

الباب الثالث
التحليل الكمي الكيماوي
والطبيعي - كيماوي

obeikandi.com

ينقسم التحليل الكمي إلى :

- أ - تحليل كمي بالوزن Gravimetric analysis .
 - ب - تحليل كمي بالحجم Volumetric analysis .
 - ج - تحليل كمي بالطرق الطبيعية والكيميائية Physical and Chemical analysis .
 - د - تحليل كمي عن طريق الغاز المتصاعد Gasometric analysis .
- والأقسام الأربعة من طرق التحليل الكمي يمكن إجراؤها باستعمال كميات بسيطة جداً من المادة ، ويسمى التحليل هنا Micro quantitative chemical analysis بالميكرو ويستعمل فيها كميات في حدود عدة مليجرامات ، وإذا استعملت كميات أكبر نوعاً بحيث لا تزيد عن نصف جرام فتسمى الطرق في هذه الحالة بالسيمي ميكرو Semi-Micro quantitative chemical analysis ، وقد يمكن استعمال كميات كبيرة تزيد عن النصف جرام وتسمى الطرق في هذه الحالة بالماكرو Macro quantitative chemical analysis .
- والتحليل الغذائي هو تحليل كيميائي ، فبالتالي يلزمه الدقة والحرص والنظافة والإلمام الكامل بالاستعمال الصحيح للأدوات المعملية ، وذلك لأن ، نتائج التحليل قد يتوقف عليها تقدير الكميات التي تعطى من مادة العلف المحللة للحيوانات ، أو قد يتوقف عليها تسعير مادة العلف ، أو إثبات كفاءة وصلاحية مادة العلف بشهادة للقضاء ، أو قد تفسر حالات إصابة أو مرض أو تسمم ونفوق من المادة الغذائية هذه ، وعلى ذلك فعدم الدقة للنتائج المتحصل عليها من التحليل تؤدي إلى إرباك الأمور المتعلقة بالتغذية ، أو التسعيرة أو الرقابة التموينية ، أو قد تدين بريئاً ، أو تجرم منتجاً ، أو تبرئ مجرماً ، نتيجة خطأ في تحليل بروتين أو رماد أو دهن ... إلخ ، مما يستلزم الدقة والضمير والمسئولية العلمية على القائم بالتحليل .

أغراض التحليل الغذائي :

- ١ - معرفة القيمة الغذائية لمادة أو منتج ما .
- ٢ - على أساسه يمكن تقدير جودة المادة أو المنتج .
- ٣ - يستخدم كمقياس وحكم فاصل بين البائع والمشتري .
- ٤ - وسيلة للتسعير ووضع الضرائب ، أو الرسوم الجمركية على المنتج أو المستورد .
- ٥ - قد يؤخذ كمقياس للغش أو الفساد أو الإصابة بمرض أو تسمم .

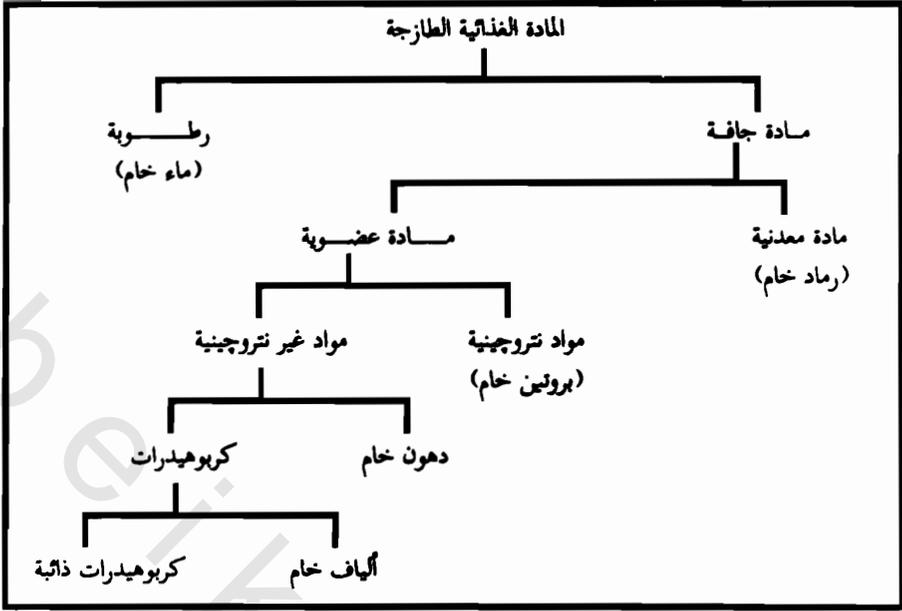
جهات التحليل :

- ١ - معامل خاصة لغرض إرشاد المشتري عن جودة المنتج من عدمه .
- ٢ - معامل المصانع المنتجة لتساعد على إيجاد ناتج متجانس مطابق للمواصفات القياسية.
- ٣ - معامل وزارتي الزراعة والصحة كجهة حكومية تعتمد نتائجها أمام الهيئات ، وتقوم بمسح شامل لكافة الأغذية ومواد العلف والمنتجات الحيوانية بتحليلها وتقييمها .
- ٤ - المعامل البيطرية تفحص مواد العلف والمنتجات الحيوانية من حيث مابها من سموم ومسببات أمراض وخلافه ، وتتعاون مع معامل الصحة فى ذلك .

