



## الكشف عن صبغة سودان رد B في بعض العصائر والمشروبات الغازية المتوفرة بالأسواق المحلية - ليبيا

أماني عبدالسلام علي احميد<sup>1\*</sup>، أمال عبدالسلام علي احميد<sup>2</sup>، وفاء السني عمر بعيج<sup>3</sup>،

أميرة خالد الغضبان<sup>4</sup>، أية نورالدين أبوزيد<sup>5</sup>

<sup>1,4,5</sup> قسم البيئة والموارد الطبيعية، كلية العلوم غريان، جامعة غريان، غريان، ليبيا

<sup>2</sup> قسم علم الحيوان، كلية العلوم غريان، جامعة غريان، غريان، ليبيا

<sup>3</sup> قسم الكيمياء، كلية العلوم غريان، جامعة غريان، غريان، ليبيا

## Detection of Sudan Red B Pigment in Some Juices and Soft Drinks Available in Markets - Libya

Amani Abdussalam A. Hmaid<sup>1\*</sup>, Amal Abdussalam A. Hmaid<sup>2</sup>, Wafa S. Baej<sup>3</sup> Amira Khaled  
Alghadban<sup>4</sup>, Ayah Nouraldeen Abu Zayd<sup>5</sup>

<sup>1,4,5</sup> Department of Environment & Natural Resources, Gharyan's Faculty of Science, University of  
Gharyan, Gharyan, Libya

<sup>2</sup> Department of Zoology, Gharyan's Faculty of Science, University of Gharyan, Gharyan, Libya

<sup>3</sup> Department of Chemistry, Gharyan's Faculty of Science, University of Gharyan, Gharyan, Libya

\*Corresponding author

amani.ehmaid@jgu.edu.ly

\*المؤلف المراسل

تاريخ النشر: 2024-09-10

تاريخ القبول: 2024-08-21

تاريخ الاستلام: 2024-07-15

الملخص

في وقتنا الحالي يتزايد الطلب على الملونات التي قد تكون ضارة عندما تكون ملونات صناعية لتلوين مختلف الأطعمة ومنها العصائر والمشروبات الغازية المختلفة، لدعم لون المنتجات والتأثير على حواس المستهلك والتي تلعب دوراً حاسماً في تسويق المنتج، من بين الأعداد الكبيرة من المواد المستخدمة في التلوين والأصباغ الاصطناعية المنتشرة في هذه الصناعة. صبغة السودان رد B صبغة حمراء اللون والتي استخدمت في الصناعة وخاصة إنتاج صبغات الشعر والمستحضرات التجميلية، ولا تزال بعض البلدان تستخدمها كمضافات غذائية رغم حظر استخدامها في صناعة المواد الغذائية بسبب تأثيرها المحتمل للسرطان. وتم تصنيفها ضمن الفئة الثالثة للمواد البشرية المسرطنة من قبل الوكالة الدولية لأبحاث السرطان. ومن المهم وصف آثارها الضارة على الصحة والمستهان بها في الوقت الحاضر. توجد طرق عديدة للكشف عن وجود صبغة السودان رد B. وفي هذه الدراسة تم استخدام جهاز التحليل الطيفي للكشف عن وجود صبغة السودان رد B عند طول موجي 525 نانومتر في عينات متنوعة من العصائر والمشروبات الغازية من بلدان مختلفة الصنع والمتوفرة في الأسواق المحلية الليبية.

الكلمات المفتاحية: صبغة سودان رد B، صبغة السودان في العصائر، الملونات الغذائية، التحليل الطيفي.

### Abstract

Nowadays, there is an increasing demand for potentially harmful dyes when they are artificial days used to color various foods, including juices and various soft drinks. To support the color of products and influence the consumer's senses, which plays a decisive role in marketing the product. Among the large numbers of materials used for coloring and synthetic dyes widespread in this industry. Sudan Red B dye is a red dye used in industry, especially in the production of hair dyes and cosmetics. Some countries still use it as a food additive, although its use in the food industry has been banned due to its potential carcinogenic effect. It is classified as a Category 3 human carcinogen by the International Agency for Research on

Cancer. It is important to describe its harmful effects on health, which are currently underestimated. There are many ways to detect the presence of Sudan Red B dye. In this study, a Spectroscopic Analysis device was used to detect the presence of Sudanese dye Red B at a wavelength of 525 nm in various samples of juices and soft drinks from different countries of manufacture and available local markets.

**Keywords:** Sudan Red B dye, Sudan Dye in Juices, Food Colourings, Spectroscopic Analysis.

#### المحور الأول: مقدمة

أحد أهم صفات الطعام التي يأخذها المستهلك في الاعتبار ليحدد قبوله للمنتجات، [1] والتي تؤثر على استساغته لها وتسويقها هي اللون [2]. فاللون يلعب دوراً حيوياً في الصناعات الغذائية [3][4]. ويتم إضافة الملونات الغذائية للأطعمة والمشروبات ليتم استعادة الألوان المفقودة أثناء معالجتها لتعزيز أو توحيد لون المنتج النهائي [5][6]. وتزايدت في السنوات الأخيرة إضافة الملونات الغذائية في مصادر الغذاء ومعها تزايد القلق من خطر المواد العضوية على صحة الإنسان [7]. وأصبحت مسألة الغذاء الصحي والأمن مصدر قلق كبير في مجتمع اليوم [8]. عموماً معظم ألوان الطعام المعتمدة للإستخدام من قبل الجهات التنظيمية مثل إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (US-FDA) تعتبر آمنة في حالة تم استهلاكها بكميات صغيرة. ويمكن خطرها على صحة الإنسان والحيوان والنبات في استمرارية استخدامها في البيئة [9].

