التغيرات التى تحدث أثناء تخزين الأغذية المجففة

للدكتور السيد عبد البر سالم

تتعرض المواد الغذائية أثناء التخزين إلى تغيرات كيماوية أو ميكروبيولوجية أو حيوية، أهمها هى: التغيرات فى اللون الكيماوية، والتغيرات الأنزيمية التحليلية، والتلف الميكروبيولوجى، والإصابة الحشرية، والتسكر فى الفواكه المجففة، والتغيرات فى الطعم.

(أولا) تغير لون الأغذية المجففة :

تمثل مشكلة تغير اللون مشكلة كبرى عالمية الأغذية المجففة أثناء تخزينها، ويلخص Meyer (١٩٦٠) نظريات تغير اللون التى تحدث فى الأغذية فى الآتى:

(١) تغير اللون الأنزيمى : ويشمل أكسدة المركبات الفينولية بواسطة الأنزيمات المؤكسدة، كما يشمل أكسدة حمض الاسكوربيك. بعد ذلك تمر المركبات المؤكسدة بسلسلة من التفاعلات الكيماوية تنتهى بتكوين مادة الميلانين Melanin السوداء اللون. وفى حالة تخزين الأغذية المجففة لا نتوقع حدوث هذه التغيرات الأنزيمية.

(٢) تغيرات اللون غير الأنزيمية، وتشمل :

أ ــ الكرملة Caramelization : ويحدث هذا النوع من التفاعلات عند تسخين المركبات الكربونية (Carbonyl) خاصة السكريات لدرجات حرارة عالية فى غياب المركبات الأمينية، ويسمى المركب الأسود الناتج « الكرامل » "Caramel"، وهذا النوع لا يهمنا فى هذا المجال.

ب ــ تفاعلات ميلارد Maillard reactions : وفيه تتحد أو تتفاعل المركبات النيتروجينية المحتوية على مجموعات أمينية مع المركبات المحتوية على

● الدكتور السيد عبد البر سالم : باحث بمعمل الصناعات الغذائية والألبان، بالمركز القومى للبحوث.

Carbonyl groups مثل السكريات المختزلة، وتنتج بعد سلسلة من التفاعلات الكيماوية مركبات ملونة تنتهي بتكوين مادة "Melanoidins" السوداء اللون. وفى الأغذية المجففة خاصة أثناء تخزينها تتحد الأحماض الأمينية المنفردة مع السكريات المختزلة فتحدث تفاعلات ميلارد، وقد وجد أن هذه التفاعلات تزداد بزيادة درجة الحرارة وزيادة نسبة الرطوبة النسبية، ويحدث عادة عند درجات حموضة pH ما بين ٣ حتى ١٠، ويكون أسرع ما يمكن ما بين pH ٦،٥ — ٨،٥ .

