

تحضير منتجات الكرملة وتعيين قدرتها الإرجاعية

منال داغستاني⁽¹⁾ و زيد العساف⁽²⁾ و فرانسوا قره بيت⁽¹⁾

⁽¹⁾ قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة دمشق - سورية.

⁽²⁾ قسم الكيمياء التحليلية والغذائية - كلية الصيدلة - جامعة دمشق - سورية.

تاريخ الإيداع 2006/12/11

قبل للنشر في 2007/06/04

الملخص

حُضرت منتجات الكرملة (CPs) لأربعة سكاريدات مختلفة (فركتوز، غلوكوز، لاكتوز، كسيلوز) بتسخين المحاليل السكاريدية في الدرجة 100 م° مدة ثلاث ساعات في أوساط مختلفة الحموضة (2.5، 4، 7، 10 pH). درست منتجات الكرملة (CPs) طيفياً باستخدام المطياف الضوئي في المجال المرئي وفوق البنفسجي، حيث لوحظ ازدياد تشكل المركبات السمرء ومنتجات التفكك الحراري المتوسطة بازدياد زمن التسخين عموماً، وتختلف سرعة تشكلها وفقاً لنوع السكاريد وحموضة الوسط. عُينت القدرة الإرجاعية لمنتجات الكرملة، إذ وجد أن منتجات الفركتوز أعلى قدرة إرجاعية مقارنة بمنتجات السكاريدات الأخرى في الوسط القلوي. أخيراً دُرُس كميّاً تغير تركيز السكاريدات في أثناء التسخين باستخدام تقانة الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء HPLC .

الكلمات المفتاحية: منتجات الكرملة، السكاريدات الأحادية والثنائية، منتجات التخرب

الحراري، القدرة الإرجاعية.

Preparation of Caramelisation Products and Defining their Reducing Power

M. Daghestani⁽¹⁾ ; Z. AL-Assaf⁽²⁾ and F.Karabet⁽¹⁾

⁽¹⁾ Department of Chemistry- Faculty of Science- Damascus University

⁽²⁾ Department of Analytical& Food Chemistry - Faculty of Pharmacy- Damascus University

Received 11/12/2006

Accepted 04/06/2007

ABSTRACT

Four model caramelisation products (CPs) have been prepared by heating different Saccharides solutions (glucose, fructose, lactose and xylose) at 100°C for 3 hours at different pH(2.5, 4, 7 and 10). Both Browning and intermediate thermal degradation products {the caramelisation products} were studied using ultraviolet /visible spectrophotometer. Generally, the results showed that CPs increased with increasing heating time, and the formation rate depends upon the type of Saccharides and pH value. The reducing power of the four distinct CPs was defined, also. Among all the Saccharides tested, fructose CPs exhibited the highest reducing power values in alkaline solutions. Finally, the concentration changes of Saccharides during heating were quantitatively defined by using high performance liquid chromatography HPLC.

Key words: Caramelisation Products (CPs), Monosaccharides & Disaccharides, Thermal degradation products, reducing power.

المقدمة

تعدُّ تفاعلات الاسمرار إحدى الظواهر المهمة التي تحدث في الأوساط الغذائية في أثناء المعالجة والتخزين (Manzocco *et al.*, 2001). يعرف خمسة تفاعلات اسمرار أساسية تحدث في الأغذية: تفاعل ميار، الكرملة، أكسدة حمض الأسكوربيك وتفاعل اسمرار إنزيمي للفينولات وتشكيل متماثرات بنية اللون بأكسدة الليبيدات (Pizzocaro *et al.*, 1993). يُعدُّ تفاعل ميار من تفاعلات الاسمرار اللاإنزيمية، ويمكن اختصاره بتكاتف زمر أمينية (حمض أميني) مع مركبات مرجعة (سكاريدات) محدثاً بذلك تغيرات معقدة في منظومة الأغذية، ومن ثم المنظومة العضوية. يمتلك هذا التفاعل أهمية كبيرة بالنسبة للأغذية بسبب تأثيره الكبير في جودتها، فضلاً عما تبديه منتجاته من صفات مضادة للتأكسد تعود لقدرتها على كسح وتنشيط الجذور الفعالة radical scavenging activity (Marales *et al.*, 2001)، وقدرتها على تعقيد الشوارد المعدنية (Wijewickreme *et al.*, 1997) لذا كان له النصيب الأكبر من الدراسة.

تحدث الكرملة (تفاعلات تكاتف سكاريد مع سكاريد آخر نتيجة التعرض الحراري) وبشكل متزامن مع تطور اللون الأسمر الذي يسببه تفاعل ميار (Buera *et. al.*, 1987a). تتداخل تفاعلات الكرملة مع تفاعل ميار خصوصاً في الأوساط القلوية مؤدية إلى تطور زيادة سمرة الأغذية (Ajandouz *et. al.*, 2001).

