الباب الثالث

التحليل الكمى الكيماوى
والطبيعى ـ كيماوى

ينقسم التحليل الكمى إلى :

أ ـ تحليل كمى بالوزن Gravimetric analysis .

ب ـ تحليل كمى بالحجم Vlumetric analysis .

جـ ـ تحليل كمى بالطرق الطبيعية والكيماوية Physical and Chemical analysis .

د ـ تحليل كمى عن طريق الغاز المتصاعد Gasometric analysis .

والأقسام الأربعة من طرق التحليل الكمى يمكن إجراؤها باستعمال كميات بسيطة جداً من المادة ، ويسمى التحليل هنا Micro quantitative chemical analysis بالميكرو ويستعمل فيها كميات فى حدود عدة مليجرامات ، وإذا استعملت كميات أكبر نوعاً بحيث لا تزيد عن نصف جرام فتسمى الطرق فى هذه الحالة بالسيمى ميكرو Semi-Micro quantitative chemical analysis ، وقد يمكن استعمال كميات كبيرة تزيد عن النصف جرام وتسمى الطرق فى هذه الحالة بالماكرو Macro quantitative chemical analysis .

والتحليل الغذائى هو تحليل كميائى ، فبالتالى يلزمه الدقة والحرص والنظافة والإلمام الكامل بالاستعمال الصحيح للأدوات المعملية ، وذلك لأن ، نتائج التحليل قد يتوقف عليها تقدير الكميات التى 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 تؤدى إلى إرباك الأمور المتعلقة بالتغذية ، أو التسعيرة أو الرقابة التموينية ، أو قد تدين بريئاً ، أو تجرم منتجاً ، أو تبرئ مجرماً ، نتيجة خطأ فى تحليل بروتين أو رماد أو دهن ... إلخ ، مما يستلزم الدقة والضمير والمسئولية العلمية على القائم بالتحليل .

أغراض التحليل الغذائى :

١ ـ معرفة القيمة الغذائية لمادة أو منتج ما .

٢ ـ على أساسه يمكن تقدير جودة المادة أو المنتج .

٣ ـ يستخدم كمقياس وحكم فاصل بين البائع والمشترى .

٤ ـ وسيلة للتسعير ووضع الضرائب ، أو الرسوم الجمركية على المنتج أو المستورد .

٥ ـ قد يؤخذ كمقياس للغش أو الفساد أو الإصابة بمرض أو بتسمم .

جهات التحليل :

١ ـ معامل خاصة لغرض إرشاد المشترى عن جودة المنتج من عدمه .

٢ ـ معامل المصانع المنتجة لتساعد على إيجاد ناتج متجانس مطابق للمواصفات القياسية.

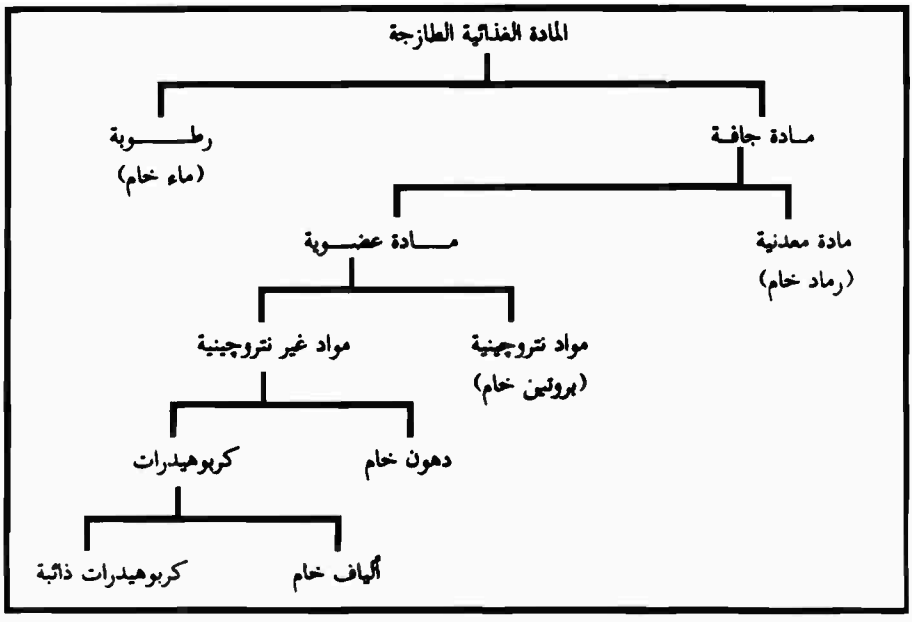
٣ ـ معامل وزارتى الزراعة والصحة كجهة حكومية تعتمد نتائجها أمام الهيئات ، وتقوم بمسح شامل لكافة الأغذية ومواد العلف والمنتجات الحيوانية بتحليلها وتقييمها .

