قيمة D بالنسبة لها بين ٠,٣ و ٠,٧ حسب البكتيريا. ولذا .. فإنها تتطلب جرعة مقدارها ١,٥ إلى ٣,٥ kGy للوصول إلى خفض قدره ٥ لو فى أعدادها، علمًا بأن الحد الأقصى المسموح به لجرعات الإشعاع فى الخضر والفاكهة هو كيلوجراى واحد. ويعنى ذلك أنه لا يُسمح باستخدام جرعات إشعاع للخضر والفاكهة الطازجة تكون فعالة فى التخلص من مسببات الأمراض. هذا .. فى الوقت الذى يُسمح فيه بجرعات إشعاع تصل إلى ٤,٥ كيلوجراى مع اللحوم الحمراء.

وتُعد البكتيريا المكونة للجراثيم (مثل *Clostridium*، و *Bacillus* وغيرهما) أكثر مقاومة للإشعاع، كما أن الفيروسات (مثل Hepatits، و Norwalk) يستحيل التخلص منها حتى ولو بالجرعات المسموح بها مع اللحوم.

وإذا أضفنا إلى ما تقدم بيانه احتمال تلوث منتجات الخضر والفاكهة بمسببات أمراض الإنسان بعد تعريضها للإشعاع. فإن تلك المعاملة — بالحد الأقصى للجرعة المسموح بها — لا يمكن أن تكون بديلاً للإجراءات الصحية المناسبة لمنع التلوث الميكروبى ابتداءً (Gorny & Zagory ٢٠٠٠).

الهاسب (تحليل المخاطر)

إن الهاسب — أو تحليل المخاطر — HACCP (أو Hazard Analysis Critical Control Points) هو نظام للأمان الغذائى طوّر بواسطة شركة Pillsbury فى ستينيات القرن الماضى لتقليل المخاطر المرتبطة بالغذاء الذى يتناوله رواد الفضاء فى السفن الفضائية إلى الصفر (zero tolerance). وهو نظام يستفاد منه فى منع التلوث الفيزيائى والكيميائى والميكروبى للأغذية.

ويعد الهاسب المرحلة النهائية لبرنامج أمان غذائى متكامل يتضمن الـ GAP، والـ GMP. والـ SSOPs (وهو الـ Sanitation Standard Operating Procedures)، والأخير برنامج خاص بالتفاصيل الدقيقة لعمليات التطهير ضمن إجراءات الصحة العامة. ولا يمكن أن يكون الهاسب فعالاً إلاّ إذا كانت تلك البرامج الثلاثة مطبقة تمامًا.

هذا .. ولا يوجد حد أدنى أو أقصى لنقاط التحكم الحرجة critical control points (اختصارًا: CCPs) فى أى عملية؛ فالمهم هو التعامل مع كل المخاطر المحتملة. ويمكن تعريف الـ CCP بأنها المخاطر التى يمكن التحكم فيها ضمن برنامج للهاسب.

إن الأمر يتطلب تفهمًا كاملاً لجميع الخطوات التى يمر بها إنتاج الغذاء – بدءًا من زراعته لحين وصوله إلى المستهلك – لأجل التعرف على أفضل الوسائل لمراقبة نقاط التحكم الحرجة.

إن أمان الغذاء هو الهدف الرئيسى من تطبيق نظام الهاسب على عملية ما. ولقد طبقت التقنية ابتداءً للتحكم فى الأخطار الميكروبيولوجية، ولكنها يمكن أن تطبق بنفس السهولة على أى مخاطر أخرى، مثل التلوث الكيميائى، والأجسام الغريبة. وأعقب ذلك تضمين تقنية الهاسب نقاط التحكم فى الجودة Quality Control Points (اختصارًا: QCP)، وهى نقاط التحكم التى تهدف إلى حماية وضمان صفات جودة المنتج، وإلى الحماية من الخداع أو الاحتيال الاقتصادى. ومن الطبيعى أنه يتعين التعرف على جميع نقاط التحكم الحرجة الخاصة بالأمان وأخذها فى الحسبان قبل تضمين الـ QCPs برنامج الهاسب.

يوجد – بطبيعة الحال – عديد من العوامل التى تخرج عن دائرة تحكم محطات التعبئة، بينما هى تؤثر فى جودة الغذاء. ومن أمثلة ذلك أن إنتاج الخضر قد يكون فى مزارع صغيرة تجرى فيها العمليات يدويًا أو فى مزارع كبيرة تجرى فيها معظم العمليات آليًا، الأمر الذى يتباين معه – بشدة – نوعيات المخاطر، مثل استعمال المخلفات الحيوانية فى التسميد، والسماح برعى الحيوانات فيها، ونوعية مياه الرى ... إلخ.

ويمكن تجزئ تحليل المخاطر إلى ثلاثة مكونات، كما يلى:

١– تقييم المخاطر risk assessment:

يُعنى بذلك التقييم العلمى للتأثيرات الصحية السيئة التى قد تنتج عن تعرض الإنسان لمخاطر معروفة أو محتملة. وتتضمن تلك العملية تحديد المخاطر، ووصفها،

وتقييم عملية التعرض لها، وتوصيف المخاطر. تتم عملية التقييم على أسس كمية ونوعية مع تحديد المخاطر المرافقة غير المؤكدة.

٢- إدارة المخاطر risk management:

يُعنى بذلك عملية مقارنة لمختلف البدائل التى يمكن اتباعها، بهدف قبول أو تحجيم، أو تقليل مختلف البدائل لمختلف المخاطر لأجل اختبار وتطبيق الفعل المناسب.

