

## دراسة بعض العوامل المؤثرة في منتجات تفاعل ميار جملة (لوسين - سكاريد)

منال داغستاني<sup>(1)</sup> و زيد العساف<sup>(2)</sup> و فرانسوا قره بيت<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة دمشق - سورية  
<sup>(2)</sup> قسم الكيمياء التحليلية والغذائية - كلية الصيدلة - جامعة دمشق - سورية

تاريخ الإيداع 2006/01/08

قبل للنشر في 2006/12/03

### الملخص

طبق تفاعل ميار بمفاعلة الحمض الأميني (لوسين) مع سكاريد سداسي ألدوزي (الغلوكوز) وسكاريد سداسي كيتوزي (الفركتوز) وسكاريد خماسي ألدوزي (الكسيلوز) وسكاريد ثنائي (سكاريد الحليب - اللاكتوز) في الدرجة 100 م° مدة 24 ساعة، حيث تمت مراقبة pH الوسط في أثناء التفاعل بمرور الزمن ويتغير نسب المتفاعلات الابتدائية، ثم جُزئت منتجات التفاعل بالايثانول المطلق إلى منتجات منخفضة الوزن الجزيئي Low molecular weight (LMW) ومنتجات عالية الوزن الجزيئي High molecular weight (HMW). درست منتجات تفاعل لوسين - سكاريد طيفياً باستخدام مطياف التناقص ومقياس الطيف الضوئي بالمجال المرئي وفوق البنفسجي ولوحظ ميل منتجات تفاعل لوسين - كسيلوز الواضح لتشكيل بوليمرات بنية اللون بمعدل كبير مقارنة بمنتجات تفاعل لوسين - فركتوز وغلوكوز ولاكتوز على التوالي. كما عُينت القدرة الإرجاعية لمنتجات التفاعل والتي بينت أن منتجات التفاعل عالية الوزن الجزيئي تمتلك قدرة إرجاعية أكبر من منتجات التفاعل منخفضة الوزن الجزيئي.

الكلمات المفتاحية: منتجات تفاعل ميار (MRPs: Maillard Reaction Products)،

السكرادات الأحادية والثنائية، القدرة الإرجاعية.

## Studying some effective factors on maillard reaction products (Saccharides–Leucine) system

Manal Daghestani<sup>(1)</sup>; Zed AL-Assaf<sup>(2)</sup>  
and Fransoa Karabet<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Department of Chemistry- Faculty of Science-Damascus University-Syria

<sup>(2)</sup> Department of Analytical& Food Chemistry-Faculty of Pharmacy-Damascus University-Syria

received 08/01/2006

Accepted 03/12/2006

### ABSTRACT

Four Model Maillard reactions (MRs) have been carried out using Leucine with each of the following Saccharides; aldohexose (glucose, Glc), ketohexose (fructose, Fru), aldopentose (xylose, Xyl) and disaccharide (Lactose, Lac) at 100 °C and for 24hrs. The pH changes with time were monitored during the reactions at different initial reactant ratio. The products of the reactions (MRPs) were then separated by absolute ethanol into low and high molecular weight fractions (LMW & HMW). The four distinct Saccharides–Leucine MRPs were studied by fluorescence and ultraviolet /visible spectrophotometer. The results showed the tendency of Xyl–Leu MRPs to form brown polymers with relatively high reaction rates compared to Fru, Glc and Lac -Leu MRPs respectively. Further characterization of reducing power of the Saccharides – Leu (MRPs) was performed and showed that different Saccharides –Leu HMW (MRPs) had a higher reducing power than LMW ( MRPs).

**Key words:** Maillard reaction products (MRPs); Monosaccharides & Disaccharides; Reducing power.

## المقدمة

يعدُّ تفاعل ميار أحد تفاعلات الاسمرار اللاإنزيمية المهمة التي تحدث في الأغذية في أثناء المعالجة والتخزين (Manzocco *et al.*, 2001). وصف هذا التفاعل أول مرة من قبل لويس ميار (1912) ودرست آليته من قبل كيميائي الأغذية (Homma *et al.*, 1982).

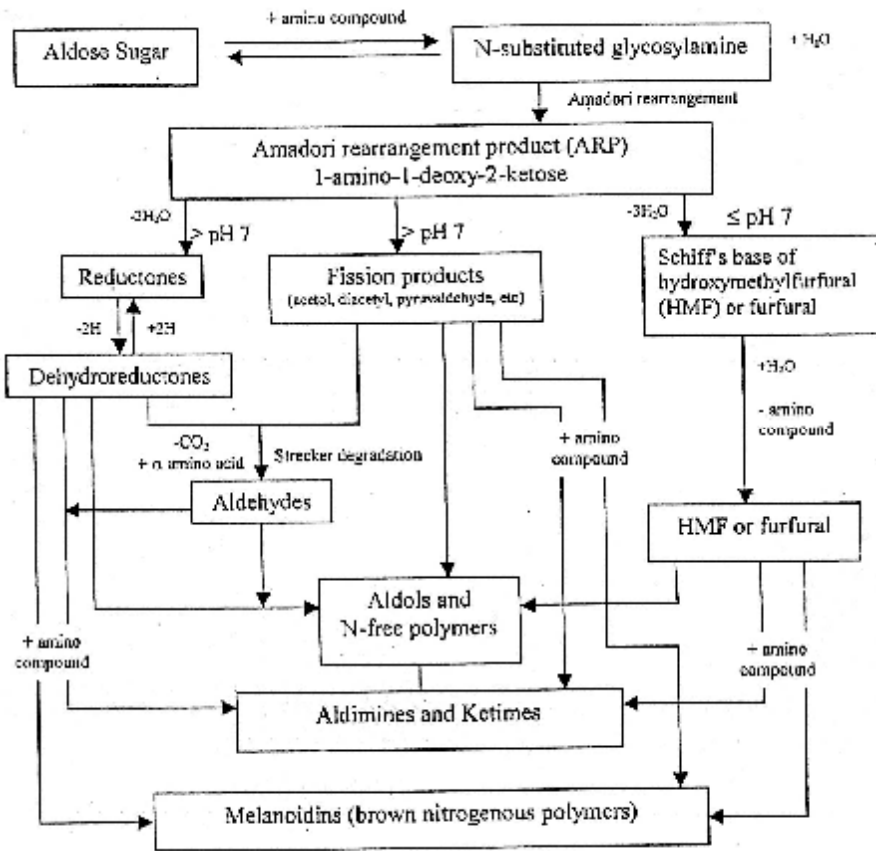
يبدأ التفاعل بتكاثف الزمرة الأمينية للحمض الأميني مع الزمرة الكربونيلية للسكراريد المرجع محدثاً تفاعلات معقدة ينتج عنها مركبات قابلة للتطاير (مثل الايتانال، ميتيل البروبانال) ومنتجات متوسطة إضافة إلى تشكل بوليمرات عالية الوزن الجزيئي تؤثر نوعياً في الرائحة واللون والطعم (Brands *et al.*, 2000).