التحليل الغذائى الروتينى

فى الواقع لا يمكن حصر المركبات الكيماوية العضوية وغير العضوية التى تدخل فى تكوين مادة ما بالضبط ، إذ إن المعروف أن هذه المركبات عديدة جداً ، ولا تمضى فترة من الوقت إلا ويكتشف مركب جديد فى المواد الغذائية ، نتيجة استحداث وجود هذا المركب ، أو النجاح فى فصله وتقديره والتعرف عليه نتيجة تقدم الأجهزة المستحدثة فى مجال التحليل الكيماوية . إلا أنه يمكن تقسيم هذه المركبات العديدة إلى مجاميع رئيسية ، تشمل كل منها مجموعة المركبات المتقاربة فى فائدتها ، أو تركيبها ، والتى تشترك جميعها فى خاصية معينة تميزها وتستخدم للاستدلال عليها وصفيًا وكميًا ، كأن تحتوى مجموعة مركبات على عنصر النتروجين فى تركيبها ، فتتضمن كلها فى قسم واحد يعرف باسم المواد النتروجينية أو البروتين الخام ، ومجموعة أخرى تشترك فى قابليتها للذوبان فى مذيب معين كالأثير فتتضمن معاً كلها فى قسم واحد يعرف بالمستخلص الأثيرى أو الدهن الخام ، وهكذا كما وضع من النظام الذى وضعه العالمان Henneberg & Stohmann, 1860 فى مدرسة الزراعة فى Weende التابعة لمدينة Göttingen منذ مايزيد عن قرن وربع ، ومازال يتبع فى جميع بقاع العالم فى تحليل أى مادة غذائية ، وذلك نقلاً عن العالمين الألمانيين الغربيين ، ويطلق على هذا النظام بتحليل « فندا » وبالألمانية " Weender-FM- Analyse " ، ويبنى أساساً على تحليل المواد المطحونة، وتنسب التحاليل للمادة الجافة تماماً.

أوجز هذا النظام فى الشكل الإيضاحى التالى :



ومن المواد الغذائية (إن صح إطلاق ذلك على كل مكونات الغذاء نباتياً كان أو حيوانياً) المعروفة ما يزيد عن ٥٠ مركباً مختلفاً ، توجد بتركيزات مختلفة ، ونسب هضمها تختلف كذلك باختلاف كمية المواد الدعامية . والأقسام الأساسية (كما سبق رسم كروكي لها) تختلف في تركيبها وكميتها في المواد المختلفة . وتتركز الكربوهيدرات في النباتات عنها في المواد حيوانية المصدر التي لا تتعدى محتواها من الكربوهيدرات ١٠٪ ، بينما تتركز بها الدهون كمخزون الطاقة ، كما أنها غنية بالبروتين جداً عن المواد النباتية . وطبقاً لتحليل فننا Weender Feedstuffs Analysis تقدر كل من الرطوبة (أو الماء الخام) ، والمادة العضوية ، والمستخلص الخالي النيتروجين ، والاميدات عن طريق الفرق ، بينما تقدر كل من المادة الجافة ، والمادة غير العضوية (أو الرماد الخام) والألياف الخام ، والدهن الخام ، والبروتين الخام ، والبروتين الحقيقي بالتحليل المباشر ، حيث إن الماء الخام هو كل ما يتطاير من مادة العلف عند تجفيفها على درجة حرارة ١٠٥م لمدة ٣ ساعات ، وهو - أعلى - لحد ما عن قيمة الماء الحقيقية ، بمقدار ما يتطاير مع الماء من أحماض عضوية وأمونيا . والمادة الجافة بالفرق بين المادة الطازجة والماء الخام ، وهي مواد عضوية ومعدنية .

