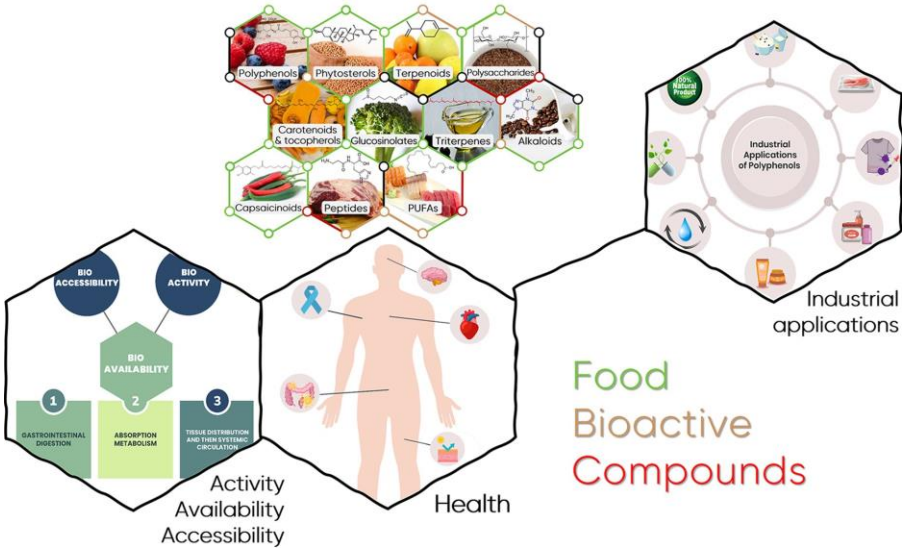
PHENOLIC COMPOUNDS IN FOOD

المركبات الفينولية في الأغذية



Translated by

DR. DHIA F.AL-FEKAIKI

PHD IN FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY
COLLEGE OF AGRICULTURE - UNIVERSITY OF BASRA
DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE

2024

تبلغ نفايات الأغذية العالمية حوالي 1.3 مليار طن سنويا نتيجة للعمليات الأولية والثانوية التي تحدث على طول سلسلة التوريد ، والتي تشمل الخسائر الناتجة أثناء الإنتاج وما بعد الحصاد للمنتجات الغذائية ، والتي تمثل حوالي 75٪ من خسائر الأغذية ، على سبيل المثال ، في البلدان الأفريقية النامية ، أو الهدر في مرحلة الاستهلاك كما هو الحال في البلدان الصناعية (أمريكا الشمالية وأوروبا). صناعة الأغذية الزراعية على وجه الخصوص مسؤولة عن توليد كميات كبيرة من النفايات العضوية (الكتل الحيوية) ، تصل إلى 140 مليار طن سنويا ، على الرغم من أن جزءا كبيرا من هذا لا يرتبط بقضايا هدر الأغذية. يمثل التخلص من هذه المنتجات الثانوية تكلفة على معالج الطعام وله تأثير سلبي على البيئة. من ناحية أخرى ، يمكن اعتبار هذه المواد مصدرا متاحا إلى حد كبير ومنخفض التكلفة ليس فقط لإنتاج الوقود الحيوي ، ولكن أيضا للمركبات ذات القيمة المضافة ، والتي يمثل استردادها بالتالي فرصة ثمينة

بشكل عام ، تعتبر المنتجات الطبيعية مركبات ذات قيمة مضافة جذابة بناء على طيف نشاطها البيولوجي الواسع. من بين هذه ، تحتل المركبات الفينولية دورا بارزا ، وهي معروفة بآثارها المفيدة على صحة الإنسان ، على سبيل المثال ، في الوقاية من السرطان وأمراض القلب والأوعية الدموية .تعزى هذه التأثيرات جزئيا إلى قدرتها على العمل كمضادات أكسدة قوية وزبالات لأنواع الأكسجين التفاعلية ، المتولدة في ظل ظروف الإجهاد التأكسدي والمسؤولة عن ظهور العديد من الأمراض الالتهابية والتنكسية). لذلك دفعت هذه الخصائص إلى استخدام المركبات الفينولية الطبيعية ليس فقط كمكملات غذائية ، ولكن أيضا كإضافات لتشغيل المواد التي سيتم استخدامها ، على سبيل المثال ، في الطب الحيوي ، مستحضرات التجميل ، أو صناعة الأغذية