وتفاعلات ميلارد مسئولة عن حوالى ٩٥٪ من تغير اللون الذى يحدث عند تخزين الجزر والكرنب والبطاطس المجففة (Barnell, Gooding and Wager ١٩٥٥). كما قام Schormüller et al (١٩٦٢) بدراسات على التغيرات التى تحدث أثناء تخزين مساحيق الحساء، ولاحظوا أن مخلوط حساء مكون من لبن فرز مجفف ومستخلص لحم وجلوتاميتات أثناء تخزينه لمدة ٥٦٣ يوما على درجة حرارة ٣٠°م انخفضت السكريات الكلية فيه من ٢٨،٣ إلى ٢٣،٩٪، وانخفضت السكريات المختزلة من ٢٠،٣ إلى ١٧،١٪، كما انخفضت السكريات غير المختزلة من ٨،٠ إلى ٦،٨٪. وفى مخلوط حساء آخر لوحظ انخفاض كمية النيتروجين الأمينى الكلى والمنفرد أثناء التخزين، وكان هذا النقص فى السكريات والمجموعات الأمينية مصاحب لزيادة درجة كثافة اللون. وعلل النقص فى السكريات على أساس استهلاك السكريات المختزلة فى تفاعلات ميلارد مع تحليل السكريات غير المختزلة كذلك إلى سكريات مختزلة وبالتالى تنقص السكريات الكلية. وفى الحالة الثانية علل انخفاض المحتوى النيتروجينى الأمينى لحدوث تحليل للنيتروجين الأمينى الكلى مكونا مجموعات أمينية منفردة تستهلك فى تفاعلات ميلارد مسببة دكانة اللون. وعند تخزين مخلوط من مسحوق الحساء على درجة ٦٠°م ورطوبة نسبية ١٠٠٪ كان الفقد فى كمية الحامض الأمينى الليسين الكلية ٦٠٪ بعد ٣٠ يوماً، بينما وصل معدل الفقد كنسبة مئوية فى كمية نفس الحامض الأمينى الكلية إلى ٦٠٪ بعد ساعة عندما رفعت درجة الحرارة إلى ١٠٠°م، وكانت درجة الرطوبة النسبية ١٠٠٪، وعند التسخين على ١٠٥°م وغياب الرطوبة النسبية وصل الفقد إلى ٧٢٪ بعد ١٠٢ ساعة. وهذه الدراسات السابقة أثبتت حدوث تفاعلات ميلارد مسببة تغير اللون إلى اللون الداكن أثناء تخزين مخاليط الحساء والمحتوية على

سكريات مختزلة وأحماض أمينية منفردة ، كما أوضحت أن ارتفاع درجة الحرارة والرطوبة النسبية يؤدى إلى إسراع هذه التفاعلات أثناء التخزين .

وعند تخزين بودرة الطماطم المجففة لاحظ Gee, Graham, and Morgan (١٩٦٧) نقصا فى بعض الأحماض الأمينية المنفردة ، مع زيادة تغير اللون إلى الغامق ، وازداد هذا النقص وزاد تغير اللون عند رفع درجة حرارة التخزين . وعلل هذا النقص باستهلاكها فى تفاعلات ميلارد .

وفى دراسة لمشكلة تغير اللون وجد أثناء تجفيف وتخزين شرائح البصل المجفف فى الجمهورية العربية المتحدة ما يلى (سالم ١٩٦٨) :

١ — غسيل الشرائح بعد تقطيع الأبصال بعد التقشير يؤدى إلى تحسين لون الناتج النهائى ، وكان الفقد فى معظم مكونات البصل الطازج أثناء التجفيف ضئيلا وذلك لأنها تغسل جزءا من السكريات المختزلة والأحماض الأمينية المنفردة الموجودة على سطح الشرائح ، وبالتالى تقلل من تفاعلات ميلارد .

٢ — تغيير سمك شرائح البصل المستخدمة فى التجفيف لم يؤثر على مكونات البصل الطازج ، إلا أن الشرائح ذات السمك الأكبر تعطى لونا أحسن من الشرائح الأخرى الأقل سمكا ، وقد يرجع ذلك إلى زيادة معدل السطح المعرض للمعاملة الحرارية أثناء التجفيف فى الشرائح الأقل فى السمك .

٣ — اتضح أن عملية الكبرتة لشرائح البصل الطازج قد حسنت من لون البصل المجفف ولكنها سببت نقصاً واضحا فى الحرافية ، ولوحظ أن ثانى أكسيد الكبريت الموجود فى العينات المكبرتة قد أخر التفاعلات التى تؤدى لحدوث ظاهرة اكتساب البصل المجفف اللون الغامق أثناء التخزين .

٤ — أثناء تخزين البصل المجفف لمدة ١٤ شهراً لوحظ أن جزءا من السكريات والأحماض الأمينية المنفردة قد تم اتخاذها فى تفاعلات ميلارد المسئولة عن تلون البصل باللون القاتم الذى أخذ يزداد بزيادة مدة التخزين .