والمواد العضوية أغلبها كربون ، لذا تحترق بالترميد على ٥٥٠م ، بينما الرماد الخام أو المكونات غير العضوية هو المتبقي بعد هذا الترميد ، فالمادة العضوية بالفرق هي مطروح الرماد الخام من المادة الجافة . ويحتوي الرماد الخام على الرماد الحقيقي بالإضافة للرمل

والطين . بينما المادة العضوية تشمل البروتين الخام المقدر بطريقة كلداهل كنيتروجين (١٦٪ من البروتين) مضروباً في ٦,٢٥ ، وإن اختلف هذا المعامل باختلاف نسبة أزوت بروتين كل مادة علف ، فأزوت بروتين القمح ١٧,٥٪ (المعامل ٥,٧١) والشعير ١٧,٢٪ المعامل (٥,٨٢) والذرة ١٥,٦٪ المعامل (٦,٣٩) ، ولكن للتقديرات العملية وللتسهيل يستخدم معامل متوسط هو ٦,٢٥ . وترسيب البروتين الحقيقي بمادة مرسبة كهيدروكسيد النحاس أو التانين ، وتقديره بكلداهل نحصل على قيمته ، وما لم يرسب من مركبات أخرى محتوية على الأزوت تسمى بالأמידات تقدر بالفرق بين البروتين الخام والبروتين الحقيقي . وتشمل الأמידات هذه أميدات حامضية ، وأحماض أمينية حرة ، وبيتيدات بسيطة ، وجليكوزيدات محتوية أزوت (والمسماة بالقلويدات وهي مركبات حلقيه ذات قواعد نيتروجينية) ، والبيتائين Betain ، والزائثين Xanthin ، والجوانين Guanin وخلافها .

والدهن الخام - أي المستخلص - الأثيري مجموعة كبيرة من المركبات غير المتجانسة ، تشترك في خاصية واحدة هي الذوبان في الأثير والبنزول والمذيبات العضوية المشابهة ، وبعض مكوناتها مثل الصمغ والراتنجات والشموع ، والمواد الملونة لا تمد بالطاقة ، والمواد الفقيرة الدهن والملونة كالحشائش والدريس تحتوي ٢٠-٤٠٪ من الدهن الخام ليس دهناً حقيقياً (جليسيريدات ثلاثية) ، بينما الدهن الخام في المنتجات الحيوانية والبدور يتكون أساساً من الدهون الحقيقية . ويتكون الدهن الخام بجانب الجليسيريدات الثلاثية ، كذلك فوسفاتيدات ، وفوسفوليبيدات ، وستيرويدات ، وشموع ، وكلوروفيل ، وكاروتين ، وزانثوفيل ، وزيتون اثيرية ، وأحماض عضوية وغيرها . بينما الألياف الخام هي كل ما لا يذوب في الأحماض والقواعد من المادة الغذائية المتبقية (خالية الدهون والأزوت والرماد) ، وتشمل السليلوز ، والنبتوزان ، واللجنين ، والسوبرين ، والكيوتين ، إلا أن بعض هذه المكونات يتجه للمحاليل ، ويحسب مع المركبات التي يحتويها المستخلص خالي النيتروجين ، والذي يضم كل المواد سهلة الذوبان التي لم تقدر في التحاليل الأخرى ، ويقدر بالفرق بين المادة العضوية مطروحا منها البروتين الخام والدهن الخام والألياف الخام ، ويضم كل أنواع السكريات ، والنشا ، والجليكوجين ، والانيولين ، والهيمى سيليلوزات ، والبكتين (وكذلك الأجزاء الذائبة من السليلوز والنبتوزات واللجنين) .

عيوب طريقة فنندا Weender Feedstuffs Analysis :

- ١ - تقوم هذه الطريقة على تقدير مجاميع مواد لا تتفق معاً في تركيبها الكيماوي ، أو في قيمتها الفسيولوجية ، ويطلق على هذه المجاميع بالمركبات الغذائية الخام .
- ٢ - بعض هذه المركبات الغذائية الخام لم يتحصل عليها نتيجة تحليل فعلي ، وذلك كما في مكونات المستخلص خالي النيتروجين ، كما تتحمل هذه المكونات المقدرة بالفرق

أخطاء التحاليل والتقديرات الأخرى .

٣ - أضعف نقطة وأهم عيب هو تقسيم الكربوهيدرات إلى ألياف خام ومستخلص خالي النيتروجين ، فكان من الأخرى والأوجب التمييز بين الكربوهيدرات الأكثر ذائبية والكربوهيدرات الأقل ذائبية . فبتقدير الألياف الخام فإنه في الواقع يتم تقدير جزء معين (كبير أم صغر) من المواد الدعامية (سليلوز ، بنتوزان ، لجنين) ، يتوقف على نوع مادة العلف ، بينما يتخلف الجزء الآخر من هذه المواد الدعامية في المحلول ، ويعد ضمن المواد المكونة للمستخلص خالي الأزوت ، وهذا يؤدي في بعض الحالات إلى حساب معدلات هضم عالية للألياف الخام للمستخلص خالي الأزوت .

