المحاضرة الأولى

مقدمة في كيمياء الأغذية

1. تعريف كيمياء الأغذية Food chemistry :

هي علم يعنى بدراسة الأغذية خارج جسم الإنسان، من حيث تخرّبها أو غشّها أو طريقة حفظها أو تركيبها الكيميائي أو طرائق معايرتها

والذي يختلف عن علم التغذية Nutrition : وهو علم يختص بدراسة الغذاء حينما يدخل جسم الإنسان، كيفية يتم امتصاصه واستقلابه، أعراض نقصه من الجسم والنتائج المترتبة على فرطه فيه.

تتعلق الكيمياء الغذائية: بعلوم التغذية والكيمياء الحيوية والكيمياء العضوية والكيمياء التحليلية.

سنتناول في هذا المقرر طيلة الفصل دراسة عن المغذيات كبيرة المقدار Macronutrients والتي تشمل الماء بالإضافة إلى السكريات والدسم والبروتينات التي تدعى مقدمات الطاقة، كما ندرس أيضاً المغذيات زهيدة المقدار Micronutrients : والتي تشمل الفيتامينات والمعادن والحموض الأمينية الأساسية والحموض الدسمة الأساسية.

ثم سندرس المضافات الغذائية كالملونات والمحليات ومضادات الأكسدة، والتغيرات الكيميائية التي تطرأ على الغذاء، ثم سنتطرق إلى دراسة بعض الأغذية الخاصة كالحليب والبيض والجبن واللحم.

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. رحلة الغذاء from farm to fork

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
• تلوث بالدواء: من المعلوم أنه يجب حين إعطاء الأدوية للحيوانات ألا تُذبح 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 يُنشئ لديه مقاومة جرثومية لذلك الصاد الحيوي، وإذا كان الصاد من زمرة البينيسلينات فيمكن أن يثير الحساسية ، يمكن أن تعطى الحيوانات أيضاً أدوية مهدئة فتسبب آثاراً 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 ورطوبة عالية يتعرض لنمو نوع من الفطريات المصغرة التي تموت بالحرارة العالية و يبقى الذيفان "الافلاتوكسينات" وهي مادة مسرطنة.

يمكن أن يتخرّب المنتج أيضاً بعد التصنيع، فمحلي الأسبارتام الذي يضاف لتحلية المياه الغازية يتخرّب في الحرارة، لذا يجب تخزين عبوات المياه الغازية في البرادات، لكن كثيراً ما يتم وضع البضاعة أثناء التخزين أو النقل في الشمس، مما يؤدي إلى تخرّب الأسبارتام، والخطر هنا لايكمن فقط بتخرب الأسبارتام إنما أيضاً بالمستقلبات التي تنتج نتيجة التخرب

- عند البائع: وأيضاً 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 الأغذية

1.معرفة مكونات الغذاء:

فحينما يدّعي المصنّع أن المادة الفلانية تحتوي فيتامينا 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

بالقُضامة أو الحمّص المطحونين اللذين يعطيان عند التحميص لوناً مشابهاً للبن، نلاحظ بالآونة الأخيرة انتشار لحوم مجمدة آتية من تركيا وعند فك التجمد تتحول إلى لون أسود تستخدم في مطاعم الشاورما

- 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.
- الأسماك الملوثة بميتيل الزئبق: الزئبق يوجد في البحار والمحيطات من مخلفات المصانع والسفن البحرية وغيرها، يتحول إلى زئبق عضوي وهو ميتيل الزئبق الذي يترسب بالطحالب البحرية فتتغذى عليها الأسماك الصغيرة والتي تتغذى عليها الأسماك الكبيرة وهكذا...فعلب السردين والتونة يجب أن تحوي كمية محدودة من ميتيل الزئبق بسبب تأثيراته الضارة على الحامل فلو فرضنا أن المواصفة تسمح بكمية معينة وكانت العلبة تحتوي على نفس الكمية تكون مطابقة للمواصفة لكن إذا لم تحتوي أبداً على أي كمية تكون ذات جودة.

ملاحظة : ويوجد في كل دولة مجموعة من المختصين تحدد مجموعة المواصفات القياسية الواجب تواجدها في كل نوع من أنواع الأغذية المختلفة. الآيزو و الهاسب هي عائلة معايير أساسية عالمية، تتضمن مجموعة من المعايير ضمن نظام إدارة الجودة

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.

<u>التغيرات التي تطال الغذاء تظهر على</u>

- 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.

نهاية المحاضرة الأولى

المحاضرة الثانية
التقييم الحسي للغذاء

1. التقويم الحسي الغذائيSensory evaluation of food

هو استخدام جميع الحواس لتقييم عينة طعام تتضمن الحواس النظر والتذوق والشم واللمس والسمع، دون استخدام أي آلة أو أداة أو تفاعل كيميائي فمثلاً بالنظر نحكم على لون الغذاء كلمعان عيون السمكة لون الغلاصم لون المادة الغذائية)، وبالتذوق نحكم عليه من طعمه هل أصبح حامضاً، لاذعاً، غير مقبول)، وبالشمّ نحكم عليه من رائحته(هل رائحته طيبة، زنخة، غير مقبولة)، ويتغير ملمس الغذاء بتغيّر حالته يصبح الملمس عند تخرب المادة لزج أو طري فبينما تكون البندورة الناضجة ناعمة الملمس تصبح البندورة القديمة متجعدة الملمس، وأما التقويم بالسمع هو الأقل أهمية بالنسبة لفحص الغذاء، فمن أمثلته أنه عند سماع صوت لدى خض البيض بجانب الأذن فهذا يدل على أنها قديمة، كما أن بطاطا الشيبس الطازجة تعطي صوت قرمشة أفضل بكثير من تلك القديمة التي بدأت تكتسب الرطوبة، كما أن اللبن القديم يعطي صوت بقبقة تدل على تخربه.

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 :**

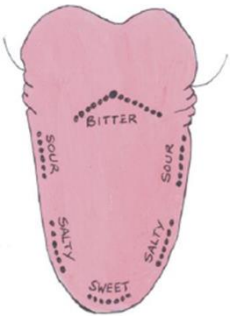
حلو sweet ، مالح salty ، حامض sour ، مر bitter وقد أضيف ،إلى هذه الطعوم طعم خامس هو طعم الأومامي كطعم الدجاج وشوربة الماجي

- **الصفات الأساسية الأخرى :**

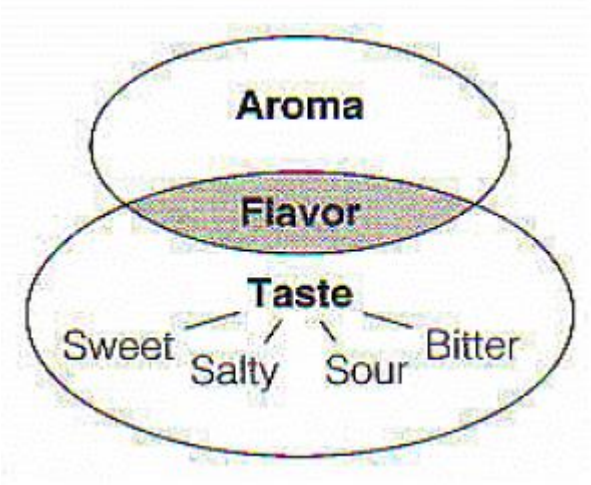
طعم معدني metallic كطعم شراب متممات الحديد، طعم قابض astringent كطعم الشاي وطعم ثمرة الخرما غير الناضجة، وطعم حار hot.

النظريات القديمة كانت تقول أن:

البراعم الذوقية في مختلف المناطق من اللسان ليست حساسة بشكل متساوٍ لجميع الطعوم، أما النظريات الحديثة تقول أن الحليمات الذوقية المختلفة تتوزع على كامل اللسان ولكن قد يكون توزعها مركزاً بمنطقة أكثر من الأخرى، فالبراعم الذوقية التي بالقرب من طرف اللسان أكثر حساسية للطعم الحلو والمالح، أما تلك التي على جانبي اللسان فحساسة أكثر للطعم الحامض، وتلك التي قرب نهاية اللسان(مؤخرة اللسان)حساسة أكثر للطعم المر



يصعب أحياناً الفصل بين الرائحة والطعم لأن ثمة اتصالاً بين التجويف الفموي والتجويف الأنفي، فمثلا عند اشتمام رائحة القرفة نحسّ بطعمها، وعند تذوق النعناع نحس برائحته ونسمي هذا التداخل بين الرائحة والطعم بـflavor النكهة



- **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 أو باختلاف الحمض الأميني وتتضمن(للاطلاع:)

❖ الغلوكوز + حمض الغلوتاميك = طعم الدجاج.
❖ الغلوكوز + الليزين = طعم البطاطا المحروقة burnt أو المقلية. fried
❖ الغلوكوز + الميتيونين = طعم الملفوف. cabbage
❖ الغلوكوز + الفينيل ألانين = طعم الكراميل.
❖ الفركتوز + حمض الغلوتاميك = طعم الدجاج.
❖ الفركتوز + الليزين = طعم البطاطا المقلية.
❖ الفركتوز + الميتونين = طعم حساء الفاصولياء. bean soup

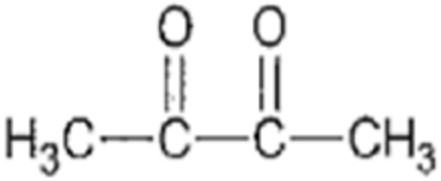
من الأمثلة على تفاعلات ميلارد

تفاعل السكر المرجع المضاف إلى الطحين مع الأحماض الأمينية في البيض، فينتج الكيك ذو الرائحة والطعم الطيبين، إن النكهة الطيبة ناتجة عن تفاعل السكر المرجع مع الأحماض الأمينية بوجود الحرارة مما أعطى أحد منتجات ميلارد، وندعو هذه العملية بالاسمرار اللاأنزيمي

نكهة الكيك الناتجة لا تعتبر صنعية كما أن منتجات ميلارد سبب رائحة الخبز الطيبة أيضاً.

التخمير والنكهةFERMENTATION and FLAVOR :

إن الدي أسيتيل(Diacetyl الشكل أدناه :)هو مركب ينتج عن فطور الخميرة Yeasts من تخمير الكربوهيدرات، وهو يُعدّ المركب الأساسي في نكهة منتجات الألبان كالزبدة والنكهة المشابهة للزبدة.



إن من المركبات المحتمل استخدامها في تخمير الدي أسيتيل:

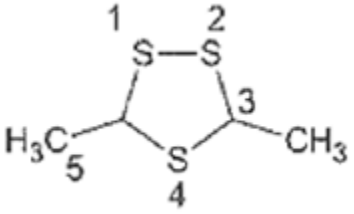
a) حمض اللبن. Lactic acid
b) حمض البيروفيك. Pyruvic acid
c) الأسيت ألدهايد. Acetaldehyde
d) حمض الأوكزالو أسيتيك. Oxaloacetic acid
e) أسيتيل حمض اللبن. Acetyl lactic acid
f) حمض الليمون. Citric acid

بعد مرور حوالي ستة أشهر على تصنيع الزبدة، فإن مركب الدي أسيتيل المسؤول عن طعم الزبدة الطازجة يتطاير مما يجعل الزبدة تفقد طعمها المرغوب، ومن أساليب غش الزبدة القديمة تصنيع الدي أسيتيل وإضافته إليها.

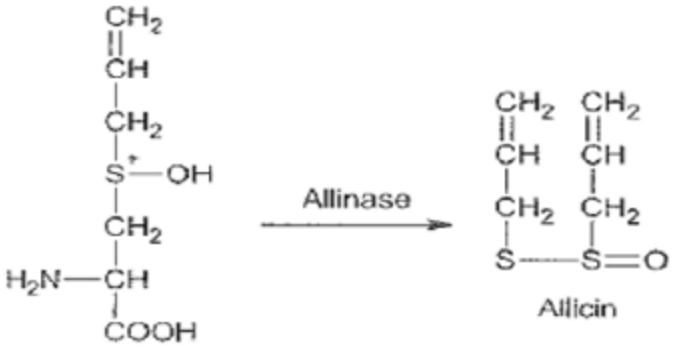
نكهة الزبدة طبيعية أيضاً، ولا تُعد صنعية.

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 الألينياز 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.