٥ — كان ارتفاع الرطوبة النسبية مع انخفاض درجة الحرارة فى الاسكندرية أكثر تأثيراً على إسراع التفاعلات المؤدية الى زيادة كثافة اللون أثناء التخزين عن ارتفاع درجة الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية فى سوهاج ، ولكن ارتفاع درجة الحرارة فى نهاية فترة التخزين (ابريل إلى أغسطس) فى سوهاج أدى

إلى إسراع تفاعلات تغير اللون فى العينات الموجودة فى سوهاج عن العينات المخزنة بالاسكندرية .

٦ — أثبتت النتائج أن استخدام البراميل لتعبئة شرائح البصل المجفف كان لها التأثير الأقل ضررا على تغير اللون لشرائح البصل المجفف عن الصفائح والبوليثيلين فقط .

٧ — لم يعط الغاز الخامل (النيتروجين) أى تأثير على تغير اللون فى البصل المجفف .

وعند تجفيف الفاكهة غالبا ما تجرى عملية الكبرتة أى إضافة ثانى أكسيد الكبريت وذلك يؤدى إلى تثبيط التفاعلات المسئولة عن تفاعلات ميلارد عن طريق اتحادها مع Carbonyl groups الموجودة فى السكريات .

وقد لاحظ Stadtman et al (١٩٤٦) ، Barger, Pentzer, and Fisher (١٩٤٨) ، Nury, Miller and Brekk (١٩٦٠) فى دراساتهم على الأغذية المجففة خاصة التغيرات التى تحدث أثناء تخزين الفواكه المجففة مثل الزبيب والمشمش والتين يكون مصحوبا بفقد فى كمية ثانى أكسيد الكبريت ، وأضافوا أن معدل الفقد فى كمية الغاز أثناء التخزين يبلغ ٧٥٪ فى حالة المشمش ، و ٥٠٪ فى حالة الزبيب.

وأمكن حديثا تحسين لون البصل المجفف وكذلك فصوص الثوم والكرات أبوشوشة المجففة والتى تغير لونها أثناء التخزين (حامد وسالم وفودة ١٩٦٩) .

(ثانيا) التغيرات التحليلية التى تحدث أثناء تخزين الأغذية المجففة :

ذكر Acker (١٩٦٢) أن الأغذية ذات المحتوى الرطوبى المنخفض تحدث بها التفاعلات الأنزيمية ولو بسرعة منخفضة ، وهذه الأنزيمات لم يكن قد تم تثبيطها أثناء المعاملات قبل التجفيف مثل السلق ، أو أثناء التجفيف ، أو قد يحدث إعادة نشاط للأنزيمات بعد السلق . كما ذكر Acker أن هناك معاملات أخرى مثل الطحن أو التقطيع تجعل الأنزيمات والمواد التى تؤثر عليها تتلامس فيحدث التأثير .

ولاحظ Brooks (١٩٤٣) ، Simskaya (١٩٥٥) أن تثبيط الأنزيمات لا يتم أثناء إنتاج البيض المجفف ، حتى اذا تمت عملية البسترة ، ولذلك نلاحظ ظهور التفاعلات الأنزيمية أثناء تخزين البيض المجفف .

وفى حالة اللحوم المجففة نلاحظ عدم حدوث التفاعلات الأنزيمية أثناء التجفيف والتخزين وذلك لإجراء عملية طبخ اللحوم قبل التجفيف . ويظهر تأثير الأنزيمات اذا جففت اللحوم مباشرة بدون طبخ خاصة أنزيم الليبيز الذى يسبب تحليل المواد الدهنية مع انفراد الأحماض الدهنية حتى فى لحم مجفف بلغت نسبة الرطوبة فيه ٢ ٪ .

