty Acids PolyUnsaturated(PUFA)
وهي حموض تمتلك أكثر من رباط كربون – كربون مضاعف(رابطين مضاعفين أو أكثر)



3. حسب مكان الرباط المضاعف

إذا كان الرابط المضاعف قريب من النهاية COOH وتدعى النهاية دلتا Δ فيبقى الحمض الدسم على التسمية العادية، أما إذا كان أقرب للنهاية CH3 والتي تدعى النهاية أوميغا ω فيسمى الحمض الدسم بإضافة السابقة omega

4. حسب توضّع الهيدروجين بالنسبة للرابط المضاعف cis أو trans :

إذا كانت ذرتا الهيدروجين بنفس الاتجاه فالحمض مقرون cis ، وإذا كانت ذرتا الهيدروجين متعاكستين بالاتجاه فالحمض مفروق trans.

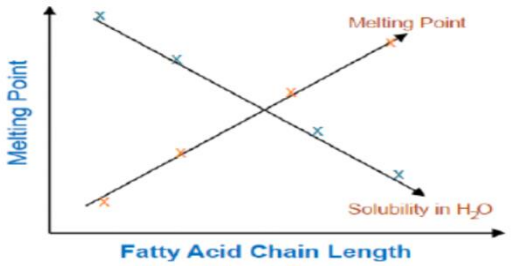
معظم الحموض الدسمة الطبيعية الموجودة في الغذاء تكون من النمط cis ، وحينما تكون الحموض الدسمة بالنمط cis تكون بشكل منحنٍ، أما إذا كانت من النمط trans كانت مستقيمة، لكن هذا لا ينفي وجود بعضها بالنمط trans بشكل طبيعي، هذه الحموض لا توجد إلا في الأغذية الحيوانية وعلى وجه الحصر (مشتقات الحليب)وهما حمضين:

خصائص الحموض الدسمة

- نقطة الانصهار والانحلالية في الماء:

تمتلك معظم الحموض الدسمة الموجودة في المواد الغذائية عدداً زوجياً من ذرات الكربون، ونلاحظ أنه كلما طالت سلسلة الحمض الدسم ارتفعت درجة انصهاره وانخفضت انحلاليته في الماء، وبالتالي فإن C18يمتلك درجة انصهار أعلى من C10 ، لكنّه يمتلك انحلالية أقل (لازدياد عدد الفحوم الأليفاتية غير المنحلة بالماء.)

نلاحظ من المخطط وجود تناسب طردي للانصهار مع طول السلسلة وتناسب عكسي مع الانحلالية .



لاحظ الجدول الآتي:
أن حمضاً دسماً ذا 16 كربوناً ينصهر في درجة حرارة 60، وأن حمضاً دسماً ذا 18 كربوناً ينصهر في درجة حرارة 70.

الحمض الدسم	درجة الانصهار M.P.	الانحلالية ملغ/100 في الماء
C4	-8	-
C6	-4	970
C8	16	75
C10	31	6
C12	44	0.55
C14	54	0.18
C16	63	0.08
C18	70	0.04

كلما ازداد عدد الروابط المضاعفة في الحمض الدسم انخفضت درجة انصاره،(علاقة عكسية)، ولذلك نجد أن السمن والزبدة يكونان في حالة صلبة، بينما نجد الزيوت في حالة سائلة .السبب في كونها سائلة هو احتواؤها حموضاً دسماً متعددة عدم الإشباع، أما السمنة والزبدة فهي دهون مشبعة تكون درجات انصهارها مرتفعة.
نلاحظ في الجدول الآتي : أن 18:0c الذي لا يمتلك أي رباط مضاعف ينصهر في 63 بينما c18:1 الذي يمتلك رباطاً مضاعفاً واحداً ينصهر في16 .

	الحمض الدسم	درجة الانصهار M.P.
	16:0	60
	16:1	1
حمض الشحم	18:0	63
حمض الزيت	18:1	16
لينوليك	18:2	-5
لينوليك	18:3	-11
	20:0	75
	20:4	-50

عند المقارنة بين C16:0 و C18:1 نتوقع أن C18 الذي يمتلك عدد فحوم أكبر من C16 يجب أن يمتلك درجة انصهار أعلى منه، لكننا نجد أنه ينصهر في درجة حرارة أقل بكثير منه، وذلك بسبب تأثير الرابط المضاعف على البنية(يتفكك بسهولة أكثر من الرابط الأحادي)، وبذلك نستنتج أن تأثير وجود الرباط المضاعف في خفض درجة الانصهار أكبر بكثير من تأثير ازدياد طول سلسلة الكربون لذلك عند المقارنة ننظر أولاً للروابط المضاعفة.

مصادر الحموض الدسمة الرئيسية:

أشيع مصادر الحموض ω3 هي السمك وزيت السمك وأحياناً زيت بذر الكتان، وبشكل أقل في زيت فول الصويا، وزيت الجوز، ويجب تناول وجبتين من السمك أسبوعياً للحصول على حاجة الجسم من. ω3

أشيع مصادر الحموض ω6 فهي الزيوت النباتية كزيت الصويا والذرة وعباد الشمس وزيت الزيتون،

زيت السمسم، زيت القطن، لذلك يكون ω6 متوافر بالغذاء أكثر من ω3.

عوز الحموض الدسمة الأساسية

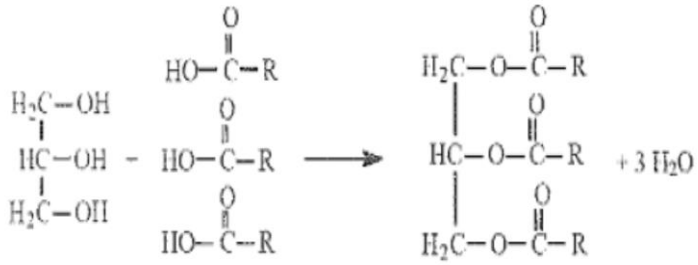
تتضمن الأعراض الكلاسيكية لعوز الحموض الدسمة الأساسية ما يلي:

- اكتئاب– مشاكل قلبية.
- تأخر النمو.
- الفشل التناسلي ونقص الخصوبة.
- آفات الجلد.
- اضطرابات الكبد والكلية.
- المشاكل العصبية والبصرية اللوذعية(subtle أي الحاذقة الحادة-)اضطرابات رؤية.
- نقص في الذاكرة(لنقصω3).