يوضح المخطط التفاعلي (I) مراحل تفاعل ميار، حيث تتألف المرحلة الأولى من تكاثف السكراريد مع الزمرة الأمينية للحمض الأميني وفقدان الماء من الجزيء ينتج الإيمين (أساس شيف غير الثابت) القابل للتعلق (منتجاً N - غليكوزيد)، يخضع أساس شيف لإعادة ترتيب أمادوري معطياً كيتوزات من الشكل 1 -أمينو -1- منقوص الأوكسجين -2- كيتوز (1-amino 1-deoxy -2-ketose). كما تتخرب السكراريدات في المرحلة المتوسطة منتجة مركبات بنية اللون، أما في المرحلة الأخيرة فيحدث تكاثف ينتج عنه أوليغومير وبوليميرات عالية الوزن الجزيئي بنية اللون. تختلف منتجات التفاعل باختلاف العوامل المؤثرة (كالتفاعلات الابتدائية، pH وسط التفاعل، درجة حرارة التفاعل وزمن التفاعل).

يحتل هذا التفاعل أهمية كبيرة بالنسبة للأغذية بسبب تأثيره الكبير في جودتها (Van Boekel, 1998)، حيث ينتج عنه رائحة الكراميل والألوان السمراء الذهبية المرغوب فيها (الخبز وعصير الصويا وشوكولا الحليب واللحم المشوي والقهوة والكراميل). وينجم عنه في بعض الأحيان آثار غير مرغوب فيها كالاسمرار الداكن في الأغذية وظهور نكهة غير مستساغة (البطاطا المجففة وبودرة البيض ودقيق الذرة والأطعمة المجففة كالحليب والفواكه) التي ترافقها آثار سلبية في القيمة الغذائية للأطعمة كفقدان الحموض الأمينية الضرورية (الليزين بصورة خاصة). كما يؤدي هذا التفاعل إلى تشكيل مركبات ذات حلقات غير متجانسة كمشتقات البيرازين والبيرول (Brands *et al.*, 2000)، وتشكيل المركبات المسرطنة مثل الأكريل أميد (Stadler *et al.*, 2002).

يهدف هذا البحث إلى دراسة تفاعل جمل لوسين - سكاريد بنسب متفاعلات مختلفة دون استخدام وسط موق مع مراقبة pH الوسط بمرور الزمن في الدرجة 100م، ومن ثم

دراسة القدرة الإرجاعية لمنتجات التفاعل بتطبيقها على  $Fe^{+3}$  وتعديل طريقة Sasaki *et al.* (1991) بإضافة الفيانترولين الذي يشكل مع شاردة الحديد الثنائي معقداً أحمر يمتص عند طول الموجة 510 نانومتراً.



المخطط التفاعلي ( I ) مراحل تفاعل ميار

## المواد والطرائق

## تحضير منتجات تفاعل جمل لوسين - سكاريد

حضرت محاليل مائية بتركيز 0.1 مول/ل من:

— L - لوسين (Leu) (من شركة ميرك، عالي النقاوة)

— السكاريدات: D-كسيلوز (Xyl)، D-غلوكوز (Glc)، D-فركتوز (Fru)،  
D -لاكتوز (Lac) عالية النقاوة من شركة Kopkin & Williams.

ثم حضرت سلسلة من الأنابيب مرقمة من 0 - 10 لكل من الجمل: (Xyl-Leu)،  
(Fru-Leu)، (Glc-Leu)، (Lac - Leu) وينسب مختلفة من محاليل السكاريدات  
ومحلول الحمض الأميني وفق الجدول (1) الآتي:

الجدول (1) نسب المتفاعلات (لوسين - سكاريد) في كل جملة

رقم الأنبوب	حجم محلول الحمض الأميني (مل)	حجم محلول السكاريد (مل)
0	10	0
1	9	1
2	8	2
3	7	3
4	6	4
5	5	5
6	4	6
7	3	7
8	2	8
9	1	9
10	0	10

أغلقت الأنابيب المحتوية على مزيج لوسين-سكاريد ومزجت جيداً بالفورتكس ثم وضعت في المحم مدة 3، 6، 9، 12، 24 ساعة في الدرجة 100 م. حفظت المزائج لوسين-سكاريد المسخنة بعدئذ في المجمدة بهدف المعالجة اللاحقة والدراسة الطيفية.