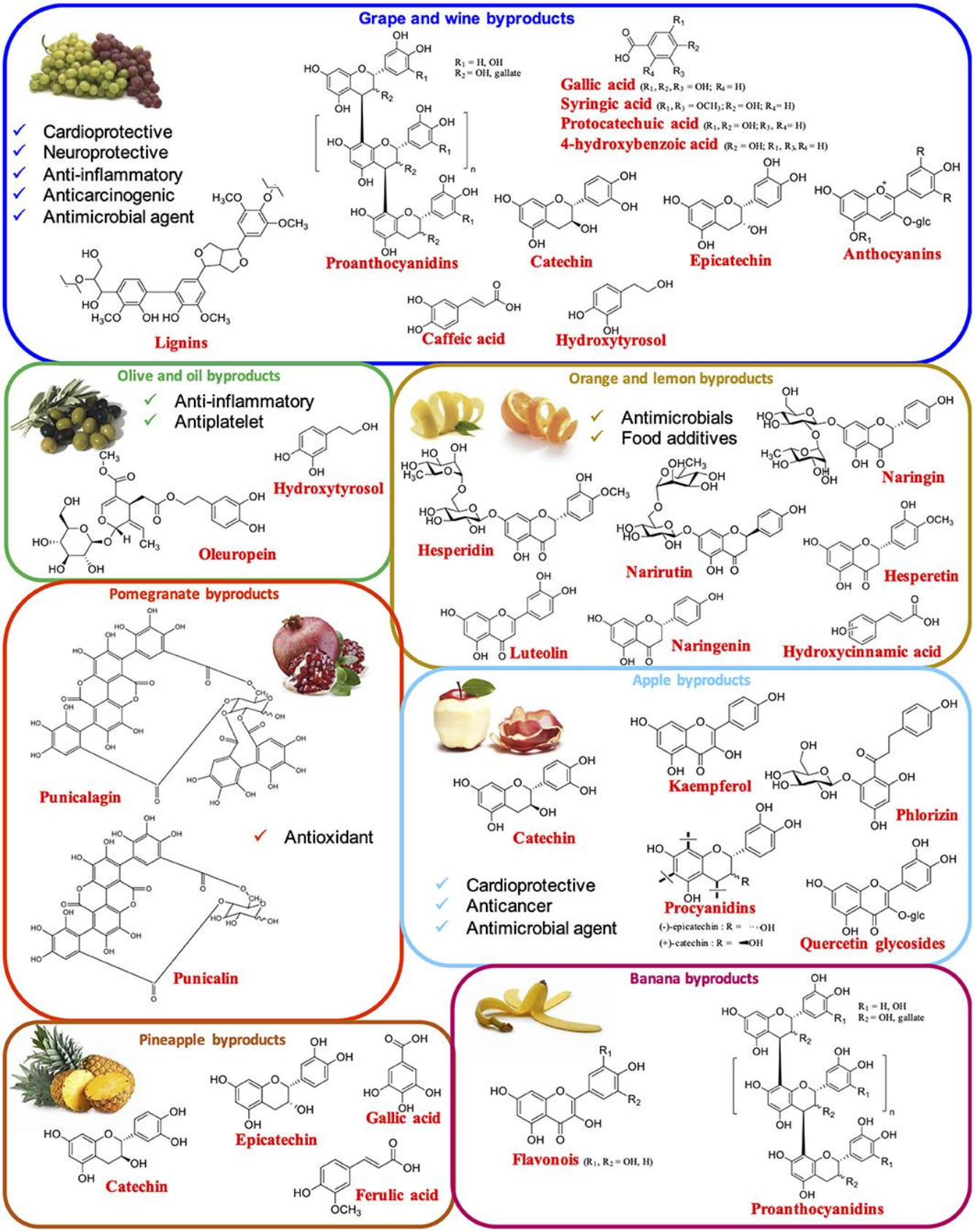
في هذا السياق ، من الواضح بالطبع أنه من أجل الامتثال لمبادئ الاقتصاد الأخضر ، يجب تحقيق استعادة المركبات الفينولية من نفايات الأغذية الزراعية باستخدام إجراءات صديقة للبيئة ومستدامة وربما منخفضة التكلفة. على هذا الأساس ، ستقدم هذه المراجعة لمحة عامة عن النهج الخضراء الأكثر استخداما لاستعادة المركبات الفينولية الوظيفية من المنتجات الثانوية للأغذية الزراعية. على وجه الخصوص ، تم النظر في الاستخراج بمساعدة الميكروويف (MAE) ، والاستخراج بمساعدة الموجات فوق الصوتية (الإمارات العربية المتحدة) ، واستخراج السوائل فوق الحرجة (SFE) بالإضافة إلى استخدام المذيبات سهلة الانصهار العميقة (DES) كمذيبات خضراء ناشئة. كما سيتم تقديم وصف موجز للمنهجيات المستدامة الواعدة الأخرى القائمة على سبيل المثال ، على استخدام مستخرج® Naviglio والمجالات الكهربائية النبضية (PEF) والانفجار

البخاري. واستبعدت البراءات لأن الهدف الرئيسي من هذه المراجعة هو تحديث الطلبات التي تنطوي على إمكانية لمزيد من التطوير ولكنها قد لا تكون جاهزة للاستخدام المباشر في الصناعات.