وهكذا نكون تعرفنا بالتفصيل على الحمض الدسم ولكن لا تتواجد المادة الدسم بشكل أحماض دسمة إنما تتواجد بالأشكال التالية:

ثلاثيات الغليسيريد

وهي مركبات دسمة تتشكل عبر تفاعل أسترة.(تفاعل حمض مع غول لينتج استر وماء)، حيث أن الحمض في ثلاثيات الغليسريد هو الحمض الدسم و الغول هو الغليسرول، وهو مركّب يمتلك 3 مجموعات OH قادر على أسترة 3 حموض دسمة معه.



قد تكون الحموض الثلاثة متشابهة فيسمى ثلاثي زيتات الغليسرول، وقد تكون مختلفة، وبناء على هذا تختلف المادة الدسمة الناتجة.

الشموع

هي إسترات لحموض دسمة طويلة السلسلة مع غول طويل السلسلة)بدلاً من الغليسرول في ثلاثيات الغليسريد.)

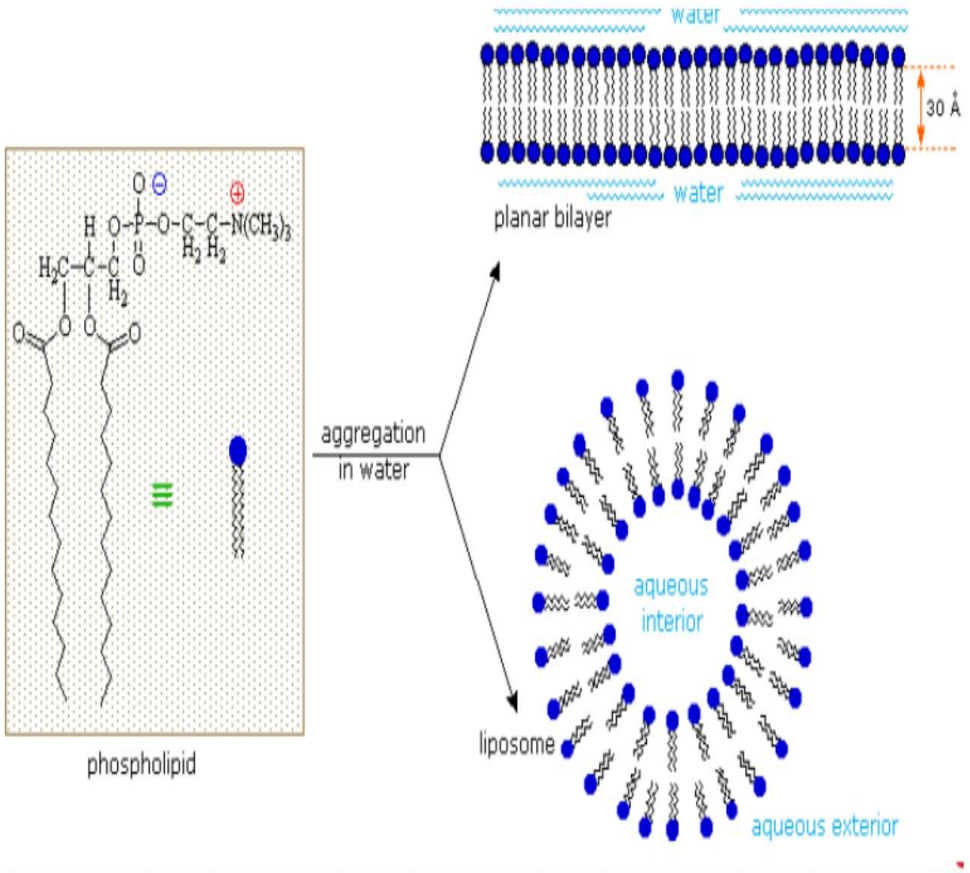
تكثر الشموع في قشور الفواكه، ولها عدّة أدوار مهمة:

- تشكّل طبقة طبيعية على الفواكه والخضار بهدف الوقاية من الإصابات الحشرية والفطرية.
- يمكن أن تُضاف الشموع الصناعية في بعض الأحيان لتحسين المظهر وللوقاية.
- من أبرز أمثلة الشموع شمع العسل (Beeswax) بالميتات الميريسيل 1(myricyl palmitate)-

الفوسفولبيدات

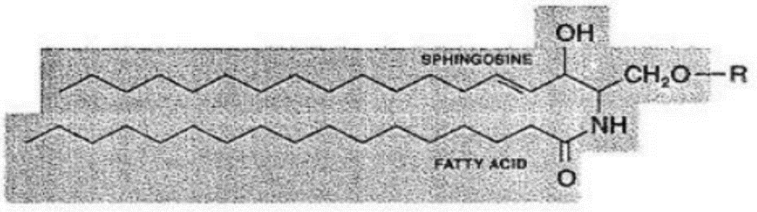
هي لبيدات تتألف من رأس محبّ للماء وذيل محب للدسم، تتألف من حمضين دسمين ومجموعة فوسفات تحتوي عنصر الفوسفور.