ونظراً لقلّة الدراسات عن فعالية منتجات كرملة السكاريدات كمضادات للتأكسد هدف بحثنا هذا إلى تغطية هذا الجانب، ودراسة القدرة الإرجاعية لمنتجات كرملة أربعة سكاريدات مختلفة [سكاريد سداسي ألدوزي (الغلوكوز)، وسكاريد سداسي كيتوزي (الفركتوز)، وسكاريد خماسي ألدوزي (الكسيلوز)، وسكاريد ثنائي (سكر الحلبيب - اللاكتوز)] في الدرجة 100 م، مدة ثلاث ساعات في أوساط مختلفة الحموضة.

مواد البحث وطرقه

تم تحضير محاليل (0.1 M) لكل من السكاريدات الآتية:

D - غلوكوز (Glc)، D - فركتوز (Fru)، D - كسيلوز (Xyl) واللاكتوز (Lac) في أوساط مختلفة الـ pH 2.5، 4، 7، 10 حيث ضبطت pH الوسط باستخدام محلول KOH & HCl. وضعت العينات في أنابيب زجاجية ذات غطاء في المحم عند الدرجة 100م°. تم سحب عينات كل (0، 10، 20، 30، 60، 90، 120، 150، 180) دقيقة ووضعت مباشرة في حمام ثلجي، ثم حفظت في البراد في الدرجة -1 م° للدراسة.

الدراسة الطيفية

تمت مراقبة تشكل المركبات الوسيطة بتسجيل قيم امتصاص المحاليل عند الأطوال الموجية 205، 285 نانومتراً (Benjakul, S. *et al.* 2005) باستخدام مطياف الأشعة المرئية وفوق البنفسجية من شركة secomam، كما سجلت درجة الاسمرار عند طول الموجة 420 نانومتراً (Manzocco, L. *et al.*, 2001).

لتمديد العينات أخذ 300 ميكرو لتر من المحلول السكريدي، وأضيف إليه 300 مل ماء مقطراً، ودرست قيم الامتصاص لمراقبة تحول المركبات التي تمتص في مجال الـUV (فوق البنفسجي) إلى ممتاثرات بنية اللون في أثناء التسخين عند الدرجة 100 درجة مئوية.

تعيين القدرة الإرجاعية لمنتجات التفاعل

جرى تعيين القدرة الإرجاعية لمنتجات التفاعل بعد تعديل طريقة (Sasaki *et al.*, 1991)* {لتداخل امتصاص شاردة الحديد الثلاثي مع منتجات التفاعل عند طول الموجة 420 نانومتراً}، من خلال دراسة تفاعل منتجات الكرملة مع أيونات الحديد الثلاثي بحضور الفينانترولين الذي يشكل معقداً أحمر مع شاردة الحديد الثلاثي، وتسجيل قيم الامتصاص للمعقد $[Fe^{+2}$ -فينانترولين] عند طول الموجة 510 nm.

لهذه الغاية أخذ 200 ميكرو لتر من منتجات الكرملة CPs وأضيف إليه 2 مل من محلول مائي من سيانيد الحديد و البوتاسيوم $K_3Fe(CN)_6$ ذي التركيز 1mM مدة 15 دقيقة، ومن ثم أضيف 3 مل من محلول الفينانترولين (1 ملغ/مل)، وترك المزيج مدة 20 دقيقة في الدرجة العادية، ثم سجل الامتصاص عند طول الموجة 510 نانومتراً.

تعيين السكريدات

تم تعيين السكريدات الأربعة بالتحليل على جهاز الـHPLC، وفق شروط التحليل الآتية:

العمود 5μ Tracer Spherisorb NH2 (25x0.46 cm) من شركة Tekno kroma الطور المتحرك أسيتونتريل/ ماء (V/V 1/3)

المكشاف UV\VIS من شركة Jasco نموذج UV-970، طول الموجة 200 nm سرعة التدفق 0.5 ml/min

حسب التركيز الوزني المئوي لسهولة المناقشة.

* تتلخص طريقة (Sasaki *et al.*, 1991) بتفاعل المنتجات مع سيانيد الحديد والبوتاسيوم، حيث تقوم هذه المنتجات على إرجاع شوارد Fe^{+3} إلى شوارد Fe^{+2} ، وتتم مراقبة التفاعل بتسجيل تناقص امتصاص شوارد Fe^{+3} عند طول الموجة 420 nm.

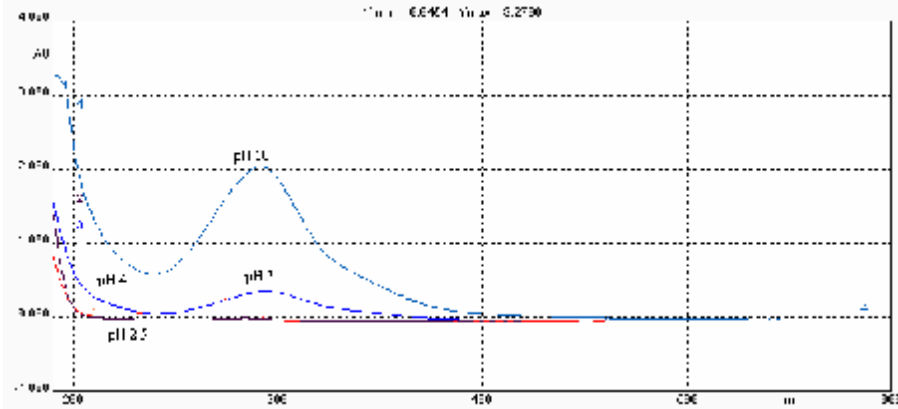
الدراسة الإحصائية

أنجزت كل تجربة ثلاث مرات، وأخذ متوسط الحسابات وأدرج في النتائج، كما حسب الانحراف المعياري SD لكل تجربة.