٤ ـ 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 ، أوالنجاح فى فصله وتقديره والتعرف عليه نتيجة تقدم الأجهزة المستحدثة فى مجال التحاليل الكيميائية . 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 وصفياً وكمياً ، كأن تحتوى مجموعة مركبات على عنصر النتروجين فى تركيبها ، فتنضم كلها فى قسم واحد يعرف باسم المواد النتروجينية أو البروتين الخام ، ومجموعة أخرى تشترك فى قابليتها للذوبان فى مذيب معين كالأثير فتضم معاً كلها فى قسم واحد يعرف بالمستخلص الأثيرى أو الدهن الخام ، وهكذا كما وضح 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 مايزيد 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 ١ ٪ ، بينما تتركز بها الدهون كمخزون الطاقة ، كما أنها غنية بالبروتين جداً عن المواد النباتية .

وطبقاً لتحليل فندا Weender Feedstaffs 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 ١٠٥°م لمدة ٣ ساعات ، وهو ـ أعلى ـ لحد ما عن قيمة الماء الحقيقية ، بمقدار ما يتطاير مع الماء من أحماض عضوية وأمونيا . والمادة الجافة بالفرق بين المادة الطازجة والماء الخام ، وهى مواد عضوية ومعدنية .

والمواد العضوية أغلبها كربون ؛ لذا تحترق بالترميد على ٥٥٠°م ، 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 . وبترسيب البروتين الحقيقي بمادة مرسبة كهيدروكسيد النحاس أو التانين ، وتقديره بكلداهل نحصل على قيمته ، وما لم يرسب من مركبات أخرى محتوية على الأزوت تسمى بالأميدات تقدر بالفرق بين البروتين الخام والبروتين الحقيقي . وتشمل الأميدات هذه أميدات حامضية ، وأحماض أمينية حرة ، وببتيدات بسيطة ، وجليكوزيدات محتوية أزوت (والمسماة بالقلويدات وهي مركبات حلقية ذات قواعد نيتروچينية) ، والبيتائين Betain ، والزانثين Xanthin ، والجوانين Guanin وخلافها .

والدهن الخام ـ أي المستخلص ـ الأثيري مجموعة كبيرة من المركبات غير المتجانسة ، تشترك في خاصية واحدة هي الذوبان في الأثير والبنزول والمذيبات العضوية المشابهة ، وبعض مكوناتها مثل الصموغ والراتنجات والشموع ، والمواد الملونة لا تمد بالطاقة ، والمواد الفقيرة الدهن والملونة كالحشائش والدريس تحتوي ٢٠–٤٠ ٪ من الدهن الخام ليس دهناً حقيقياً (جليسريدات ثلاثية) ، بينما الدهن الخام في المنتجات الحيوانية والبذور يتكون أساساً من الدهون الحقيقية . ويتكون الدهن الخام بجانب الجليسريدات الثلاثية ، كذلك فوسفاتيدات ، وفوسفوليبيدات ، وستيرويدات ، وشموع ، وكلوروفيل ، وكاروتين ، وزانثوفيل ، وزيوت 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 ، والجليكوچين ، والانيولين ، والهيمي سيليلوزات ، والبكتين (وكذلك الأجزاء الذائبة من السليلوز والبنتوزات واللجنين) .

عيوب طريقة ڤندا Weender Feedstuffs Analysis :

١ ـ تقوم هذه الطريقة على تقدير مجاميع مواد لا تتفق معاً في تركيبها الكيماوي ، أو في قيمتها الفسيولوچية ، ويطلق على هذه المجاميع بالمركبات الغذائية الخام .

٢ ـ بعض هذه المركبات الغذائية الخام لم يتحصل عليها نتيجة تحليل فعلي ، وذلك كما في مكونات المستخلص خالي النيتروچين ، كما تتحمل هذه المكونات المقدرة بالفرق

أخطاء التحاليل والتقديرات الأخرى .

٣ ـ أضعف نقطة وأهم عيب هو تقسيم الكربوهيدرات إلى ألياف خام ومستخلص خالي النيتروجين ، فكان من الأحرى والأوجب التمييز بين الكربوهيدرات الأكثر ذائبية والكربوهيدرات الأقل ذائبية . فبتقدير الألياف الخام فإنه في الواقع يتم تقدير جزء معين (كبر 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 عنها للمستخلص خالي الأزوت .