S-Ally-cystein sulfoxide

d) البصل :لا تظهر رائحة البصل إلا عند تقطيعه أو تقشيره أو تناوله، لأن هذه العملية تساعد في وصول الإنزيم إلى الركازة التالية لإعطاء المركب المسؤول عن رائحة البصل L- cysteine . sulfoxide Thiopropanal – S – oxide

لا يمكن اعتبار نكهة البصل صنعية، بل طبيعية مع أنها لم تكن موجودة من قبل التقطيع.

e) نباتات الفصيلة الصليبية :مثل الفجل، الملفوف، الجرجير التي تظهر نكهتها الحادة عند تحطيمها بالأسنان وقت تناولها، وهذه العملية التي تسبب التقاء إنزيم التيوغلوكوزيداز مع ركازته لإعطاء مركبات الإيزوتيوسيانات، و هي المسؤولة عن هذه النكهة

f) يعطي الموز الأخضر بالإنزيمات نكهة الموز الطازج :السبب في ذلك هو احتواء الموز(وغيره من الفواكه بشكل عام)على ركازة من مركبات البولي فينول، واحتواءها أيضاً على إنزيم البولي فينول أوكسيداز الذي يقوم بأكسدة البولي فينولات، فحينما يكون الموز ما يزال أخضراً فإن الإنزيم وركيزته يكونان وقتئذ متباعدين، لكن حينما يبدأ الموز بالنضوج فإن جُدُرها الخلوية تصبح أكثر طراوة مما يمكن الإنزيم من الوصول إلى الركازة فيؤكسدها فيبدأ لون الموز الأسمر بالظهور وتشتد رائحته، ندعو هذا الأمر الاسمرار الأنزيمي.

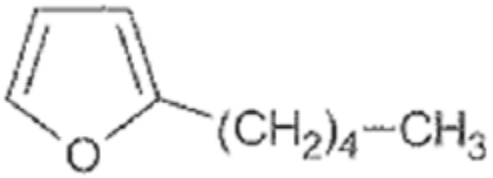
مثال آخر :عندما تسقط تفاحة على الأرض نلاحظ تغير اللون والطعم مكان الضربة والسبب أن: الأنزيم والركازة كانوا بعيدين عن بعض ونتيجة الضربة اقتربا من بعضهما وحدث التفاعل وأعطى هذا اللون

والنكهة، أما الموز فلا يحتاج إلى ضربة إنما ينضج لوحده وهو ينتمي للفاكهة التي تنضج لوحدها حتى بعد قطافها.

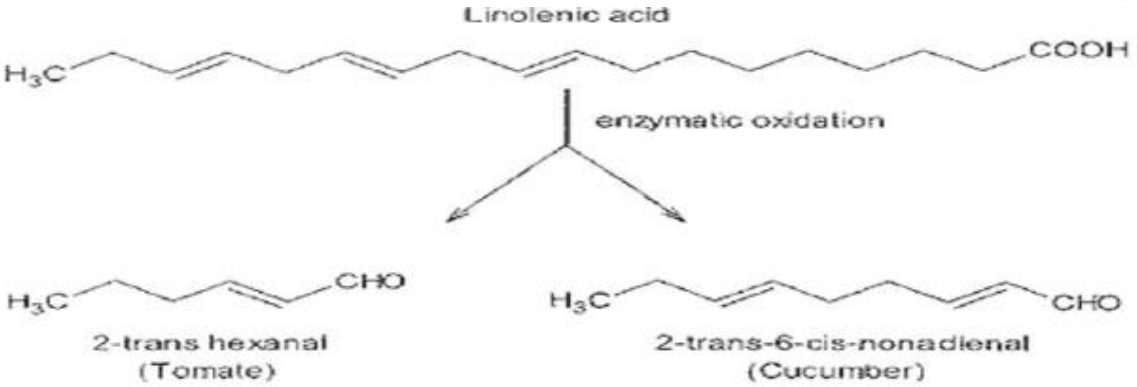
g) فول الصويا :المسؤول عن النكهة هو اللينوليك أسيد وهو نفسه مسؤول عن النكهة في البندورة والخيار وهو عبارة عن حمض دسم يحوي على 3 روابط مضاعفة عندما تتعرض لتأثير أنزيمات تتأكسد وتعطي النكهة اللينوليات الذي يعطي 2 بنتيل فوران.

h) الخيار : Cucumber تنتج رائحة الخيار البلدي عن مركب 2 ترانس 6 – – سيس نانودينال،الذي ينتج عن الأكسدة الإنزيمية لحمض اللينولينيك.

اللينوليات الذي يعطي ٢ بنتيل فوران.



i) البندورة : Tomato المركب المسؤول عن رائحتها نتيجة الأكسدة الأنزيمية لحمض اللينولينيك التي تعطي مركب 2 ترانس هيكسينال– :



- **النكهات الصنعية: 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

- تستخدم أيضا إسترات الأميل والبوتيل والإيتيل كمنكّهات:
- أسيتات الأميل = Amyl acetate طعم فاكهي حلو، الموز، الإجاص.
- كابروات الأميل = Amyl caproate طعم فاكهي حاد sharp ، الأناناس.
- فورمات الأميل = Amyl formate طعم فاكهي حلو.

(في الأمثلة السابقة ثبتنا الغول وغيرنا الحمض)

إذاً كما ذكرنا إن معظم المنكهات الصنعية هي استرات و لكن * هناك استثناءات فبعضها حموض عضوية والتي تحتوي على ألدهيدات، إسترات عطرية، كحولات وكيتونات:

- فحمض الأسيتيك يعطي طعم الخل.
- وحمض البروبيونيك يعطي طعم الحليب الحامض.
- وحمض البوتيريك Butyric acid يعطي طعم الزبدة.

العوامل المؤثر 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.

نكهة الحموض		
Low pH		Higher pH
CH_3CH_2COOH	→	$CH_3CH_2COO^-Na^+$
طعم لاذع		أقل لذعاً
رائحة حامضية		نكهة حامضية أقلّ

نكهة المركّبات الأساسية		
Low pH		Higher pH
$R-NH^+_3$	→	$R-NH_2$
نكهة أقل		نكهة أقوى

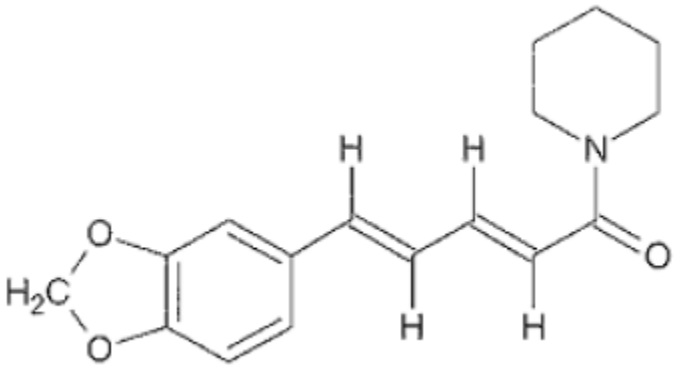
- **علاقة الطعم والبنية:Taste and Structure**

كما رأينا في علوم الكيمياء الصيدلية كيف أن للبنية علاقة بالتأثير، يبدو أن ثمة علاقة أيضاً بين بنية المركّب والطعم .إن المواد ذات الطعم تتأثر بما يأتي:

a) هندسة الجزيئات. geometry of the molecule
b) المجموعات الوظيفية. functional groups

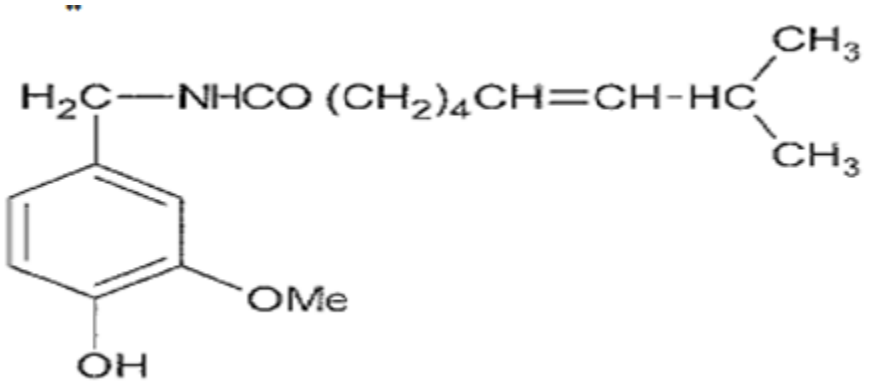
1) الطعم الحار: HOTNESS Taste

- ✓ إن العديد من المركبات التي توجد في العديد من التوابل والخضراوات تسبب إحساساً مميزاً حاراً وحادّاً ولاسعاً stinging الحرافة » يعرف باسم«. pungency لمعرفة المجموعة المسببة للطعم الحار تم إجراء التجارب على أشيع الأطعمة الحارة وهي الفلفل والفليفلة.
- ✓ وجد أن في الفلفل :المركب الحريف الأساسي هو البيبرين، وهو أميد، وإن الهندسة المفروقة Trans geometryلإشباع الألكيل ضرورية لحرافة قوية، أما فقد الحرافة أثناء التعرض للضوء والتخزين فيعزى إلى عمليات المصاوغة isomerization لهذه الروابط المضاعفة.
- ✓ يوضح الشكل صيغة البيبرين Piperine لاحظ وظيفة الأميد في نهاية السلسلة الجانبية : NC = O



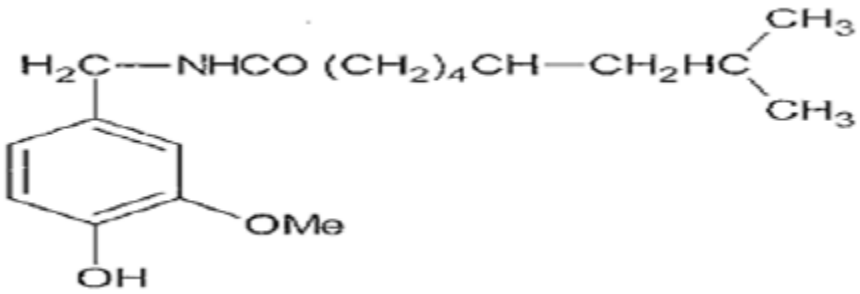
نلاحظ في البنية أن :ذرات الهيدروجين وعناصر السلسلة الجانبية في وضع trans مع بعضها،لكن مع مرور الزمن أثناء التخزين فإنها تبدأ بالانقلاب إلى cis ، مما يُنقص الطعم الحار للبيبرين.

- ✓ في الفليفلة الخضراء فإن الكابسيسين هو المركب المسؤول عن الطعم، يوضح الشكل صيغة الكابسيسين. Capsaicin



نلاحظ في البنية حلقة عطرية وسلسلة جانبية .لاحظ الأميد NHCO في الصيغة:

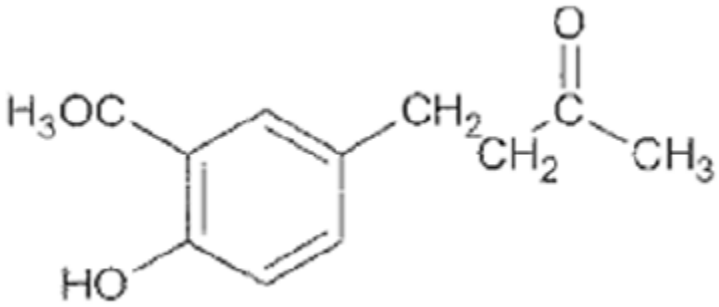
ظُنّ في بادئ الأمر أن الطعم الحارّ عائد للرابط المضاعف في صيغة الكابسيسين، فتمت هدرجته، ونتج مركب يدعى دي هيدرو الكابسيسين(انظر الشكل Dihydrocapsaicine)، لكنّه بقي لاذعاً، وحارّاً، فتبيّن أنه ما من علاقة للرابط المضاعف بالنكهة الحارّة.



وبالتالي تبين أن المتطلبات الأساسية للطعم الحار في المركب هي:

- ✓ حلقة عطرية.
- ✓ سلسلة جانبية مؤلفة من 4 ذرّات كربون على الأقل، وكلّما ازداد عدد الفحوم في السلسلة الجانبية ازداد طولها وازداد الطعم الحار أكثر.
- ✓ الأميد، وله دور في تعزيز الطعم الحارّ اللاذع.
- ✓ مجموعة ميتوكسي في بعض الأحيان(لكنّها ليست ضرورية.)

الزنجبيل أيضا له طعم حار لاذع، لكن في صيغة الزنجرون، المركب الأساسي الحريف في الزنجبيل (الشكل أدناه)نتبين أنه يحتوي حلقة عطرية وأربعة فحوم على السلسلة الجانبية لكنه، لا يمتلك أميداً، ولذا نجد أن نكهة الزنجبيل الحارة مختلفة عن نكهة الفلفل.