وفى دراسة قام بها Gee, Graham and Morgan (١٩٦٧) على الأحماض الأمينية المنفردة لمسحوق الطماطم باستخدام التحليل الكروماتوجرافى وجدوا أن هناك زيادة فى كمياتها بسبب التحليل الأنزيمى للمواد البروتينية المرتبطة .

كذلك ظهر التحليل الأنزيمى للسكريات إلى سكريات مختزلة وللبروتين إلى أحماض أمينية وذلك فى مخاليط الحساء المجففة ، وقد سبق ذكر نسب التحليل تحت عنوان تغيرات لون الأغذية المجففة .

وعند تخزين الدقيق لاحظ Jones and Gersdorf (١٩٤١) تحليل البروتين الموجود بواسطة الأنزيمات المحللة للبروتينات . وذكر Acker أن نشاط أنزيم الليبيز كذلك يحدث أثناء تخزين الدقيق وزاد التحليل بزيادة نسبة الرطوبة فلقد ارتفعت الأحماض الأمينية المنفردة من ٠,٧ إلى ٢٢,٣ ٪ عندما كانت نسبة الرطوبة ١٣,٧ ٪ ، بينما وصلت إلى ٢,١ ٪ عندما كانت نسبة الرطوبة ٨,٨ ٪ .

وأثناء تخزين الخبز لوحظ نشاط إنزيمات الأميلاز ونشاط أنزيم الليبيز فلذلك تزداد نسبة التحليل الناتجة فى الخبز أثناء التخزين .

وعند تخزين شرائح البصل المجففة لمدة ١٤ شهرا لوحظ زيادة فى نسبة السكريات المنفردة والأحماض الأمينية المنفردة ناتجة من تأثير الأنزيمات التحليلية أثناء التخزين .

(ثالثا) التلف الميكروبيولوجى :

تكون الأغذية المكبرتة المجففة وسطا غير ملائم لنمو الميكروبات. وعموما لا يوجد هذا النوع ولا يمثل أية مشكلة طالما استخدمنا نسبة ثانى أكسيد الكبريت الكافية لمنع تغير اللون فى الفواكه المجففة. ولقد ذكر Van Arsdel (١٩٦٤) أن المستهلك بدأ فى الأسواق العالمية يتطلب الفواكه المجففة ذات المحتوى العالى

فى الرطوبة وزادت عليها الطلبات (زيادة الرطوبة عن الحد الذى كان مستخدما بحوالى ٥ — ٢٠٪ رطوبة) ، وهذه المنتجات الغذائية العالية فى محتواها الرطوبى تفسد ميكروبيولوجيا خلال عدة أيام إذا لم يتم معاملتها بمواد تثبط نمو هذه الميكروبات، ومن هذه المواد أكسيد البروبيولين وأكسيد الإثيلين ويستخدمان بنسبة ١ — ١,٥ رطل من المحلول لكل رطل من الفواكه المجففة مع ملاحظة قفل العبوة المستخدمة قفلا محكماً حتى لا تتطاير هذه المواد . كذلك يجرى الغمر فى محاليل حمض السوربيك أو أحد أملاحه (الصوديوم والبوتاسيوم) أو رشها على صورة رذاذ للفاكهة المجففة ، ومن أهم ميزاته أنه غير متطاير ، وتستخدم النسبة فى حدود ٤٠٠ جزء فى المليون . ولا زال استخدام أشعة جاما لمعاملة الفواكه المجففة قيل تخزينها فى طور التجارب .

(رابعا) ظهور الإصابة الحشرية :

تمثل مشكلة كبرى للأغذية المجففة عموما. وقد ذكر Van Arsdel (١٩٦٤) أنه فى الإمكان وقف ظهورها كما يلى :

(١) استخدام عبوات غير منفذة للحشرات .

(٢) استخدام مبيدات حشرية مثل بروميد الميثيل وميثيل الفورمات، وذلك بإجراء عملية تدخين إذا ظهرت الإصابة الحشرية .

(٣) التخزين على درجة حرارة بين ٣٥ — ٥٠°ف .