أخذ حجم من المزيج المسخن (محلول التفاعل MRP) مدة 24 ساعة وعولج بالايثانول المطلق [وفق الطريقة المتبعة في مقالة (Jing & Kitts, 2004)] بمعدل 9:1 (1حجم مزيج/9حجم ايثانول) ومزج جيداً، ثم وضع في المجمدة بدرجة حرارة -18م مدة 12ساعة. ثفل المعلق باستخدام المثقلة المبردة في الدرجة 4 م وبسرعة تثقيل 5000 دورة في الدقيقة مدة 10 دقائق ثم فصلت الرشاحة الايتانولية عن منتجات ميار عالية الوزن الجزيئي (HMW) المترسبة. تحتوي الرشاحة الايتانولية على المركبات الوسيطة ومنتجات ميار منخفضة الوزن الجزيئي (LMW)، لذلك جرى إبعاد الايثانول بالمبخر

الدوار في الدرجة 20 م° وأكمل حجم المحلول المتبقي المحتوي على منتجات ميار LMW بالماء المقطر إلى 1مل، في حين أذيبت منتجات ميار (HMW) بالماء المقطر (1مل) وحفظت المنتجات في المجمدة لدراسة القدرة الإرجاعية .

أعيد العمل باستخدام محاليل اللوسين والسكاريدات بتراكيز متزايدة (0.2، 0.3، 0.4، 0.5، 0.6) لتحديد تركيز المتفاعلات الابتدائي المناسب دون الحصول على التركيز الإشباعي لمنتجات ميار في محلول التفاعل (مرحلة تشكل منتجات المرحلة المتقدمة من التفاعل)، وتوقفنا عند التركيز 0.7M بسبب بدء تشكل بوليمرات بنية غير منحلة في وسط التفاعل. كما قمنا بدراسة القدرة الإرجاعية لجملة (لوسين - سكاريد) بنسبة لوسين: سكاريد (1:2)، (1:1)، (2:1) [حجم/حجم].

#### قياس الـ pH

تم مراقبة تغير pH الوسط كل ثلاث ساعات في أثناء التفاعل باستخدام مقياس pH من شركة orion نموذج 420A (أخذت القراءات بعد سحب 2 مل من مزيج التفاعل وتبريده بالحمام الثلجي في الدرجة صفر لإيقاف التفاعل).

#### القياسات الطيفية

##### - طيف الأشعة المرئية وفوق البنفسجية:

سجلت طيوف الامتصاص للعينات المدروسة من محاليل لوسين - سكاريد بعد تمديدها أربعة أضعاف بالماء المقطر. استخدم لهذه الغاية جهاز UV/VIS spectrophotometer من شركة secmam نموذج LabPower junior-3.05 .

##### - طيف إصدار الأشعة بالفلورة :

جرى تمديد العينات بنسبة (v/v 50:1) بالماء المقطر ثم سجل طيف الفلورة بين 350-550 نانومتراً عند طول موجة تهيج  $\lambda_{ex}$  400 نانومتر (Jing & Kitts, 2004) باستخدام مطياف Jasco FP-777 spectrofluorophotometer .

#### تعيين القدرة الإرجاعية

درست القدرة الإرجاعية عن طريق مفاعلة 500 ميكرو لتر من مزيج التفاعل الكلي بعد حضان المتفاعلات مدة 24 ساعة في الدرجة 100 م° [كما درست القدرة الإرجاعية لمنتجات التفاعل منخفضة الوزن الجزيئي (LMW) ولمنتجات التفاعل عالية الوزن الجزيئي (HMW) للجمال المدروسة مع 3 مل من محلول مائي من سيانيد الحديد واليوتاسيوم  $K_3Fe(CN)_6$  ذي التركيز 1mM مدة 15 دقيقة، ومن ثم أضيف 3 مل من محلول الفينانترولين (1 ملغ/مل) وترك المزيج مدة ربع ساعة ثم سجل الامتصاص عند طول الموجة 510 نانومتر.

## الدراسة الإحصائية

أنجزت كل تجربة ثلاث مرات وأخذ متوسط الحسابات وأدرج في النتائج، كما حسب الانحراف المعياري STDEV لكل تجربة وفق العلاقة:

$$\sqrt{\frac{\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$$

## النتائج والمناقشة

## 1. قياس الـ pH

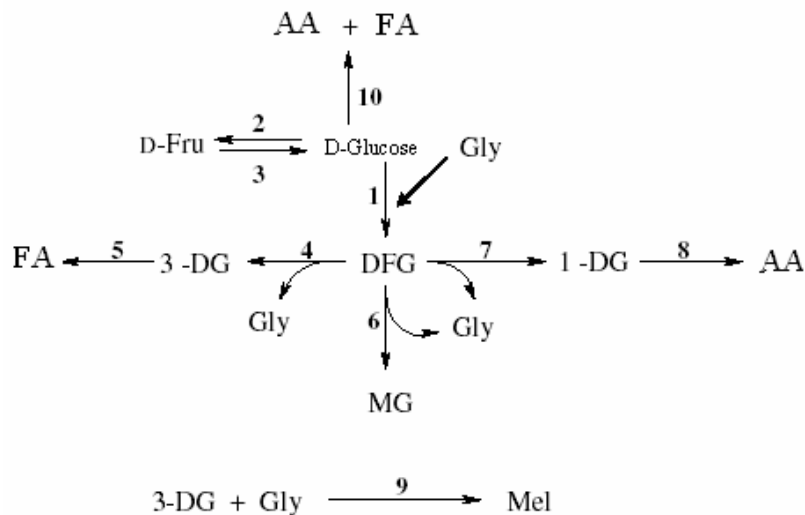
قيس الـ pH المحاليل الأولية لجمل لوسين - سكاريد المدروسة [الأنابيب المحضرة وفق الجدول (1)] قبل التفاعل ولوحظ تقارب مع ازدياد بسيط في قيم الـ pH الوسط بازدياد نسبة المحلول السكاريدي ونقصان نسبة اللوسين عموماً، حيث كانت القيم تتراوح ما بين 6.13-7.50. نورد في الجدول (2) نموذجاً لنتائج التجارب (جملة لوسين - فركتوز) التي أجريت لتقصي تغيرات الـ pH خلال فترات الحضانة في الدرجة 100م بدءاً من الزمن صفر حتى 12 ساعة