مما سبق نستنتج أن أكثر المجموعات الأساسية المطلوبة ليكون المركّب حار الطعم هو الحلقة العطرية والسلسلة الجانبية الممتلكة لأربعة فحوم على الأقل، وندعوهما متطلبات

الطعم الحار. Hotness taste requirement

2) الطعم الحلو Sweet taste

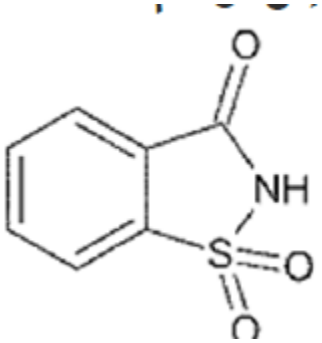
إن الفركتوز أحلى من السكروز، والأخير أحلى من الغلوكوز، والغلوكوز أحلى من المالتوز، والمالتوز أحلى من الغالاكتوز، والغالاكتوز أحلى من اللاكتوز:

Fru > Saccha > Glu > Mal > Gal > Lac

الفركتوز(سكر الفواكه)هو أحلى السكاكر

وبما أن كل السكاكر تحتوي وظائف هيدروكسيل مرتبطة بالكربون CHOH و CH2OH ، فقيل سابقا أنه كلما كانت وظائف الهيدروكسيل أكثر كانت حلاوة السكّر أكبر، إلى أن تم اكتشاف المحلّي الصنعي، السكارين.

- لاحظ صيغة السكارين.



لاحظ أنه ما من ارتباط لها مع مجموعات: OH

يمتلك السكارين قدرة تحلية أكبر بنحو 500 – 030 مرة من السكر العادي، ولذا فتبين أنه لا علاقة لوظائف الهيدروكسيل في البنية بالطعم الحلو.

وبحثاً عن البنية المسؤولة عن الطعم الحلو تمّت دراسة الحليمات الذوقية التي تحتوي على

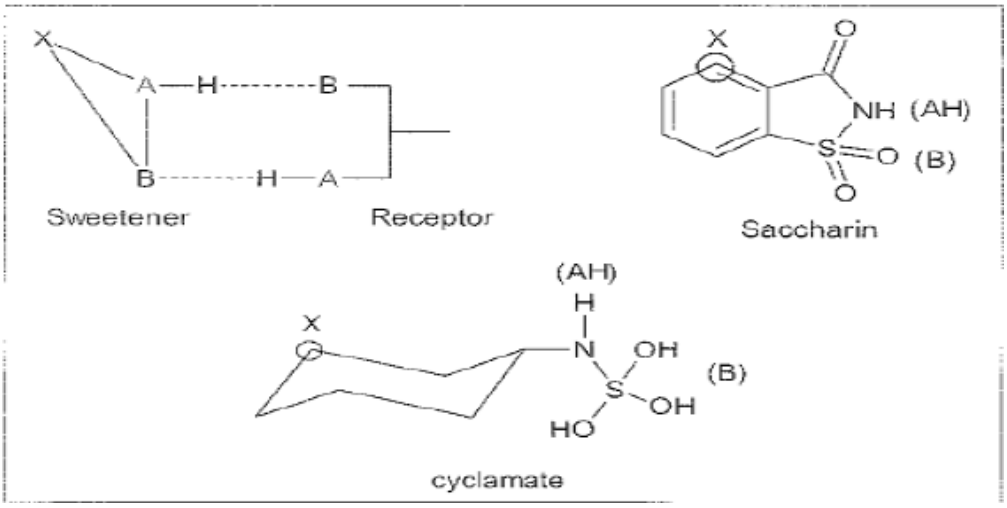
مستقبلات بروتينية تحوي ثمالات من الحموض الأمينية، ولكي يرتبط مركّب ما مع المستقبل يجب أن يمتلك شكلاً معيناً(بمبدأ القفل والمفتاح)، فحينما يرتبط المركب المناسب مع المستقبل فإن الشكل الفراغي للأخير يتغيّر، وحينما يتغيّر الشكل الفراغي تنفتح قنوات الكالسيوم والبوتاسيوم التي في غشاء الخلايا فترسل الشوارد المتحررة سيّالة عصبية إلى الدماغ يفسّرها بشكل طعم(الأمر ذاته ينطبق على حاسة الشم.)

وليُعطي مركب ما طعماً حلواً بارتباطه بالمستقبل ينبغي أن يحتوي على:

- ✓ مُعطٍ للبروتون)H-A (Proton donor وهو NH بالسكرين
- ✓ أن يحتوي على مستقبل لهذا البروتون Proton receptor (B(وهو 2co بالسكرين
- ✓ مركز كاره للماء)X (Hydrophobic center هو الحلقة العطرية يجب أن يكون على مسافة معينة مع معطي البروتون ومستقبله تتراوح بين 3.6 و 4 أنغستروم. وتدعى هذه النظرية بالمثلث
- ✓ كما يجب أن يكون المستقبل لهذا المركب محتوياً أيضاً على مُعطٍ للإلكترون ومستقبل له، لتحدث عملية مبادلة، فيستقبل المستقبل بروتون المحلّي المعطى، ويستقبل المحلّي بروتون المستقبل المعطى .وللاستعاضة عن القول السابق فإن المراجع تعبّر عن هذا بأن المستقبل والمحلّي يجب أن يحتوي أحدهما على مركز نوكليوفيليّ والآخر على مركز إلكتروفيلي.

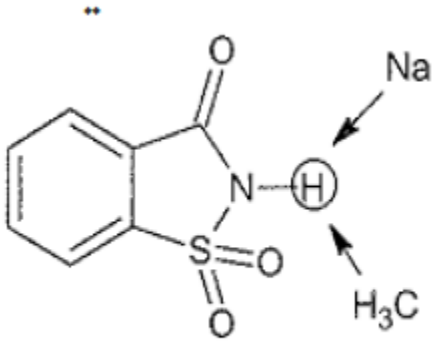
أعد ملاحظة صيغة السكارين لتجد أنها تحتوي على مجموعة NH معطية للبروتون

ومجموعة 2SO قادرة على استقبال بروتون، وأن جزء الحلقة العطرية المشار إليه كاره للماء، لاحظ أن الأمر ذاته ينطبق على السيكلامات والغلوكوز.



وبتطبيق هذه الاستنتاجات :وُجد أن جميع المركّبات الحلوة خاضعة للقاعدة السابقة، وحتى الكلوروفورم CHCl3خاضع لهذه القاعدة CH (تمثل A و Cl تمثل B و Cl تمثل) X ولذا نجد أن له طعماً حلواً.

إذا مما سبق :كنا قد فسرنا كيف يكون السكارين محلٍّ وإذا ما استبدلنا ب H في صيغته مجموعة ميتيل نتج لدينا ميتيل السكارين، لكننا نجد أن ميتيل السكارين ليس محلّياً لأنه فقد البروتون وفقد التوافق مع القاعدة السابقة

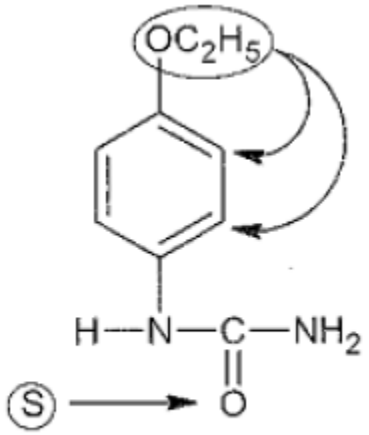


Saccharin

لكن ماذا يحدث عند استبدال ال H بالNa

يتشكل السكارين الصودي، وبما أن السكارين غير منحل بالماء فإنه يُعمَد إلى صنع الملح الصودي منه ليكون منحلاً، وعند حله بالماء تبتعد ذرّة الصوديوم عنه وتعود إليه ذرّة الهيدروجين فيعود إلى توافقه مع القاعدة السابقة ويعطي الطعم الحلو.

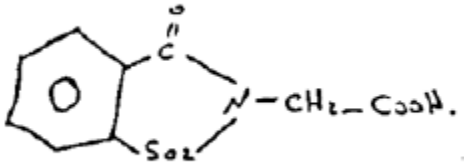
- الدولسين(: Dulcin بارا إيتوكسي فينيل يوريا)محلٍّ sweetener بشكل كبير جداً، بينما المصاوغان أورتو O وميتا(M وضع الإيتوكسي بالنسبة إلى البولة)ليسا كذلك، السبب في ذلك هو تغير مسافة المركز الكاره للماء كما أن استبدال الكبريت بالأوكسجين يخفي الطعم الحلو.



P-Ethoxy phenylurea

مثال أخر عن تأثير تغيير المسافة على الطعم الحلو :لو أخذنا مركب السكارين واستبدلنا

ال H ب CH2-CooH أي ينتج المركب التالي



لكن هذا المركب لا يظهر له الطعم الحلو بسبب تغير المسافة وأي استبدال نجريه في هذا الموضع لا يعطي طعم بسبب تغير المسافة بالتالي فإن متطلبات الطعم الحلو:

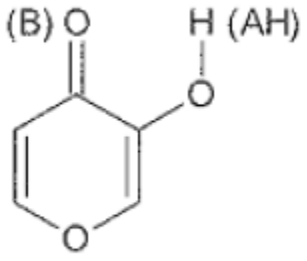
- مُعطٍ للبروتون.
- مستقبل للبروتون.
- مركز كاره للماء على مسافة مناسبة من كليهما.

تذكر أن :السكروز هو المركب المعياري للطعم الحلو لأنه سكر الطعام.

المركبات الشبيهة بالكراميل

ثمة العديد من المركبات ذات الطعم الشبيه بالكراميل، كالمالتول و الفورانول ويشترط في المركب ليكون له هذا الطعم شرطان :

1. وجود مُعطٍ للبروتون.
2. وجود مستقبل للبروتون.



Maltol

في الفورانول، إذا أزلنا ذرة H تتحول الوظيفة الهيدروكسيلية إلى كيتونية كما في المركب تيترا ميتيل تيترا هيدرو فوران 4 – 3 – ديوان فإن ذلك يؤدي إلى فقدان طعم الكراميل.

Furaneol tetramethyltetrahydrofuran-3-4-dione

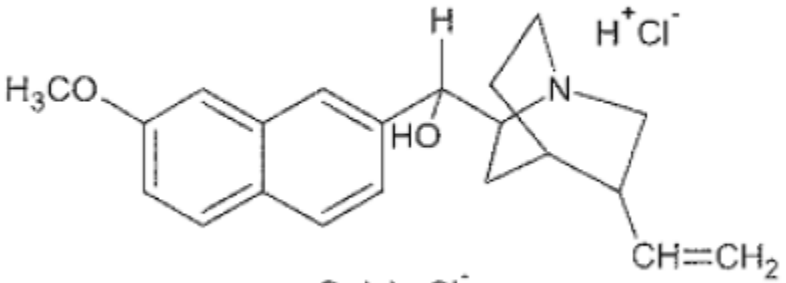
3)الطعم المرBitterness

- نجد من حولنا الكثير من المركبات ذات الطعم المر:

الأملاح :مثل يوديد البوتاسيوم KI ، كبريتات المغنيزيوم MgSO4 ، بروميد البوتاسيومKBr =طعم مالح + مرّ.

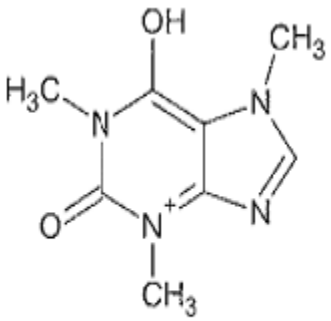
- الببتيدات :مثل ثنائي الببتيد لوسين - لوسين .
- الغليكوزيدات
- القلويدات :المشتقّة من البيريدين والبيورينات.

❖ الكينين هو القلويد المعياري المقبول عموماً كمعيار للإحساس بالمذاق المر، وهو مسموح به كمضاف إلى المشروبات كالمشروبات الغازية التي تمتلك صفات حامضة حلوة

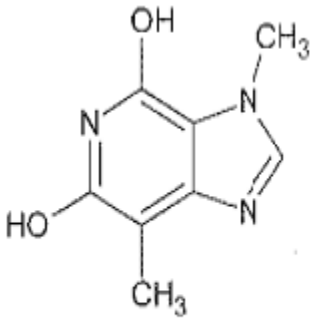


Quinie Cl-

❖ وثمة مركبات مرة أخرى كالتيوبرومين في الكاكاو والكافئين في القهوة



caffeine (1, 3, 7 trimethylxanthine)



theobromine (from cacao)

.

ليكون الطعم مرّاً يجب أن يحقق النظرية التي تقول إنه ليكون المركّب مرّ الطعم يجب أن يحتوي العناصر الثلاثة معا:

1) معطياً للبروتون
2) مستقبلاً له

3) مركزاً كارهاً للماء.