منتجات الفاكهة الثانوية

منتجات العنب

يعرف المنتج الثانوي الرئيسي لصناعة النبيذ باسم ثفل العنب ويتكون بشكل أساسي من جلد العنب والبذور والسيقان واللب المتبقي. يتم إنتاج ما يقرب من 9 ملايين طن من هذه النفايات سنويا في العالم ، وهو ما يمثل حوالي 20٪ وزن / وزن من إجمالي العنب المستخدم لإنتاج النبيذ. أما بالنسبة للتكوين الفينولي ، فقد تم الإبلاغ عن متوسط محتوى اللجنين بنسبة 17-24٪ وزن / وزن. تمثل العفص المكثفة (proanthocyanidins) فئة رئيسية أخرى من Polyphenolsالموجودة في الثفل ، جنبا إلى جنب مع المركبات الفينولية الصغيرة الأخرى التي تظهر خصائص صحية مفيدة عالية ، مثل أنشطة حماية القلب ، والحماية العصبية ، والمضادة للالتهابات ، والمضادة للسرطان ، ومضادات الميكروبات. من بين هذه ، الأكثر وفرة هي الأحماض الفينولية (caffeic, gallic, protocatechuic, 4-hydroxybenzoic, and syringic acid) ، hydroxytyrosol, and flavonoids, mainly catechin and epicatechin وخاصة مشتقات anthocyanins والإبيكاتشين وكذلك الأنثوسيانين ، والتي يتم استردادها بشكل شائع واستخدامها كملونات غذائية (الشكل 1).


Grape and wine byproducts
Cardioprotective
Neuroprotective
Anti-inflammatory
Anticarcinogenic
Antimicrobial agent
Lignins
Proanthocyanidins
R1 = H, OH
R2 = OH, gallate
Gallic acid (R1, R2, R3 = OH; R4 = H)
Syringic acid (R1, R3 = OCH3; R2 = OH; R4 = H)
Protocatechuic acid (R1, R2 = OH; R3, R4 = H)
4-hydroxybenzoic acid (R2 = OH; R1, R3, R4 = H)
Catechin
Epicatechin
Anthocyanins
Caffeic acid
Hydroxytyrosol
Olive and oil byproducts
Anti-inflammatory
Antiplatelet
Hydroxytyrosol
Oleuropein
Orange and lemon byproducts
Antimicrobials
Food additives
Naringin
Hesperidin
Narirutin
Hesperetin
Luteolin
Naringenin
Hydroxycinnamic acid
Pomegranate byproducts
Punicalagin
Antioxidant
Punicalin
Apple byproducts
Catechin
Kaempferol
Phlorizin
Cardioprotective
Anticancer
Antimicrobial agent
Procyanidins
(-)-epicatechin : R = OH
(+)-catechin : R = OH
Quercetin glycosides
Pineapple byproducts
Epicatechin
Gallic acid
Catechin
Ferulic acid
Banana byproducts
Flavonois (R1, R2 = OH, H)
R1 = H, OH
R2 = OH, gallate
Proanthocyanidins

منتجات البرتقال والليمون الثانوية

تعتبر قشور الحمضيات وكذلك البذور واللب الناتجة عن الإنتاج الصناعي لعصير البرتقال والليمون ، والتي أدت إلى حوالي 15 مليون طن من النفايات سنويا ، مصدرا مهما لأحماض الهيدروكسينياميك والفلافونويد ، وخاصة جليكوسيدات الفلافانون (هسبيريدين ، نارينجين ، ناريريستين) ، والفلافانون (هسبريتين ونارينجينين) ، وفلافون أجليكون (لوتولين) (28 ، 30 ، 35) (الشكل 1). تم اقتراح استخدام المستخلصات الغنية بهذه المركبات كمضادات للميكروبات أو كمضافات غذائية لإضفاء الطعم المر على الأطعمة والمشروبات (30).

منتجات الرمان الثانوية

منتجات التفاح الثانوية

كما يمثل ثفل التفاح مصدرا مهما للبوليفينول القيم ، حيث يعرض أنشطة مضادة للميكروبات ومضادة للسرطان ووقائية للقلب. من بين هذه الأدوار البارزة التي يلعبها جليكوسيدات الكيرسيتين ، كيمبفيرول ، كاتشين ، بروسيانيدينس ، وخاصة ثنائي هيدروكالكون فلوريزين (الشكل 1).