الجدول (2) تغير الـ pH الوسط لجمل المتفاعلات لوسين - فركتوز في أثناء الحضانة مع الزمن

رقم الأنبوب	pH <sub>0</sub> t=0	pH t=3h	pH t=6h	pH t=9h	pH t=12h
0	6.13	6.12	6.12	6.09	6.07
1	7.04	6.54	6.04	5.54	5.04
2	7.09	6.59	6.08	5.58	5.07
3	7.14	6.60	6.06	5.52	4.98
4	7.19	6.63	6.07	5.51	4.95
5	7.24	6.66	6.08	5.49	4.91
6	7.30	6.68	6.07	5.45	4.84
7	7.35	6.71	6.07	5.43	4.79
8	7.40	6.73	6.05	5.38	4.71
9	7.45	6.73	6.00	5.28	4.56
10	7.50	6.86	6.22	5.59	4.95

تتاقصت قيم الـ pH الوسط بعد 12 ساعة من التسخين وبدء التفاعل، إذ تراوحت في الأنابيب (1-10) ما بين 4.56-6.07 في جملة Fru-Leu، وما بين 4.88-6.05 في جملة Glc-Leu، وما بين 4.49 - 6.06 في جملة Xyl-Leu، وما بين 4.45 - 6.06 في جملة Lac-Leu، الأمر الذي يشير إلى تشكل مركبات ذات صفات حمضية.

درس (Martins *et al.*, 2005) تفاعل ميار جملة (غليسين-غلوكوز) وتوصل إلى تشكل حمض الخل وحمض النمل في الوسط في أثناء التفاعل [كما هو موضح في المخطط التفاعلي (II)] مفسراً بذلك هذه التغيرات.

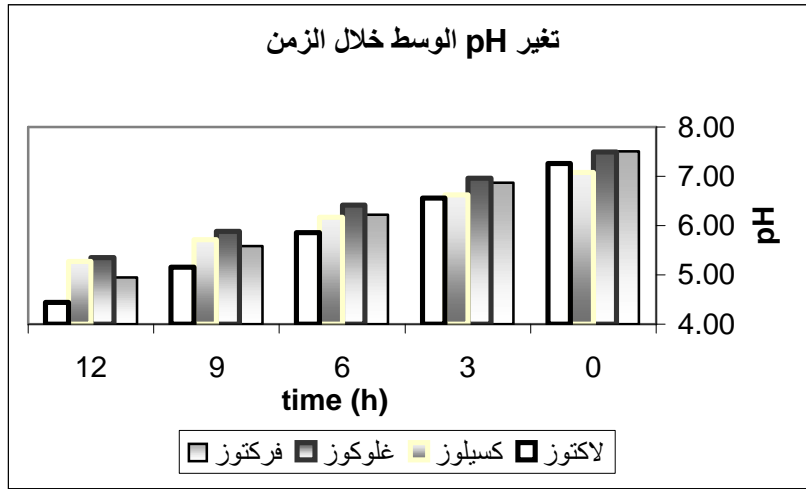


### المخطط التفاعلي (II) حركية تفاعل ميار جملة غلوكوز - غليسين

D (D-Glc) - غلوكوز؛ Gly) غليسين؛ D (D-Fru) - فركتوز؛ DFG) -N (1- فركتوزيل-1-منقوص الأوكسجين)- غليسين (1-deoxy-fructos-1-yl)-glycine (3-DG)؛ غلوكوزون-3-منقوص الأوكسجين (1-DG)؛ 3-deoxyglucosone؛ غلوكوزون-1-منقوص الأوكسجين 1-deoxyglucosone؛ MG) ميتيل غليوكسال methylglyoxa؛ AA) حمض الخل Acetic Acid؛ FA) حمض النمل Formic Acid؛ Mel) ميلانوإيدين melanoidins .

ولمقارنة التغيرات الحاصلة في الجمل المدروسة باختلاف السكريد، تم اختيار الأنبوب رقم (5) لجملة لوسين-سكاريد ذي النسبة (1:1). يوضح الشكل (1) تناقصاً في قيم pH الوسط لمحاليل هذه الجمل مع الزمن.



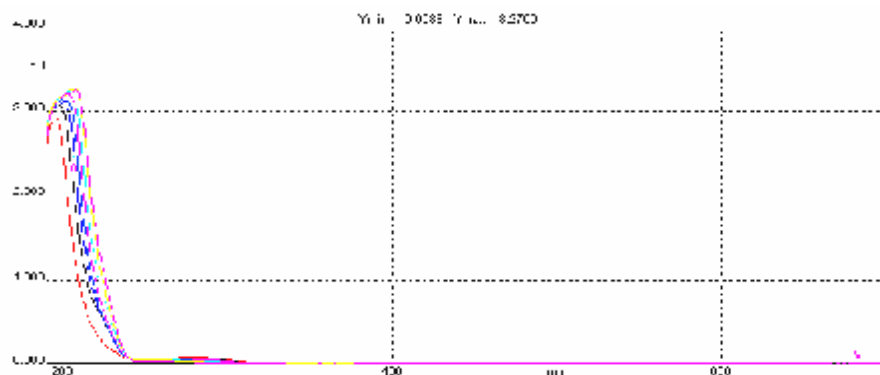


الشكل (1) تغير pH الوسط في جمل لوسين - سكاريد (1:1) بمرور الزمن مع التسخين في الدرجة 100 مئوية