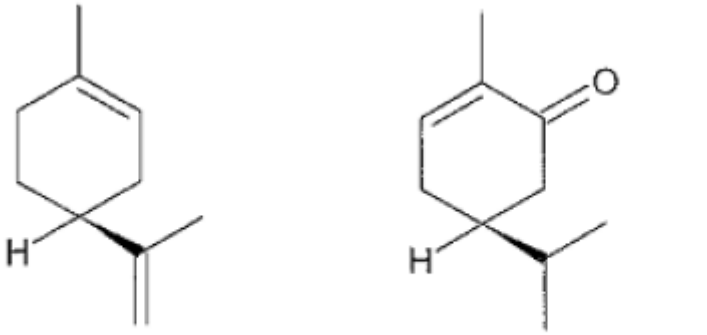
- لكن ما يميّز هذه الثلاثة عما هي عليه في شروط الطعم الحلو هو توضعها الفراغي، والدليل على ذلك أن بعض الأحماض الأمينية من الشكل D تكون حلوة الطعم ومن الشكل L تكون مرّة أو بالعكس.
- وفيما يخص المواد الدسمة المرّة فيقول البعض إن ذلك متعلق بنسبة عدد ذرات الكربون مع عدد مجموعات الهيدروكسيل.

4)الطعم المالحSALTY

- إن NaCl و NaBr و NaI و KCl و LiBr و NaNO3 تعطي طعماً مالحاً.
- يتم تمثيل الطعم المالح الكلاسيكي(المعياري)بكلوريد الصوديوم. NaCl
- كيميائياً، يبدو أن الشوارد الموجبة(الكاتيونات) K+Na, +, ... تسبب طعوماً مالحة وأن الشوارد السالبة(الأنيونات)تبقيها كما هي أو تعدلها فتكبحها، فالصوديوم والليتيوم يولدان فقط طعماً مالحاً، بينما البوتاسيوم وغيره من الكاتيونات القلوية الترابية تولّد كلاً من الطعمين المر والمالح.
- إن متطلبات الطعم المالح متعلّقة :بمجموع الأقطار الشاردية، فلكي يكون المركّب مالح الطعم، يجب أن يكون مجموع أقطاره الشاردية أقلّ من 6.5 أنغستروم، فإذا ازداد المجموع عن(6.5 كبر حجم الجزيئة)أصبح الطعم مرّاً .فمثلاً:
- تبلغ الأقطار الشاردية لكلوريد الليتيوم LiCl 4.98 أنغستروم، فهو مالح.
- تبلغ الأقطار الشاردية لكلوريد الصوديوم NaCl 5.56 أنغستروم، فهو مالح.
- تبلغ الأقطار الشاردية لكلوريد البوتاسيوم KCl 6.28 أنغستروم، فهو مالح على مر قليلاً.
- تبلغ الأقطار الشاردية لكلوريد المغنيزيوم 2MgCl 8.5 أنغستروم، فهو مرّ.

ملاحظة

- قد يتدخل أيضاً في الطعوم عدم التناظر المرآتي Chirality ، فالكارفون بالشكل S موجود في الكراوية ويعطي طعمها المميز، بينما بشكله الآخر يعطي طعم النعناع في النعناع السنبلي، والليمونين يعطي طعمه الحامض أيضاً بشكله S ، أما الشكل R فلا طعم له.
- يوضّح الشكل صيغتي الليمونين والكارفون S في الكراوية:



Limonene S-compound (caraway)

- قد يلعب توضح المجموعات الوظيفية دوراً في الطعم أيضاً، ففي الفانيلين تتوضع مجموعCHO بالموقع ميتا بالنسبة إلى مجموعة الميتوكسي) 3OMe = OCH (، بينما إذا توضعت في الموقع بارا بالنسبة إليها فقد المركب طعمه وتحوّل إلى الإيزوفانيلين.

5) الطعم البارد: cooling

- الكافور camphor ، النعناع peppermint ، المنتول. menthol

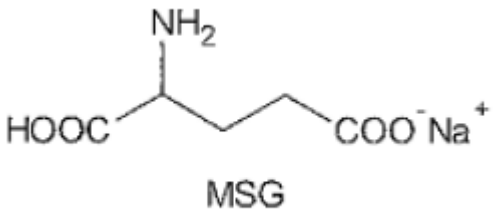
6) الطعم القابض: Astringent

- مثال عليه التانينات، وهي عديدات فينول توجد في الشاي الثقيل والفواكه غير الطازجة تماماً، وإن السبب في طعم التانينات القابض هو تفاعلها مع البروتينات الموجودة على اللسان، ولهذا فإنه لتخفيف الطعم القابض للشاي يُضاف إليه مبيّض أو حليب لاحتوائهما على بروتينات فتتفاعل التانينات معها بدلاً من بروتينات اللسان فلا يحدث شعور بطعمها القابض.

7)معززات النكهة: Flavors enhancers

وأشهرها غلوتامات أحادية الصوديوم Mono sodium glutamate (MSG) وإيوزين أحادية الفوسفات IMPوالمالتول(نكهة الكراميل)الذي يستخدم لتقنيع طعم البيرة المر والإيزومالتول.

- تعطي غلوتامات أحادية الصوديوم نكهة الدجاج(نكهة الأومامي)، ولا يخلو منتج من الدجاج أو النودلز(كالإندومي)أو الصويا منها، حيث إنها تخفي أيضاً جميع النكهات الأخرى غير المرغوبة، كما أنها تتهم بإحداثها متلازمة المطعم الصيني التي تتظاهر بالصداع والألم في الحلق والتعب العام وضيق تنفس واحمرار وجه، وتنتهي تلك الأعراض بزوال مفعولها، كما ظهر أن تناولها لدى الحوامل يمكن أن يسبب فرط نشاط لدى المولود، والبدانة لأمه، كما يمكن أن تسبب على المدى الطويل من الاستخدام الزهايمر والسرطان وباركنسون لكن إلى الآن FDA تسمح به



MSG

.

جودة النكهة

- رغم كل النظريات السابقة، فإنه لا يمكن التنبؤ بجودة النكهة

- L – كارفون (النعناع السنبلي spearmint؛ 2ppb).
- D – كارفون (الكراوية caraway؛ 100 ppb).

❖ كما لا يمكن التنبؤ بشدة النكهة، فمثلاً المركبان التاليان أحدهما يعطي نكهة الفليفلة والثاني يعطي نكهة البطاطا، والفرق بينهما هو فقط مجموعة بوتيل بدل بروبيل، واختلاف في عتبة النكهة من جزئين في التريليون إلى أربعة أجزاء في المليار.

- 2 – ميتوكسي – 3 – إيزوبوتيل بيرازين (2ppt).
- 2 – ميتوكسي – 3 – إيزوبروبيل بيرازين (4ppb).

وصف الرائحةAroma Profile

عند وصف الطعوم فإننا وجدنا أنه يمكن استخدام الألفاظ (مر، حامض، حار) أما عند وصف الروائح فثمة ألفاظ أخرى تستخدم وفقاً لما يسمى Aroma profile ومبدأه هو تشبيه الرائحة لأخرى معروفة من ضمن هذه اللائحة:

- رائحة التوابل. Spices
- الرائحة الكافورية. Camphoric
- الرائحة المسكيّة. Muskiness
- الرائحة الوردية. Rosary
- رائحة المنتول. Menthol
- الرائحة الإيترية. Ethereal
- رائحة القطران. Tar
- الرائحة النتنة. Stinking
- الرائحة المحروقة. Brunt
- الرائحة الفاكهية. Fruity

- **النظر(sight ,color)**

العوامل المؤثرة على اللون:

1. شدة الإضاءة.
2. الظلّ.
3. القدرة البصرية والتمييزية Discriminating 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.

- **القوامTexture**

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.)

مرتسم القوام: Texture Profile

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 الحسّية

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

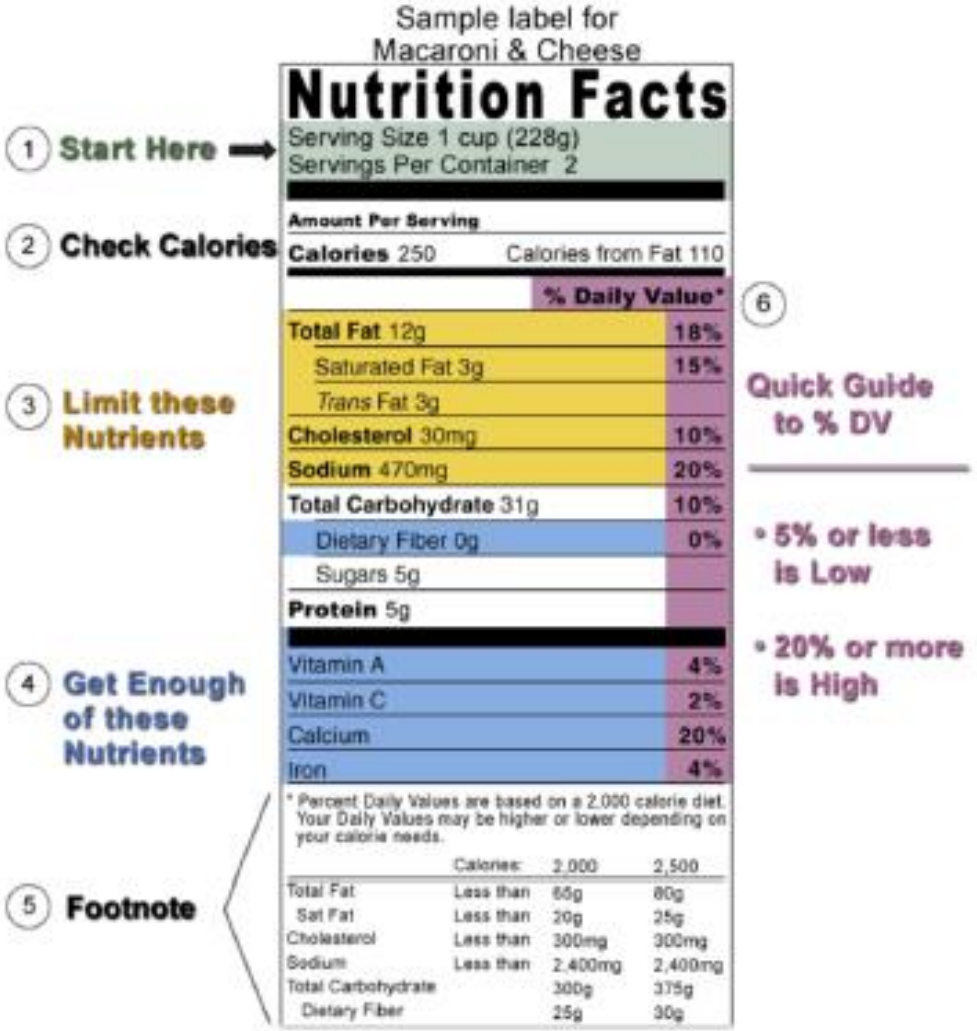
a. لصاقة التوسيم المناسبة Suitable Label ، فلا يجوز مثلاً وضع صورة بقرة على عبوة لسمن نباتي لأنها ستعطي انطباعاً أنه سمن حيواني.
b. تقبل المستهلك Consumer Acceptance ، أي أن تكون جميلة المنظر.
c. الحقائق الغذائية. Nutrition Facts

d. تاريخ نهاية الصلاحية. Expiry date
e. معلومات المصنع Factory Information's ، مثلاً أين تم التصنيع؟ رقم التواصل مع المعمل لتقديم الاستفسارات أو الشكاوى.

لكن للأسف لا تلتزم جميع المنتجات بعناصر العنونة السابقة.

✓ فيما يلي مثال عن عنونة نظامية للطعام، يجب أن تكون العنونة النظامية مقسمة إلى 6 أقسام:

- الأول هو البداية : start وفيه حجم الحصّة(Serving size مثلاً :تحتوي هذه العلبة من الشاي على 20ظرفاً كل منها يزن 10 غ.)
- الثاني :هو قسم التحقّق من السعرات الحرارية(مثال :لو تناولت قطعة من الشوكولا في هذا المنتج فستحصل على 250 سعرة حرارية.)
- الثالث :هو المحتوى من المواد الغذائية(مثلاً :إجمالي الدسم 12 غ، الكولسترول 30 ملغ، السكّر 5 غ، البروتين 5 غ.)
- الرابع :هو الذي يشير إلى أن المنتج يحوي كمية من المغذيات الفلانية التي لا تعطي الطاقة، كالفيتامينات والحديد والكالسيوم.
- الخامس :هو الحاشية وهو جزء ثابت في كل لصاقة مهما تغير المادة الغذائية أو الشركة المصنعة، حيث يشير إلى معلومات لا تتغير(مثلاً :إذا أردت الحصول على 2000 حريرة في اليوم فيجب أن يكون إجمالي الدسم في غذائي 65 غ.)
- السادس :هو القيم اليومية Daily value DV ، فإذا أردنا الحصول على 2000 حريرة فيجب كما رأينا تناول 65 غ من الدسم، وهذا المنتج فيه 12 غ من الدسم، فهو بالتالي يشكل% 18 من القيم اليومية من إجمالي الدسم، أي % 18 من حاجة الإنسان من الدهون لهذا اليوم.