النتائج والمناقشة

الدراسة الطيفية

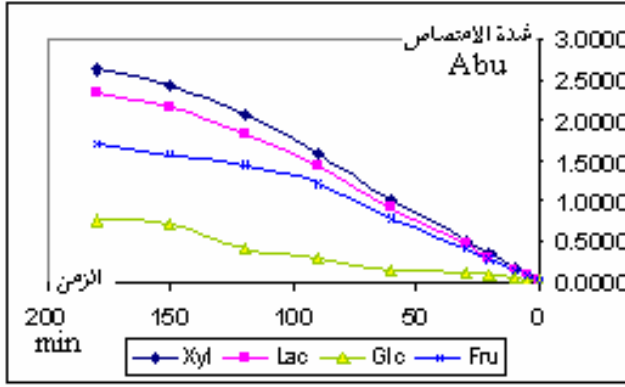
تستخدم قيم الامتصاص في مجال فوق البنفسجي (UV) لمراقبة منتجات التحولات المتوسطة من تفاعلات الاسمرار اللاينزيمية (Benjakul *et. al.*, 2005). يبين الشكل (1) مثلاً عن طيوف امتصاص منتجات التفكك الحراري للسكريدات المدروسة، وهي طيوف محاليل كرملة الفركتوز باختلاف pH الوسط عند أطوال الموجة 205، 285 نانومتراً. لوحظت قيم الامتصاص لـ CPS في الوسط القلوي لجميع السكريدات المدروسة تزداد بصورة كبيرة بالمقارنة مع مثيلاتها في الوسط المعتدل والحمضي، وهو موافق لما تم ذكره في مقالة (Ajandouz *et. al.*, 2001)، ولما كانت المحاليل السكرية في الوسط الحمضي لم تعط أي امتصاص عند طول الموجة 285 و 420 نانومتراً بعد كرملة؛ لذا سنناقش نتائج كرملة السكريدات في الوسط المعتدل والقلوي.



الشكل (1) طيف امتصاص محلول الفركتوز بعد تسخينه 3 ساعات عند الدرجة 100 م°

يلاحظ في الوسط المعتدل أن قيم الامتصاص عند طولي الموجة 205 و 285 نانومتراً للسكريدات تزداد عموماً بازدياد زمن التسخين، ووجد أن منتجات كرملة الكسيلوز عند طول الموجة 205 نانومتر تمتلك قمة امتصاص أعلى من مثيلاتها بالنسبة للفركتوز، ويأخذ تناقص الامتصاص الترتيب الآتي:

الكسيلوز <اللاكتوز> <الفركتوز> <الغلوكوز> (الموضحة في الجدول 1 والشكل 2).



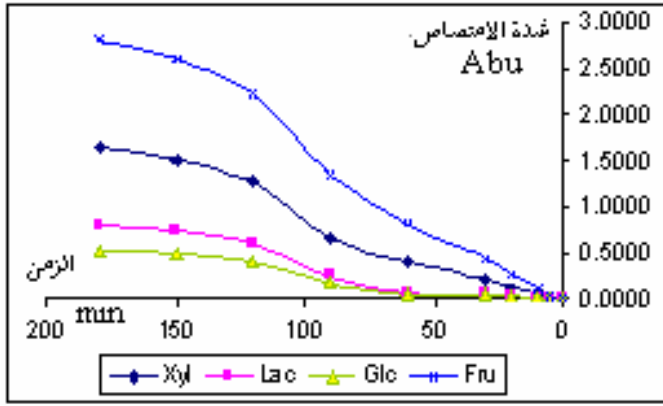
الشكل (2) تغير الامتصاص عند طول الموجة 205nm كتابع للزمن باختلاف المحاليل السكرية (pH 7).

الجدول (1) قيم الامتصاص عند طول الموجة 205nm باختلاف المحاليل السكرية (pH 7)

Time (min)	Xyl	Lac	Glc	Fru
0	0.0001	0.0005	0.0001	0.0002
5	0.0845	0.0752	0.0270	0.0755
10	0.1690	0.1504	0.0440	0.1410
20	0.3380	0.3008	0.0780	0.2720
30	0.5070	0.4512	0.1020	0.4030
60	1.0140	0.9025	0.1568	0.7820
90	1.5932	1.4189	0.2960	1.2200
120	2.0528	1.8270	0.4080	1.4568
150	2.4350	2.1672	0.7123	1.5715
180	2.6232	2.3346	0.7568	1.7012

ويشكل معاكس تبدي منتجات كرملة الكسيلوز عند طول الموجة 285 نانومتراً قيم امتصاص أقل من مثيلاتها بالنسبة للفركتوز، في حين تمتلك منتجات كرملة الغلوكوز أقل نسبة تزايد في الامتصاص عند كلا طولي الموجة 205 و 285 نانومتراً، ويأخذ تناقص الامتصاص الترتيب الآتي:

الفركتوز <الكسيلوز> <اللاكتوز> <الغلوكوز> (الموضحة في الجدول 2 والشكل 3).