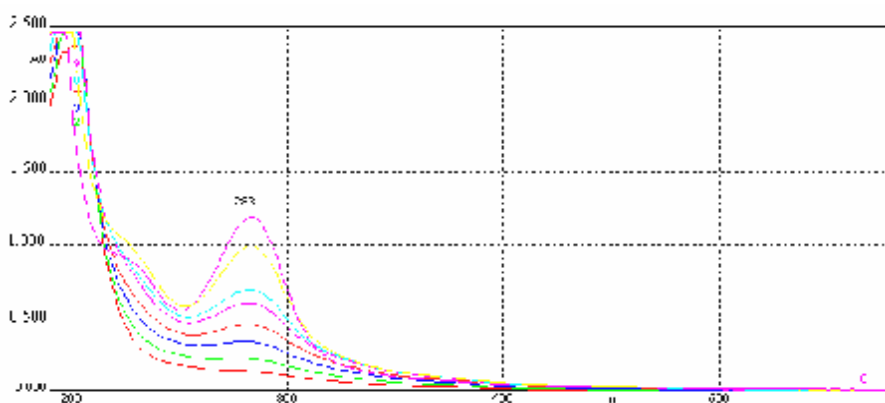
## 2- القياسات الطيفية

### 1-2 طيف الأشعة المرئية وفوق البنفسجية

أظهرت أطياف امتصاص محاليل الجمل المدروسة قبل التفاعل قمم امتصاص أعظمية ما بين 195-200 نانومتر ضمن المجال 200-600 نانومتر (الشكل 2). جرى تسجيل التحليل الطيفي بعد انطلاق التفاعل كل ثلاث ساعات، لوحظ مع استمرار التسخين ظهور قمم امتصاص أعظمية أخرى تختلف قيمها باختلاف السكاريد المتفاعل. نعرض على الشكل (3) أطياف امتصاص محاليل جملة لوسين - فركتوز (تجارب الأنابيب من 1-9) بعد 12 ساعة من الحضانة في الدرجة 100 م°. بلغت قيم الامتصاص الأعظمية للجمل المدروسة القيم الآتية: Lac-Leu (275 nm), Fru-Leu (283nm), Glc-Leu (282 nm), Xyl-Leu (277nm). يعزى ظهور هذه القمم إلى منتجات التحطيم الحراري للسكاريديات ومنتجات المرحلة الأولى ومنتجات تفاعل ميار منخفضة الوزن الجزيئي (Obretenov *et. al.*, 1986).

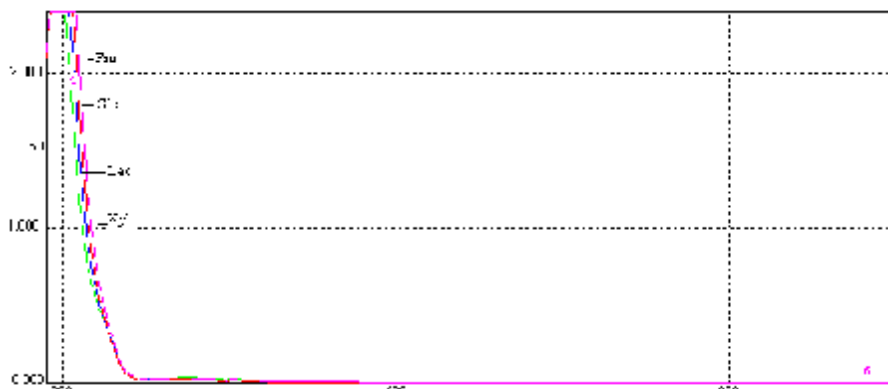


الشكل (2) أطياف امتصاص محاليل جملة لوسين - فركتوز قبل التفاعل

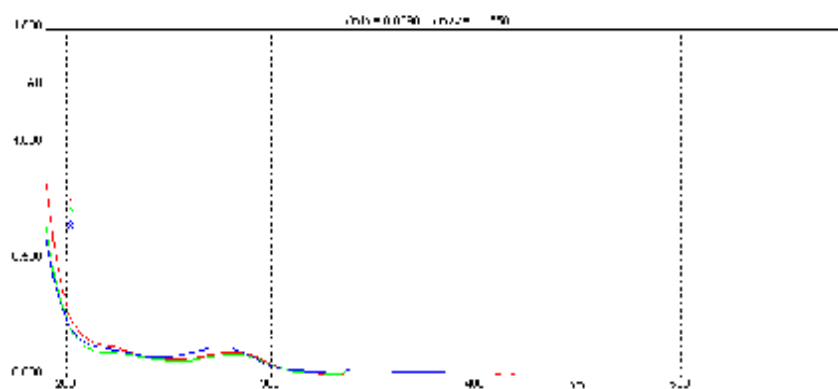


الشكل (3) أطياف امتصاص محاليل جملة لوسين - فركتوز بعد 12 ساعة في الدرجة 100 م°

درست أطياف المحاليل السكاريدية (الشكلين 4 و5) والموافقة للأنبوب رقم 10 من كل جملة بعد الحضان مدة 12 ساعة، ولوحظ ظهور قمم امتصاص ما بين 275-283 نانومتراً تعود لنواتج التحطم الحراري للسكاريدات في المحاليل المدروسة حيث تبين حدوث تحطم أعظمي للفركتوز يليه الكسيلوز ثم اللاكتوز والغلوكوز.