نهاية المحاضرة الثانية

المحاضرة الثالثة

الماء في الأغذية

1. مقـدمة:

يعتبر الماء أهم مكون منتشر في الأنسجة الغذائية الحيوانية والنباتية ويتواجد بتراكيز مختلفة في المنتجات الغذائية, ويقدم المحتوى المائي في المنتجات والمواد الأولية أهمية معتبرة للأسباب التالية:

- 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 والكيميائية Physico-chemical changes في الأغذية.
- 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, سترة, ترطيب, تخثير,.....)
- يعتبر عامل جودة للحفظ والثباتية التخزينية وعمليات التعبئة والنقل والمعاملات التجارية.
- يعتبر المحتوى المائي من المواصفات القياسية لبعض الأغذية وتحديد أنواع الفساد ونسبة الغش.
- يُستخدم 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 90 % في الكثير من المنتجات النباتية وحتى 25-65% في اللحوم المقلية والمعجنات السكرية وتختلف حسب طريقة ومرحلة التصنيع والعمليات الحرارية المطبقة وماهية المنتج الغذائي كما هو موضح في الجدول (1).

بشكل عام يمكن التحدث عن أشكال الماء في الأغذية:

أ- ماء يأتي من المادة الأولية.

ب- ماء يأتي من المراحل التكنولوجية أثناء التصنيع

ج- ماء من أصل المنتج معبراً عنه بنسبة وزنية $\% W = (m_a / m_p) . 100$

حيث: m_a: كتلة الماء المتبخر إلى نقطة ثابتة من درجة الحرارة m_p التي تمثل كتلة المنتج الغذائي, و $m_a = (m_p - m_d)$ أي الفرق بين كتلة العينة الأولية والجافة m_d.

يكون هاماً في المنتجات الغذائية تحليل الماء الموافق بنيوياً وشكلياً وأهم أنواع الماء:

1. الماء الحرFree water الذي يتواجد بشكل محل أو كوسط تبعثر.
2. ماء الادمصاص Adsorbed water من خلال ادمصاص الماء على أسطح مركبات قطبيه قوية (سكريات، بروتين....).
3. ماء التشرب Swelling water أو الممتص Absorbed water: الذي يأتي من المركبات القطبية القوية (بروتينات, بتبيدات, سكريات متعددة,.....) في هذه الحالة تغلب الروابط الهيدروجينة (سوبسترات– ماء) كما في الهلاميات والجيليه.
4. ماء مرتبط كيميائياً Chemical water الذي لايمكن استبعاده بالطرق العادية لأن العمليات هذه تكون مترافقة بتخريب مكونات المادة (مثال الحبوب والفواكه والألياف العضلية....).

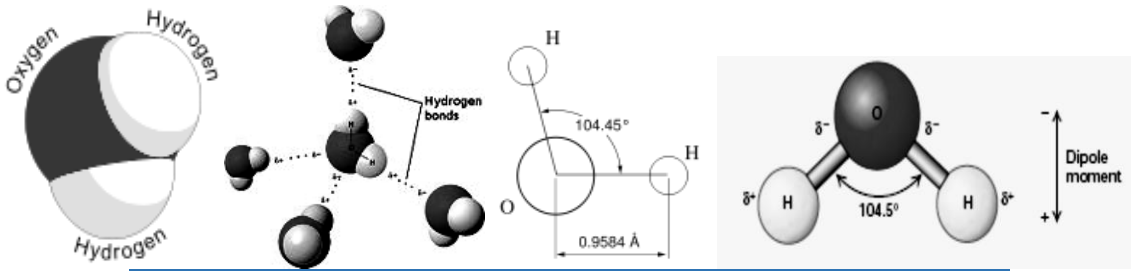
الجدول (1) يبين كمية الرطوبة الوسطية في الأغذية

الغذاء	غ%غ مادة	الغذاء	غ%غ مادة خام
لحم بقر, غنم	60-55	بطيخ, خيار	97-95
لحم حصان, دجاج	75-65	بطاطا	80-77
سمك نهري, بحري	80-75	فول أخضر, بازلاء	89-85
سلامي, مرتديلا	45-30	بندورة	93-90
حليب بقري	90-85	بازلاء جافة, فاصولياء جافة	12-10
حليب مجفف	4-3	فول صويا	10-8
لبن	90-85	قمح طري	15-13
زبدة مع ملح	17-15	دقيق قمح أسمر	12-10
أجبان	55-35	رز	13-11
بيض	76-73	معكرونة	10-8
زيوت نباتية	0	خبز أبيض	35-30
مارغرين	5-4	تين مجفف	27-25
عسل	20-18	جوز	6-4
مربيات فواكه	35-30	كستناء	52-50
كرز, حمضيات,	80-75	قهوة محمصة, كاكاو	6-2

2. الخواص الفيزيائية والكيميائية للماء:

1.2. بنية الماء: Structure of water

تكون وظيفة الماء مفهومة من خلال بنيته وحالته في النظم الغذائية وبشكل أدق ونوعي بالارتباط بين الماء ومكونات الأغذية, حيث تكون جزئية الماء متشكلة من اثنتين من الروابط المشتركة O-H التي تنشأ عن تجاذب كهربائي ساكن بين الأوكسجين المرتفع الكهرسلبية (δ^-) والذي يملك ستة إلكترونات ويشارك بأربعة مدارات SP^3 فيسحب الإلكترون الوحيد في الهيدروجين بعيداً عنه مما يكسبه شحنة جزئية موجبة (δ^+), ويشكل المداران الهجينان من O-H رابطة مشتركة مع زاوية ارتباط 104.5^o من أجل H-O-H ويجد زوج إلكتروني غير مشارك إلى الأوكسجين مما يؤدي إلى استقطاب الرابطة--$H^{\delta+}$ $O^{\delta-}$ وتشكل مركب ثنائي القطب Dipole كما هو موضح في الشكل (1).



الشكل(1) يبين التركيب البنائي لجزيء الماء والشكل الهرمي الرباعي والروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء

تكون كل جزئية ماء منتظمة بالشكل الرباعي الهيدرون Tetrahydron مع أربع جزئيات ماء أخرى من خلال الروابط الهيدروجينة (طاقة التشرد للرابطة الهيدروجينة حوالي 25kj/ mol), الشكل (2) وبالتالي تفكك أو إعادة تشكل هذه الروابط يأخذ مكانه في شروط متوازنة ديناميكياً حسب درجة الحرارة وهذا ما يوضح اختلاف الكثافة بمجال حراري بين (0-100^{o}م) والتي تعطي قيمة مرتفعة لنقطة الغليان للماء مقارنة مع هيدرات العناصر القريبة في الجدول الدوري.

لذلك تعتبر الروابط الهيدروجينية هامة من خلال تأثيرها على صفات الماء الفيزيائية مثل نقطة الغليان والانصهار والانحلالية والتجمد والحرارة النوعية وثابت العزل الكهربائي وغيرها من الصفات, وتفسر هذه البنية (الثلاثية الاتجاهات) الصفات الفيزيائية الفريدة والنوعية للماء وتكون غير عادية في الجزئيات الصغيرة مثل الكحولات والمركبات ثنائية القطب المشابهة للماء مثل NH_3 وHF بأشكالها الخطية أو ثنائية الاتجاه المترافقة, ويتبين من خلال ما شرح سابقاً بأن الاستقطاب للرابطة O-H يكون متعلق بالروابط الهيدروجينة وتمتد على كل الروابط لذلك فثنائي القطب اللحظيDipole moment للمعقد المتشكل يزيد من أعداد جزئيات الماء (ثنائية القطب المتعددة) وتصبح أغلب الجزئيات مترافقة أكثر من ثنائية القطب اللحظي للجزئية الواحدة مع ذلك فثابت العزل الكهربائي Dielectric constant للماء تزداد قيمته وتكون محسوبة على أساس ثنائي القطب اللحظي للجزئية الواحدة فانتقال البروتون يأخذ مكانه على طول الرابطة الهيدروجينة وينتقل من جزئية ماء إلى أخرى مجاورة ويكون هذا البروتون مشتق أصلاً من تشرد الماء أو أصله الحمضي.

تتغير مواصفات المواد أو المركبات المختلفة عند إضافتها أو إضافة الماء إليها وكذلك مواصفات الماء، فالمواد المحبة للماء تؤثر وتتأثر عن طريق آلية تأثير شاردة ـ ثنائي القطبية أو عن طريق آلية ثنائي القطبية ـ ثنائية القطبية مما يؤدي إلى التغيير في بنية الماء وحركته وكذلك في بنية ونشاط المادة أو المركب المحب للماء أما عند إضافة المركبات الكارهة للماء يحصل تأثير متبادل ضعيف لهذه المركبات مع الماء، وتصبح جزئيات الماء الأكثر قرباً من المجموعات الكارهة للماء أكثر انتظامية، مما يؤدي إلى انخفاض الأنتروبية، وللتقليل من التماس مع الماء فإن المجموعات الكارهة للماء تتجمع وتسمى هذه العملية بالتأثير المتبادل الكاره للماء.

تؤثر الشوارد على المواد المنحلة والمنتشرة في الوسط المائي بشكل مختلف، نظراً لاختلاف مقدرتها على ضم الماء والتأثير على ثابت النفاذية للوسط المائي، وعلى سماكة الطبقة الثنائية الكهربائية المتشكلة بالقرب من المركبات الغروية، ولذلك فإن إعادة تشكيل وثباتية المواد الغروية في المحاليل تتعلق بشكل كبير بنوع وكمية الشوارد الموجودة.

يُعتبر التأثير المتبادل للماء مع المواد غير القطبية هاماً في الصناعات الغذائية التي تحتوي بشكل أساسي على المواد البروتينية والسكرية والدسمة حيث يعتبر الماء من المركبات شديدة القطبية، وتحتوي على مجموعات غير قطبية وكذلك الحال بالنسبة للمجموعات غير القطبية للمركبات الأخرى كالكحولات والحموض الدسمة والحموض الأمينية الحرة، فمن المعروف أن هناك تأثيراً متبادلاً مابين الماء وهذه المجموعات، إلا أن هذا التأثير المتبادل يمكن أن يكون ضعيفاً ومساوياً من حيث القوة لقوى فاندرفالس، كما يعتبر هذا التأثير هاماً عند دراسة الخواص لهذه المركبات على صفات الأغذية. أهم الصفات الفيزيائية للماء:

- ليس للماء السائل لاطعماً ولا رائحة ولا لون ويعتبر شفافاً.

- يمتزج الماء مع العديد من المحلات القطبية مثل الإيتانول مشكلاً محلول متجانس وبشكله الغازي ينحل مع الهواء بشكل كامل.
- يحل الماء الكثير من االمركبات القطبية مشكلاً معها روابط هيدروجينية (بروتينات, حموض, سكريات.....).
- لا يتواجد الماء بشكل حرH_2O إلا في الحالة الغازية وإنما بشكل تجمعات Aggregates في الحالة السائلة والمتجمدة.
- درجة حرارة التبخير مرتفعة إلى100^{o}م عند مستوى البحر ويلزم 510 كالوري لتبخير 1غ ماء.
- درجة حرارة الانصهار والتجمد مرتفعة 0^{o}م مقارنة بالمواد الأخرى.
- كثافة الماء عند درجة الحرارة (+4^{o}م) تساوي الواحد وبين (0 حتى+4^{o}م) أكبر من الواحد, ومن (0حتى -183^{o}م), وفوق(+4^{o}م) أصغر من الواحد.

- النقطة الثلاثية للماء بين (0 حتى+4^{o} م) حيث عندها يتواجد الماء بحالاته الثلاث متجمد وسائل وبخار.

2.2. النشاط المائي في الأغذية Water activity

لا ينتشر الماء في الأغذية بشكل متجانس لأن قوى التداخل أو التأثير بين الماء والمكونات لا تكون واضحة لكن القوى المسيطرة فيها تكون من نموذج ثنائي قطب أو الروابط الهيدروجينية لذلك فقط جزء من الماء يشارك بفعالية في الخواص للمحاليل تحت تأثير الكتلة الجزيئية للمادة المنحلة وطبيعتها والضغط البخاري والضغط الجزيئي ودرجة الغليان والتجمد والضغط الإسموزي وكل هذه العوامل تشكل جزء من التركيز الكلي للماء في الأغذية وتسمى بالنشاط المائي أو مقياس الكمية المتاحة من الماء السائل بالغذاء, والتي لا تحدد نوعية وجودة الأغذية بمحتواها من الماء وإنما على أساس النشاط المائي (a_w) المعروف بالشكل الرياضي:

$$\mathbf{a_w = p_w / p_{wo} = ERH/100}$$

حيث: p_w: الضغط الجزيئي للماء في المادة الغذائية؛ **p_{wo}**:الضغط الجزيئي للماء النقي عند نفس درجة الحرارة, **ERH:** (Equilibrium relative humidity) قيمة اتزان الرطوبة النسبية للجو المحيط بالمادة الغذائية.