- تعتبر الفوسفولبيدات دسم معقّدة لاحتوائها مجموعة الفوسفات التي تعطي للمركب خصائص قطبية.
- تُعدّ مكوناً أساسياً في أغشية الخلايا.
- تعمل كمستحلبات emulsifiers ، فتسمح للدسم والماء بأن يمتزجا فتنتقل بين السائل المائي داخل الخلية وخارجها، حيث يتّجه القسم المحب للماء نحو الماء، والجزء المحب للدسم نحو الدسم فينخفض التوتر السطحي فيما بينهما، الأمر الذي يساعد على امتزاج الطورين.
- من اهم تطبيقاتها الليبوبروتينات وهي معقّدات جزيئية توجد في بلازما الدم، تحتوي نواة بروتينية (قطبية محبة للماء) محاطة بطبقتين الأولى من الفوسفوليبد (عامل فعال على السطح) والثانية من ثلاثيات الغليسريد(TAGs غير قطبية كارهة للماء)، مثال HDL :و. LDL
- من أشهر أمثلة الفوسفوليبدات :الليسيتين lecithin ، وهو المركب في البيض الذي يسمح باستحلاب المايونيز، يستخدم الليسيتين كمستحلب في الأغذية كالمارغرين والشوكولا وتتبيلات السلطات.
- من أهم مصادر الفوسفوليبدات مُحّ البيض(الصفار Yolk)، فول الصويا soybeans ، الفول السوداني peanuts والكبد.



السفنغولبيدات

هي استرات لحمض طويل السلسلة مع غول طويل السلسلة(كالشموع) لكن الغول يتميز باحتوائه على مجموعة أمين(الكحولات الأمينية)مثل السفينغوزين**sphingosin** .



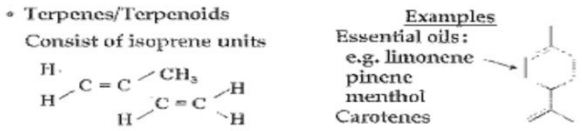
يكثر وجود السفينغولبيدات في النسج الدماغية، ونظراً لاحتوائها على وظيفة أمينية فهي تعتبر دسماً معقّدة.

الدسم غير الصبونة

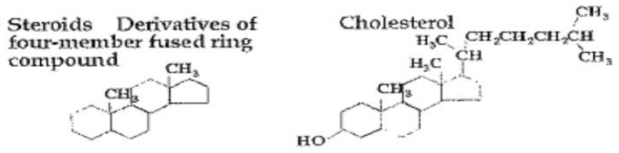
نواة الدسم غير الصبونة ليست الغليسرول، وهي لا تمتلك وظيفة إستريّة ولذلك تكون غير قابلة للتصبّن.

- تضم الدسم غير الصبونة:

1. بعض الزيوت الأساسية العطرية التي تحتوي التيربينات Terpenes أو التيربينوئيدات Terpenoidsالتي تتألف من وحدات الإيزوبرين ، من أمثلة هذه الزيوت الأساسية: الليمونين Limoneneوالبينين Pinene والمينتولMenthol والكاروتينات .Carotenes.



2. الستيروئيدات :وهي مشتقات لأربع حلقات عطرية مندمجة، ومن أهم أمثلتها الكوليسترول.



يوجد الكوليسترول في الأغذية الحيوانية فقط ولا يوجد في النباتية(الستيروئيدات الموجودة في الأغذية النباتية هي الستيرولات)، وأهم مصادره البيض والحليب واللحوم، و الكولسترول في الجسم طليعة لكل من:

معايرة الدسم

تعتمد الطرائق التحليلية للدسم عموماً على استخلاص الدسم من الطعام باستخدام محل عضوي ووزنه بتبخير المُحل، أما FDA فتهتم بطريقة تستند إلى حساب كمية الحموض الدسمة في 100 غ من الطعام.

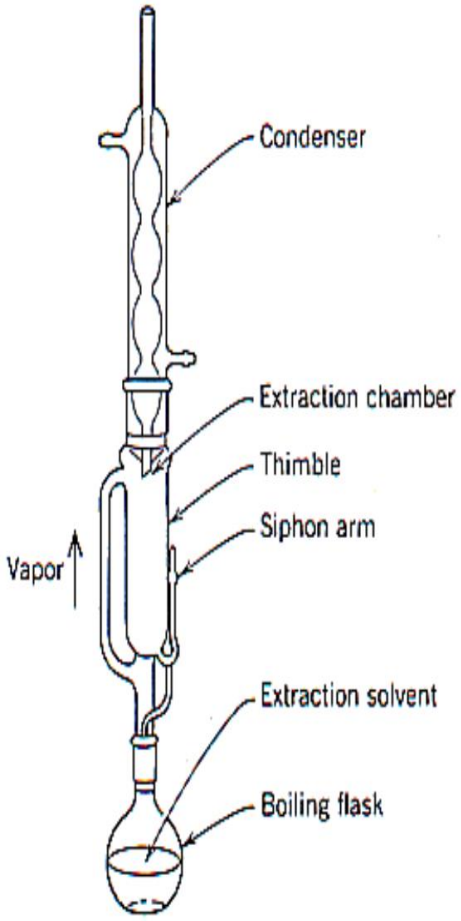
عموماً، لا بد من محل لاستخلاص الدسم، وتتضمن الصفات المثلى لهذا المحل كلاً مما يلي:

- أن يمتلك قوة كبيرة على حل الدسم.
- أن يمتلك قوة ضعيفة على حل المركّبات غير الدسمة.
- أن يتبخر evaporate بسهولة، لذلك نستخدم الإيتر بكثرة.
- أن يمتلك نقطة غليان منخفضة.
- ألا يكون قابلاً للاشتعال flammable ولا قابلاً للانفجار explosive .
- ألا يكون ساماً.
- أن يكون رخيصاً.

طريقة استخلاص سوكسليت

يوضع المحلّ في الحوجلة(في الأسفل)، وتوصل إلى جهاز سوكسليت soxhlet extractor مع مبرّد، وتوضع العينة في حجرة خاصة بها(ضمن الخط المنقط)تدعى الكشتبان thimble وهي قطعة من ورق الترشيح القاسي.