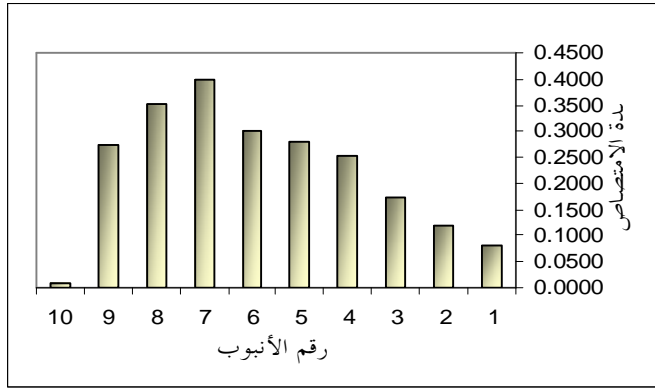


الشكل (4) أطياف امتصاص المحاليل السكاريدية قبل التسخين

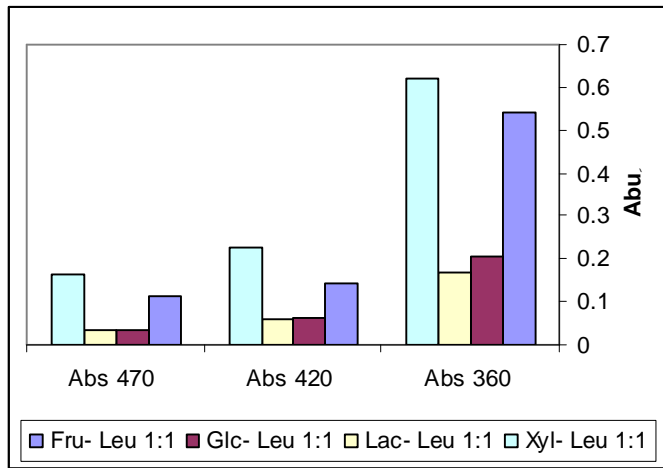


الشكل (5) أطياف امتصاص المحاليل السكاريدية بعد 12 ساعة من الحضانة في الدرجة 100 م°

ولتحديد شدة الاسمرار سجل امتصاص محاليل الجمل الأربع المدروسة (دون تمديد) عند أطوال الموجة 360 و 420 و 470 نانومتراً بعد 24 ساعة من الحضانة في الدرجة 100 م°. يبين الشكل (6) مثلاً لتغير الامتصاص عند طول الموجة 420 نانومتراً بتغير نسب المتفاعلات في جملة Fru-Leu بعد 24 ساعة من الحضانة في الدرجة 100 م°، حيث يلاحظ أن الامتصاص الأعظمي موافق للأنبوب السابع حيث تكون نسبة Fru-Leu (7:3).



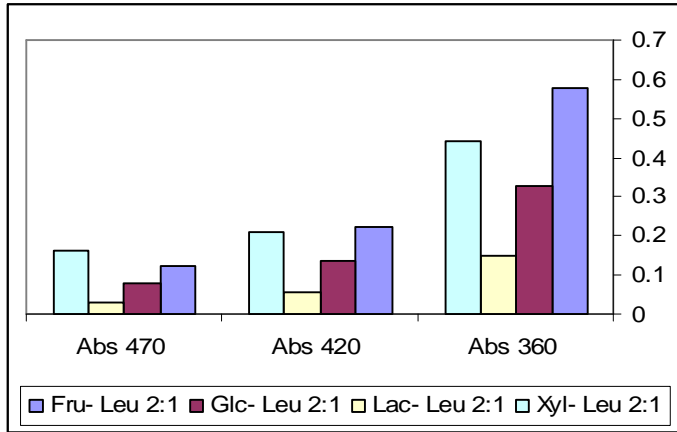
الشكل (6) تغير الامتصاص عند طول الموجة 420 نانومتراً بتغيير نسب المتفاعلات في جملة Fru-Leu بعد 24 ساعة من الحضانة في الدرجة 100 م°



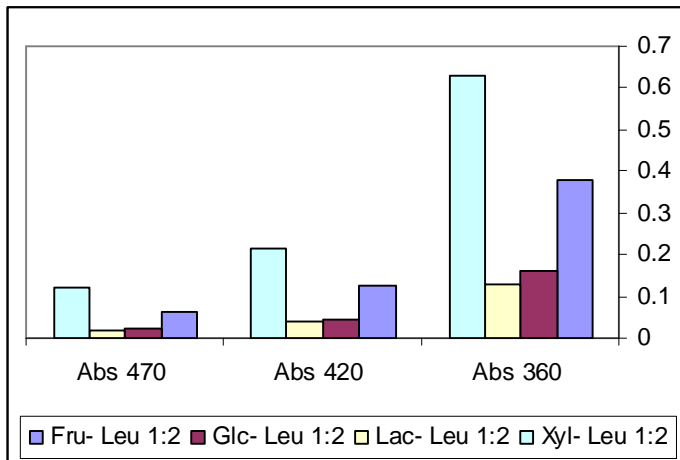
الشكل (7) تغير الامتصاص عند أطوال الموجة المدروسة بتغيير المتفاعلات الابتدائية بنسبة لوسين: سكاريد (1:1)

لدى دراسة تأثير تغير نسب المتفاعلات (لوسين: سكاريد) في الاسمرار بعد 24 ساعة من الحضانة في الدرجة 100 م° وجد أنه عندما تكون النسبة 1:1 فإن تناقص الاسمرار يأخذ الترتيب: Lac > Glc > Fru > Xyl، وهو الترتيب نفسه عند النسبة لوسين: سكاريد (1:2) حيث الاسمرار واضح وسريع في جملة Xyl-Leu، أما عندما تزداد نسبة السكاريد

في الوسط أي في حال كون النسبة (2:1) فيأخذ الترتيب: Fru ≥ Xyl > Glc > Lac كما هو موضح في الأشكال 7 و 8 و 9. علماً بأن المحاليل السكرية الأربعة منفردة أظهرت قيم امتصاص منخفضة عند طول الموجة 420 نانومتراً يمكن إهمالها بالمقارنة مع قيم امتصاص الجمل المدروسة، وأن اللوسين لم يظهر أي امتصاص (في أثناء تعرضه للشروط المخبرية نفسها) عند أطوال الموجة الثلاثة التي سجل فيها الامتصاص.