إن فعالية الماء النقي تساوي الواحد، واستناداً لذلك فإن فعالية أو نشاط محلول أو منتج غذائي ما دائماً أقل من واحد لذلك تُقسم المواد أو المنتجات الغذائية تبعاً لفعالية الماء إلى:

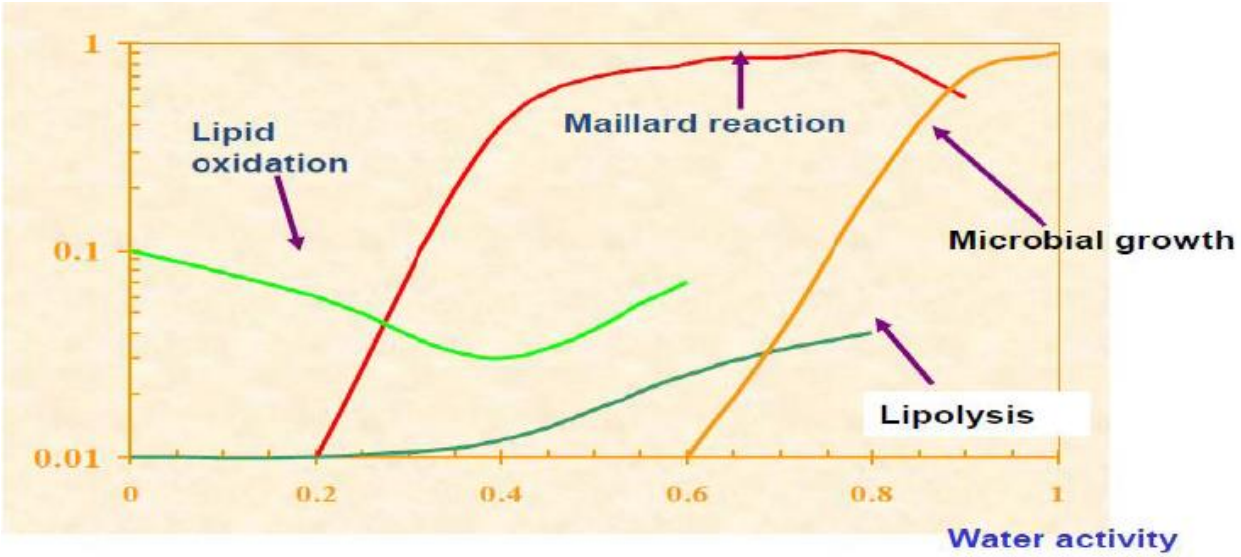
- منتجات ذات فعالية عالية : (a_w =(1,0-0,9)
- منتجات ذات فعالية متوسطة : (a_w =(0,9-0,6)
- منتجات ذات فعالية منخفضة :(a_w =(0,6-0,0)

ويوضح الجدول (3) فعالية الماء لبعض المنتجات الغذائية، ووجد أيضاً أن الكثير من المنتجات الغذائية التي تحتوي على الماء بكميات متساوية تتعرض للفساد بشكل مختلف،

كما تبين أنه كلما كان الماء مرتبطاً مع مكونات المنتج الغذائي بشكل أقوى، كلما تعرض المنتج للفساد بشكل أسرع (ازدياد نمو الأحياء الدقيقة وعمليات التحلل والتفكك المختلفة) مما يدل على أن الماء الموجود في الأنسجة النباتية والحيوانية الطبيعية متباين الاستخدام (الماء المتاح للاستخدام)، وهذا ما يوضح الاختلاف ما بين الماء الحر والماء المرتبط.

يؤثر النشاط المائي على العمليات التصنيعية والتغيرات التي تحدث في الأغذية حيث أن انخفاض النشاط المائي يعيق نمو الأحياء الدقيقة ويبطئ تفاعلات الوساطة الإنزيمية ويعيق عمليات الاسمرار الإنزيمي والغير أنزيمي وبالمقابل يزيد من معدل الأكسدة الذاتية لليبيدات التخزينية حيث يضاف (السكر أو السوربيتول أو ملح الطعام أو الغليسيرول أو مضادات الأكسدة لتخفيض النشاط المائي), بالواقع فإن مفهوم النشاط المائي يرتبط ويتمم النشاط الشاردي للوسط في الأغذية حيث أن جزء من الماء يبقى

كوسط تبعثر للمركبات الإلكتروليتية واللاإلكتروليتية وعلاقتها مع المركبات الأخرى الموجودة في الغذاء وتأثيرها بالعوامل الأخرى.



3. الماء في الصناعة الغذائية The water in food processing

يستخدم عادة ماء يملك صفات معينة سواء أكان بهدف الشرب أم بهدف التصنيع الغذائي أو الدوائي وهذا الماء يكون معالج ابتداء من التنقية والتصفية ونزع القساوة وأحياناً يقطر بهدف النقل والغسل والتبريد والتمديد والتسخين والتعقيم الخ.

يجب أن يتصف الماء المستخدم مباشرة للشرب أو لتحضير الأغذية بشروط صحية كبيرة وأيضاً شروطاً في النوعية من النقاوة والقساوة والمحتوى بالمواد العضوية والملوثات والأيونات (بيكربونات, نترات, نتريت, كلورات, سولفات, فوسفات,.....) وغيرها بالإضافة إلى المراقبة البيولوجية والميكروبيولوجية.

وتختلف نوعية الماء حسب مجال الاستخدام:

1. الماء الصالح للشرب Potable or drinking water الذي يصحح ويعدل بإضافة أو التخلص من بعض الشوارد منه وأيضاً هذا الماء يدخل في بعض الصناعات الخاصة.
2. الماء المستخدم في التصنيع water in processing يتطلب قطاع الصناعة الاستخراجية للزيوت والسكر والنشاء مستوى قليل الأهمية من القساوة والقلوية والمواد العضوية في الماء.
3. ماء ذو شروط خاصة Special water يتطلب شروط إجبارية ومحدودة من النقاوة في بعض الصناعات التخميرية (مالت, بيرة, تخليل, تصنيع الحليب, تصنيع مستحضرات اللحوم, الصناعة الإنزيمية, تصنيع المعجنات) والصناعة الدوائية وتعتبر القساوة أهم عامل نوعي يدخل في تحديد نوعية الماء.

1.3 قساوة الماء

- تمثل القساوة الكلية Total harden محصلة تراكيز أيونات الكالسيوم (Ca^{+2}) والمغنزيوم (Mg^{+2}) المنحلة بالماء والتي تظهر بالماء نتيجة تشرد البيكربونات وأملاحها مع حموض معدنية قوية (HCl, H_2SO_4, HNO_3) وغيرها, القساوة الكلية DT (Total Durability) تشكل المحصلة بين القساوة المؤقتة (Dt) والقساوة الدائمة(Dp): DT= Dt - Dp
- القساوة المؤقتة Temporary Durability عبارة عن محصلة شاردة البيكربونات للكالسيوم والمغنزيوم اللاثابتة حرارياً فوق60-80°م والتي تنخرب على شكل توضعات حجرية من $Mg(OH)_2$ و$CaCO_3$

$$Ca(HCO_3)_2 \rightarrow Ca\,CO_3 + H_2O + CO_2$$

$$Mg(HCO_3)_2 \rightarrow Mg\,(OH)_2 + 2\,CO_2$$

- أما القساوة الدائمة Permanent Durability تنشأ عن أملاح الكاليسوم والمغنزيوم للحموض القوية الثابتة حرارياً لكنها تترسب في وسط قلوي من الـ (pH) وأيضاً بزيادة الضغط الجزيئي لـغاز CO_2, ويتم استبعاد هذه الشوارد باستخدام المبادلات الشاردية بعد ترسيب البيكربونات للكالسيوم والمغنيزيوم من خلال عملية إضافة الكلس الحي أو الصودا.

تعطى قساوة الماء بمحصلة تراكيز الأيونات ويعبر عنها تقليدياً بدرجة القساوة (D^o) فدرجة واحدة من القساوة تساوي تركيز مكافئ (10غ من CaO / ليتر ماء).

2.3 قلوية الماء ومفهوم الحموضة

قلوية الماء:

يوجد في ماء الشرب بالإضافة إلى شوارد Mg^{+2} و Ca^{+2} شوارد من SO_4^{-2}, Cl^{-1} , K^{+1}, Na^{+1} وغيرها ويوجد قياس أخر هام وهو قلوية الماء Water Alkali والتي تعبر عن الناقلية للمواد الصلبة المنحلة في الماء وهو على علاقة جيدة بعكارة الماء وخاصة تركيز الدقائق والمعلقات وغيرها في الماء ويعبر عن قلوية الماء الصالح للشرب بعدد المليمترات المستهلكة من N1, HCl من أجل تعديل ليتر واحد من الماء بوجود مشعر فينول فتالئين وهذا القياس يعتبر توجيهي حيث يسمح بالمقارنة بين نوعيين من الماء الصالح للاستخدام.

مفهوم الحموضة الفعالة والحموضة الكلية:

تعرف الحموضة الفعالة بشكل عام بأنها عبارة عن الجزء الحمضي المتشرد، أو مجموع شوارد الهيدروجين الموجودة في حالة تشرد، ويعبر عن الحموضة الفعالة بمفهوم الـ pH ويساوي إلى log $[H^+]$ - = pH وأن تفاعل الوسط لأي محلول أو منتج غذائي يمكن أن كون معتدلاً أو حمضياً أو قلوياً وذلك تبعاً لقيمة pH الوسط، أو حسب تركيز شوارد الهيدروجين والهيدروكسيل الموجودة في

المحلول, ففي الوسط المعتدل يكون $[H^+]=[OH^-]=10^{-7}$ ويكون الوسط حمضياً عندما $[OH^-] < [H^+] > 10^{-7}$ أما الوسط القلوي عندما $[OH^-] > 10^{-7} > [H^+]$.

تؤثر شوارد الهيدروجين والهيدروكسيل على الصفات الفيزيو-كيميائية للمواد والمنتجات الغذائية وعلى سير العمليات التصنيعية في معظم الصناعات الغذائية وتتأثر قيمة هذا المؤشر بدرجة الحرارة، ولهذا السبب يُنصح دائماً بقياس pH المحاليل أو المنتجات الغذائية أثناء المراقبة والعمليات التصنيعية عند درجة حرارة 20°م.

أما الحموضة الكلية تشكل الحموض والأملاح العضوية المختلفة في المادة النباتية في المراحل المختلفة أثناء العمليات الحيوية المتعددة والمُعقدة، وتكون هذه المركبات منحلة في العصير الخلوي ويمكن أن تُصادف بشكل حر (كحموض عضوية) أو بشكل مرتبط (أملاح مختلفة). تقوم هذه المركبات بدور هام في العمليات الحيوية المختلفة وتعتبر مواد أساسية لتركيب السكريات والحموض الأمينية والمواد الدسمة وكذلك المواد الهامة الأخرى.

تتعلق نوعية الكثير من المنتجات الغذائية بشكل كبير بالمحتوى الكمي والكيفي من الحموض العضوية، وغالباً ما يُعتبر مؤشر الحموضة أحد أهم المؤشرات التي يتم بواسطتها تقييم الكثير من الأغذية (الصفات الحسية)، مثلاً يتم بواسطة هذا المؤشر تحديد الصفات الحمضية للمنتجات الغذائية ذات المنشأ النباتي، ولهذا السبب تُستخدم طرق تحديد الحموضة الكلية أثناء المراقبة المخبرية لكثير من المنتجات الغذائية, ويتم تعيين الحموضة الكلية بطريقة معايرة جميع الحموض الحرة والأملاح الحمضية بمادة قلوية معروفة التركيز، ويُعبر عن هذا المؤشر بوحدات منها: كمية المادة القلوية ذات النظامية المعروفة المُستهلكة أثناء المعايرة، وتُحسب على أساس الحمض السائد أي الموجود بنسبة كبيرة في تلك العينة أو المنتج المُختبر، فمثلاً تحتوي ثمار الحمضيات على كمية كبيرة من حمض الليمون، وفي العنب يتواجد حمض الطرطريك بشكل كبير، وتحتوي ثمار التفاح والفريز والبندورة على نسبة عالية من حمض الماليك، وكذلك تحتوي مجموعة الثمار الصغيرة على كمية كبيرة من حمض الطرطريك أما منتجات الحليب والألبان واللحوم والأسماك فتحتوي على حمض اللاكتيك بنسبة كبيرة، ويسود حمض الأسيتيك في الخل, ومن المحتمل ألا تتواجد هذه الحموض بصيغتها الحمضية وإنما على شكل أملاح الحموض العضوية المذكورة، ويُستخدم في هذه الحالة لحساب الحموضة المكافئ الغرامي لذلك الحمض المعادل للأساس.