ورغم هذه العيوب إلا أنها تتميز بما يلي :

- ١ - أنها طريقة سهلة وسريعة ورخيصة التكاليف نسبياً .
- ٢ - تناسب لحد كبير التحليل الروتيني لمجاميع العينات .
- ٣ - تم بناء النظام الكامل لعلم التغذية على هذا النظام للتحليل .
- ٤ - للانتقال إلى نظام آخر فعّال يتطلب ذلك وقتاً طويلاً جداً .

obeikandi.com

الفصل الأول

الرطوبة والمادة الجافة Dry Matter Determination :

يوجد الماء في مواد العلف بنسبة تتراوح ما بين ١٠٪ أو أقل (في الحبوب) إلى ٩٠٪ (في مواد العلف الخضراء) . ويوجد الماء في الأغذية في عدة صور كوسط للإذابة ، أي في صورة حرة أو ماء حر Free Water ، وفي صورة ماء تبلور Water of Crystallization أي في صورة اتحاد كيميائي مع مركبات مختلفة في صورة هيدرات Hydrates ويسمى ماء التآدرت ، وفي صورة ماء مدمص على السطح Adsorbitive Water ويسمى بالماء الهيجروسكوبي Hygroscopic Water ، وهو ماء مدمص على سطوح الحبيبات الغروية في البروتوبلازم فتحتفظ مكونات الخلايا وجدرانها من بروتينات ونشا وسليولوز تحتفظ كلها بالماء بقوة ، كما يوجد الماء أيضاً في صورة مندمجة مع المواد العضوية خاصة الغرويات الحبة للماء Hydrophylic Colloids .

وتقدير الماء هام للغاية حتى يتسنى بذلك حساب نسبة المكونات الأخرى على أساس الوزن الجاف ، كما أن مظهر المواد الغذائية وقابليتها للحفظ تتوقف إلى حد كبير على محتواها الرطوبي ، فهناك حد أدنى لنسبة الرطوبة التي تسمح بنمو الأحياء الدقيقة . وعند تعريض مادة غذائية لحرارة متصاعدة فإنها تفقد أولاً ماءها الحر فقداً تاماً ، يتبعه فقد تدريجي في الماء المندمج طبيعياً ، أو الماء المدمص ، يليه فقد نتيجة الهدم والتحلل Decom-position ، وعند ذلك يحدث فقد بالتطاير للمواد الطيارة Volatile Substances . ولم يمكن تحديد ظروف معينة ، بالضبط يمكن أن يقال عنها إن التخلص التام من كل الرطوبة يحدث فيها دون أي فقد آخر ، وعليه فنسبة الرطوبة اصطلاحاً نسبي أكثر منه اصطلاحاً مطلقاً ، كما أنه لا بد من تحديد كل الظروف التي أجريت عندها عملية التقدير .

ملاحظات عامة على تقدير الرطوبة :

بعض المواد الغذائية تحتوي قدرًا من الماء مرتبطًا بشدة ولا يطرد أثناء التجفيف ، وعليه فالأفضل في تقدير الرطوبة بالتجفيف أن يطلق عليها الفقد بالتجفيف Drying Loss ، وأفضل أواني تقدير الرطوبة ما صنعت من النيكل أو الصلب عديم الصدأ Stainless Steel ، ذات غطاء ، ومحفور عليها أرقام لتمييزها عن بعضها أثناء التحليل ، إلا أن استخدام البواتق البورسلان Porcelain Basins يختصر الوقت ، إذ بعد وزنها بعد التجفيف يمكن ترميدها مباشرة لتقدير الرماد . ولسهولة وإسراع فقد الرطوبة تنتشر العينة على مساحة قاع الطبق أو

البوتقة . يجب إجراء كل التقديرات على فرن واحد وتحت نفس الظروف ، حتى تتلاشى أخطاء الجهاز من وجود تفرغ أو قلب للهواء أو خلافه من عدمه .

المواد الرطبة أو الهيجروسكوبية تنشر على مادة حاملة Carrier Material ، لسهولة التجفيف ، بزيادة مساحة السطح المعرضة للتجفيف ، وأفضل هذه الحوامل هي الرمل المغسول بالحامض ، والسليت Acid - Washed Sand and Celite .

تقدير الرطوبة الفعلية (الحقيقية) يتم بطريقة Karl Fischer التي تتوقف على التفاعل ما بين اليود وثاني أكسيد الكبريت في وجود الماء ، وتتم المعايرة بالنظر أو كهربياً ، والأخيرة أكثر ملاءمة ودقة ، إلا أنها تحتاج أجهزة مكلفة ، ويحتاج محلل كارل فيشر للمعايرة اليومية للوقوف على كفاءته .

المحتوى الرطوبي لباجر السكر يمكن استنتاجه من صفات أخرى تحت ظروف معينة ، يمكن حساب الرطوبة لمحاليل السكر من كشافتها أو دليل الرفراكتومتر أو من التحويل الضوئي لها .