- عند رفع درجة الحرارة يتبخر المحل ويصعد في العروة الجانبية (على اليسار)فيبرد بفضل المبرد(المكثف) ليعود ويتساقط على العينة ساحباً معه الدسم وعائداً إلى الحوجلة مرة أخرى وهكذا.
- يدعى هذا الاستخلاص استخلاصاً مستمر، فمثلاً لو كان المحل هو الإيتر عديم اللون عندما يصبح لونه أصفر نتوقع أنه استخلص المادة الدسمة.
- بعد انتهاء الاستخلاص يزال المحلّ ويبخّر بالمبخر الدوار فتبقى المادة الدسمة وحدها فنقوم بوزنها.
- مشكلة هذه الطريقة استهلاكها للوقت حيث تستغرق حوالي 6 ساعات تقريباً.



طريقة روز غوتيليب

كثيراً ما تستخدم طريقة روز غوتليب Roose Gottlieb method لمعايرة الدسم في الألبان والحليب والجبنة والخبز والمعكرونة(الباستا.)

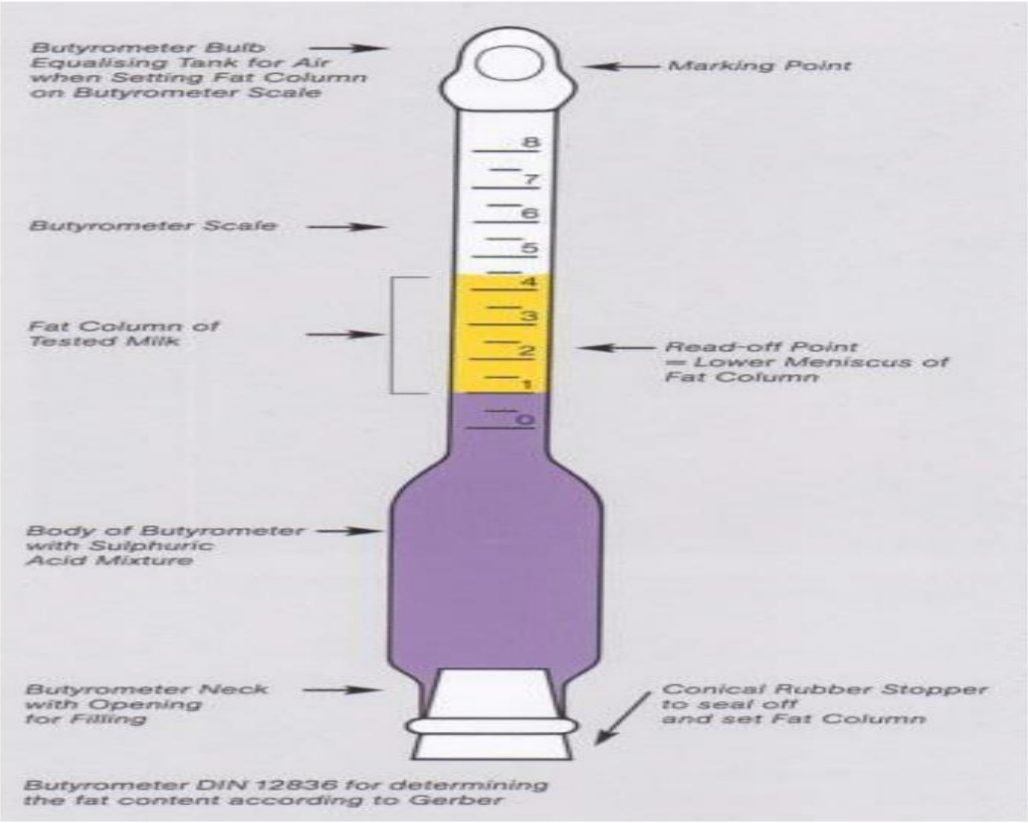
- يضاف في هذه الطريقة هيدروكسيد النشادر، لأن الدسم غالباً ما تكون على شكل قطيرات محاطة بغلاف بروتيني مما يصعب استخلاصها، ولذلك يقوم النشادر بحل(تمسيخ)طبقة البروتينات المحيطة بقطيرة الدسم وتمسيخها مما يتيح استخلاصها.
- كما يضاف الإيتانول لتسهيل وصول الإيتر لقطيرة المادة الدسمة(حيث يحطّم هلامة الدسم)، ويتم الاستخلاص بمزيج من الإيتر وإيتر البترول الذي يخفف من خطر الاستحلاب ، ثم يتم فصل الطورين(المائي و العضوي)و نجمع الإيتر، ويعاد الأمر مرتين.
- نبخر الإيتر و نقوم بوزن المادة الدسمة.

طريقة جيربر

تستخدم بشكل حصري للحليب والآيس كريم والكريمة والقشطة.

- لا تعتمد هذه الطريقة على الوزن، وتُجرى في وعاء خاص يدعى دورق جيربر، حيث توضع العينة فيه ويضاف حمض الكبريت لهضم البروتين المحيط بقطيرات الدسم، ويضاف الغول الإيزوأميلي الذي يمنع تفحّم charring العينة)السكاكر الموجودة في الحليب(ويولّد الحرارة ويحرر الدسم.

- تُسخن العينة وتثقل في مثفلة خاصة تدعى مثفلة جيربر لتحريض تشكّل طبقتين منفصلتين، حيث تهبط البروتينات التي هُضمت إلى الأسفل، وتبقى الدسم في الأعلى(بالعنق المدرج)و نقرأ حجم الدسم لذلك هذه الطريقة تعتبر حجمية.