3.3 الغازات والشوائب المتواجدة في الماء Gases & blots in water

يمكن أن تتواجد في الماء الشوائب التالية:

1. مواد معلقة: Suspension materials وتكون إما عضوية مثل قطع نباتية وحيوانية وأحياء دقيقة ودهون وقطرات زيوت..... أو لاعضوية مثل بيكربونات الكالسيوم والسيليكا وفتات الصخور وهيدروكسيد الحديد والكبريت.....,, وهذه المواد تكون المسؤولة عن عكارة الماء.

2.مواد عضوية ذائبة Organic compounds مثل البروتينات والسكريات والحموض.....

3. مواد لاعضوية ذائبة Inorganic compounds أملاح معدنية وعضوية ومعادن.....

4.غازات منحلة Soluble gases: يحتوي الماء على بعض الغازات المنحلة مثل غاز ثنائي أوكسيد الكربون، الأوكسجين، الآزوت، الميتان وغاز كبريت الهيدروجين والنتروجين وغيرها.

يشكل غازCO_2 أهم الغازات المنحلة بالماء والذي يتواجد بمياه الأبار بتراكيز (50-300ppm) وفي المياه السطحية (0-5ppm) وعلى الرغم من أنه حمض ضعيف إلا أنه يسبب تآكل في معادن الأنابيب ويؤثر على التصفية للماء وعلى بعض الصناعات الغذائية ويضاف أحياناً في صناعة المشروبات الكحولية (البيرة) والمياه الغازية وصناعة الخبيز والمعجنات.

يعتبر الضغط الجزئي لغاز CO_2 أحد العوامل التي تؤثر في فعاليته بالنسبة لخفض مُعدل نمو ونشاط كثير من الأحياء الدقيقة، وتتعلق انحلالية وفعالية هذا الغاز في الماء بدرجة الحرارة، ويكون التأثير الفعال لهذا الغاز عند درجات حرارة منخفضة، نظراً لارتفاع انحلاليته كلما انخفضت درجة الحرارة، وهناك طرق حفظ وتخزين المنتجات الغذائية تعتمد على الاستخدام المشترك للحفظ بالتبريد مع استخدام غاز CO_2, ويُشكل غاز CO_2 مع الماء كما هو معروف حمض ضعيف هو H_2CO_3، وتتعلق انحلالية هذا الغاز إضافة إلى درجة الحرارة ببعض العوامل الأخرى مثل المحتوى من السكر والكحول والضغط وتعتبر جميع هذه الأمور هامة في الصناعات الغذائية وبخاصة في صناعة المشروبات الغازية ومنتجات التخمير.

يوجد غاز O_2 منحلاً في معظم المياه الطبيعية بتركيز 49 ميلي ليتر/ليتر في درجة الصفر المئوية و16.7ميلي ليتر/ليتر في درجة حرارة الغرفة ويعتبر غاز الأكسجين غير مرغوب فيه في الصناعة الغذائية نظراً لتأثيره على أكسدة المعادن وتآكلها ويؤدي إلى عيوب في بعض الصناعات الغذائية كصناعة المشروبات والتعليب وفساد بعض الأغذية وهاماً في بعض الصناعات التخميرية الهوائية مثل صناعة الخل, أما ذوبان النتروجين بالماء يصل إلى 10.96 ميلي ليتر/ليتر ماء.

بالاضافة إلى ذلك يمكن أن يتواجد غاز كبريت الهيدروجين والذي يعطي روائح غير مرغوب فيها ويعتبر هذا الغاز حمضاً ضعيفاً حيث يتحد مع بعض الكاتيونات, ويتواجد بتراكيز عالية في المياه الجوفية العميقة ويجب التخلص منه أثناء عمليات التصنيع الغذائي إما بالتهوية أو بالأكسدة بواسطة الكلورين:

$$H_2O + S \longrightarrow H_2S + O_2$$

ويضاف أحياناً غازH_2S وSO_2 إلى بعض المنتجات الغذائية بغرض تثبيط الاسمرار الغير أنزيمي وتثبيط نمو بعض الأحياء مثل الحشرات والفطور, كما يضاف غاز الكلور إلى الماء لقتل الأحياء الدقيقة. استُخدم غاز ثنائي أوكسيد الكبريت منذ القدم في تطهير وتعقيم المنتجات الغذائية والتجهيزات المستخدمة لذلك التي كانت منتشرة آنذاك، أما في الوقت الحاضر فهو يستخدم بشكل واسع في الصناعات الغذائية على شكل غاز SO_2 أو حمض الكبريتي H_2SO_3 أو أملاح الكبريتيت بهدف:

- ✓ تثبيط عمل الأنزيمات المسؤولة عن الاسمرار الأنزيمي وتثبيط عمل الأنزيمات المؤكسدة.

- ✓ يعمل على وقف أكسدة حمض الأسكوربيك والكاروتينات في الخضار والفواكه.
- ✓ يُعد SO_2 من المواد المطهرة القوية والتي تقاوم نمو الأحياء الدقيقة المؤدية إلى تلف الفواكه والخضار، ويُعتبر التركيز المثالي لغاز SO_2 في هذه الحالات في المجال 0.025 – 0.15 %.
- ✓ تأثيره في نمو الأبواغ البكتيرية ومنعها من الإنتاش.
- ✓ تثبيط نشاط بعض أنواع الأحياء الدقيقة أثناء إجراء عملية التخمير.

من الأمور المتوجب مراعاتها عند استخدام SO_2 أو مركبات الكبريت في الصناعات الغذائية نذكر:

- ✓ يُمنع استخدام SO_2 في حفظ اللحوم لأنه يقوم بتثبيت لون اللحم مما يؤدي إلى إخفاء مظاهر الفساد والتحلل.
- ✓ كذلك تُمنع إضافته للمنتجات الغذائية الغنية بفتيامين B_1 لأنه يقوم بتخريبه.
- ✓ يؤثر هذا الغاز ومحاليله على المعادن المستخدمة في أغلفة الحفظ، مما يؤثر بشكل سلبي على القيمة الغذائية للمنتجات المعبئة بتلك العبوات.
- ✓ يتمتع بصفات إرجاعية وعند تفاعله مع الصبغات الصفراء والخضراء الموجودة في الفواكه والثمار وكذلك في العصائر فإن تلون هذه المنتجات ينخفض.

وإضافة لما سبق يمكن تفسير تأثيره في الأحياء الدقيقة وفق عدة طرق هي :

* تثبيطه للمراحل الإستقلابية للسكر التي تحتاج إلى وجود النيكوتين أميد أدينين دي نيكليوتيد NAD.

* إرجاعه للجسور الكبريتية (S -S) في بعض المركبات مانعاً بذلك العمل الأنزيمي الأساسي.

* تفاعله مع الأطراف الكربونيلية للسكريات مانعاً استخدامها كمصدر للطاقة.

كلورة الماء Chlorination of water:

يضاف الكلور بأشكال متعددة إلى الماء لقتل الأحياء الدقيقة المرضية وغير المرضية بتراكيز قياسية سواء أكان الماء للشرب أو للاستخدام أو مخصص للتصنيع الغذائي والذي يجب إلزامياً أن يكون خالياً من الأحياء الدقيقة المرضية والتي يكون مصدرها مخلفات الإنسان والحيوان وأيضاً من الأحياء الدقيقة الغير مرضية التي يكون غير مرغوب فيها في مصانع الأغذية لأنها تفكك مكونات الغذائية وبالتالي تؤدي إلى فساد وتحلل هذه المنتجات, واستعملت مركبات الكلور ولأكثر من 100 عام في بلاد كثيرة لمعالجة مياه الشرب وتمكنت من القضاء على الأمراض الناتجة من المياه الملوثة إضافة إلى وسائل التعقيم الأخرى مثل الأوزون وأشعة فوق البنفسجية والترشيح العالي Ultra-filtration .

إن الامتياز الأساسي الذي يتمتع به الكلور هو خاصية البقاء في المياه مما يضمن مياه آمنة أثناء عبورها شبكات التوزيع وحتى وصولها إلى المستهلك, كما يعمل الكلور على منع اللزوجة ونمو الطحالب في

المواسير والخزانات وتتضمن أنظمة الكلورة سواء كانت للغاز أو لزرق المادة السائلة أجهزة غير معقدة وأسعارها بسيطة مقارنة بالحماية التي تؤمنها كما أنها لا تحتاج إلى صيانة مكلفة وكمية قليلة من الكلور تكفي لحماية مستدامة وفعالة, ويضاف الكلور إلى الماء بعدة أشكال كالبودرة والسائل والغاز منها:

أ- إضافة غاز الكلورين Chlorine gas وهو السائد الاستعمال في الماء ليعطي حمض هيبو كلوريت الفعال وحمض كلور الماء

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HOCl + HCl$$

ب- إضافة هيبو كلوريت الكالسيوم أو الصوديوم Calcium or Sodium Hypochlorite يتحلل بالماء معطياً حمض هيبو كلوريت ويترسب الكالسيوم:

$$Ca(OCl)_2 + H_2O \longrightarrow HOCl + Ca \downarrow$$

ت- إضافة ثاني أوكسيد الكلورينClO_2 Chlorine Dioxide ويستخدم لتعقيم الماء.

تتميز مركبات الكلورين عن غيرها من المركبات بطول مدة تعقيمها وقدرتها العالية على قتل الأحياء الدقيقة إلا أنه يوجد محاذير من استخدامه بتراكيز كبيرة تتجاوز الـ 20 جزء بالمليون أو عند استخدامه في الصناعات الغذائية أو الدوائية التي تعطي صفات غير مرغوب فيها.

تحديد رطوبة الأغذية Moisture of food

أهمية معايرة الماء ضمن المادة الغذائية

1) لغاية تقنيّة :

✓ يعتبر خفض الرطوبة عامل جودة له دور في حفظ بعض المنتجات، فهي تؤثر على الثباتية في الأطعمة(كالحليب المجفف، البهارات، الأعشاب، الفواكه المجففة)، وتقليل الرطوبة له دور في تسهيل تغليف بعض الأطعمة وشحنها، كالمنتجات المجففة على سبيل المثال.

✓ يفيد تحديد الرطوبة أيضاً في معرفة الوقت الأفضل لجني المحاصيل، فعند جني القمح مثلا يعرف ذلك عن طريق مكسر حبة القمح(خبير يقوم بكسر الحبة تحت أسنانه)، فحينما تنكسر حبة القمح بشكل جيد يكون المحصول جاهزاً للجني، فإذا تم الجني بعد حصول جفاف أكبر للمحصول تكون الخسارة اقتصادية نتيجة لخفض الوزن ، وإذا تم الجني قبل الوصول إلى المَكسر الأفضل فإن ذلك يؤدي إلى وجود كمية من الماء تسمح بنمو نوع من الفطور أثناء تخزين القمح يدعى الرشاشية المصفرة الذي يفرز ذيفان الافلاتوكسين المسرطن والمقاوم للحرارة، وبدلاً من الاعتماد على التقييم البشري الذي قد يخطئ ويصيب، فإن معايرة الرطوبة أمر مفيد في اتخاذ القرار الأصح ، والهدف هنا هو إمكانية المادة للحفظ أم لا وهل هو سهل أم صعب.

2) <u>لغاية تحليلية :</u>

- ✓ إن حسابات القيمة التغذوية Computations of the nutritional value للأغذية يتطلب أن نعلم محتواها من الرطوبة، فلحساب القيمة التغذوية لطعام ما يجب أن نعلم كم يحتوي من البروتين والدسم والسكريات، ولكن معرفة مقدار إجمالي السكريات في غذاء ما هو أمر صعب تحليلياً بسبب أنواعها الكثيرة (سكاكر أحادية، ثنائية، متعددة، مرجعة، غير مرجعة،...)، ولذلك فإن أسهل طريقة لمعايرة السكريات هي عبر معايرة البروتينات والدسم والماء (الرطوبة) والرماد(الذي يعبّر عن الجزء اللاعضوي كالمعادن في الغذاء) ونجمع نسبها المئوية ونطرحها من 100 % لنحسب مقدار السكريات الإجمالي في الغذاء، وكما نرى فإن هذا الأمر متعذّر إن لم نقم بمعايرة الرطوبة.

3) لغاية تشريعية:

غالباً ما يتم تحديد الرطوبة في المعياريات التركيبية(أي المعياريات من أجل التعرف)، على سبيل المثال فإن جبنة الشيدر يجب أن تحتوي على أقل من 39 % من الرطوبة.