تقدير الرطوبة بالأجهزة الكهربائية لم يلق قبلاً كبيراً ، وهي تعتمد في قياسها على صفات منها المقاومة Resistivity ، والثابت الكهربائي Dielectric Constant ، والأولى أرخص لكنها لا تقدر الرطوبة البسيطة ، بينما الثانية معقدة وأعلى ، وهي عموماً تناسب التقدير الاختباري الأولي السريع .

هذا ويجب أن يكون الفارق بين كلا التقديرين (مكررين) لا يتعدى ٢,٠ ٪ . ويلاحظ عند تقدير رطوبة قشر البيض أن يزال أي بياض أو أغشية ، وفي تقدير رطوبة اللحم فتجفف على رمل لمدة ١٤ ساعة على ١٠٥ م ، أما رطوبة البيض فتقدر بذوبانه في أسيتون وتبخير الأسيتون ثم تجفيف القابلة وحساب الفرق في وزنها .

وما يطلق عليه ماء خام مقدر على ١٠٣ م ، مادة ما ، يكون مصحوباً بفقد كل من :
أ - ماء .

ب - أحماض دهنية طيارة (حمض خليك ، حمض بيوتريك ، حمض اللاكتيك في السيلاج) .

ج - مواد طيارة أخرى (إثير ، زيوت ، كحول) .

وعليه فالمادة الجافة على ١٠٣ م هي الجزء من المادة الغذائية غير الطيارة (مادة طازجة ماء خام) وتحتوي المواد المعدنية والعضوية .

ويجري تقدير المحتوى الرطوبي بالتجفيف على درجات حرارة ومدد مختلفة ، حسب تركيب المادة الغذائية ، إما تحت الضغط العادي ، أو تحت تفرغ ، أو بالغلي مع سائل عضوي لا يمتزج بالماء ، ثم تقطير الماء مع هذا السائل الذي تكون درجة حرارته غليانه

أعلى من درجة غليان الماء ، أو بطرق سريعة باستخدام خاصية التوصيل الكهربائي أو التأين الكهربائي ، أو بطرق تتوقف على الفاعلية الكيماوية للماء مع مركبات معينة .

١ - التجفيف بالحرارة :

وأهم وأبسط طرق قياس الرطوبة في المواد الغذائية هي استخدام التجفيف بالحرارة في أفران التجفيف بإحدى طريقتين :

أ - التجفيف على درجة حرارة ١٠٣-١٠٥ م لمدة ٤-٦ ساعات (أو ثبات الوزن) .

ب - التجفيف على درجة حرارة ١٣٥ م لمدة ساعتين (أو ثبات الوزن) .

وأساس هذه الطريقة هو رفع ضغط بخار الماء في الغذاء ، وصعوبتها هي أن ضغط بخار الماء في العينة يتناقص باطراد كلما استمرت عملية التسخين ، وذلك لتركيز المواد الذائبة باستمرار ، وكذلك من الصعوبات هي تعدد صور الماء في العينة ، وكل صورة لها ضغط بخار خاص ، وأن طرد ماء الأدمصاص من سطوح الغرويات بهذه الوسيلة صعب ، كذلك هناك صعوبات راجعة للخاصية الهيجروسكوبية للأغلاف الغنية بالسكر ، وكذلك سهولة هدم بعض السكريات على درجة حرارة ٨٠-١٠٠ م ، كما يصعب هذه الطريقة وجود أو كسجين الهواء أثناء التسخين ، إذ تتأكسد بعض المكونات كالتانينات ، كما يصاحب فقد الماء بالتجفيف على حرارة عالية تطاير المكونات الطيارة كالكحول والزيوت الطيارة ، كما تحتفظ بعض المواد بماء تبلورها تحت ظروف مختلفة ، وقد تحدث حالة جفاف سريع في السطح الخارجي أي عملية تقسية Hardening لبعض الأغذية ، مما يعيق سرعة تحرك الماء من الداخل .

فعملية التجفيف أو طرد الماء بالتسخين تحدث نتيجة انتقال حالة التوازن بين سطوح الغرويات والماء إلى حالة جديدة من التوازن ، ويتوقف هذا الانتقال على الحرارة والضغط الجوي ومدة التسخين .

ويجرى التجفيف بالحرارة كالتالي :

١ - ثبت أوزان زجاجات الرطوبة أو أطباق الرطوبة (ألومنيوم - صلب لا يصدأ) بغطائها نظيفة ثم بردها في مجفف ، ثم زنها فارغة .

٢ - ضع بها ٢-٥ جم مادة غذائية مطحونة ، وحرك العينة بالطبق لتوزيعها في قاع الطبق ، ثم زن الطبق بالغطاء بالعينة .