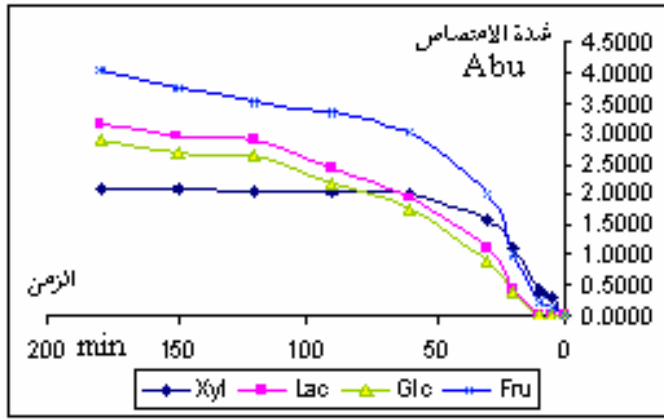
الشكل (3) تغير الامتصاص عند طول الموجة 285 nm كتابع للزمن باختلاف المحاليل السكرية (pH 7)

تبين هذه النتائج اختلاف المركبات المتوسطة وسرعة تشكلها مع اختلاف الامتصاص الأعظمي باختلاف السكريات المدروس.

الجدول (2) قيم الامتصاص عند طول الموجة 285nm باختلاف المحاليل السكرية (pH 7)

Time (min)	Xyl	Lac	Glc	Fru
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0138
10	0.0532	0.0000	0.0000	0.0978
20	0.1000	0.0189	0.0126	0.2658
30	0.2020	0.0452	0.0301	0.4338
60	0.4013	0.0684	0.0456	0.8030
90	0.6423	0.2385	0.1590	1.3450
120	1.2564	0.5898	0.3932	2.2280
150	1.5012	0.7284	0.4856	2.6011
180	1.6321	0.7824	0.5216	2.8215

لوحظت أشكال مختلفة من التغيرات في قيم الامتصاص لمنتجات كرملة السكريات المدروسة في الوسط القلوي بالمقارنة مع مثيلاتها في الوسط الحمضي والمعتدل، حيث كان الازدياد حاداً وسريعاً خلال الـ 60 دقيقة الأولى في قيم الامتصاص عند طول الموجة 285 نانومتراً لجميع السكريات الأربعة، ولم يلاحظ تغير واضح في قيم امتصاص بالنسبة للكسيلوز بعد الـ 50 دقيقة الأولى وحتى 180 دقيقة مقارنة بالغلوكوز والفركتوز. (جدول 3 وشكل 4) الأمر الذي يسمح بالنظر إلى تفاعل كرملة الكسيلوز الذي يجرى خلال الساعة الأولى، في حين تطلبت السكريات الأخرى زمناً أكبر.



الشكل (4) تغير الامتصاص عند طول الموجة 285 nm كتابع للزمن باختلاف المحاليل السكرية (pH 10)

الجدول (3) قيم الامتصاص عند طول الموجة 285nm باختلاف المحاليل السكرية (pH 10)

Time (min)	Xyl	Lac	Glc	Fru
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.2901	0.0023	0.0021	0.1511
10	0.4098	0.0046	0.0038	0.2512
20	1.1137	0.4319	0.3926	1.0023
30	1.5689	1.0806	0.9005	2.0090
60	2.0012	1.9446	1.7678	3.0281
90	2.0524	2.4213	2.2012	3.3528
120	2.0611	2.8989	2.6354	3.5252
150	2.0875	2.9654	2.6958	3.7560
180	2.1021	3.1803	2.8912	4.0129

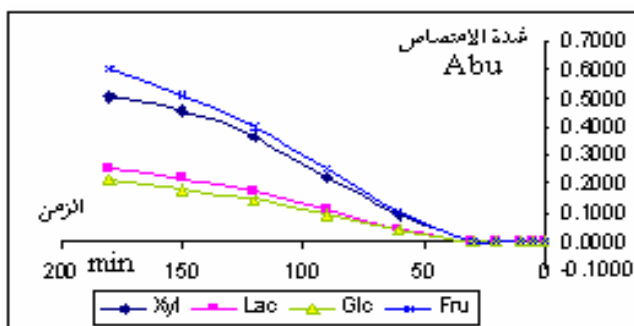
مما سبق نستطيع القول: إن ظهور منتجات التحول المتوسطة تترافق مع ازدياد تحول السكر، ويبيد الفرق أعلى نسبة تحول مقارنة بالسكريات الثلاثة الأخرى.

