للأكسجين المستهلك. وتلك العلاقة تصبح مهمة عندما يقدر التنفس اعتمادا على التبادل الغازى. والذى يتم فيه قياس كمية ثانى أكسيد الكربون المنتجة. وكمية الأكسجين المستنفذة أو كلاهما.

ولقد طوّر مفهوم معامل التنفس RQ لقياس تلك العلاقة كما يلى:

RQ = ثانى أكسيد الكربون المنتج (بالميلليتر)/الأكسجين المستنفذ (بالميلليتر)

وفى حالة الأكسدة الكاملة فإن الـ RQ للجلوكوز = ١,٠. بينما تكون للماليت ١,٣.

وإذا كانت المادة المؤكسدة أحماض دهنية طويلة السلسلة مثل حامض الاستياريك stearic acid فإن المعادلة تصبح كما يلى:

$$C_{18}H_{36}O_2 + 26O_2 \longrightarrow 18CO_2 + 18H_2O$$

ونظرًا لأن تلك الأحماض الدهنية تحتوى قدرًا من الأكسجين مقابل كل ذرة كربون أقل مما هو الحال فى السكريات؛ لذا .. فإنها تستهلك قدرًا أكبر من الأكسجين لأجل إنتاج ثانى أكسيد الكربون عند أكسدتها. ونجد فى التفاعل السابق أن الـ RQ = ٠,٧.

ويمكن أن يكون قياس الـ RQ مؤشرًا على نوع المادة المؤكسدة أثناء التنفس، علمًا بأن القيمة المنخفضة تعنى أن الأكسدة لأحماض دهنية، بينما القيم العالية تفيد أكسدة الأحماض العضوية (Wills وآخرون ١٩٩٨).

وتفيد القيم العالية جدًّا للـ RQ حدوث تنفس لاهوائى (Saltveit ٢٠٠٤أ).

أهمية التنفس

ترجع أهمية التنفس إلى تأثيره على عديد من التطورات الحيوية، كما يلى:

١– فترة الصلاحية للتخزين:

توجد بصورة عامة علاقة عكسية بين معدل التنفس وفترة الصلاحية للتخزين؛ ذلك لأن

التنفس يعكس النشاط الأيضى للأنسجة، الذى يؤثر – بدوره – فى فقد المركبات الأولية، وتمثيل مركبات جديدة، وانطلاق الطاقة الحرارية.

٢- فقد المركبات الأولية:

يؤدى استعمال مختلف المركبات الأولية فى التنفس إلى استهلاك مخزونها فى الأنسجة، مما يقلل من جودة طعمها وبخاصة حلاوتها، وكذلك حدوث فقد فى قيمتها الغذائية. وبالنسبة لبعض المنتجات التى تخزن لفترات طويلة فإن الفقد فى الوزن الجاف قد يكون كبيرًا. وإذا كان أحد السكريات السداسية مثل الجلوكوز هو المركب الأولى المستعمل فى التنفس، نجد أنه يفقد منه ١٨٠ جم مقابل كل كل ٢٦٤ جم من ثانى أكسيد الكربون الذى ينطلق بالتنفس.

ويمكن حساب الفقد فى الوزن الجاف، كما يلى:

الفقد فى الوزن الجاف (جم لكل كجم فى الساعة) = ثانى أكسيد الكربون المنطلق بالكيلوجرام فى الساعة × ٠.٠٦٨.

وإذا ما علمنا أن تنفس البصل – على سبيل المثال – على ٣٠°م ينطلق معه ٣٥ مجم ثانى أكسيد كربون فى الساعة لكل كيلوجرام من البصل، فإن ذلك يعنى – بتطبيق المعادلة – فقد البصل لنحو ١,٧٣٪ من وزنه الجاف شهريًا.

٣- تمثيل مركبات جديدة:

قد يوجه التخزين بعد الحصاد إما لهدف منع أى نقص فى الجودة، وإما إلى تحفيز تغيرات تُحسن من الجودة. وتكون جودة معظم الخضروات (مثل الخيار والخس) والثمار غير الكلاميكتيرية (مثل الفراولة) فى أوجها عند الحصاد، ويتم وضعها فى ظروف التخزين التى تحد من أى نقص فى الجودة. وفى المقابل فإن عديدًا من الأزهار (مثل القرنفل والورد) والثمار غير الكلايمكتيرية (مثل الليمون والبرتقال) والثمار الكلايمكتيرية (مثل الموز والطماطم) تحصد قبل وصولها إلى أفضل جودة. ويتم اختيار ظروف التخزين التى تسمح بتطويز تلك الجودة. ونجد فى الحالة الأولى أن تمثيل مركبات جديدة ليس

ضروري لأنها تقلل النوعية. مثل الأنزيمات التي تحتل الكلوروفيل في الحمض أو تزيد نجينه في الأسبرجس وفي بعض الحالات تقلل السكريات وتزيد العصيرة (مثل الليكوبين في الطماطم و alpha-solanine في البطاطس). وفقد الكلوروفيل بالإنزيمات المحللة له (كما في الموز والليمون)، وتحول النشا إلى سكر (كما في التفاح والموز) تعد تغيرات ضرورية للوصول إلى أفضل جودة. وتتطلب تلك التفاعلات طاقة ومركبات عضوية يُحصل عليها من التنفس (Saltveit ٢٠٠٤أ).

٤- انطلاق الطاقة الحرارية:

أن الحرارة الحيوية التي تنتج بالتنفس – والتي تكون حوالي ٦٧٣ كيلوكالوري لكل وزن جزيئي من السكر (١٨٠ جم) تعد عاملاً أساسيًا في حسابات أحمال التبريد عند تصميم المبردات أثناء الشحن والتخزين. كذلك فإنها تؤثر في القرارات المتعلقة باختيار الطرق المناسبة للتبريد، ونظام التعبئة، وطريقة صفّ العبوات، ووسائل ونظام حركة الهواء والتهوية في المخازن المبردة (Saltveit ٢٠٠٤أ).

وتقدر الطاقة المنطلقة بالوحدات الحرارية البريطانية British thermal units، والوحدة (Btu) هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة رطل واحد من الماء درجة واحدة فهرنهيتية.

وتحسب كمية الطاقة المنطلقة يوميًا بضرب معدل التنفس (في صورة ملليجرامات CO_2/كجم/ساعة) في ٢٢٠. وقد حصل على هذا العامل بضرب ٢,٥٥ جم كالوري (من الحرارة التي تنطلق مع كل ملليجرام من CO_2 المنتج عند تأكسد سكر سداسي) في ٨٦,٣. وهذا العامل (٨٦,٣) هو ناتج تحويل سعرات حرارية/كجم/ساعة إلى Btu/طن/يوم.

وبرغم البساطة التي تتم بها هذه التحويلات، وبرغم أن عملية التنفس ليست بتلك البساطة، إلا أن هذه الطريقة في حساب كمية الطاقة المنطلقة أثناء التنفس يوميًا تتفق جيدًا مع النتائج المشاهدة (عن Lutz & Hardenburg ١٩٦٨).