وتُعرف الملونات الغذائية بأنها أصباغ أو مواد تنتقل الألوان إلى الأطعمة أو الأدوية أو مستحضرات التجميل [10]. وصنفت الألوان على أنها مسموحة وغير مسموحة لأن الألوان المسموح بها آمنة وغير سامة لجسم الإنسان أما الأصباغ العضوية فهي قد تُسبب أضراراً لجسم الإنسان في حالة تناولها بكميات أعلى من الكميات التي سمحت بها الهيئات التنظيمية. وبموجب أحكام غش الأغذية قانون (1954) هناك ألوان معينة غير مسموح بها مثل أصفر الميتانيل، والأصباغ السودانية، والرودامين ب، Orange G، Pararos aniline، Aura mine O، Blue VRS [11]. ولأن الملونات الطبيعية الموجودة في الأطعمة غير مستقرة وتتغير أثناء تجهيز الأغذية وتخزينها بسرعة. لذا تفوقت الملونات الصناعية عليها لأسباب عديدة كرخص ثمنها وفعاليتها العالية واستقرارها العالي [10][12]. أكبر مجموعة من الأصباغ هي أصباغ الأزو، وهي سامة ومسببة للسرطان [13]، وحظيت باهتمام كبير لاستقرارها البيئي وسهولة تصنيعها وخصائصها البصرية والكهربائية [14]، فهي الأكثر استخداماً في أي منتج استهلاكي كما ذكرنا لرخص ثمنها [15].

أصباغ الأزو ملونات عضوية صناعية تتميز بمجموعات كروموفورية (N=N). ويوجد حالياً أكثر من 3000 صبغة أزو مستخدمة في جميع أنحاء العالم وتمثل ما نسبته 65% من سوق الأصباغ الصناعية حيث تقدم مجموعة واسعة من الألوان [16][17]. تستعمل بشكل واسع في تلوين مجموعة متنوعة من السلع الاستهلاكية مثل الأطعمة والجلود والملابس ولعب الأطفال. وكانت الحكومة الألمانية في يوليو (1994) أول من حظر استخدام بعضاً من أصباغ الأزو في المواد المحددة التي تتلامس بشكل مباشر ولزمن طويل لجلد الإنسان. والأصباغ المعنية بهذا الحظر هي تلك التي بعد اختزلها قد تشكل واحداً أو أكثر من الأمينات العطرية العشرين المؤكدة أو المشتبه فيها أنها مسببة للسرطان. وتم قبولها من قبل البرلمان الأوروبي في سبتمبر (2002) [16]. أصباغ السودان رد أصباغ أزو صناعية [18] مسرطنة غالباً ما تُضاف بطريقة غير قانونية كملون للأطعمة [19]. وهي طائفة من الأصباغ منها السودان الأول، والسودان الثاني، والسودان الثالث، والسودان الرابع [20]، وسودان رد B، وسودان رد 7B، وسودان رد G، وسودان برتقالي G، وسودان أسود، وثنائي ميثيل أصفر، وبار أحمر [18]، وهي مواد كيميائية كارهة للماء وتستخدم بشكل رئيسي في تلوين المواد المضافة في صناعة الأغذية، مثل الزيت والمرابي والبودرة [20]، والفلفل الأحمر الحار ومسحوق الكركم [21]، وصلصة الطماطم وزيت النخيل [18]، وأيضاً في تلوين مستحضرات التجميل [15]، وتلوين التوابل والزعفران المغشوش [22].

تتحلل الأصباغ السودانية إلى أمينات عطرية تعمل مباشرة على خلايا الكبد وتسبب مرض تسمم الكبد وأيضاً يمكنها أن تُسبب طفرات جينية في الخلايا [18]. تم تصنيف الأصباغ السودانية على أنها مادة مسرطنة ومحظورة كمضافات غذائية [23]. ويعتبر الإنسان للأصباغ السودانية من خلال الإبتلاع أو الإستنشاق أو ملامسة الجلد. وخطرها محتمل على الصحة العامة إذا دخلت السلسلة الغذائية. وغالباً ما يتم استخدامها بشكل غير قانوني للحفاظ أو تعزيز المظهر للمنتجات الغذائية [24].

وغالباً ما يتم الكشف وتحديد الأصباغ السودانية بشكل عام بالطرق الكروماتوغرافية والمقاييسية المناعية الإنزيمية وأجهزة الاستشعار الكهروكيميائية وقياس الطيف الكتلي، ونهج رaman وفحص التآلق، التي أغلبها تستغرق وقت طويل وتحتاج أجهزة ومواد غالية الثمن مما تحد من تطبيقاتهم الواسعة [25][26][27][28][29][30]، ركز العديد من الباحثين على تصنيع أجهزة استشعار تحليلية جديدة، وتطوير مستشعر كهروكيميائي بإستخدام مركبات نانوية، وإستخدام ميتالوفايوساينيات، وجسيمات نانوية مغناطيسية ذات تقارب معدني، أو إثارة أجهزة استشعار الفلوروسنت، أو إعادة استخدام الإطارات كمصدر بديل للكربون في تحضير الأقراص المضغوطة، أو مستشعر نانوي للتحويل، أو استخدام مسبار فلوري عالي الحساسية، أو الانتقال الأيوني ثنائي الأجزاء وغيرهم لرصد الأصباغ السودانية بشكل أبسط وأرخص وأسرع [31][32][33][25][34][26][27][35][30][36].