تمت مراقبة الاسمرار بقياس الامتصاص عند طول الموجة 420 نانومتراً لمختلف السكريات في محاليل ذات قيم مختلفة من الـ pH (جدول 4، شكل 5 و6).

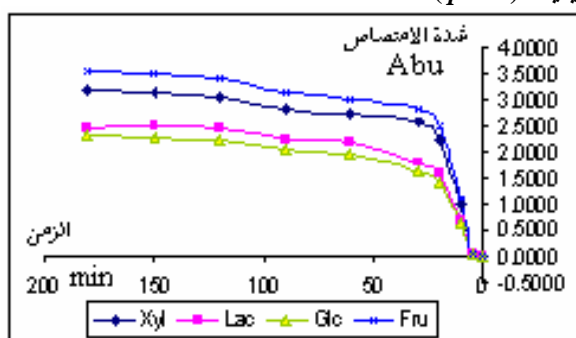
لوحظ ازدياد الاسمرار بازدياد زمن التسخين، وحدث اسمرار بدرجة كبيرة في الوسط القلوي (pH 10)، حيث يحصل اسمرار شديد خلال الـ 20 دقيقة الأولى، ومن ثم يتزايد الاسمرار قليلاً ليصل الامتصاص إلى العتبة.

ويكون الفركتوز أكثر ميلاً للاسمرار في الوسط القلوي مقارنة بالسكريات الأخرى.

[الشكل (6)]



الشكل (5) تغير الامتصاص عند طول الموجة 420 nm كتابع للزمن باختلاف المحاليل السكرية (pH 7)



الشكل (6) تغير الامتصاص عند طول الموجة 420 nm كتابع للزمن باختلاف المحاليل السكرية (pH 10).

توصل (Hofmann, 1999) إلى معرفة منتجات تحول السكريات الأحادية كمواد تؤدي إلى اسمرار المحاليل وهي غلوكوزون منقوص الأوكسجين Deoxyglucosone، غليوكسال وميتيل غليوكسال، هيدروكسي بروبانون-2 و3- هيدروكسي بوتانون-2.

يمكن أن يعزى اختلاف الاسمرار بين السكريات المدروسة إلى اختلاف سرعة التحولات الجارية على السكريد وآلية فتح حلقة هيمي أسيتال وendiol السكرية (Buera et al., 1987).

ويتأثر تطور السمرة بنوع السكريد و pH الوسط؛ حيث تتناقص سرعة تطور اللون بتناقص pH الوسط، ويأخذ التسلسل الآتي: Fru > Xyl > Lac > Glc.

الجدول (4) قيم الامتصاص عند طول الموجة 420 nm باختلاف المحاليل السكاريدية

Time (min)	Xyl		Lac		Glc		Fru	
	pH 7	pH 10	pH 7	pH 10	pH 7	pH 10	pH 7	pH 10
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0452	0.0000	0.0316	0.0000	0.0285	0.0000	0.0502
10	0.0000	0.9916	0.0000	0.6941	0.0000	0.6247	0.0000	1.1018
20	0.0000	2.2500	0.0000	1.5750	0.0000	1.4175	0.0000	2.5000
30	0.0000	2.5650	0.0000	1.7955	0.0000	1.6160	0.0000	2.8500
60	0.0911	2.7109	0.0437	2.1687	0.0364	1.9518	0.1012	3.0121
90	0.2257	2.8177	0.1083	2.2542	0.0903	2.0288	0.2508	3.1308
120	0.3611	3.0600	0.1733	2.4480	0.1444	2.2032	0.4012	3.4000
150	0.4554	3.1500	0.2186	2.5200	0.1822	2.2680	0.5060	3.5000
180	0.5001	3.2038	0.2525	2.4563	0.2098	2.3068	0.6002	3.5598

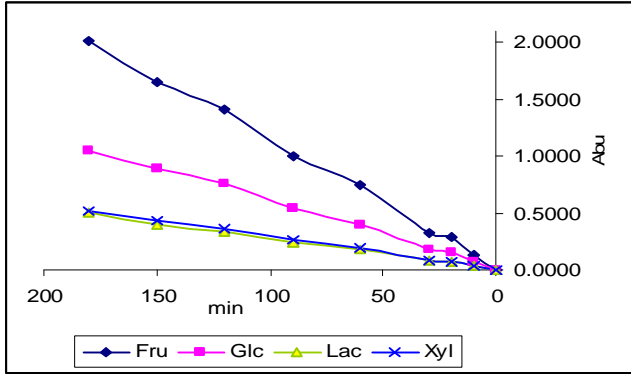
تعيين القدرة الإرجاعية لمنتجات الكرملة

درست القدرة الإرجاعية لمنتجات كرملة المحاليل السكاريدية المدروسة المحضرة بالتسخين عند $pH 7$, $pH 10$ بمرور الزمن، من خلال دراسة تفاعل منتجات الكرملة CPs مع أيونات الحديد الثلاثي بحضور الفينانترولين وتسجيل قيم الامتصاص للمعقد $[Fe^{+2}$ -فينانترولين] عند طول الموجة 510 nm.