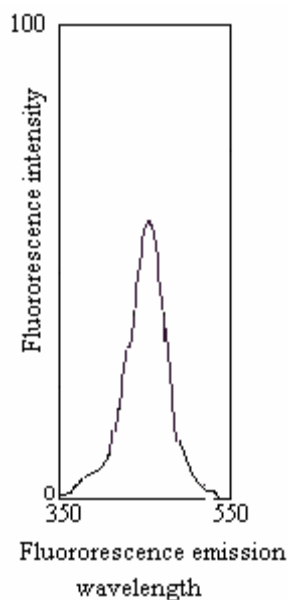
الشكل (8) تغير الامتصاص عند الأطوال المدروسة بتغير المتفاعلات الابتدائية بنسبة لوسين: سكاريد (2:1)



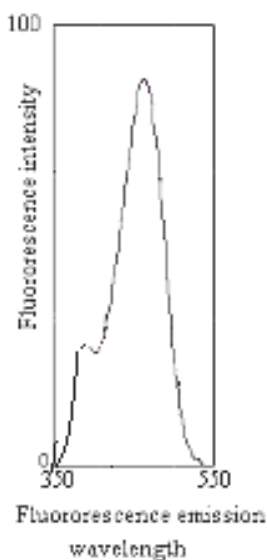
الشكل (9) تغير الامتصاص عند الأطوال المدروسة بتغير المتفاعلات الابتدائية بنسبة لوسين: سكاريد (1:2)

## 2-2 طيف إصدار الأشعة بالفلورة:

أعطت منتجات تفاعل الجمل المدروسة Fru-Leu , Glc-Leu , Lac-Leu , Xyl-Leu المُشكلة وفق النسبة (1:1) أطيف إصدار بالفلورة مختلفة بزيادة زمن التسخين (الشكلين 10 و 11)، حيث لوحظ تناقص في شدة إصدار الجمل الأربع المدروسة خلال التسخين مدة 24 ساعة (الجدول 3). يلاحظ من النتائج المبينة في الجدول (3) تناقص في شدة إصدار جملة الكسيلوز بشكل سريع مع ازدياد زمن التسخين، في حين تباطأ تناقص شدة إصدار جملة اللاكتوز بشكل واضح مقارنة مع السكاريدات الثلاثة الأخر المدروسة. وهذا الاختلاف في الجمل الأربع المدروسة يؤكد الاختلاف في سرعة تفاعل جمل لوسين - سكاريد، وعموماً فإن الكسيلوز أسرع السكاريدات تفاعلاً ثم يليه الفركتوز فالغلوكوز وأخيراً اللاكتوز.



الشكل (11) طيف الإصدار بالفلورة لجملة Glc-Leu بعد 9 ساعات



الشكل (10) طيف الإصدار بالفلورة لجملة Glc-Leu بعد 0.5 ساعة

تبين من خلال الدراسة الطيفية تناقص شدة الإصدار بازدياد زمن التسخين وبشكل مواز لزيادة شدة الامتصاص وهذا دليل على تشكل مركبات لها القدرة على التآلق في المراحل الأولى والمتوسطة من التفاعل، ومن ثم تتناقص شدة الإصدار نتيجة تشكل مركبات الفوران والبيروول (Lerche *et al.*, 2002) والبيريدينات والبيرازينات (Wong *et al.*, 1996) في أثناء التفاعل إضافة إلى تشكل منتجات تفاعل ميار في المراحل المتقدمة من التفاعل (Tressl *et al.*, 1999).

الجدول (3) تغير شدة إصدار العينات المدروسة خلال 24 ساعة

Intensity 24h	Intensity 12h	Intensity 9h	Intensity 6h	Intensity 3h	Intensity 0.5h	المتفاعلات
37.4	50.5	54.1	57.6	61.1	83.5	Fru- Leu 1:1
40.7	54.6	58.1	61.5	65.0	83.9	Glc- Leu 1:1
46.1	62.5	66.9	70.7	75.2	84.0	Lac- Leu 1:1
34.4	43.9	46.4	48.7	50.6	83.1	Xyl- Leu 1:1

### 3. تعيين القدرة الإرجاعية لمنتجات التفاعل

تزداد القدرة الإرجاعية لمنتجات تفاعل ميار في بداية التفاعل بسبب تشكل المركبات الكيتونية وثنائيات الأستيل و Reductones وغيرها من المركبات الوسطية، ثم تنخفض هذه المقدرة لدى ظهور اللون الأسمر نتيجة لتشكل الميلانويدات melanoidins؛ المركبات البنوية ذات وزن جزيئي عالٍ أكبر من 12000 دالتون (Davies & Labuza, 1999).

لدراسة القدرة الإرجاعية لمنتجات ميار في جملة لوسين- سكاريد، عُدلت طريقة (Sasaki, 1991) لتداخل امتصاص شاردة الحديد الثلاثي مع منتجات التفاعل عند طول الموجة 420 نانومتراً بإضافة الفينانترولين الذي يشكل معقداً أحمر مع شاردة الحديد الثنائي، والذي يمتص عند طول الموجة 510 نانومتر. يبين الجدول (4) أن منتجات تفاعل جملة لوسين - كسيلوز (بعد فترة الحضانة مدة 24 ساعة في الدرجة 100 م°) تمتلك القدرة الإرجاعية الأكبر باختلاف نسب المتفاعلات مقارنة مع الجمل الثلاث الأخرى، في حين تتقارب منتجات تفاعل جملة الفركتوز والغلوكوز في القدرة الإرجاعية، أما منتجات تفاعل لوسين - لاكتوز فهي أقلها قدرة على الإرجاع.