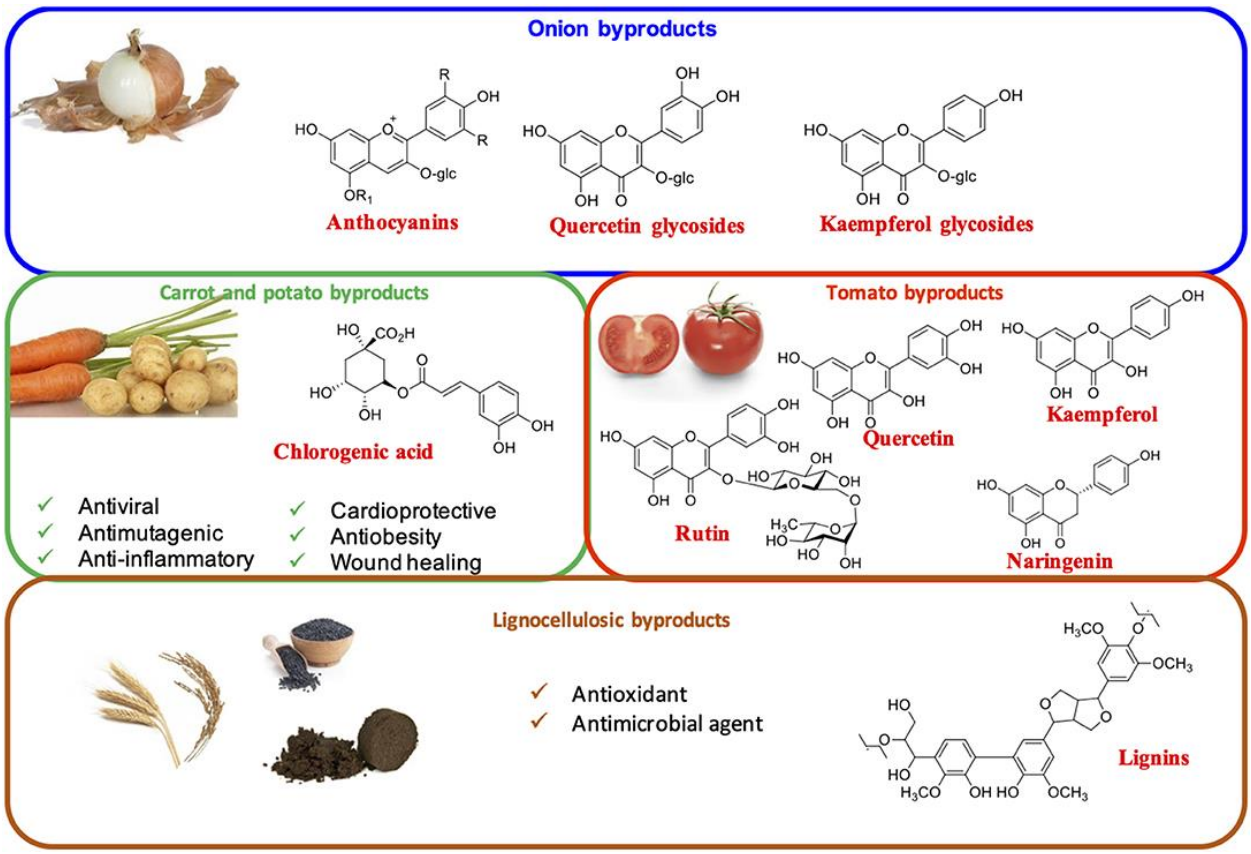
منتجات الفاكهة الثانوية الأخرى

المنتجات الثانوية النباتية

المنتجات الثانوية للبصل

يتم تمثيل المنتج الثانوي الرئيسي الناتج عن التقشير الصناعي للبصل بالجلد والأوراق اللحمية الخارجية والمصابيح العلوية والسفلية ، والتي يتم إنتاجها بأكثر من 450000 طن فقط في أوروبا هذه غنية بشكل خاص بالفلافونويد مثل كيرسيتين وجليكوسيدات كيمبفيرول. الأنثوسيانين موجود أيضا في البصل الأحمر (الشكل 2)

FIGURE 2



الشكل 2. المنتجات الثانوية النباتية واللجنوسليلوزية الرئيسية. تظهر المكونات الفينولية الأكثر وفرة والأنشطة الحيوية المبلغ عنها.