من الواضح أن هذه المشكلة بدأت في التفاقم ويجب توخي الحذر والإجراءات اللازمة أثناء العثور على المنتجات المغشوشة حيث أصبحت هذه المشكلة اقتصادية وصحية بقدر ما هي مشكلة مجتمعية وعلى الرغم من التحذيرات المستمرة لأضرار

استخدام الأصباغ السودانية، إلا أنها لا تزال تُستخدم وتضاف بشكل غير قانوني إلى مُختلف المواد الغذائية التي يكثر تناولها وفي هذه الدراسة ولقطة الدراسات المشابهة للكشف عن الأصباغ السودانية في العصائر والمشروبات الغازية تم جمع عدد منها "ذات لون أحمر" عشوائياً والمتوفرة في الأسواق المحلية الليبية (مختلفة الصنع بين ليبية ومصرية وتركية) والأكثر استهلاكاً للكشف عن وجود صبغة السودان رد B.

## المحور الثاني: الجزء العملي

### أولاً: جمع العينات

تم جمع 15 عينة مختلفة من عينات العصائر والمشروبات الغازية "ذات اللون الأحمر" عشوائياً والمتوفرة في الأسواق المحلية الليبية (مختلفة الصنع بين ليبية ومصرية وتركية) مشتملة على: بيتر سودا غازي، رمان، فراولة غازي وعصير كرز، فواكه حمراء، عنب، عنب أحمر. الأكثر استهلاكاً في المجتمع الليبي. وأعطى التسلسل من 1 إلى 15 للعينات على التوالي كما موضح في جدول (1) لتتم عملية الكشف عن صبغة السودان رد B.

جدول (1): أنواع عينات العصائر والمشروبات الغازية المدروسة

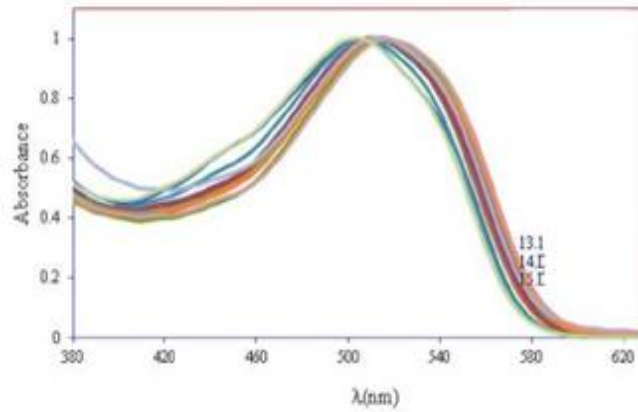
الرقم	العينات	بلد المنشأ	نوع العصير
1	S1	ليبيا	بيتر سودا
2	S2	ليبيا	رمان
3	S3	ليبيا	فراولة
4	S4	مصر	رمان
5	S5	مصر	رمان
6	S6	تركيا	رمان
7	S7	تركيا	رمان
8	S8	تركيا	كرز
9	S9	ليبيا	فواكه حمراء
10	S10	ليبيا	عنب
11	S11	ليبيا	عنب
12	S12	مصر	رمان
13	S13	تركيا	رمان
14	S14	تركيا	فراولة
15	S15	تركيا	عنب أحمر

### ثانياً: معاملة العينات وتحضيرها

تم تحضير محلول قياسي من صبغة السودان رد B عالية النقاوة 99.9% (مصنعة من شركة Sigma Aldrich) بتركيز 100 ملجرام/لتر بإذابة 0.01 جرام من الصبغة في 100 ميليلتر من الماء الخالي من الأملاح، وحضرت محاليل قياسية بتركيزات تتراوح من 1 إلى 10 جزء من المليون. ثم تم تحضير العينات (العصائر والمشروبات الغازية) باستخلاص 100 مليلتر من العينة باستخدام قمع الفصل و25 مليلتر من مذيب كلوروفورم عالي النقاوة 99.9% (مصنع من شركة Labbox). ثم تمت عملية الإستخلاص بخلط محتويات قمع الفصل، ومن ثم تم إستخلاص الطبقة العضوية.

### ثالثاً: عملية القياس

تم إجراء مسح لتركيز 1 جزء من المليون في الأطوال الموجية من 300 إلى 600 نانومتر باستخدام جهاز التحليل الطيفي UV-Visible Spectrophotometer نوع Thermo-USA. وتم تحديد الطول الموجي الذي تمت فيه أعلى امتصاص 525 نانومتر كما في الشكل (1).

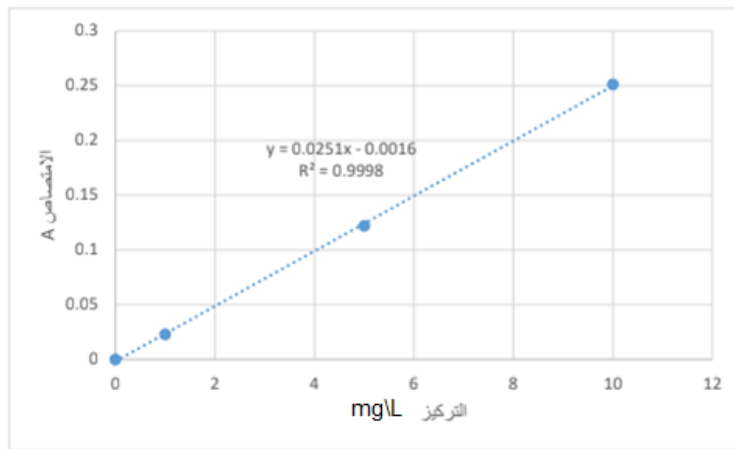


شكل (1): الطول الموجي الذي تم فيه أعلى امتصاص.

تم إنشاء منحنى المعايرة باستخدام المحاليل القياسية عند الطول الموجي 525 نانومتر والجدول (2) يوضح كلاً من قيم الإمتصاص والتركيز. تم رسم علاقة بيانية بين الإمتصاص والتركيز كما في الشكل (2).

جدول (2): قيم الإمتصاص والتركيز لعينات العصير والمشروبات الغازية.