ورغم هذه العيوب إلا أنها تتميز بما يلي :

١ ـ أنها طريقة سهلة وسريعة ورخيصة التكاليف نسبياً .

٢ ـ تناسب لحد كبير التحليل الروتيني لمجاميع العينات .

٣ ـ تم بناء النظام الكامل لعلم التغذية على هذا النظام للتحليل .

٤ ـ للانتقال إلى نظام آخر فعّال يتطلب ذلك وقتاً طويلاً جداً .

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 كيماوي مع مركبات مختلفة في صورة هيدرات Hydrates ويسمى ماء التأدرت ، وفي صورة ماء مدمص على السطح Adsorbtive Water ويسمى بالماء الهيجروسكوبي Hygroscopic Water ، وهو ماء مدمص على سطوح الحبيبات الغروية في البروتوبلازم فتحتفظ مكونات الخلايا وجدرانها من بروتينات ونشا وسليلوز تحتفظ كلها بالماء بقوة ، كما يوجد الماء أيضاً في صورة مندمجة مع المواد العضوية خاصة الغرويات المحبة 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 التى 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 اصطلاح نسبي أكثر منه اصطلاح مطلق ، كما أنه لا بد من تحديد كل الظروف التي أجريت عندها عملية التقدير.

ملاحظات عامة على تقدير الرطوبة :

بعض المواد الغذائية تحتوي قدراً من الماء مرتبطاً 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 تنشر العينة على مساحة قاع الطبق أو

البوتقة . يجب إجراء كل التقديرات على فرن واحد وتحت نفس الظروف ، حتى تتلاشى أخطاء الجهاز من وجود تفريغ أو تقليب 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 أوكسيد الكبريت في وجود الماء ، وتتم المعايرة بالنظر أو كهربياً ، والأخيرة أكثر ملاءمة ودقة ، إلا أنها تحتاج أجهزة مكلفة ، ويحتاج محلول كارل فيشر للمعايرة اليومية للوقوف على كفاءته .

المحتوى الرطوبي لبنجر السكر يمكن استنتاجة من صفات أخرى تحت ظروف معينة ، يمكن حساب الرطوبة لمحاليل السكر من كثافتها أو دليل الرفراكتومتر أو من التحويل الضوئي لها .

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

هذا ويجب أن يكون الفارق بين كلا التقديرين (مكررين) لا يتعدى ٠,٢ ٪ . 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 لمادة ما ، يكون مصحوباً بفقد كل من :

أ ـ ماء .

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

جـ ـ مواد طيارة أخرى (إثير ، زيوت ، كحول) .

وعليه فالمادة الجافة على ١٠٣°م هي الجزء من المادة الغذائية غير الطيارة (مادة طازجة ـ 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 تفريغ ، أو بالغلي مع سائل عضوي لا يمتزج بالماء ، ثم تقطير الماء مع هذا السائل الذي تكون درجة حرارة غليانه

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

١ ـ التجفيف بالحرارة :

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

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

ب ـ 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 الادمصاص من سطوح الغرويات بهذه الوسيلة صعب ، كذلك هناك صعوبات راجعة للخاصية الهيجروسكوبية للأعلاف الغنية بالسكر ، وكذلك سهولة هدم بعض السكريات على درجة حرارة ٨٠-١٠٠°م ، كما يصعّب هذه الطريقة وجود أوكسچين 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 ـ ثبت أوزان زجاجات الرطوبة أو أطباق الرطوبة (ألومونيوم ـ صلب لا يصدأ) بغطائها نظيفة ثم بردها في مجفف ، ثم زنها فارغة .

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

٣ ـ 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 ١٠٣°م 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 .

$$\text{وتكون النسبة المئوية للرطوبة} = \frac{(\text{وزن العينة الطازج} - \text{الوزن الجاف للعينة}) \times ١٠٠}{\text{وزن العينة الطازج}}$$

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

$$\text{٪ رطوبة كلية} = ١٠٠ - \left(\frac{\text{الوزن الجاف تماماً المأخوذ بعد الجفاف الأولى} \times \text{الوزن بعد التجفيف الأولى}}{\text{الوزن الجاف أولى المأخوذ للجفاف التام} \times \text{الوزن الطازج المأخوذ للتجفيف الأولى}} \right) \times ١٠٠$$

$$\text{٪ رطوبة كلية} = ١٠٠ - \frac{\text{وزن العينة الجافة أولياً} (١٠٠ - \text{٪ رطوبة ثانوية})}{\text{وزن العينة الطازجة}}$$

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

٢ـ الرطوبة الحقيقية :