المنتجات الثانوية للجزر

المنتجات الثانوية للبطاطس

قشور البطاطس هي بلا شك من بين المنتجات الثانوية النباتية الأكثر إنتاجا. تم اقتراح مقتطفاتهم لعدة تطبيقات في قطاعات الأغذية وغيرها. المركبات الفينولية الرئيسية الموجودة في قشور البطاطس هي الأحماض الفينولية ومشتقاتها ، وخاصة أحماض الكلوروجينيك (الشكل 2).

منتجات الطماطم الثانوية

تحتوي القشور والبذور الناتجة عن معالجة الطماطم بشكل أساسي على مركبات الفلافانون (مشتقات نارينجينين جليكوزيلاتيد) والفلافونول ، وخاصة مشتقات كيرسيتين وروتين وكيمبفيرول جليكوسيد (الشكل 2)

المنتجات الثانوية النباتية الأخرى

الخضروات الأخرى التي تؤدي إلى كميات كبيرة من المنتجات الثانوية هي الشمر ، البروكلي ، الملفوف ، الخس والخرشوف.

المنتجات الثانوية اللجنوسليلوزية

المنتجات الثانوية للأغذية الزراعية اللجنوسليلوزية مثل قش القمح ، نخالة القمح وحبوب التقطير ، القهوة المستهلكة من الإنتاج الصناعي للبن القابل للذوبان ، نشارة الخشب وغيرها من النفايات من صناعة الأخشاب على نطاق واسع كمصدر نظيف للمركبات الفينولية، المستمدة أساسا من المعالجة الحرارية المائية و/أو التحلل الذاتي للجنين، والتي يمكن استغلالها للتطبيق في مجموعة متنوعة من القطاعات نظرا لخصائصها المضادة للأكسدة والمضادة للميكروبات (الشكل 2).

تقنيات الاستخلاص الأخضر

الاستخلاص بمساعدة الميكروويف (MAE)

يمكن تصنيف الاستخلاص بمساعدة الميكروويف (MAE) على أنه تقنية الاستخلاص خضراء لأنه يقصر وقت الاستخلاص ويقلل من استهلاك المذيب. المبدأ الذي يعتمد عليه MAE هو التسخين العازل ، أي العملية التي يقوم فيها الإشعاع الكهرومغناطيسي بالموجات الدقيقة بتسخين مادة عازلة عن طريق دوران ثنائي القطب الجزيئي للمكونات القطبية الموجودة في المصفوفة (الشكل 3). تم الإبلاغ عن أن MAE تمضي قدما من خلال عدة خطوات متميزة نتيجة لتدرجات الحرارة والكتلة المتولدة في المصفوفة:

(1) تغلغل المذيب في المصفوفة.

(2) إذابة و / أو تفكيك المكونات ؛

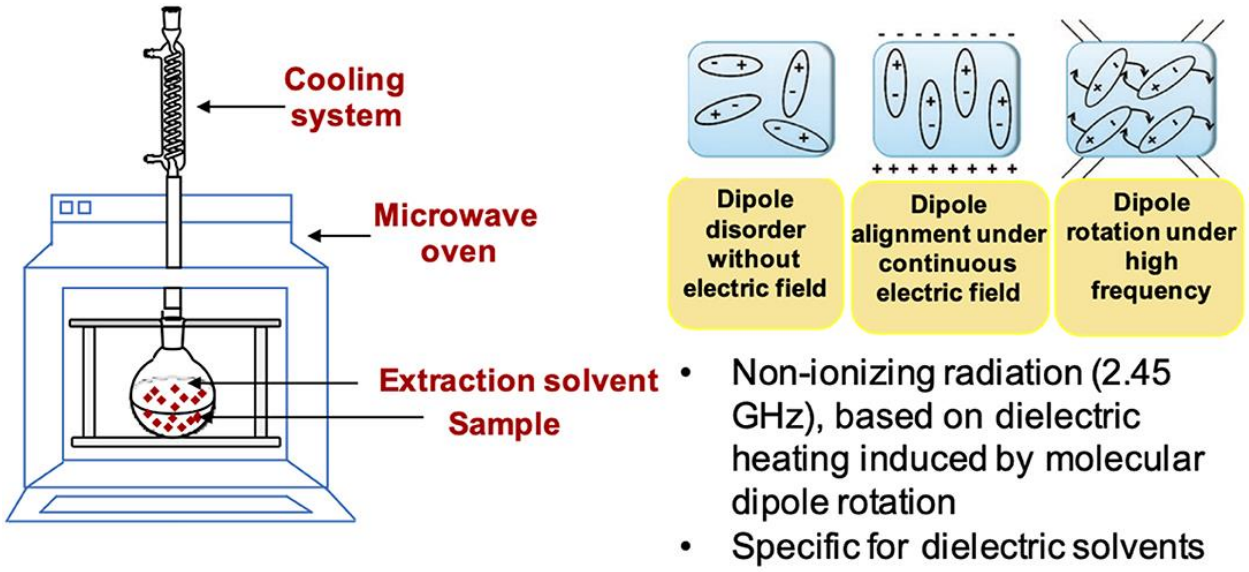
(3) نقل المركبات الذائبة من المصفوفة غير القابلة للذوبان إلى المحلول السائب ؛