لمعرفة أنماط الدسم الموجودة نستخدم طرائق عديدة ومنها:

1. الكروماتوغرافيا الغازية:

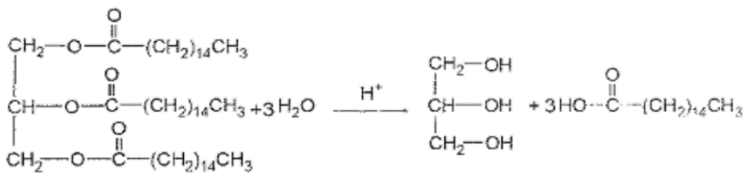
لا بد من تحويل الأحماض الدسمة إلى إسترات ميتيلية GC ولكي نتمكن من المعايرة باستخدام (أي تحويلها لشكل طيار (بعد تصبينها)، و نقوم بحقن حموض دسمة عيارية(جاهزة التحضير) في الجهاز لتعطي عند التحري قمماً وزمن الاحتباس الخاص بكل منها.

ثم تحقن العينة ويلاحظ ظهور القمم وأزمنة الاحتباس الخاصة بها ثم تقارن مع القمم المعيارية فيُعرف تركيب الدسم، وبحساب المساحة تحت المنحني نستطيع حساب التركيز.

2.حلمهة الدسم

يعطي تفاعل الغول والحمض إستراً وماء، وبحلمهة هذا الإستر نحصل مجدداً على الغول والحمض، ونعلم أن المادة الدسمة هي إما أن تكون ثلاثيات الغليسريد أو فوسفوليبيدات أو شموع أو سفينغوليبدات وهي جميعاً عبارة عن استرات تتفكك بالحلمهة إلى حموض دسمة وغول (غليسرول أو غول آخر.)

تتطلب الحلمهة عاملاً محفزاً، ويكون إما حمضاً أو إنزيماً(كالليباز)أو بتأثير بخار الماء أثناء الطبخ



يوجد إنزيم الليباز بشكل طبيعي في الجسم كما يوجد أيضاً في المادة الغذائية نفسها، ويتم تحريض فعله بالحرارة، لذلك عند تخزين الزيت في مكان مرتفع الحرارة ينشط إنزيم الليباز وتتحلمه ثلاثيات الغليسريد فيه معطية حموضاً دسمة، فنقول إن الزيت قد ازدادت حموضته، ولذلك نهتم بمعايرة حموضة الزيت للاستدلال على قدم الزيت وشروط تخزينه.

تكون حموضة الزيت المعصور مباشرة(البكر)تساوي الصفر، لترتفع في ظروف التخزين السيئ (الرطوبة العالية)، فيصبح زيتاً من النوع الثاني، ثم الثالث، وهكذا تنخفض جودة الزيت كلما ارتفعت حموضته.

لأنها تتطلب أن تكون حموضة الزيت ، يستخدم الزيت منخفض الجودة في صنع مرتفعة قليلاً، ولذلك لا يصلح الزيت عالي الجودة لصنعها، كما نستخدم الزيت القديم في صناعة الصابون.

الخصائص الفيزيائية للمواد الدسمة

1. اللون:

يتراوح لون المادة الدسمة بين الأصفر إلى البرتقالي إلى الأحمر، وإما أن نحدد الخواص الحسية بالنظر أو أن نقيس اللون بجهاز مقياس الطيف الضوئي، حيث يؤخذ الامتصاص عند أطوال الأمواج معينة وتضرب النتائج بعوامل التصحيح.

كما تختلف ألوان الزيوت باختلاف أنواعها حيث يكون لون زيت بذر النخيل ضارباً إلى الأحمر، ويكون لون زيت القطن أحمر غامقاً، أما زيت الزيتون فيكون أصفر اللون.

2. درجة الانصهار:

لكل مادة درجة انصهار مميزة لها و إما بطريقة الأنبوب الشعري، حيث نضع المادة الدسمة في أسفل الأنبوب ثم نعرضه للحرارة حتى ذوبان المادة الدسمة وإعطائها محلولاً رائقاً، تدعى هذه اللحظة النقطة الصافية. clear point ، أو بتعريض المادة الدسمة الصلبة لحرارة مباشرة ومراقبة أول قطرة ذائبة منها والتي تسمى درجة انصهار السقوط slip melting point

3. نقطة التدخين:

هي درجة الحرارة التي يبدأ فيها الزيت فيها بإطلاق دخان، وكلما كانت درجة تدخين المادة الدسمة أعلى كانت أجود، وكلما كانت أقل كانت المادة الدسمة أقلّ جودة، وكلّما استعمل الزيت مراراً وتكراراً انخفضت درجة تدخينه

4. نقطة التوهج:

هي درجة الحرارة التي يبدأ عندها ظهور وميض على سطح المادة الدسمة، ولكل زيت نقطة يخفض كل من التلوث بالحموض الدسمة الحرّة وبقايا المحلاّت درجة التوهج.

5. منسب الدسم الصلبة:

منسب الدسم الصلبة هو النسبة المئوية لحجم الدهون الصلبة إلى فرق الحجم عند تحولها من صلب إلى سائل.

$$SFI\% = \frac{\text{fat solid volume}}{\text{volume between upper and lower line}}$$

لهذه القيمة أهمية كبيرة في التصنيع، فهي تشير إلى قابلية المادة الدسمة للتهلّم.

كلما ازداد عدد الروابط المضاعفة في المادة الدسمة ازدادت قرينة الانكسار ، يملك زيت الصويا قرينة انكسار عالية لأنه يحوي كثيراً من الروابط المضاعفة.

قرائن المواد الدسمة

1. قرينة الحموضة Acid Value(AV)

وتكون قرينة الحموضة هي عدد ميليغرامات البوتاسKOH اللازمة لتعديل الحموض الدسمة الحرة في 1 غ من الدسم.