CONC. (mg/L)	ABS (A)
0	0.0
1	0.023
5	0.122
10	0.251



شكل (2): العلاقة بين الإمتصاص والتركيز لعينات العصير والمشروبات الغازية.

تم قياس تركيز الصبغة في العينات بقياس الإمتصاص باستخدام جهاز التحليل الطيفي عند طول موجي 525 نانومتر من قيمة الإمتصاص لكل عينة وتم حساب التركيز بوحدات جزء من المليون (ppm) (mg/L) باستخدام قانون بيير-لامبرت حسب المعادلة التالية:

$$A = EBC$$

حيث:

A = امتصاص العينة عند طول موجي 260 نانومتر، E = معامل الإمتصاص للصبغة ويمكن قياسه من منحنى المعايرة والمعادلة الموضحة في الشكل السابق = 0.0251، B = عرض خلية القياس = 1cm، C = تركيز الصبغة في العينة. من قانون بيير يمكن حساب تركيز الصبغة باستخدام القانون التالي:

$$C = A/EB = A/E$$

#### رابعاً: التحليل الإحصائي

تم إجراء التحليل الإحصائي بواسطة برنامج SPSS V.22 وبرنامج Excel وطُبقت مجموعة من إختبارات الإحصاء الوصفي على متغيرات الدراسة في كل عينات العصائر والمشروبات الغازية، ونتيجة تلك الإختبارات تظهر في الجدول (3).

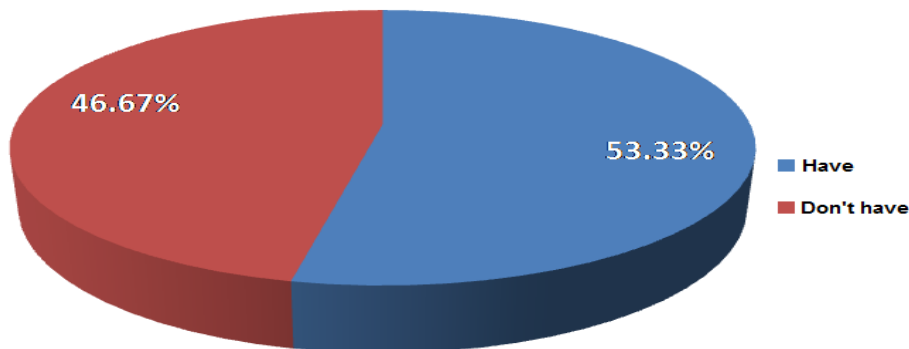
جدول (3): الإحصاء الوصفي لتركيز صبغة السودان رد B في عينات العصير والمشروبات الغازية المدروسة.

متوسط القراءات ppm	أقل قيمة	أعلى قيمة	الانحراف المعياري	نسبة الخطاء		
0.152	0.142	0.161	0.01	0.010	S1	غازي
0.25	0.250	0.260	0.006	0.003	S2	رمان
0.45	0.450	0.460	0.006	0.003	S3	فراولة
0.80	0.790	0.820	0.02	0.015	S4	رمان
0.70	0.690	0.710	0.01	0.010	S5	رمان
0.66	0.640	0.680	0.02	0.021	S6	رمان
0.52	0.510	0.530	0.01	0.010	S7	رمان
0.52	0.510	0.530	0.01	0.010	S8	كرز