(4) فصل الطور السائل والصلب المتبقي

يجب مراعاة العديد من المعلمات لتحسين عملية MAE ، أي المذيبات ، ونسبة المواد الصلبة إلى المذيبات ، وطاقة الميكروويف ودرجة حرارة الاستخلاص والوقت. أما بالنسبة للمذيب ، فإن الإيثانول ، بمفرده أو

بالاشتراك مع الماء ، هو أحد أكثر المواد استخداما في MAE لأنه يتمتع بقدرة جيدة على امتصاص طاقة الميكروويف و يظهر خصائص ذوبان جيدة تجاه المركبات الفينولية. يجب اختيار كمية المذيب المراد استخدامها بشكل صحيح لضمان الغمر الكامل للعينة أثناء عملية التشعيع بأكملها ، وتجنب الكميات الزائدة التي تتطلب وقتا واستهلاكا للطاقة لإزالتها في الاسترداد النهائي للمركبات المستخلصة . يعتمد اختيار طاقة الميكروويف وكذلك درجة حرارة الاستخلاص والوقت على استقرار المركبات المراد استخراجها

الشكل 3



الشكل 3. تمثيل تخطيطي لمعدات وخصائص MAE.

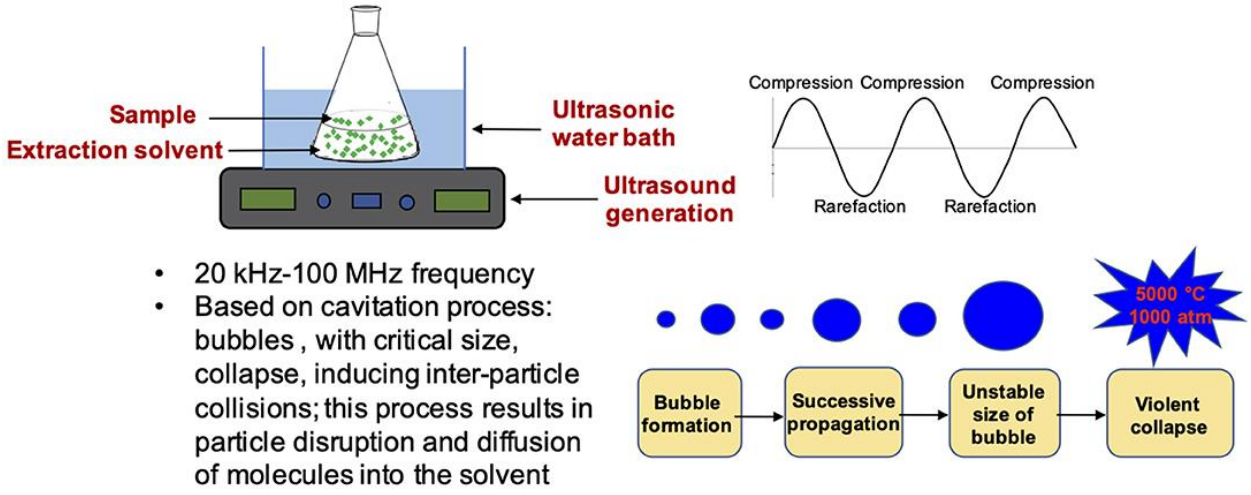
يمكن أن تؤثر عوامل أخرى أيضا على كفاءة الاستخلاص ، مثل خصائص المصفوفة من حيث حجم الجسيمات ومساحة سطح التلامس ومحتوى الماء. على سبيل المثال ، يمكن تحقيق عوائد استخراج أعلى من الفينولات عن طريق طحن العينة إلى أحجام جسيمات أصغر ، على الرغم من أن الجسيمات الأصغر من 250 ميكرومتر قد يكون من الصعب فصلها عن الطور السائل في نهاية العملية.