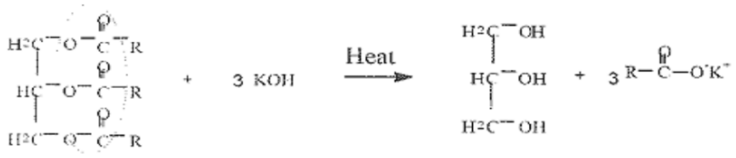
$$RCOOH + KOH \rightarrow ROO\text{-}K+ + H2O$$

$$AV = \frac{\text{ml of KOH} \times N \times 56}{\text{وزن العينة}} = \text{mg of KOH}$$

لا تفرّق هذه القرينة بين نوع دسم وآخر، لكن يستفاد منها في معرفة مقدار الحموض الدسمة الناتجة عن عمليات الحلمهة، كلما كان الزيت قديماً(سوء الخزين، نشاط عالي لأنزيم الليباز)كانت وبالتالي فهي تدل على جودة المادة الدسمة.

2. قرينة التصبن Saponification value

وتكون قرينة التصبّن هي عدد ميليغرامات البوتاس اللازمة لتصبين 1 غ من الدسم.



التصبّن هو حلمهة المواد الدسمة باستخدام القلوي(NaOH أو KOH حصراً) بدلاً من الماء، فحينما تتصبّن ثلاثيات الغليسريد فإنها تعطي غولاً هو الغليسرول بالإضافة إلى ملح الحمض الدسم(بدلاً من الحمض نفسه) وهو الصابون.

إذا تمعنا في صيغة الصابون فإننا نجده يتألف من سلسلة فحوم هيدروجينية طويلة تمتلك خواص التي تمتلك خواص قطبية، وهذا الأمر يعطي المركب قدرة استحلابية COO-K+ غير قطبية، والنهاية فيرتبط الطرف اللاقطبي بالمادة الدسمة والطرف القطبي بالماء ، وهو الأمر الذي يجعل الصابون يتمتع بخصائصه المنظفة.

يفيد حساب قرينة التصبّن في معرفة نوع المادة الدسمة طول سلسلة الحمض الدسم وكشف الغش.

- كلّما كانت قرينة التصبّن صغيرة كانت سلسلة الحمض الدسم أطول، والعكس بالعكس، والسبب في ذلك قادم من تعريف قرينة التصبّن نفسه، فقرينة التصبن هي عدد ملليغرامات البوتاس اللازمة لتصبين 1 غ من المادة الدسمة، فإذا كانت الحموض طويلة السلسلة شغلت حيزاً أكبر لها ضمن الـ 1 غ فتحتاج مقداراً أقل من البوتاس لتصبينها، وبذلك تكون قرينة التصبّن منخفضة، وإذا كانت الحموض قصيرة السلسلة شغلت حيزاً أقل لها ضمن ال 1 غ فتحتاج مقداراً أكبر من البوتاس لتصبينها.

3. قرينة اليود Iodine value

هي عدد غرامات اليود اللازمة للتثبت على الروابط المضاعفة في 100 غ من المادة الدسمة وبالتالي فهي تعبر عن عدم الإشباع، بناء على هذا، كلما ازداد عدد الروابط المضاعفة في المادة الدسمة ارتفعت قرينة اليود، والعكس صحيح، ولهذا نجد أن قرينة اليود للزيوت تكون أعلى منها للسمن والزبدة، حيث تكون دسم السمن والزبدة مشبعة، بينما تكون دسم الزيوت غير مشبعة.

إذا قارنا بين زيت الزيتون وزيت الكتان تكون القرنية للكتان أكبر لاحتوائه على روابط مشبعة أكثر من زيت الزيتون.

تفيد قرينة اليود في معرفة غش المادة الدسمة، فلكل مادة قرينة يود محددة لها، على سبيل المثال تكون قرينة اليود لزيت الزيتون قريبة بين 81-82 ، فإذا غُش بمادة أخرى تمتلك قرينة يود أعلى(كزيت القطن)فإن ذلك سيؤدي إلى أن تكون قيمة قرينة اليود أعلى عموما، أما إذا غش بزيت جوز الهند تكون قرينة اليود أقل وبذلك نكون قد استطعنا كشف الغش من خلال حساب قرينة اليود.

الحموض	عدد الروابط المضاعفة	قيمة قرينة اليود
حمض البالميتوليك	١	95
حمض الأوليك	١	٨٦
حمض اللينوليك	٢	173
حمض اللينولينيك	٣	261
حمض الأراشيدونيك	٤	320

لاحظ أن حمض الأوليك يمتلك رابطاً مضاعفاً واحداً وأن قرينة اليود له تساوي 86 ، في حين أن .حمض اللينولينيك يمتلك 3 روابط مضاعفة فتكون قيمة قرينة اليود له أعلى، وتساوي261

هي عدد الميللترات من الصود اللازمة لتعديل الحموض الدسمة الطيارة المنحلّة الناتجة عن استخلاص 5 غ من المادة الدسمة. هذه الحموض هي الحموض C 4 و C .6 الحموض الدسمة الطيارة المنحلة هي الحموض القطبية قصيرة السلسلة، وأهم المواد الغذائية المحتوية على الحموض قصيرة السلسلة الزبدة، إذ تحوي حمض الزبدة الذي ينسب إليها، والذي يدعى حمض البوتيريكC4 ، وهو أقصر الحموض الدسمة، ولذلك تكون هذه القرينة مميزة للزبدة.

تبلغ قرينة رايشر مايسل للزبدة 30 - 28 وهي أعلى ما يمكن(قد تكون 33 – 30 في الزبدة الفاخرة)، فإذا قسناها لزبدة أو سمن ووجدنا أنها منخفضة دلّ هذا على أن الزبدة مغشوشة لأن الحموض الدسمة قصيرة السلسلة الطيارة لا توجد إلا فيها.