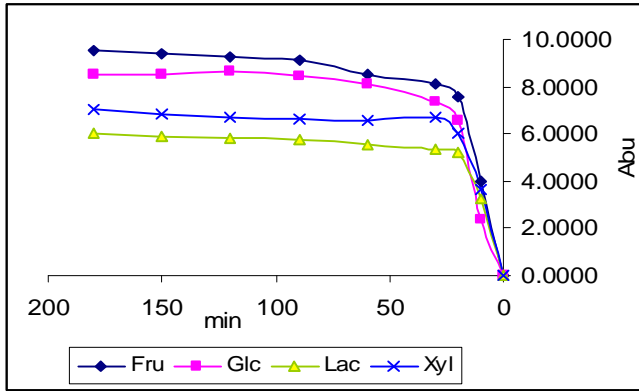
يبين الجدول (5) أنه في الشروط المعتدلة يزداد الامتصاص بشكل خطي مع مرور الزمن الشكل (7) وتملك منتجات كرملة الفركتوز أعلى قيمة إرجاعية مقارنة بالقدرة الإرجاعية لمنتجات CPs للسكاريديات الثلاثة الأخرى، بالمقابل تزداد القدرة الإرجاعية بصورة كبيرة في الـ 20 دقيقة الأولى في الوسط القلوي ولا يعطي التسخين خلال فترات زمنية أطول زيادة كبيرة في القدرة الإرجاعية للوسط التفاعلي. تبدو القدرة الإرجاعية لمنتجات كرملة الهكسوزات أعلى من القدرة الإرجاعية لمنتجات كرملة البننوزات، أما منتجات كرملة اللاكتوز فأقلها قدرة على الإرجاع (شكل 8 و جدول 5).

الجدول (5) قيم الامتصاص للمعقد $[Fe^{+2}$ _ فينانترولين] عند طول الموجة 510 نانومتر باختلاف CPs المتفاعلة كتابع للزمن

الزمن min	Fru		Glc		Lac		Xyl	
	pH 7	pH 10	pH 7	pH 10	pH 7	pH 10	pH 7	pH 10
0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	0.1328	3.9564	0.0712	2.3538	0.0323	3.2568	0.0345	3.6581
20	0.2935	7.5652	0.1573	6.5698	0.0713	5.1932	0.0763	6.0354
30	0.3267	8.1240	0.1751	7.3590	0.0794	5.3054	0.0849	6.6982
60	0.7500	8.5021	0.4020	8.1239	0.1823	5.5451	0.1950	6.5236
90	1.0030	9.1023	0.5376	8.4325	0.2437	5.7367	0.2608	6.6314
120	1.4083	9.2300	0.7548	8.6370	0.3422	5.8189	0.3662	6.7081
150	1.6590	9.4230	0.8892	8.5236	0.4031	5.9114	0.4313	6.8369
180	2.0210	9.5000	1.0549	8.5026	0.5027	5.9803	0.5216	7.0356



الشكل (7) تغير الامتصاص للمعقد $[Fe^{+2}$ - فيناترولين] عند طول الموجة 510 نانومتر باختلاف CPs المتفاعلة كتابع للزمن (pH 7)

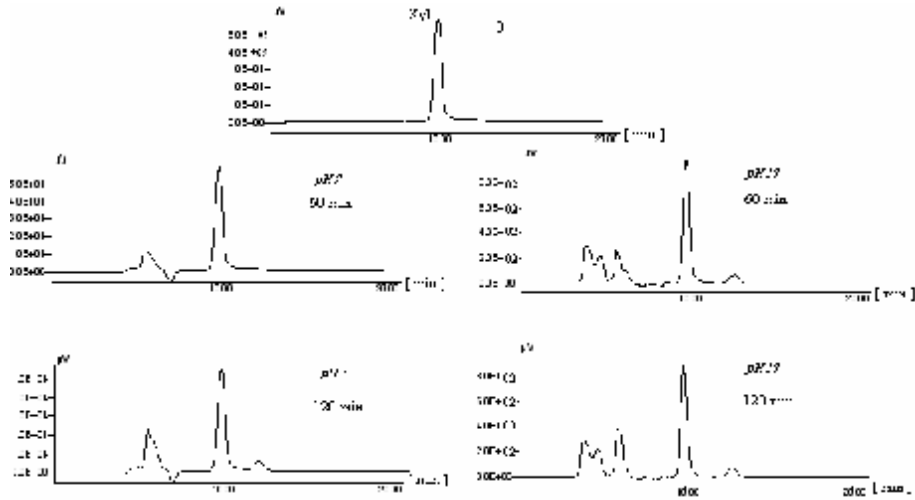


الشكل (8) تغير الامتصاص للمعقد $[Fe^{+2}$ - فيناترولين] عند طول الموجة 510 نانومتر باختلاف CPs المتفاعلة كتابع للزمن (pH 10)

تعيين السكريات

يؤدي تسخين المحاليل السكرية إلى تحولات تطال البنية الجزيئية للسكريد، حيث لوحظ من نتائج تحليل الـ HPLC انخفاض مساحة القمم الموافقة لكل سكاريد (مع ظهور قمم أخرى تعود لنواتج التفكك)؛ مما يدل على تناقص تركيز السكريد المدروس بشكل عام بازدياد زمن التسخين.