٣ - ضع العينة بالطبق بالغطاء في فرن ، مع نزع الغطاء ووضعه بجانب الطبق وجفف على ١٣٥ م ، إن لم تحتو العينة مواداً طيارة يخشى تطايرها ، وإلا فتوضع على ١٠٣-١٠٥ م . في الحالة الأولى تجف العينة بعد ساعتين تقريباً وفي الثانية بعد ٤-٦ ساعات ، والأفضل أن تخرج الطبق بعد المدد المذكورة وتبرده في مجفف وتزنه ثم تعيده

٣٠-٤٥ دقيقة للفرن ، ثم تزنه وهكذا حتى ثبات الوزن .

وإن كان ينصح بأن يكون التجفيف على ١٠٣م لمدة ٤ ساعات ويكرر استمرار التجفيف ، حتى ثبات الوزن لاستخراج % رطوبة على أن يجرى التقدير مزدوجاً وألا يزيد الفارق بين التقديرين عن ٠,٢ % . وأن تكون الوزنات لدقة ١ مجم .

وتكون المادة الجافة مساوية للمادة الطازجة مطروحاً منها الماء .

$$\text{وتكون النسبة المئوية للرطوبة} = \frac{(\text{وزن العينة الطازج} - \text{الوزن الجاف للعينة}) \times 100}{\text{وزن العينة الطازج}}$$

وذلك في حالة عدم التجفيف الأولى ، أما إذا جففت العينة أولياً في حالة الأغذية الخضراء على ٦٠-٨٠م لمدة ١٢ ساعة على الأقل ، ثم تقدير الرطوبة الثانوية في العينة المطحونة والمجففة أولياً فتحسب فيها النسبة المئوية للرطوبة (الكلية) كما يلي :

$$\% \text{ رطوبة كلية} = 100 - \left(\frac{\text{الوزن الجاف تماماً المأخوذ بعد الجفاف الأولى} \times \text{الوزن بعد التجفيف الأولى}}{\text{الوزن الجاف أولى المأخوذ للجفاف التام} \times \text{الوزن الطازج المأخوذ للتجفيف الأولى}} \right) \times 100$$
$$\% \text{ رطوبة كلية} = 100 - \frac{\text{وزن العينة الجافة أولاً} (100 - \% \text{ رطوبة ثانوية})}{\text{وزن العينة الطازجة}}$$

ويطلق على الرطوبة الثانوية كذلك الرطوبة المتبقية وتقدر كعاليه أي على ١٠٣م لمدة ٤-٦ ساعات أو ثبات الوزن .

٢- الرطوبة الحقيقية :

والتجفيف بالفرن يقوم بطرد الماء الحر الممتص في المادة علاوة على ماء التبلور ، كما يقوم بطرد ماء ومواد أخرى ناتجة عن تفاعلات كيميائية ، مما يؤدي إلى نتائج خاطئة؛ لذلك فهناك طرق أخرى لتقرير الرطوبة في المواد الغنية بالمركبات الطيارة ، تفصل الماء الحقيقي بالغليان مع سوائل درجة غليانها أعلى من درجة غليان الماء (كالزليلين ١٣٩م أو التوليولين ١١٤م) لمدة ١٥-٣٠ دقيقة مع المحلول الأول أو الثاني على الترتيب ، وتجميع الماء في أنبوبة مدرجة ، ونظراً لاشتعال الزليلين والتوليولين فإنه يستخدم رباعي كلوريد الإيثان (١٤٠م) دون اشتعال . وهذه الطريقة أنسب لتقدير المادة الجافة في السيلاج إذ أن استخدام التجفيف (حرارة الفرن) لتقدير المادة الجافة في السيلاج أدى إلى فقد بلغ حتى ١٦% مقارنة بتقديرها بتقطير التوليولين ، وتتوقف نسبة الفقد في المادة الجافة على درجة حرارة التجفيف (٤٠-١٠٠م لمدة ٤٨ ساعة) ومحتوى السيلاج من الأحماض العضوية . ويعيب هذه الطريقة إمكانية تكوين مستحلب مع الماء والتوليولين أو الزليلين ، كما تلتصق قطرات الماء على جدار الأنبوبة المدرجة إذا لم تكن تامة النظافة .

٣ - الطرق الأخرى للرطوبة :

وخلاف التجفيف بطرقه المتعددة ، واستخدام تقطير المذيبات ، فهناك طرق أخرى عديدة كيميائية وطبيعية وكهربية .

فمن الطرق الكيميائية السريعة لتقدير المحتوى الرطوبي : طريقة كارل فيشر Karl Fischer ، والتي تعتمد على تفاعل الماء مع اليود وثاني أكسيد الكبريت في وجود البيريدين ، وبها يقدر الماء الحر وماء الأدرتة ، كما يمكن تقدير ماء الأدرتة فقط بعد تجفيف العينة من الماء الحر ، بالخلط مع كحول الميثائل الجاف ثم ينقط بمحلول كارل فيشر .