(٤) إجراء عملية التكبرتة تؤدى إلى تثبيط نمو الحشرات .

(خامسا) التسكر :

أثناء تخزين الفواكه المجففة خاصة التين يظهر التسكر، وهو عبارة عن ظهور حبيبات تعطى قواما رمليا على السطح أو قريبا منه، وهذا يعطى مظهرا غير مرغوب فيه للفاكهة المجففة. لأنها تتشابه مع نمو الفطريات أو الكائنات الحية الدقيقة، وبالتالى يؤدى إلى نقص درجة جودة الناتج المجفف. ولقد ذكر Miller and Chichester (١٩٦٠) أن سبب التسكر وجود بلورات من الجلوكوز والفركتوز . ولاحظ Nury, Miller and Brekk (١٩٦٠) خلال دراساتهم أن تخزين التين والزبيب على ٣٥° — ٥٠°ف تسبب ظهور هذه الظاهرة فى شهور قليلة، ولكن التخزين على ٧٠°ف يمنع هذه الظاهرة .

(سادسا) تغيرات الطعم :

يمكن ملاحظة التغيرات فى الطعم وذلك بإجراء الاختبارات الخاصة بها . وقد وجـــد أن هذه التغيرات تزداد بارتفاع درجة حرارة التخزين . فعند تخزين الزبيب على درجات حرارة مختلفة فإن تغيرات الطعم تظهر فى مدة قصيرة بارتفاع درجة حرارة التخزين ، فعلى درجات حرارة ٥٠° ، ٧٠° ، ٩٠°ف لوحظ ظهور تغيرات الطعم بعد ١٦ ، ١٤ ، ٩ أسابيع على التوالى . وفى حالة البرقوق المجفف على درجات حرارة ٥٠° ، ٧٠° ، ٩٠°ف لوحظ ظهورها بعد ٦٠ ، ٤٨ ، ٩ أسابيع على التوالى . وفى حالة التين المجفف حدثت التغيرات بعد ٥٦ ، ٤٠ ، ٩ أسابيع على نفس درجات حرارة التخزين بالترتيب السابق على التوالى .

المراجع

(1) Acker, L. (1962) Adv. in Food Res., 11 : 263.

(2) Barger, W.R., W.T. Pentzer, and C.R., Fisher (1948) Food Ind., 20 : 337.

(3) Barnell, H.R., E.G. Gooding and H.G., Wager (1955) Food Tech., 9 : 168.

(4) Brooks, J. (1943) Jour. Soc. Chem. Ind. (London), 62 : 137.

(5) Gee, M., R.P. Graham, and A.I. Morgan (1967) Jour. Food Sci., 32 : 78.

(6) Hamed, M.G.E., S.A. Salem, and Y.H. Foda (1969) Res. Bull. 209, Ain Shams Univ.

(7) Jones, D.B., and C.E.F. Gersdorf (1941) Cereal Chem., 18 : 417.

(8) Miller, M.W., and C.O. Chichester (1960) Food Res., 25 : 424.

(9) Meyer, L.H. (1960) Food chemistry. Reinhold Publishing Corp., New York.

(10) Nury, F.S., M.W. Miller, and J.E. Brekk (1960) Food Tech., 14 : 113.

(11) Salem, S.A. (1968) Chemical and technological studies on the dehydration of certain Egyptian fruits and vegetables. Ph.D. Dissertation Ain Shams Univ.

(12) Schormüller, J. et al. (1962) Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung, 118 : (1) 12, (2) 116, (6) 485.

(13) Simskaya, A.M. (1955) Vorposy Pitaniya, 14 : 34.

(14) Stadtman, E.T. et al (1946) Ind. Eng. Chem., 38 : 99, 324.

(15) Van Arsdel, W.B. (1964) Food dehydration, vol. 2. Avi Publishing Corp., Inc., West-Port, Conn.

* * *