يبين الشكل (9) مثلاً عن نتائج التحليل باستخدام الـ HPLC لمحاليل أحد السكريات المدروسة، وهو كروماتوغرام سجل لمنتجات كرملة الكسيلوز في أوساط مختلفة الحموضة بعد التسخين خلال فترة من الزمن.



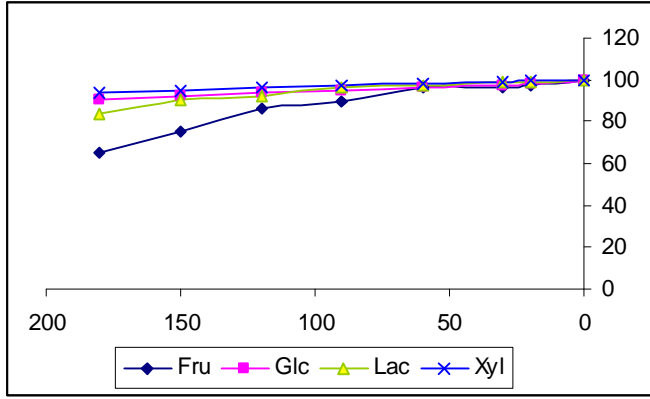
الشكل (9) كروماتوغرام سجل على جهاز الـ HPLC يبين التغير الجاري على الكسيلوز في أوساط مختلفة الحموضة في أثناء تعرضه لعملية الكرملة بعد مضي فترات زمنية مختلفة.

يبين الجدول (6) تزايد نسبة تحول السكريات بالوسط القلوي مقارنة بالتحولات الجارية في الوسط المعتدل، أما في الوسط الحمضي فيلاحظ تناقص قليل في تركيز كل من الفركتوز والغلوكوز والكسيلوز وحلمهة كلية للاكتوز بعد التسخين مدة 60 دقيقة .

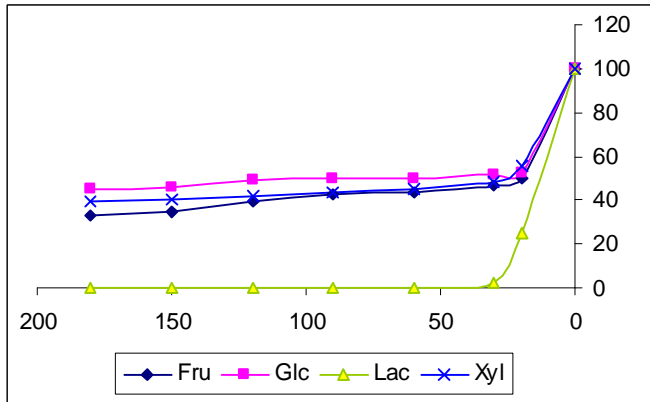
الجدول (6) تغير التركيز المئوي للسكريات المدروسة في أثناء التسخين في أوساط مختلفة الحموضة كتابع للزمن

السكريد		0	20 min	30 min	60 min	90 min	120 min	150 min	180 min
Fru %	pH 2.5	100	99.59	99.40	98.90	98.48	98.15	97.92	97.77
Glc %		100	99.77	99.65	99.42	98.96	98.50	98.24	98.10
Lac %		100	80.12	40.05	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Xyl %		100	99.85	99.80	99.62	99.45	99.27	99.10	98.95
Fru %	pH 7	100	97.4	96.5	96.2	90.1	86.2	75.3	65.5
Glc %		100	98.1	97.5	96.1	94.5	93.6	92.0	90.8
Lac %		100	99.2	98.9	97.5	96.1	92.5	90.7	83.5
Xyl %		100	99.5	99.4	98.3	97.4	96.7	95.3	94.1
Fru %	pH 10	100	50.07	46.57	43.65	42.40	39.19	35.00	33.20
Glc %		100	52.24	51.20	50.09	49.63	49.15	46.00	45.38
Lac %		100	25.08	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Xyl %		100	55.63	48.50	45.05	43.72	42.00	40.00	39.23

يلاحظ من النتائج المبينة في الجدول (6) عدم تعرض السكاريدات المدروسة في الوسط الحمضي لتغيرات تذكر خلال التسخين مدة 180 دقيقة، فيما عدا حالة اللاكتوز الذي تعرّض لحممة طالت الرابطة الغلايكوزيدية بين وحدتيه (الغلوكوز والغالاكتوز). من جهة أخرى سُجّلت تحولات طفيفة لدى حضن السكاريدات في الوسط المعتدل فيما عدا الفركتوز الذي فقد نحو 35 % والموضح في الشكل (10).