ومن الطرق الكيميائية كذلك بجانب طريقة كارل فيشر ، طريقة تعتمد على تفاعل الماء مع كاربيد الكالسيوم لإنتاج استيلين ، ويقدر المحتوى الرطوبي من الفقد في الوزن أو من زيادة الضغط الناتج . وطريقة ثالثة سريعة بالتنقيط بكبريتات الحديدوز بعد الأكسدة بثاني الكرومات .

ومن الطرق الطبيعية السريعة استخدام قياس التوصيل الكهربائي للعينات ، أو الطرق اللونية الكهروضوئية ، وكذلك التسخين بالأشعة تحت الحمراء دون تغيير في التركيب الكيميائي للعينة ، بل دون ملامستها ، فبالإشعاع بهذه الأشعة يقدر بالتالي الفقد في الوزن في العينة كنسب مئوية نتيجة فقد الرطوبة .

ولتقدير الرطوبة في التربة تؤخذ وزنة معلومة من التربة الجافة هوائياً ، تجفف في فرن كهربائي على درجة حرارة ١٠٥-١١٠ م لمدة ١٦-٢٤ ساعة ، أعد الوزن فالفرق يعبر عن كمية الماء المفقود الذي ينسب لوزن الأرض الجاف تماماً كنسبة مئوية للرطوبة .

ولتقدير الرطوبة في البيض ، فيمكن أن تقدر في القشرة بنزع الأغشية عن القشرة لإزالة أي بياض قد يعلق بالقشرة ، ثم تؤخذ وزنة وتجفف على ١٠٥ م لمدة ٤ ساعات أو حتى ثبات الوزن .

ولتقدير الرطوبة في البياض أو الصفار يضرب حتى التجانس ثم يؤخذ ١٠ جم عينة في دورق مستدير سعة ٢٥٠ مل جاف جيداً ومعلوم وزنه ثم تذاب العينة في ٥٠ مل أسيتون ، بخر الأسيتون على حمام مائي ساخن وكرر إضافة الأسيتون والتبخير مرتين أخريين ، ثم جفف الدورق في فرن وأعد وزنه واحسب % رطوبة من الفقد في الوزن .

٤ - المواد الصلبة (الجافة) :

تقاس المواد الصلبة الذائبة بالنسبة المئوية للمتبقّي من منقوع العينة مع الماء ، والطرود المركزي للمنقوع وتجفيفه ، أو تقاس المواد الصلبة الذائبة كذلك Total Soluble Solids من قراءة العينة على الرفرأكتومتر . أما المواد الصلبة الكلية Total Solids فتقدر بنسبة المتبقّي من العينة بعد وضعها في كأس قاعها مستوٍ وتجفيفها حتى ثبات وزنها . أما المواد الصلبة غير

الذائبة Water Insoluble Solids فتقدر بوزن عينة معلومة ، وإضافة مقدار ماء إليها ، والغليان بشدة لمدة ساعة ، ثم يرد ورشح واغسل الراسب جيداً بالماء ، ثم جففه حتى ثبات وزنه ، فيمثل المواد الصلبة غير الذائبة .

ولتقدير جوامد الصفار Egg Yolk Solids استخلص ١٠ جم عينة في جهاز سوكلت بواسطة ١٠٠ مل من الميثانول النقي لمدة ساعتين ، واسحب الميثانول وأضف ١٠٠ مل أخرى ، وكرر الاستخلاص ساعتين أخريين . اجمع الميثانول وبخره حتى الجفاف ثم اجر عليه تقديراً للفوسفور (P₂O₅) بعد الأكسدة الرطبة (كما سبق ذكره) واستنتج كمية الجوامد بصفار البيض وكذلك كمية البيض الجاف Dried Egg كالتالي :

$$\text{جوامد الصفار} = \text{فوف} \times ٥٦$$

$$\text{بيض جاف} = \text{جوامد صفار البيض} \times ١,٤٨$$

ولتقدير المادة الجافة في اللبن (أو الجوامد الكلية كنسبة مئوية) يثبت وزن أطباق رطوبة بها ورق ترشيح ، ثم يوضع ١٠ جم لبناً لامتصها أوراق الترشيح ، وتجفف على ٦٠ م حتى يجف اللبن ، ثم على ١٠٢ م لمدة ٣ ساعات ، لعدم تكربن اللبن لو زادت الحرارة عن ١٠٢ م .

كما تقدر المادة الجافة % (جـ) للبن بمعلومية كثافته (ث) ، ونسبة دهنه (د) ، حيث إن :

$$\text{جـ} = ١,٢ + \frac{\text{درجة اللبن}}{٤} + ٠,٢٥$$

حيث درجة اللبن عبارة عن ثاني وثالث رقم عشري من الكثافة بينما الرقم العشري الرابع عبارة عن كسر درجة اللبن ، فمثلاً اللبن الذي كثافته ١,٠٣٣٧ درجته عبارة عن ٣٣,٧ .