فيما يتعلق بالجهاز الآلي ، يمكن إجراء MAE في حاويات استخراج مغلقة ، والتي تعمل في ضغوط ودرجات حرارة عالية ، مما يسمح بإنتاجية استخلاص أعلى ، أو في أوعية مفتوحة تعمل في ظل ظروف أكثر اعتدالا ، عند الضغط الجوي. هذا النظام الأخير مناسب بشكل خاص للمركبات الحرارية وله ميزة تتطلب أجهزة منخفضة التكلفة قادرة على معالجة كميات أكبر من المواد. في الآونة الأخيرة ، تم تطوير أدوات تعمل تحت فراغ أو تحت جو النيتروجين

الاستخلاص بمساعدة الموجات فوق الصوتية

كما هو الحال في MAE ، يسمح الاستخلاص بمساعدة الموجات فوق الصوتية (أيضا بتقليل الوقت وكمية المذيبات اللازمة لاستخلاص المركبات الفينولية بكفاءة من نفايات الأغذية الزراعية. تعتبر الموجات فوق الصوتية واحدة من أبسط إجراءات الاستخلاص لأنها تتطلب معدات مخبرية مشتركة ، أي حمام بالموجات فوق الصوتية تعتمد هذه التقنية على عملية التجويف التي تسببها دورات الضغط والتمدد المرتبطة بمرور الموجات فوق الصوتية (تردد 20 كيلو هرتز -100 ميجاهرتز) عبر العينة. يؤدي انفجار فقاعات التجويف إلى حدوث تصادمات بين الجسيمات تؤدي ، من بين أمور أخرى ، إلى تعطيل الجسيمات وتعزيز انتشار المركبات القابلة للاستخلاص في المذيب (الشكل 4). وبالتالي، يمكن أن تؤثر خصائص العينة مثل الاتساق والريولوجيا وحركة الجسيمات بشكل كبير على تشتت طاقة الموجات فوق الصوتية وبالتالي فعالية الموجات فوق الصوتية المتحدة.