الشكل (10) تغير التركيز المئوي للسكاريدات المدروسة في أثناء الكرملة كتابع للزمن عند $pH 7$ كما يلاحظ تحول كبير للسكاريدات في الوسط القلوي خلال دقائق التسخين الأولى (أول 20 دقيقة)، ومن ثم تحول تدريجي خلال التسخين مدة 180 دقيقة بسبب تشكل الأينديولات التي تستدعي تحولات إيزوميرية متوازنة، يوضح الشكل (11) تغير تركيز المحاليل السكاريدية بزيادة زمن التسخين.



الشكل (11) تغير التركيز المئوي للسكاريدات المدروسة في أثناء الكرملة كتابع للزمن عند $pH 10$

كان الغلوكوز أقل السكريات المدروسة تحولاً في الوسط القلوي مقارنة بالسكريات الثلاثة الأخرى، حيث وصل تركيزه إلى 45.38% بعد التسخين مدة 3 ساعات. في حين يلاحظ تحول كلي للاكتوز، إذ يتماكب اللاكتوز في الوسط المعتدل إلى لاكتولوز Lactulose، ومن ثم يحدث تحول تال إلى الغالاكتوز وحمض النمل ومركبات تتضمن بنيتها خمس ذرات كربون مثل ريبوز منقوص الأكسجين وبنترولوز 3 - منقوص الأكسجين والفورفورال (إلا أن كمية هيدروكسي ميثيل الفورفورال والفورفورال قليلة لأنها ليست منتجات التحول الأساسية)، ومنتجات أخرى تتضمن في بنيتها ست ذرات كربون مثل أوزونات منقوصة الأوكسجين (Berg et. al.,1994) deoxyosones

النتيجة

بينت الدراسة اختلاف المركبات المتوسطة باختلاف السكريات المدروس وذلك بعد مراقبة قيم الامتصاص في مجال UV فوق البنفسجي عند أطوال الموجة 205، 285 نانومتراً، وازدياد قيم الامتصاص لمنتجات الكرملة في الوسط القلوي (بغض النظر عن نوع السكريات) وبصورة كبيرة بالمقارنة مع مثيلاتها في الوسط المعتدل والحمضي. فضلاً عن تأثير تطور السمرة بنوع السكريات و pH الوسط؛ حيث تتناقص سرعة تطور اللون بتناقص pH الوسط ، ويأخذ التسلسل الآتي:

Fru > Xyl > Lac > Glc. وإن القدرة الإرجاعية لمنتجات كرملة الفركتوز المحضرة في وسط قلوي أعلى من القدرة الإرجاعية لمنتجات كرملة الكسيلوز المحضرة بالشرط نفسه، أما منتجات CPs اللاكتوز فأقلها قدرة على الإرجاع.

المراجع REFERENCES

- Ajandouz, E. H., Tchiakpe, L. S., DalleOre, F., Benajiba, A., & Puigserver, A. (2001). Effect of pH on caramelization and Maillard reaction kinetics in fructose-lysine model systems. *Journal of Food Science*, 66, 926-931.
- Benjakul, S., Visessanguan, W., Phongkanpai, V. and Tanaka, M. (2005). Antioxidative activity of caramelisation products and their preventive effect on lipid oxidation in fish mince, *Food Chemistry* 90, pp. 231-239.
- Berg, H. E., Van Boekel, M. A. J. S. (1994). Degradation of lactose during heating milk, *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 48, pp. 157-175.
- Buera, M. D. P., Chirife, J., Resnik, S. L., & Wetzler, G. (1987a). Nonenzymatic browning in liquid model system of high water activity: Kinetics of color changes due to Maillard's reaction between different single sugars and glycine and comparison with caramelization browning. *Journal of Food Science*, 52, pp. 1063-1067.
- Buera, M. D. P., Chirife, J., Resnik, S. L. and Lozano, R. D. (1987b). Nonenzymatic browning in liquid model systems of high water activity: Kinetics of color changes due to caramelization of various single sugars. *Journal of Food Science*, 52, pp. 1059-1062.
- Hofmann, T. (1999). Quantitative studies on the role of browning precursors in the Maillard reaction of pentoses and hexoses with L-alanine. *European Food Research and Technology*, 209, pp. 113-121.
- Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M. C. and Lericci, A. R. (2001). Review of nonenzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods, *Trends in Food Science & Technology*, 11, pp. 340-346.
- Marales, F. J. and Jimenez-Perez, S. (2001). Free radical scavenging capacity of Maillard reaction products as related to colour and fluorescence. *Food Chemistry*, 72, pp. 119-125.
- Pizzocaro, F., Torreggiani, D. and Gilardi, G. (1993). Inhibition of apple polyphenol oxidase by ascorbic acid, citric acid and sodium chloride. *Journal of Food Processing and Preservation*, 17, pp. 21-30.
- Sasaki, K., Matsumoto, I. and Beppu, M. (1991). Cyanogen bromide treatment. In *Affinity Chromatography*; Tokyo Kagaku Dojin: Tokyo, pp. 117-130.
- Wijewickreme, A. N., Kitts, D. D. and Durance, T. D. (1997). Reaction condition influence the elementary composition and metal chelating affinity of nondialyzable model Maillard reaction products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, pp. 4577-4583.