ومن معادلة ريتشموند Richmond :

$$\text{جـ} = ٠,٢٥ + \text{ث} + ١,٢٢ + \text{د} + ٠,٧٢$$

وإذا قرأ اللاكثومتر على درجة حرارة تختلف عن ٢٠ م ، فتصحح الكثافة بإضافة ٠,٢٤ لكل ١ م أعلى من ٢٠ م .

ومعروف أن كثافة اللبن تتوقف على محتواه الدهني والمائي وجوامده غير الدهنية .

ويتباين محتوى الماء في السمك باختلاف المواسم وطبقاً لدورة التناسل ، إذ يرتفع (٢-٣%) بعد التبويض مع انخفاض قيم PH مما يجعل السمك غير صالح للتجميد ، إلا أن هذه الحالة لا تستمر إلا مدة بسيطة في موسم الربيع .

وفي السمك الدهني يرتبط المحتوى الدهني بالمائي ، فيمكن تقدير أحدهما بمعلومية

الثاني .

ويقدر المحتوى المائي بطرق عديدة من بينها التجفيف الحراري تحت ظروف تحد من فقد المواد الطيارة الأخرى (سواء الطبيعية أو الناتجة من الهدم الحراري) أو الأكسدة ، وذلك على ١٠٣م حتى ثبات الوزن مع تجنب تكوين قشرة خارجية تحول دون تبخير الماء وذلك بالخلط الجيد مع الإيسبتوس أو الرمل سابق التجفيف .

ولتقدير المادة الجافة للحم تجفف بوتقة بها ٥٠جم من الرمل النظيف على درجة حرارة ١٢٠م لمدة ساعة ، ثم تبرد في مجفف ويوضع بها حوالي ٦جم من اللحم الخالي من الدهن فوق الرمل دون ملامسة اللحم لجدر البوتقة ، وتوزن وتجفف على ١٠٥م لمدة حوالي ١٤ ساعة ويعين الوزن الجاف المتبقي من اللحم بعد أن تبرد في مجفف ، وينسب إلى الوزن الطازج مضروباً في ١٠٠ لاستخراج % مادة جافة .

أما الجوامد الكلية للبول فيتم تقديرها بأن يوضع ٥ مل بول في طبق ضحل موزون ، وتحمض بنقط قليلة من حمض الخليك ، وتجفف تحت تفريغ (في وجود حمض كبريتيك) حتى ثبات الوزن احسب النسبة المئوية للمواد الصلبة في عينة البول ، وعبر عنها كجوامد كلية في بول ٢٤ ساعة .

تقل الجوامد الكلية في حالات التهاب الكلى لإعاقة الإخراج ، بينما تزيد الجوامد الكلية في حالة زيادة إخراج السكر (مرض السكر) .

وقد تستنتج الجوامد الكلية من الكشافة النوعية للبول ، إذ تضرب ثاني وثالث رقم عشري للكشافة النوعية في ٦,٢ لاستنتاج عدد جرامات المادة الصلبة / لتر بول (وإن أوقف استخدام ذلك الآن) .

مراجع يمكن الرجوع إليها :

- عبد القادر راشد أبو عقاده ، مصطفى محمد أبو النجا (١٩٧٠) : طرق التحليل الغذائي - دار المعارف بالأسكندرية .

- كاظم مشجوت عواد (١٩٨٦) : مبادئ كيمياء التربة - جامعة الموصل .

- محمود إبراهيم فهمي (وآخرون) : تجارب عملية في أساسيات علم الأرض - دار المعارف بمصر (١٩٦٥) .

- Close, W. & Menke , K. H. (1986) Selected topics in animal nutrition . Deutchesstiftung für Internationale Entwicklung , Feldafing, Germany .

- Egan, H. etal . (1981) Pearson's Chemical Analysis of Foods . 8 th

Ed ., Churchill Livingstone, Edinburgh & London .

- Gruenwedel, D. W. and Whitaker , J. R. (1985) Food Analysis, Vol. 3 , Marcel Dekker, N . Y.
- Leitgeb, R. (1979) Futtermittelkunde, Vorlesungen, Univ . F. Boku, Wien.
- Meyer, H. et al (1980) Supplemente zu volesungen und übungen in der Tierernährung . 5 . Auflage , Sprungmann Verlag, Hannover .
- Minson , D. J. & Lancaster , R. J. (1963) N. Z. J . Agric . Res ., 6 : 140 .
- _ Official Methods of Analysis of the AOAC (1965), 10 th Ed . Washington .
- THE Feeding stuffs (Sampling and Analysis) Regulations (1982) Agriculture (1982) No. 1144 . Her Majesty's Stationery Office, London .