والتجفيف بالفرن يقوم بطرد الماء الحر الممتص في المادة علاوة على ماء التبلور ، كما يقوم بطرد ماء ومواد أخرى ناتجة عن تفاعلات كيماوية ، 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 (كالزيلين ١٣٩°م أو التوليوين ١١٤°م) لمدة ١٥-٣٠ دقيقة مع المحلول الأول أو الثاني على الترتيب ، وتجميع الماء في أنبوبة مدرجة ، ونظراً لاشتعال الزيلين والتوليوين فإنه يستخدم رباعي كلوريد الإيثان (١٤٠°م) 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 التولوين ، وتتوقف نسبة الفقد في المادة الجافة على درجة حرارة التجفيف (٤٠-١٠٠°م لمدة ٤٨ ساعة) ومحتوى السيلاج من الأحماض العضوية . ويعيب هذه الطريقة إمكانية تكوين مستحلب مع الماء والتولوين أو الزيلين ، كما تلتصق قطرات الماء على جدار الأنبوبة المدرجة إذا لم تكن تامة النظافة .

٣ ـ الطرق الأخري للرطوبة :

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

فمن الطرق الكيماوية السريعة لتقدير المحتوى الرطوبي: طريقة كارل فيشر Karl Fischer ، والتي تعتمد على تفاعل الماء مع اليود وثاني أوكسيد 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 الميثايل الجاف ثم ينقط بمحلول كارل فيشر .

ومن الطرق الكيماوية 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 الكهربي للعينات ، أو الطرق اللونية الكهروضوئية ، وكذلك التسخين بالأشعة تحت الحمراء دون تغيير في التركيب الكيماوي 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 ١٠٥–١١٠م 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 ١٠٥م لمدة ٤ ساعات أو حتى ثبات الوزن .

ولتقدير الرطوبة في البياض أو الصفار يضرب حتى التجانس ثم يؤخذ ١٠جم عينة في دورق مستدير سعة ٢٥٠ مل جاف جيداً ومعلوم وزنه ثم تذاب العينة في ٥٠ مل أسيتون ، بخّر 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 ـ المواد الصلبة (الجافة) :

تقاس المواد الصلبة الذائبة بالنسبة المئوية للمتبقي من منقوع العينة مع الماء ، والطرد المركزي للمنقوع وتجفيفه ، أو تقاس المواد الصلبة الذائبة كذلك Total Soluble Solids من قراءة العينة على الرفراكتومتر . أمّا المواد الصلبة الكلية Total Solids فتقدر بنسبة المتبقي 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 برد ورشح واغسل الراسب جيداً بالماء ، ثم جففه حتى ثبات وزنه ، فيمثل المواد الصلبة غير الذائبة .

ولتقدير جوامد الصفار Egg Yolk Solids استخلص ١٠جم عينة في جهاز سوكسلت 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 (P_2O_5) بعد الأكسدة الرطبة (كما سبق ذكره) واستنتج كمية الجوامد بصفار البيض وكذلك كمية البيض الجاف Dried Egg كالتالي :

جوامد الصفار = فو٢ أ٥ × ٥٦

بيض جاف = جوامد صفار البيض X ١,٤٨ .

ولتقدير المادة الجافة في اللبن (أو الجوامد الكلية كنسبة مئوية) يثبت وزن أطباق رطوبة بها ورق ترشيح ، ثم يوضع ١٠جم لبناً لتمتصها 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 :

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

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 اللاكتومتر على درجة حرارة تختلف عن ٢٠°م ، فتصحح الكثافة بإضافة ٠,٠٢٤ 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 الحرارى تحت ظروف تحد من فقد المواد الطيارة الأخرى (سواء الطبيعية أو الناتجة من الهدم الحراري) أو الأكسدة ، وذلك على ١٠٣°م حتى ثبات الوزن مع تجنب تكوين قشرة خارجية تحول دون تبخير الماء وذلك بالخلط الجيد مع الإسبستوس أو الرمل سابق التجفيف .

ولتقدير المادة الجافة للحم تجفف بوتقة بها ٥٠جم من الرمل النظيف على درجة حرارة ١٢٠°م لمدة ساعة ، ثم تبرد في مجفف ويوضع بها حوالي ٦ جم من اللحم الخالي من الدهن فوق الرمل دون ملامسة اللحم لجدر البوتقة ، وتوزن وتجفف على ١٠٥°م 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 الكثافة النوعية للبول ، إذ تضرب ثاني وثالث رقم عشري للكثافة النوعية في ٢,٦ 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 الغذائى ـ دار المعارف بالأسكندرية .

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

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

- Close, W. & Menke , K. H. (1986) Selected topics in animal nutrition . Deutschestiftung 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, Londen .