فنعاير لنتأكد هل المنتج مطابق للمواصفات أم لا؟

معايرة الماء ضمن الأغذية

ليست عملية سهلة وتحتاج الى إجراءات عامة قبل المعايرة من الاعتيان ثم حفظ العينة ثم تحضيريها

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.

يحدد الماء تحليلياً في الأغذية بمجموعتين من الطرق المباشرة واللامباشرة:

1- **الطرق اللامباشرة** : وتعتمد على أساس وزن المنتج بعد التجفيف في حقل حراري (أفران تجفيف أو أجهزة أشعة تحت الحمراء أو الميكروويف) حتى الوزن الثابت وتحسب الرطوبة:

$$\%M = \frac{Ms - Md}{Ms} \cdot 100$$

حيث- **M** :الرطوبة%؛ **Ms** كتلة العينة قبل التجفيف؛ **Md:** كتلة العينة بعد التجفيف

✓ **محاسن هذه الطريقة**

1. بسيطة لا تحتاج لتجهيزات معقدة
2. سريعة يمكن معايرة عدة عينات معا
3. تتوفر بأي مكان وأي مخبر
4. يمكن استرداد العينة(أي بعد التجفيف يمكن تناول المادة)

✓ أما مساؤها:

1. فقد المركبات العضوية أو الغازات المتشكّلة بسبب التفكك الحراري للمركبات العضوية.
2. في درجات الحرارة العالية جداً ولفترات طويلة فإن العينة يمكن أن تتفكك وتعطي ماء لم يكن حراً وليس من المطلوب معايرته، مما يجعل النتائج مغلوطة.
3. إزالة العيّنة من المجففة ووزنها ثم إعادتها إلى التجفيف يمكن أن يجعل العينة تكتسب شيئاً من رطوبة المخبر أثناء تلك العمليات، مما يسبب أخطاء في القياس.
4. قد تحتوي المادة على زيوت طيارة(منتول ،كافور)..بالتسخين تتطاير فينخفض الوزن ونكون حسبنا الفقد بالوزن على أساس أنه ماء فنحصل على نتيجة خاطئة
5. يمكن أن تحدث تفاعلات أكسدة فتتخرب المادة وتنتج مركبات لم تكن موجودة وتغير الوزن.

ممكن أن تتشكل قشرة مثلاً :إذا وضعنا صحن مربى ونسيناه نجد أنه قسي والسكريات عند وضعها بالمحم شكلت قشرة عازلة لا تسمح للماء الموجود بالتبخر فنحصل على ثبات وزن وتكون المادة مازالت محتوية ماء...

يمكن تلافي هذه المشاكل:

1) عن طريق استخدام المخلية والفرن، إذ إن التخلية تخفض درجة حرارة التبخر فتقلل من التفكك أو إنتاج ماء غير مطلوب.
2) كما يمكن تلافيها بتقليل مدة وضع العينة في المحم.
3) كما يمكن تلافيها بوضع مشعرات مثل خامس أوكسيد الفوسفور ضمن المحم تعطي إنذاراً عند ثبات الوزن دون الحاجة إلى إخراج العينة وإعادة إدخالها مرات عدة، حيث يتغير لونه عند ثبات الوزن.

<u>الطرق المباشرة</u> : وتعتمد على أساس تحديد الماء مباشرة في العينة والتي تعتمد على صفات فيزيائية للماء وعلى أساس التفاعلات الكيميائية النوعية للماء مثل التقطير المشترك والتفاعل.

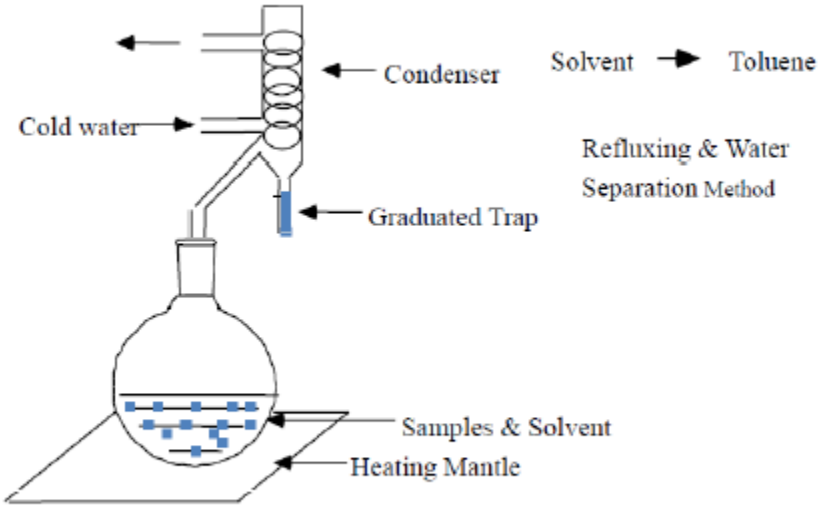
- ✓ **طريقة التقطير(Distillation method طريقة حجمية:)**

في طريقة التقطير(في جهاز دين وستارك) Dean & Stark apparatus تقطّر العينة في محل غير مزوج بالماء immiscible مثل اكزيلين أو التولوين ، يوصل دورق العينة بمبرّد ويُجمع الماء في متلق متدرج graduated receiver ويقاس حجم الماء المتحرر(فكأنها طريقة حجمية)

- **شروط المحلات المستخدمة في هذه الطريقة**

أن تكون غير مزوجة بالماء وأن تملك نقطة غليان أعلى من الماء(مثل الكزيلين، التولوين، البنزن)، فعند تعريض الغذاء إلى المصدر الحراري يتبخر الماء ليتلامس مع المبرد فيتكاثف ويتقاطر إلى المتلقّي المتدرج، وبما أن درجة غليان الماء أقل من درجة غليان المحل المستخدم فإننا نضمن بذلك تبخر الماء فقط، بينما لو كان العكس(أي درجة غليان المحل أقل من درجة غليان الماء)فإن ذلك سيؤدي إلى تبخّر المحل أولاً وبقاء الغذاء دون محل، كما يؤدي إلى الالتباس في معرفة نقطة انتهاء المحل وبدء تبخر الماء، وبما أن المحل غير مزوج بالماء فإن ذلك يساعد على إبانة الطبقتين المائية والعضوية.

تعد هذه الطريقة مناسبة لتحديد الرطوبة في التوابل



جهاز دين وستارك

- **محاسن طريقة التقطير:**

✓ التجهيزات في هذه الطريقة رخيصة نسبياً، سهلة التركيب والتشغيل.

- ✓ مناسبة للتطبيق في الأغذية ذات المحتوى المنخفض من الرطوبة.
- ✓ مناسبة للتطبيق في الأغذية التي تحتوي على زيوت طيارة مثل الأعشاب أو التوابل(الغنية بالزيوت الطيارة)طالما أن الزيت يتبخر ويتكثف ويتقطر يبقى منحلاً في المحل العضوي وبالتالي لا يتداخل مع قياس الماء.
- ✓ مقبولة رسمياً لعدد من تطبيقات الأغذية.

- **مساوئ طريقة التقطير:**
  - ✓ طريقة مخرّبة للأغذية.
  - ✓ مستهلكة للوقت نسبياً.
  - ✓ تستعمل محلاّت قابلة للاشتعال.
  - ✓ غير قابلة للتطبيق في بعض أنواع الأغذية.

✓ **<u>طريقة كارل فيشر(Karl fisher method طريقة كيميائية:)</u>**

تستند هذه الطريقة إلى تفاعل أساسي يتضمن إرجاع اليود باستخدام SO2 بوجود الماء لإعطاء حمض الكبريت وحمض يود الماء:

$$\text{Theory: } 2H_2O + SO_2 + I_2 \rightarrow H_2SO_4 + 2HI$$

وقد عُدلت هذه الطريقة بإضافة الميتانول والبيريدين:

1. لحل اليود و SO.2
2. ولضمان عدم انزياح التفاعل بالاتجاه المعاكس، ويمكن أن يُحدَّد فائض اليود الذي لا يمكنه التفاعل مع الماء بصرياً، فلون نقطة انتهاء المعايرة هو بنّي محمر غامق)لون اليود.)

وقد حُسّنت بعض الأنظمة الآلية بتضمين مقياس للكمون للتحديد الإلكتروني لنقطة نهاية المعايرة، مما يزيد من حساسية هذه الطريقة.

يجب في هذه المعايرة صنع معياري بجلب عينة ماء 100 (ملغ من الماء)ومعايرته بكاشف كارل فيشر، ثم النظر في المقدار الذي استهلكته هذه العينة من الكاشف، فلو استهلكت هذه العينة 20مل من الكاشف فنستنتج أن كل 1 مل من الكاشف يعاير 5 ملغ من الماء، وهو ما يدعى تركيز كاشف كارل فيشر Concentration of K F Reagent (وقد يكون مسجلا على علبة الكاشف)، بعد ذلك نقوم بمعايرة العينة الغذائية الأصلية، ونحسب كم استهلكت من كاشف كارل فيشر ونستنتج مقدار الماء فيها، فلو استهلكت عينة غذاء تزن 5 غ 2 مل من كاشف كارلفيشر نجد أن العينة تحتوي:

كل 1 من كاشف ك .ف يعاير 5 ملغ من الماء

كل 2 مل من كاشف ك .ف يعاير x ملغ من الماء

تحتوي العينة 10 ملغ من الماء في عينة تزن 5 غ

وبالتقسيم على وزن العينة نعرف مقدار الماء في 1 غ من العينة، وبالضرب بمئة نعرف مقدار الماء في 100 ملغ من العينة.

$$\text{النسبة المئوية للماء (٪)} = \frac{\text{التركيز} \times \text{عدد المليليترات الكاشف}}{\text{عدد غرامات العينة}} \times 100$$

✓ **طريقة ثابتة العزل الكهربائي(Dielectric constant method طريقة كهربائية)**

بما أن الماء يمتلك قطباً موجب الشحنة جزئياً و قطباً سالب الشحنة جزئياً، فإنه يمكن اعتباره مغناطيساً ذا قطبين.

في محلول عادي تتوضع جزيئات الماء(التي كالمغناطيس)بشكل عشوائي، لكن بوضع الغذاء المحتوي على الماء ضمن مكثّفة كهربائية(تمتلك سطحين موجباً وسالباً)فإن المغانط تلك ستنتظم ضمن المكثّفة بحيث تتحرك أقطابها السالبة نحو سطح المكثفة الموجب وأقطابها الموجبة نحو سطح المكثفة السالب، فتولّد هذه الحركة تياراً كهربائياً يمكن قياسه، ويدعى سعة المكثفة«. C »

ويمكن تحديد محتوى الماء في بعض الأغذية بقياس التغيّر في السعة الكهربائية للتيار الكهربائي العابر خلال العينة.

$$C = \varepsilon \frac{D}{A}$$

حيث:

سعة المكثّفة : C ويتم قياسها

مساحة سطح المكثّفة D: وهي معلومة

المسافة بين سطحي المكثّفةA (وهي معلومة أيضاً .)

ثابتة العزل الكهربائي ε(أصبح من الممكن حسابها .)

كلما كانت سعة المكثّفة أعلى كانت ثابتة العزل الكهربائي أعلى وبالتالي فإن العينة تحتوي على ماء أكثر، وبمقارنة النتائج مع جداول مرجعية تمكن معرفة مقدار الماء في العينة.

تستخدم هذه الطريقة كثيراً في معايرة الرطوبة في الحبوب ومنتجاتها(مثل السيريلاك.)

- ✓ **طريقة مقياس الانكسار**

طريقة منسب الانكسار تستند إلى كيفية تأثير الماء في العينة على انكسار الضوء، حينما تعبر حزمة من الضوء من وسط إلى آخر ذي كثافة مختلفة فإن حزمة الضوء تتقوّس

وقرينة الانكسار هي نسبة جيوب الزوايا تتناسب مع محتوى العينة من الماء

$$\eta = \frac{\text{جيب زاوية الشعاع الوارد}}{\text{جيب زاوية الشعاع المنعكس}}$$

يكثر استخدام هذه الطريقة في معايرة محتوى الرطوبة في العسل والكتشب.

- ✓ **طريقة إشعاعية باستخدام الأشعة تحت الحمراء(IR)**

عند تطبيقها على العينة تعطي عدة عصابات واحدة منها للماء حيث تمتلك طيفاً خاصاً بها.

وختاما ، فإن اختيار طريقة تحليل الرطوبة غالبا ما يتم وفقا لمحتوى الرطوبة المتوقع وطبيعة مكونات الطعام الأخرى(كأن يحتوي الغذاء على الكثير من المواد الطيارة، أو أن تكون المادة الغذائية حساسة للحرارة)، ووفقا أيضا للتجهيزات المتاحة والسرعة الضرورية والمضبوطية. accuracy