5. قرينة بولنسك

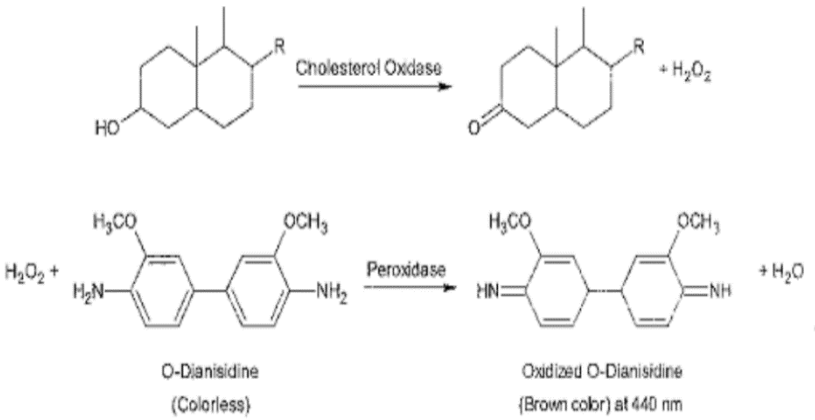
هي عدد الميللترات من الصود اللازمة لتعديل الحموض الدسمة الطيارة غير المنحلة الناتجة عن استخلاص 5 غ من المادة الدسمة. هذه الحموض هي الحموض C8 وC12 ، التي تدعى حمض الكابريليك وحمض اللوريك على التتالي، وهي حموض تميّز زيت جوز الهند وزيت النخيل وتسمى الحموض الغارية نسبة لنبات الغار.

إذا جرى غشّ مادة دسمة بزيت جوز الهند أو زيت النخيل ارتفعت قرينة بولينيسك لها.

قد ترتفع قرينة بولينسك قليلاً إذا كان الحيوان قد تغذّى على أوراق الغار، والسبب في ذلك هو ارتفاع نسبة حمض اللوريك(حمض الغار)فيه.

معايرة الكوليستيرول

تشبه معايرة الكوليسترول معايرة الغلوكوز في المبدأ(طريقة أنزيمية)، ففي حين أننا أضفنا الغلوكوز أوكسيداز في معايرة الغلوكوز فإننا نضيف الكولسترول أوكسيداز في معايرة الكولسترول لدينا)- OH (يحولها هذا الأنزيم الى وضيفة كيتونية ويتشكل الماء الأوكسجينيH2O2



يتفاعل الماء الأوكسجيني مع أورتو–الديانيزيدين الغير ملون معطياً الشكل المؤكسد الملون منه، ونقيس شدة اللون بالسبيكتروفوتومتر حيث تزداد شدة اللون بازدياد تركيز H2O2 أي بازدياد تركيز الكوليسترول.

غش الزيوت

يمكن تحرّي غش الزيوت عبر:

A. حساب القرائن السابقة.
B. حساب الخصائص الفيزيائية التي تحدّثنا عنها.
C. بما أن كل زيت يحوي مركباً خاصاً به، فيمكن كشف الغش عن طريق تحرّي وجود هذا المركب.

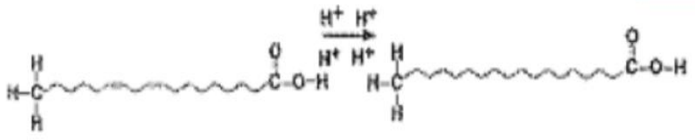
وأكثر الزيوت غشّاً هو زيت الزيتون (أكثر ما يغش به هو زيت القطن)، وكان في السابق يغش بزيت السمسم ولكنه غالي الثمن اليوم.

تقسية الزيوت

هي عملية تحويلها من شكلها السائل إلى شكلها الصلب، حيث إن الشكل الصلب مرغوب أكثر في الطبخ كالسمن والزبدة، ولكنهما غاليا الثمن، لذلك وجدت مساع لتقسية الزيت وجعل قوامه كالسمن والزبدة ولتقسية الزيوت ثلاثة طرق هي:

1. **الهدرجةHydrogenation**

وتعد إحدى طرق تقسية الزيوت عبر إشباع الروابط المضاعفة، حيث وجدنا أن الحموض الدسمة ذات الروابط الأحادية(المشبعة)تكون درجات انصهارها مرتفعة، والعكس بالعكس، لذلك فإن هدرجة الروابط المضاعفة(إشباعها)يرفع من درجة انصهار الزيت ويجعله ذا قوام صلب،(نحصل على السمن النباتي والزبدة النباتية).



Polyunsaturated fatty acid

Hydrogenated (saturated) fatty acid

Double bonds carry a slightly negative charge and readily accept positively charged hydrogen atoms, creating a saturated fatty acid.

تتم عملية الهدرجة Hydrogenation بإخضاع الدسم إلى الهيدروجين والحرارة والضغط بالإضافة إلى وسيط(البالاديوم أو النيكل .)تتحول الروابط المضاعفة بفضل هذه العملية إلى روابط أحادية(مشبعة)، محوّلة القوام من سائل إلى صلب.

➢ مزايا عملية الهدرجة:

- الحصول على قوام صلب انطلاقاً من قوام سائل.
- الحصول على مادة دسمة فترة حفظها أطول، لأن الروابط المضاعفة فيها أقل، إذ إنه كلّما كان عدد الروابط المضاعفة أكثر كانت المادة أكثر عرضة للأكسدة.

➢ مساوئ عملية الهدرجة:

- يتشكل أثناء عملية الهدرجة بعض الحموض الدسمة من النمط trans ، وقد بيّنا أن الحموض الدسمة الصنعية من النمط trans تكون مسؤولة عن الأمراض القلبية الوعائية بزيادتها مستويات LDL في الجسم، لذا يوصى في السمن المهدرج بألا يزيد محتوى الحموض الدسمة من النمط trans في مادة غذائية عن%. 0.2 .
- قد يبقى لدينا بقايا من الوسيط(النيكل والبالاديوم)بالسمنة والتي تحدث آثار سمية.
- الحموض الدسمة الأساسية أوميغا 3 وأوميغا 6 هي حموض ذات روابط مضاعفة، وبالتالي فإن عملية الهدرجة تؤدي إلى فقدانها، وبالتالي فقدان القيمة التغذوية للمادة الدسمة.