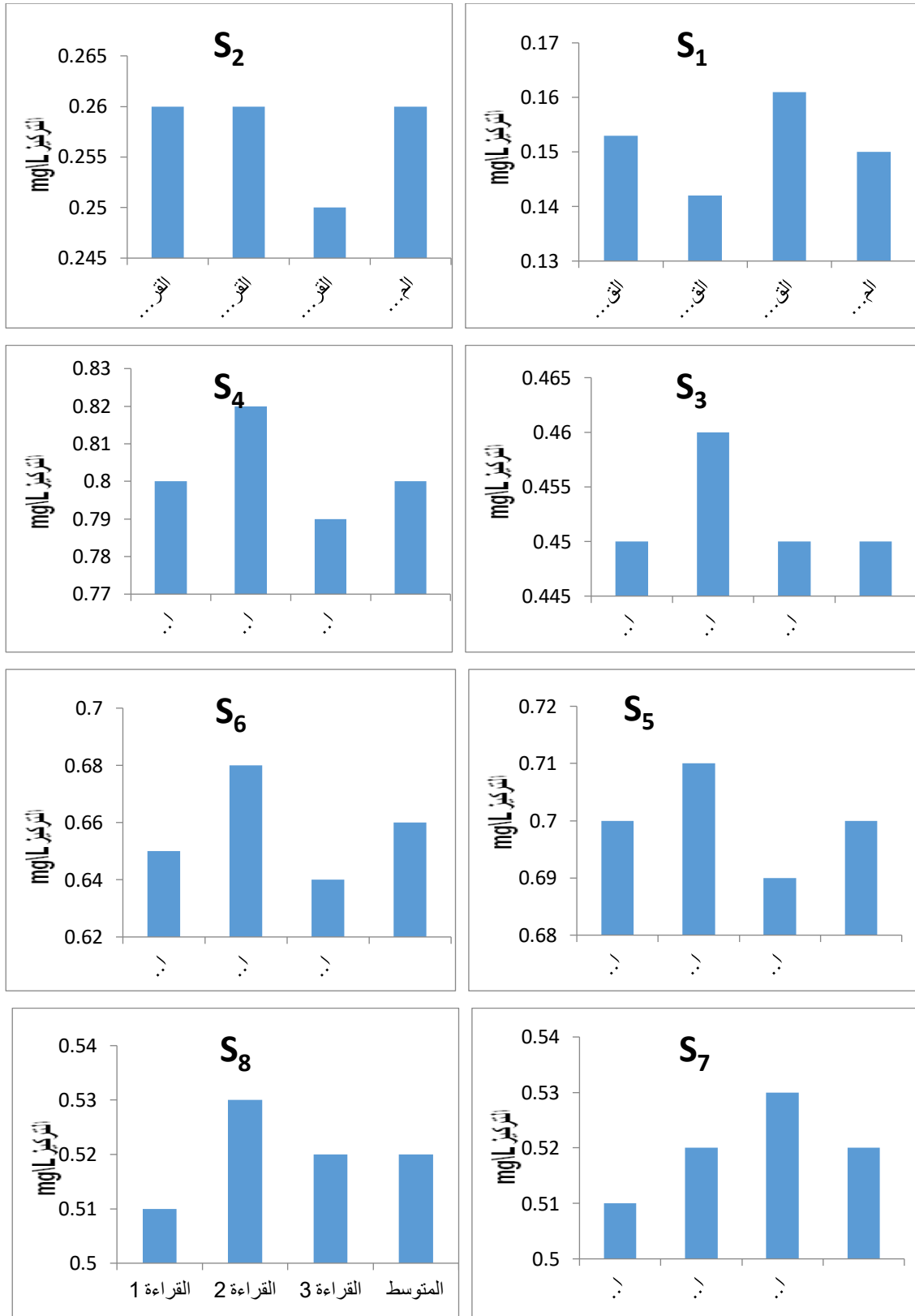
تشير النتائج أن العينات S<sub>2</sub> و S<sub>3</sub> أظهرت أقل تباين في التركيزات مع انحراف معياري قدره 0.006، مما يدل على استقرار عالٍ في تراكيز الصبغة. بينما العينة S<sub>4</sub> أظهرت أكبر تباين في التركيزات مع انحراف معياري قدره 0.02، مما يشير إلى تشتت أعلى في التركيزات. من حيث مستوى التركيز نجد أن أعلى متوسط تركيز كان في العينة S<sub>4</sub> نوع رمان بتركيز (0.80 mg/L)، تليها S<sub>5</sub> نوع رمان أيضاً؛ بتركيز (0.70 mg/L) وعينة S<sub>6</sub> كذلك نوع رمان بتركيز (0.66 mg/L)، بينما أقل متوسط تركيز كان في العينة S<sub>1</sub> مشروب غازي بتركيز (0.152 mg/L)، مما يجعلها أقل العينات احتواءً على صبغة السودان رد B. تشير النتائج إلى تباين واضح في تركيزات صبغة السودان رد B بين العينات المختلفة. بينما أظهرت العينات S<sub>2</sub> و S<sub>3</sub> استقراراً عالياً في التراكيز، أظهرت العينات S<sub>4</sub> و S<sub>6</sub> تشتتاً أعلى. بشكل عام، الإنحراف المعياري المنخفض لمعظم العينات يدل على دقة القياسات واستقرار التراكيز في معظم الحالات.

#### المحور الثالث: النتائج والمناقشة

وجد ما نسبته 53.33% من العينات إيجابية لوجود صبغة السودان رد B بها وما نسبته 46.67% كانت خالية منها وشكل (3) يوضح ذلك. ونستعرض نتائج تركيز صبغة السودان رد في عينات العصير والمشروب الغازي قيد الدراسة التي وجد بها تراكيز مختلفة من هذه الصبغة المحظورة. شكل (4) يوضح تركيز صبغة السودان رد B ومتوسطها في العينات من العينة S<sub>1</sub> إلى العينة S<sub>8</sub>. الشكل (5) يوضح متوسط تركيز صبغة السودان رد B في العينات المدروسة (مجم/لتر).



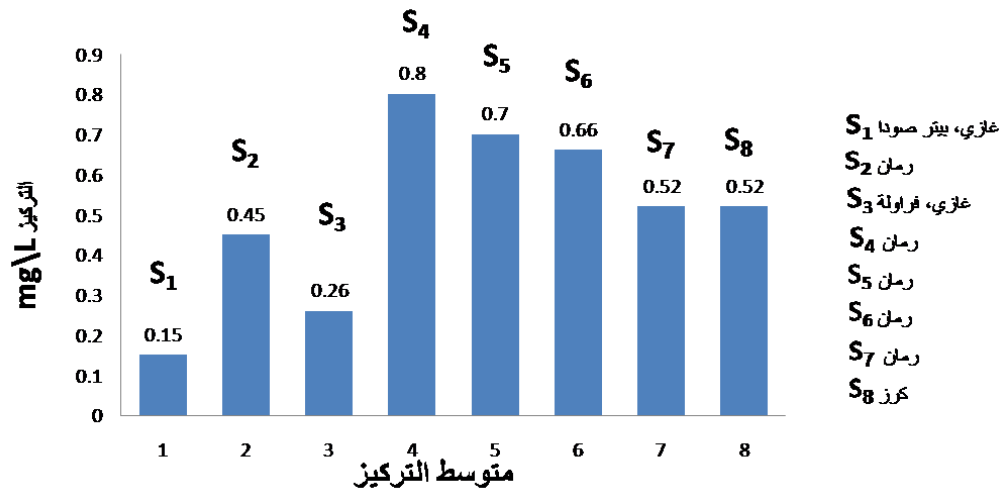
شكل (3): نسبة العينات المحتوية على صبغة السودان رد B والتي لا تحتويها.



شكل (4): تركيز صبغة السودان رد B ومتوسطها في العينات من العينة S<sub>1</sub> إلى العينة S<sub>8</sub>.