الجدول (4) قيم الامتصاص عند طول الموجة 510 نانومتر لتعيين القدرة الإرجاعية لمزيج التفاعل الكلي باختلاف نسب المتفاعلات الابتدائي

0.6M	0.5M	0.4M	0.3M	0.2M	0.1M	المتفاعلات
0.4768	0.3974	0.3179	0.2384	0.1589	0.0795	Fru- Leu 1:1
0.4639	0.3771	0.3017	0.2263	0.1508	0.0754	Fru- Leu 1:2
0.4839	0.3952	0.3162	0.2371	0.1581	0.0790	Fru- Leu 2:1
0.4481	0.3211	0.2569	0.1927	0.1284	0.0642	Glc- Leu 1:1
0.4525	0.3866	0.3093	0.2320	0.1546	0.0773	Glc- Leu 1:2
0.4742	0.4033	0.3226	0.2420	0.1613	0.0807	Glc- Leu 2:1
-	-	-	-	0.0894	0.0447	Lac- Leu 1:1
-	-	-	-	0.1065	0.0533	Lac- Leu 1:2
-	-	-	-	0.1343	0.0671	Lac- Leu 2:1
0.5952	0.5009	0.4007	0.3005	0.2003	0.1002	Xyl- Leu 1:1
0.6317	0.5264	0.4211	0.3158	0.2106	0.1053	Xyl- Leu 1:2
0.6010	0.4127	0.3301	0.2476	0.1651	0.0825	Xyl- Leu 2:1

من جهة أخرى درست الخواص الإرجاعية لمنتجات ميار LMW & HMW لجملة لوسين - سكاريد، وقد تبين من النتائج المسجلة في الجدول (5) أن منتجات التفاعل HMW تمتلك قدرة إرجاعية أكبر من المنتجات LMW بحدود ثلاثة أضعاف تقريباً.

(تعذر علينا دراسة جملة لوسين-لاكتوز (0.3-0.6 M) لأن التركيز الإشعاعي للاكتوز 216 غ / ل).

الجدول (5) قيم الامتصاص عند طول الموجة 510 نانومتر لتعيين القدرة الإرجاعية لمنتجات التفاعل HMW&LMW باختلاف نسب المتفاعلات الابتدائي

منتجات تفاعل LMW			منتجات تفاعل HMW			المتفاعلات
0.6M	0.5M	0.4M	0.6M	0.5M	0.4M	
0.1703	0.1281	0.0990	0.3246	0.2909	0.2231	Fru- Leu 1:1
0.1657	0.1217	0.0941	0.3152	0.2750	0.2122	Fru- Leu 1:2
0.1722	0.1278	0.0985	0.3293	0.2888	0.2223	Fru- Leu 2:1
0.1603	0.1039	0.0802	0.3045	0.2343	0.1796	Glc- Leu 1:1
0.1618	0.1245	0.0964	0.3071	0.2822	0.2162	Glc- Leu 1:2
0.1694	0.1300	0.1007	0.3220	0.2947	0.2259	Glc- Leu 2:1
0.2125	0.1616	0.1250	0.4049	0.3659	0.2808	Xyl- Leu 1:1
0.2254	0.1695	0.1319	0.4292	0.3840	0.2946	Xyl- Leu 1:2
0.2148	0.1336	0.1031	0.4084	0.3016	0.2315	Xyl- Leu 2:1



## النتيجة

أظهرت دراسة تفاعل ميار لجملة لوسين - سكاريد بالتطبيق على كل من الفركتوز والغلوكوز واللاكتوز والكسيلوز فعالية مختلفة عند التسخين مع اللوسين. حيث أظهر الاختلاف في تطور التآلق وازدياد شدة الامتصاص لمحاليل الجمل الأربع المدروسة أن التفاعل سريع مع الكسيلوز على نحو مميز مقارنة مع جمل لوسين - سكاريد الأخرى إذ يليه التفاعل مع الفركتوز فالغلوكوز وأخيراً اللاكتوز. أكدت هذه الدراسة أن لمنتجات تفاعل ميار قدرة إرجاعية، وأن منتجات تفاعل ميار HMW تمتلك قدرة إرجاعية أكبر من المنتجات LMW.

## REFERENCES

- Brands, C. M. J., Alink, G. M., Van Boekel, M. A. J. S. & Jongen, W. M. F. (2000). Mutagenicity of heated sugar–casein systems: Effect of the Maillard reaction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, pp. 2271–2275.
- Davies, C. G. A. & Labuza, T. P. (1999). The maillard reaction application to confectionery products, Department of Food Science and Nutrition University of Minnesota, St. Paul, Minnesota 55108
- Homma, S., Tomura, T., Fujimaki, M. (1982). Fractionation of nondialyzable melanoidin into components by electrofocusing electrophoresis. *Agric. Biol. Chem.* 46, pp. 1791-1796.
- Jing, H., Kitts, D. D. (2004). Antioxidant activity of sugar–lysine Maillard reaction products in cell free and cell culture systems, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 429, pp. 154 –163
- Lerche, H., Pischetsrieder, M., Severin, T. (2002). *J. Agric. Food Chem.* 50, pp. 2984–2986.
- Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M. C. & Lericci, C. R. (2001). Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends in Food Science and Technology*, 11, 340–346.
- Martins, S. I. F. S. and Van Boekel, M. A. J. S. (2005). Kinetics of the glucose/glycine Maillard reaction pathways: influences of pH and reactant initial concentrations, *Food Chemistry*, 90, pp. 257–269.
- Obretenov, T. D., Kuntcheva, M. J., Panchev, I. N. (1986). *J. Food Process. Preser.* 10, pp. 251–268.
- Sasaki, K., Matsumoto, I., Beppu, M. (1991). Cyanogen bromide treatment. In *Affinity Chromatography*; Tokyo Kagaku Dojin: Tokyo, pp. 117-130.
- Stadler, R. H., Blank, I., Varga, N., Robert, F., Hau, J., Guy, P. A., Robert, M. C. & Riediker, S. (2002). Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature*, pp. 419, 449.
- Tressl, R., Rewicki, D. in: Teranishi, R., Hornstein, I., Wick, L. (Eds.). (1999). *Flavor Chemistry: Thirty Years of Progress*, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, pp. 305–325.
- Van Boekel, M. A. J. S. (1998). Effect of heating on Maillard reactions in milk. *Food Chemistry*, 62, pp. 403–414.
- Wong, J. W., Shibamoto, T. in: Ikan, P. (Ed.). 1996. *The Maillard reaction: consequences for the chemical and life sciences*, Wiley, England, pp. 129–160.