٣- تبادل معلومات المخاطر risk communication:

يُعنى بذلك تبادل المعلومات التى تم التوصل إليها بشأن المخاطر بين القائمين بالتقييم والقائمين بالإدارة والشركاء الآخرين المهتمين بالأمر.

إن الهاسب نظام لتأكيد أمان الغذاء. وليس وسيلة لتأكيد جودته. ويعد منع التلوث الفيزيائى (المادى)، والكيميائى، والميكروبى للمنتج أثناء التعبئة والتجهيز ضروريًّا لتأكيد إنتاج منتج آمن. ويوصى بتخصيص فرد لكل عملية يتم فيها تداول المنتج؛ لأجل تدريب القائمين بالعمل على نظام الهاسب والإشراف الكامل على تنفيذه. ويجب أن يكون برنامج الهاسب بسيطًا قدر الإمكان وألا يتضمن عددًا كبيرًا من CCPs. هذا مع العلم بأن كل برنامج هاسب يعد فريدًا. ويجب أن يكون مفصلاً على عملية بعينها .

والخطوات السبع الأساسية للهاسب هى كما يلى:

١- عمل تحليل مخاطر.

٢- تحديد الـ CCPs للتحكم فى المخاطر التى تحديدها.

٣- وضع حدود حرجة لكل CCP.

٤- وضع متطلبات مراقبة الـ CCP.

٥- وضع إجراءات تصحيحية لاتخاذها حينما يكون أحد الـ CCPs خارج الحدود الحرجة.

٦- وضع نظام لتسجيل البيانات لتوثيق برنامج الهاسب.

٧- وضع إجراءات للتحقق من أن الهاسب يؤدى وظيفته كما ينبغى له.

تحليل أو تحرير المخاطر

يجب تقييم كل عملية يمر بها المنتج لتحديد المصادر المحتملة للتلوث المادى والميكروبى والكيميائى له. ومن بين الأمور التى تجب تقييمها: عمليات الإنتاج والحصاد، والتداول، والتغليف. والتخزين، والشحن، والتوزيع، ويكون من المفضل أن تؤدَّى هذه الخطوة بواسطة فريق من العاملين فى مجال الإدارة والإنتاج.

تسجيل وتوثيق بيانات الهاسب

يجب تنظيم كل بيانات الهاسب بطريقة تسمح بإمكان الرجوع إليها بيسر وسهولة، على أن تكون مفصلة وشاملة لكل الخطوات الأساسية لبرنامج الهاسب.

إجراءات التحقق من الهاسب

يجب أن تتم بصورة دورية عمليات تقييم للهاسب تتضمن تقييمًا لسجلات الهاسب من خلال فحص عينات عشوائية على فترات منتظمة للتأكد من أن الهاسب يؤدى وظيفته كما ينبغى.

تطبيق الهاسب

نجد – عند التطبيق – صعوبة فى التحكم فى المخاطر التى تحدث طبيعيًّا. فمثلاً .. نجد أن روث الطيور الذى يسقط منها فى الحقول والبساتين يمكن أن يشكل مخاطر لنشر الـ *E. coli* O157:H7 أو الـ *Salmonella*، ولكنها قد لا يمكن اعتبارها CCP لعدم وجود طريقة للتحكم فيها ومنع مخاطرها. كذلك لا توجد وسيلة لحساب وتقدير كم المخلفات لتحديد ما إذا كانت فى الحدود الحرجة أم لا. وينطبق الأمر ذاته على البكتيريا *Clostridium botulinum* فى التربة التى قد تشكل خطرًا، لكن لا يكون من المناسب اعتبار التربة كـ CCP لأنه ليس من الممكن – عمليًّا – تقدير أعداد الجراثيم البكتيرية فى التربة أو التحكم فيها بأى طريقة معروفة. وفى الواقع .. فإن معظم المخاطر الزراعية يكون من المفضل عدم منعها من خلال برامج الحاسب، وإنما يكون من المناسب التعامل معها من خلال برنامج الجاب.

تحديد نقاط التحكم الحرجة للتحكم فى المخاطر التى تم تعريفها

تكون الخطوة التالية فى تطوير برنامج الهاسب عمل تخطيط انسيابى flow diagram للعملية المعنية وتحديد أين يمكن منع كل واحدة من المخاطر التى تم تعريفها. ويلى ذلك تمييز كل نقطة من تلك التى سيتم مراقبتها للتحكم فى مخاطر معينة بأنها CCP.

وضع حدود للـ CCP

ما أن يتم تحديد الـ CCPs يتعين وضع حدود حرجة لها لتحديد متى يلزم اتخاذ إجراءات تصحيحية بشأنها، وتلك الحدود يجب أن تكون قابلة للملاحظة والقياس.

وضع إجراءات مراقبة وتقييم الـ CCP

إنه لمن الضرورى وضع أسس للمراقبة الدورية، وكيف ستؤخذ القياسات، وماذا يلزم للتوثيق.

الإجراءات التصحيحية إذا حدث انحراف عن الحدود الحرجة

إذا حدث انحراف عن الحدود الحرجة يجب اتخاذ إجراءات تصحيحية للتخلص من مصادر التلوث الممكنة. ويجب تسجيل كل الانحرافات والإجراءات التصحيحية كتابة (Golob وآخرون ٢٠٠٢، و Gorny & Zagory ٢٠٠٤).