بلغ متوسط تركيز صبغة السودان رد B في العينة S<sub>1</sub> (0.15 mg/L). وبلغ متوسط تركيزها في العينة S<sub>2</sub> (0.26 mg/L). أما في العينة S<sub>3</sub> بلغ متوسط تركيز صبغة السودان رد B (0.45 mg/L). وبلغ متوسط تركيز صبغة السودان رد B في العينة S<sub>4</sub> (0.80 mg/L). وبلغ متوسط تركيزها في العينة S<sub>5</sub> (0.70 mg/L). وبلغ متوسط تركيز صبغة

سودان رد في العينة S<sub>6</sub> (0.66 mg/L). أما في العينة S<sub>7</sub> بلغ متوسط تركيز صبغة السودان رد (0.52 mg/L). وبلغ متوسط تركيزها في العينة S<sub>8</sub> (0.52 mg/L). سُجل تجاوزاً لوجود صبغة السودان رد B في عينتين مشروب غازي أحدها فراولة وفي خمس عينات عصير رمان وفي عينة كرز. كما يظهر في الشكل (5). وتشير الأدبيات، كما في دراسة [37] أجريت في الصين للكشف عن الغش التجاري لعينة عصير عنب عشوائية وُجد بها تراكيز ضئيلة من صبغة السودان. وفي دراسة [38] في تابوان وجد صبغة السودان | في عصير التفاح المقاس. أما في دراسة [3] طورت طريقة لقياس تراكيز منخفضة للأصبغ السودانية في المشروبات الغازية. والدراسة [39] أجريت في الصين للكشف عن الأصبغ السودانية لعدد من عينات المشروب الغازية المتوفرة في السوبرماركت وكانت حسب متطلبات معاييرهم الوطنية. وكانت المكونات المغشوشة في المشروبات ما نسبته 16% في دراسة جامعة مينيسوتا [40] التي أجرت تحاليل إحصائية على بيانات قاعدة بيانات NCFPD-EMA من عام 1980 إلى عام 2018. وفي دراسة [41] تم تقدير أربع أصبغ سودانية في عينات المشروبات. ودراسة [42] أجريت لتحديد كميات 34 ملوناً بشكل سريع في المشروبات وكان من ضمنها صبغة السودان موجدة فيها.



الشكل (5): متوسط تركيز صبغة السودان رد B في العينات المدروسة (مجم/لتر).

يمكن القول أن أكثر من نصف العينات كانت تحتوي ضمن محتوياتها على صبغة السودان رد B كما يظهر في الأشكال (4-5)، وهذا يعني أن نصف عينات العصائر والمشروبات الغازية التي شملتها الدراسة غير صالحة للإستهلاك البشري حسب توصيات منظمة الصحة العالمية (FAO)، ولكن حسب الدراسة الحالية فإن عدداً كبيراً منها قد احتوت تراكيز مختلفة من هذه الصبغة المحظورة، أيضاً عدم ذكرها ضمن محتويات المنتج، ومن تم قد يُشكل شرب هذه العصائر والمشروبات الغازية بكثرة وبشكل يومي خطراً على المستهلك على المدى البعيد، حيث وجودها له آثار سامة على أعضاء الإنسان، ويمكن أن يُسبب أمراضاً عدّة من بينها السرطان، لذا يستوجب مراقبتها بشكل دوري من قبل الجهات الرقابية المختصة ومعرفة مدى مطابقتها للمعايير القياسية وصلاحياتها للاستهلاك البشري.

#### المحور الرابع: الاستنتاج

خلصت الدراسة الحالية إلى أن أغلب العصائر والمشروبات الغازية قيد الدراسة تحتوي تراكيز مختلفة من صبغة السودان رد B المحظورة دولياً من قبل منظمات WHO و FAO، وباقي العينات كانت خالية تماماً منها. مما يدل على تباين مصادر هذه العصائر والمشروبات الغازية في السوق الليبية. ولا يمكننا القول إلا أين المسؤولين من وجودها في الأسواق المحلية وما أثرها على المستهلك إذا تم تناولها بكميات كبيرة وبشكل يومي، وهنا يأتي دور الجهات الرقابية المختصة، حيث يستوجب عليها المراقبة الدورية للعصائر والمشروبات الغازية التي تُباع في الأسواق المحلية، وأيضاً توعية المواطن بمدى خطورتها وأضرارها في حالة استمرار استهلاكها خصوصاً بشكل يومي. إن بحثاً أكثر توسعاً يشمل عدد أكبر من عينات العصائر والمشروبات الغازية المتوفرة في مختلف مناطق ليبيا، سواءاً كانت محلية الصنع أم مستوردة، وكذلك تشمل صبغات أخرى محظورة ماعدا السودان رد B يُمكن أن يوفر معلومات أكثر حول أمانها؛ وخلوها من الغش التجاري وصلاحياتها للإستهلاك البشري خاصة أن معظم الوجبات الغذائية في المواد الليبية تتضمن استهلاك كميات مختلفة من العصائر والمشروبات الغازية.