مراقبة عملية الهدرجة

1. يمكننا مراقبة عملية الهدرجة من خلال قرينة اليود، فبما أن قرينة اليود تشير إلى عدد الروابط المضاعفة فإنه كلما انخفضت قرينة اليود عنى ذلك هدرجة أكثر.
2. لكن أكثر ما يستخدم في المعامل هو قياس قرينة الانكسار، حيث يتم من خلالها مراقبة درجة الهدرجة المطلوب الوصول إليها، ونتذكر أن قرينة الانكسار ترتفع حينما يكون عدد الروابط المضاعفة كبيراً، والعكس بالعكس.
3. كما تمكن مراقبة عملية الهدرجة من خلال مراقبة الوسيط، وهو النيكل، حيث يعطي النيكل مع كاشف دي ميتيل غليوكسيم معقداً ملوناً يقاس بالسبيكتروفوتومتر.
4. كما تمكن مراقبة الهدرجة بمراقبة الحموض من النمط trans ومراقبة تحول الروابط المضاعفة إلى أحادية ، حيث يتم كشفها بالكروماتوغرافيا الغازية.

2. الأسترة الداخليةInteresterification

يمكننا تقسية الزيوت النباتية و الحصول على سمن نباتي)مارغارين) margarine ذي قوام صلب ومن دون إجراء عملية الهدرجة من خلال الأسترة الداخلية وهي عملية إعادة ترتيب لمجموعات الأسيل على ثلاثيات الغليسريد (إسترات من الغليسرول مع ثلاث حموض دسمة)، وتتم كما يلي:

لنفرض ثلاثي غليسريد C18:1 فيكون قوام هذا الإستر سائل لأن الحمض C18:1 سائل لاحتوائه رابطاً مضاعفاً. نرمز ل C18:1 بـ O. ، ولنفرض ثلاثي غليسريد C16:0 فيكون قوام هذا الإستر صلب لأن الحمض C16:0 مشبع. نرمز ل C16:0 بـ P.

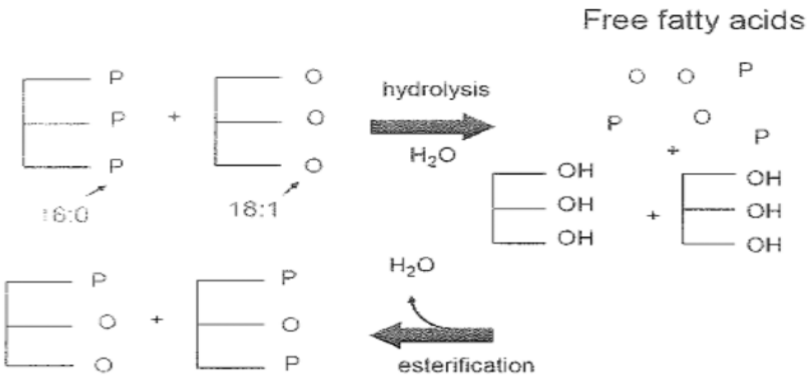
إذا قمنا بمزج الإسترين السابقين معاً ثم طبّقنا تفاعل حلمهة بإضافة الماء فإن جميع الإسترات السابقة ستعطي غليسرولاً وحموضاً دسمة حرة P و. O

بإمكاننا إجراء عملية أسترة جديدة مع إخضاع التفاعل لشروط محددة بحيث يكون موجهاً لإعطاء إسترات جديدة تمتلك خليطاً من الحموض P و O ، ليكون قوامه بين الصلب(العائد إلى P)والسائل(العائد إلى O).

نحصل بموجب هذه العملية على خصائص تغذوية وفيزيائية معدّلة للمادة الدسمة وهي أكثر تكلفة من عملية الهدرجة العادية لذلك في حال كان سعر السمنة رخيص تكون مهدرجة.

محاسن الأسترة الداخلية

:لا نحصل على الحموض trans ولا نخسر الحموض أوميغا.



3. التبلور التجزيئي(التجزئة:)

يكون أكثر حموض زيت بذور النخيل حموض دسمة مشبعة، وهو يتألف من قسمين:

- القسم الأول صلب يدعى الستيارين stearin يحوي الحمض. :C16:0
- القسم الآخر سائل يدعى الأوليين olein يحوي الحمض C18:1 ، قوام هذا المزيج صلب تقريباً.

إذا سخّنا المزيج السابق حتى انصهار المادة الدسمة ثم بردنا رويداً رويداً فإن الستيارين يتجمد أولاً،وبالتالي يمكنك تمييز جزء سائل هو الأوليين C18:1 وجزء صلب هو الستيارين C16:0

يمكن فصل هذين الجزئين عن بعضهما عند هذه اللحظة، حيث يكون الأوليين سائلاً خالصاً، والستيارين صلباً خالصاً.

الزيوت الجفوفة والزيوت غير الجفوفة

الزيوت الجفوفة :drying oil هي زيوت تحوي عدداً كبيراً من الروابط المضاعفة مثل زيت الكتّان قليلة الاستخدام لأن طعمها غير مستساغ.

الزيوت نصف الجفوفة drying oil-semi فتحوي عدداً أقل من الروابط المضاعفة مثل زيت الذرة وزيت دوّار الشمس.

أما الزيوت غير الجفوفة : drying oil-non فتحوي عدداً أقل من تلك التي في نصف الجفوفة (رابط مضاعف واحد)مثل زيت الزيتون، زيت الفول السوداني.

تتأكسد الزيوت الجفوفة بشكل أسرع لأن فيها كثيراً من الروابط المضاعفة