## قائمة المراجع:

1. Arrizabalaga-Larrañaga, A., Epigmenio-Chamú, S., Santos, F. J., & Moyano, E. (2021). Determination of banned dyes in red spices by ultra-high-performance liquid chromatography-atmospheric pressure ionization-tandem mass spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 1164, 338519.
2. Mariano Jr, E., Yun, S. H., Lee, J., Choi, Y., Park, J., Han, D., ... & Hur, S. J. (2024). The Color-Developing Methods for Cultivated Meat and Meat Analogues: A Mini-Review. *Food Science of Animal Resources*, 44(2), 356.
3. Shah, H. U. R., Ahmad, K., Naseem, H. A., Parveen, S., Ashfaq, M., Aziz, T., ... & Shahzad, A. (2021). Synthetic routes of azo derivatives: a brief overview. *Journal of Molecular Structure*, 1244, 131181.
4. Erkmén, C., Silah, H., & Uslu, B. (2024). Electrochemical biosensing for determination of toxic dyes. In *Novel Nanostructured Materials for Electrochemical Bio-Sensing Applications* (pp. 215-241). Elsevier.
5. Chailapakul, O., Wonsawat, W., Siangproh, W., Grudpan, K., Zhao, Y., & Zhu, Z. (2008). Analysis of sudan I, sudan II, sudan III, and sudan IV in food by HPLC with electrochemical detection: Comparison of glassy carbon electrode with carbon nanotube-ionic liquid gel modified electrode. *Food Chemistry*, 109(4), 876-882.
6. Rovina, K., Siddiquee, S., & Shaarani, S. M. (2017). A review of extraction and analytical methods for the determination of tartrazine (E 102) in foodstuffs. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 47(4), 309-324.
7. Ghalkhani, M., Zare, N., Karimi, F., Karaman, C., Alizadeh, M., & Vasseghian, Y. (2022). Recent advances in Ponceau dyes monitoring as food colorant substances by electrochemical sensors and developed procedures for their removal from real samples. *Food and Chemical Toxicology*, 161, 112830.
8. Singh, V., Pandit, C., Roy, A., Pandit, S., Rai, A. K., Rani, A., ... & Malik, S. (2024). Degradation of food dyes via biological methods: A state-of-the-art review. *Bioresource Technology Reports*, 101780.
9. Mohammadi, Z., Sabzehmeidani, M. M., Ghaedi, M., Dashtian, K., & Abbasi-Asl, H. (2024). Dispersive micro-solid phase extraction coupled with spectrophotometric using (MgFe CLDH)/GO magnetically separable sorbent for pre-concentration of anionic food dyes in water samples. *Emerging Contaminants*, 10(4), 100347.
10. Tsai, C. F., Kuo, C. H., & Shih, D. Y. C. (2015). Determination of 20 synthetic dyes in chili powders and syrup-preserved fruits by liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Journal of food and drug analysis*, 23(3), 453-462.
11. Bhimanwar Rachana, S., Pagar, R. R., Kale, M. V., Burad, S. P., Bhusari, A. R., Bhosale, A. S., & Bhoir, R. V. EXTRACTION, QUALITATIVE AND QUANTITATIVE DETERMINATION OF NON-PERMITTED SYNTHETIC FOOD COLOUR IN SELECTED FOOD PRODUCTS. *Journal of Seybold Report ISSN NO*, 1533, 9211.
12. Mariano Jr, E., Yun, S. H., Lee, J., Choi, Y., Park, J., Han, D., ... & Hur, S. J. (2024). The Color-Developing Methods for Cultivated Meat and Meat Analogues: A Mini-Review. *Food Science of Animal Resources*, 44(2), 356.
13. Miri, Z., Elhami, S., Zare-Shahabadi, V., & Jahromi, H. J. (2021). Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@ PDA@ PANI core-shell nanocomposites as a new adsorbent for simultaneous preconcentration of Tartrazine and Sunset Yellow by ultrasonic-assisted dispersive micro solid-phase extraction. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 262, 120130.
14. Eltaboni, F., Bader, N., El-Kailany, R., Elsharif, N., & Ahmida, A. (2022). Dyes: a comprehensive review. *J. Chem. Rev*, 4(4), 313-330.
15. Guerra, E., Llompарт, M., & Garcia-Jares, C. (2018). Analysis of dyes in cosmetics: challenges and recent developments. *Cosmetics*, 5(3), 47.
16. Ahlström, L. H., Eskilsson, C. S., & Björklund, E. (2005). Determination of banned azo dyes in consumer goods. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 24(1), 49-56.
17. Ghalkhani, M., Zare, N., Karimi, F., Karaman, C., Alizadeh, M., & Vasseghian, Y. (2022). Recent advances in Ponceau dyes monitoring as food colorant substances by electrochemical sensors and



- developed procedures for their removal from real samples. *Food and Chemical Toxicology*, *161*, 112830.
18. Sciuto, S., Esposito, G., Dell'Atti, L., Guglielmetti, C., Acutis, P. L., & Martucci, F. (2017). Rapid screening technique to identify Sudan dyes (I to IV) in adulterated tomato sauce, chilli powder, and palm oil by innovative high-resolution mass spectrometry. *Journal of food protection*, *80*(4), 640-644.
  19. Wang, Y., Lin, J., Cui, Y., Li, Q., Ding, L., & Chen, Y. (2024). Sensitive and Selective Determination of Sudan I in Food by Molecularly Imprinted Polymer (MIP) Based Fluorescence Resonance Energy Transfer (FRET). *Analytical Letters*, *57*(6), 876-890.
  20. Xu, J., Zhang, Y., Yi, J., Meng, M., Wan, Y., Feng, C., ... & Xi, R. (2010). Preparation of anti-Sudan red monoclonal antibody and development of an indirect competitive enzyme-linked immunosorbent assay for detection of Sudan red in chilli jam and chilli oil. *Analyst*, *135*(10), 2566-2572.
  21. Sadeef, Y., Shakil, S., Majeed, D., Zahra, N., Abdallah, F. B., & Ali, M. B. (2023). Evaluating aflatoxins and Sudan dyes contamination in red chili and turmeric and its health impacts on consumer safety of Lahore, Pakistan. *Food and Chemical Toxicology*, *182*, 114116.
  22. Petrakis, E. A., Cagliani, L. R., Tarantilis, P. A., Polissiou, M. G., & Consonni, R. (2017). Sudan dyes in adulterated saffron (*Crocus sativus* L.): Identification and quantification by <sup>1</sup>H NMR. *Food Chemistry*, *217*, 418-424.
  23. Shen, Y., Mao, S., Chen, F., Zhao, S., Su, W., Fu, L., ... & Karimi, F. (2022). Electrochemical detection of Sudan red series azo dyes: Bibliometrics based analysis. *Food and Chemical Toxicology*, *163*, 112960.
  24. Xu, H., Heinze, T. M., Paine, D. D., Cerniglia, C. E., & Chen, H. (2010). Sudan azo dyes and Para Red degradation by prevalent bacteria of the human gastrointestinal tract. *Anaerobe*, *16*(2), 114-119.
  25. Kantekin, H., Ertem, B., Aslan, N., Yalazan, H., Ocak, Ü., Çekirge, E., ... & Ocak, M. (2021). The use of new metallophthalocyanines carrying peripherally 4-methyl-N-(3-morpholinopropyl) benzenesulfonamide moieties for the sensitive fluorimetric determination of banned food dye Sudan II in red chili peppers. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *249*, 119222.
  26. He, J., Yu, L., Jiang, Y., Lü, L., Han, Z., Zhao, X., & Xu, Z. (2023). Encoding CsPbX<sub>3</sub> perovskite quantum dots with different colors in molecularly imprinted polymers as fluorescent probes for the quantitative detection of Sudan I in food matrices. *Food Chemistry*, *402*, 134499.
  27. Hu, Y., & Gao, Z. (2020). Sensitive detection of Sudan dyes using tire-derived carbon dots as a fluorescent sensor. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *239*, 118514.
  28. Li, D., Zhou, P., Hu, Y., Li, G., & Xia, L. (2022). Rapid determination of illegally added Sudan I in cake by triphenylamine functionalized polyhedral oligomeric silsesquioxane fluorescence sensor. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *282*, 121673.
  29. Deng, D., Yang, H., Liu, C., Zhao, K., Li, J., & Deng, A. (2019). Ultrasensitive detection of Sudan I in food samples by a quantitative immunochromatographic assay. *Food chemistry*, *277*, 595-603.
  30. Wang, Y., Wei, X., Su, Y., Xu, R., Song, D., Ding, L., & Chen, Y. (2024). Highly sensitive fluoroprobe for detecting Sudan dyes in paprika utilizing carbon dot-embedded zeolitic imidazolate framework-8. *Food Chemistry*, *438*, 137975.
  31. Sun, R., Lv, R., Li, Y., Du, T., Chen, L., Zhang, Y., ... & Qi, Y. (2023). Simple and sensitive electrochemical detection of sunset yellow and Sudan I in food based on AuNPs/Zr-MOF-Graphene. *Food control*, *145*, 109491.
  32. Arjmandi, J., Shahidi, S. A., Ghorbani-HasanSaraei, A., Limooei, M. B., & Raeisi, S. N. (2022). Sudan I monitoring as a hazardous azo dye using an electroanalytical tool amplified with NiO/SWCNTs-ionic liquid catalysts. *Chemosphere*, *309*, 136673.
  33. Kumari, R., Kumar, H., Sharma, R., Yadav, A., Kumar, G., Tundwal, A., ... & Sharma, A. (2023). Highly sensitive amperometric food sensor for Sudan-I dye using nanocomposites modified working electrode. *Microchemical Journal*, *193*, 109078.

34. Zhou, W., Wang, X., Liu, Y., Zhang, W., & Di, X. (2023). Novel Cu<sup>2+</sup>-based immobilized metal affinity magnetic nanoparticles for fast magnetic solid-phase extraction of trace Sudan dyes in food samples. *Food Chemistry*, 404, 134432.
35. Fang AiJin, F. A., Long Qian, L. Q., Wu QiongQiong, W. Q., Li HaiTao, L. H., Zhang YouYu, Z. Y., & Yao ShouZhuo, Y. S. (2016). Upconversion nanosensor for sensitive fluorescence detection of Sudan I-IV based on inner filter effect.
36. Mohamed, S. H., Salim, A. I., Issa, Y. M., Atwa, M. A., & Nassar, R. H. (2021). Evaluation of different Sudan dyes in Egyptian food samples utilizing liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Food Analytical Methods*, 14(10), 2038-2050.
37. Liao, W. A. N. G., Zhiyang, Y. E., Tiannan, W. A. N. G., Xueming, X. U., Yisheng, C. H. E. N., Na, Y. A. N. G., ... & Yamei, J. I. N. (2018). Screening of Sudan dyes adulteration in grape juice based on HPTLC-SERS detection. *Food and Machinery*, 34(7), 59-64.
38. Vinothkumar, V., Sangili, A., Chen, S. M., Chen, T. W., Abinaya, M., & Sethupathi, V. (2020). Voltammetric determination of Sudan I by using Bi<sub>2</sub>WO<sub>6</sub> nanosheets modified glassy carbon electrode. *International Journal of Electrochemical Science*, 15(3), 2414-2429.
39. Wang, J., Zheng, J. M., Wang, H. B., Mo, Z. M., Chen, N. Z., & Tang, D. Z. (2020). Simultaneous determination of 54 food additives in beverages by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry.
40. 蔡昊栋, 王文强, 文豪, 徐永明, & 沈立荣. (2019). 美国明尼苏达大学食品保护与防御中心经济利益 驱动型掺假数据库分析及学术地图可视化呈现. *Journal of Food Safety & Quality*, 10(24).
41. Guo, Y., Niu, X., Li, B., Liu, P., Sun, Y., & Lu, S. (2024). Magnetic solid-phase extraction of Sudan dyes from beverage using polydopamine-coated magnetite/silica materials.
42. Park, J., Lee, M. H., Cho, Y. S., Seo, D. W., & Choi, J. Y. (2024). Rapid Identification and Quantitation of 34 Synthetic Colorants in 125 Beverages and Candies by Ultraperformance Liquid Chromatography with Photodiode Array Detection. *Journal of Food Composition and Analysis*, 106479.