FIGURE 4

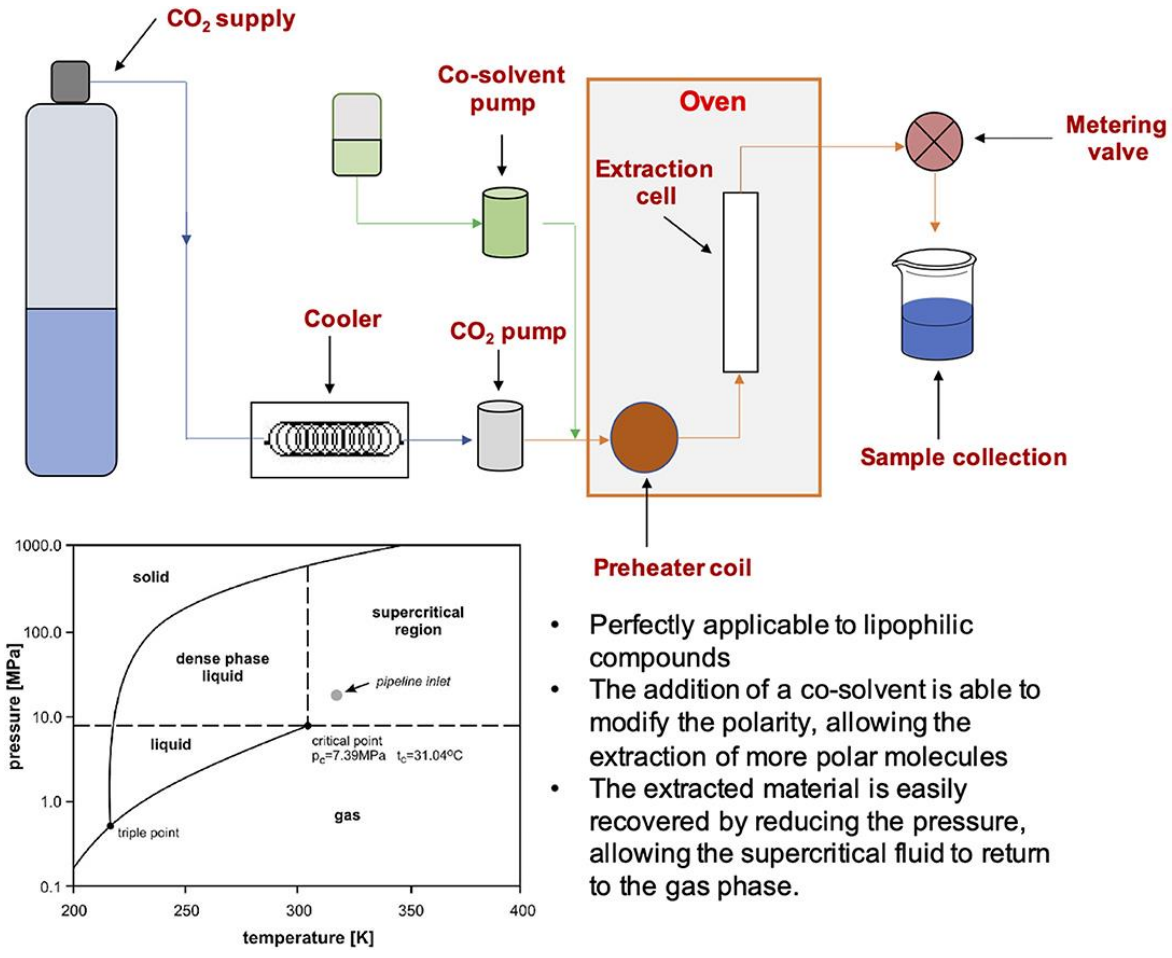


الشكل 4. تمثيل تخطيطي للمعدات والخصائص UAE .

يتم إجراء UAE بشكل عام في ظل ظروف ثابتة، أي في أوعية مغلقة ، بدون مذيب منعش ، أو في الوضع الديناميكي ، حيث يتم توفير مذيب جديد بشكل مستمر.

الاستخلاص السوائل فوق الحرجة Supercritical Fluid Extraction (SFE) `

تم النظر مؤخرا في تقنية خضراء أخرى، تعتمد على CO2 فوق الحرج (scCO2)، من أجل التغلب على المخاوف البيئية المتعلقة بالطرق التقليدية. يتميز scCO2 في الواقع بمزايا فورية على الطرق التقليدية القائمة على المذيبات. إنه يتيح الاستخراج الانتقائي للمركبات القابلة للذوبان في scCO2 ، وبالتالي ينطبق تماما على المركبات المحبة للدهون مثل الدهون ، دون الحاجة إلى خطوات التركيز. إن إضافة مذيب مشترك (على سبيل المثال الإيثانول، الذي تتحمله مختلف القطاعات الصناعية جيدا) قادر على تعديل قطبية scCO2 مما يسمح باستخراج المزيد من الجزيئات القطبية (الشكل 5). علاوة على ذلك ، يمكن ضبط درجات حرارة التشغيل منخفضة بما يكفي لتجنب تدهور المواد الحرارية. تظهر نتائج الأدبيات ميزة كبيرة فيما يتعلق بالاستخراج التقليدي من حيث سهولة الاسترداد والانتقائية واستقرار المركبات والوقت وتوفير إجمالي الطاقة.الشكل 5



الشكل 5 .تمثيل تخطيطي لمعدات وخصائص SFE.

يمكن توسيع التنوع العالي لتقنية SFE إلى النطاق الصناعي بقصد إدخال الاستدامة إلى العمليات واسعة النطاق. علاوة على ذلك ، فإن سهولة إزالة CO2 في الظروف المحيطة واستعادتها الممكنة من خلال جهاز محدد لإعادة استخدامها تؤدي إلى تقليل التكاليف المتعلقة بالكاشف ، والتي تحظى بتقدير كبير في القطاع الصناعي.

أحد الجوانب ذات الصلة في SFE ، التي تؤثر على معدل الاستخلاص ، هو قابلية ذوبان المركبات المستهدفة في scCO2. في هذه الحالة ، تعد درجة الحرارة والضغط معلمات ديناميكية حرارية رئيسية تساهم بشكل أساسي في ذوبان المركبات المستهدفة. في التفاصيل ، تعزز زيادة الضغط كثافة السائل فوق الحرج وقوة حله. من خلال العمل على المصفوفة النباتية ، يمكن أن يؤدي الضغط العالي إلى تعطيل الخلايا النباتية وبالتالي تسهيل إطلاق المركبات وإذابتها. درجة الحرارة لها دور أكثر تعقيدا: عند الضغط الثابت ، فإن زيادتها تعزز الضغط البخاري للمذاب وقابليته للذوبان في سائل الاستخلاص مع انخفاض طفيف ولكن متوازن في كثافة السائل فوق الحرج.

تظهر العديد من الأمثلة في الأدبيات كيف تم تطبيق scCO2 على نطاق واسع لاستخلاص الجزيئات المحبة للدهون على العكس من ذلك ، هناك تطبيقات أقل على الجزيئات المستهدفة ذات القطبية الأعلى عندما تكون إضافة مذيب مشترك إلى scCO2 ضرورية لتمكين استخراجها. يؤثر استخدام المذيبات المشتركة على القوى الفيزيائية والكيميائية بين الجزيئية للنظام ويزيد الكثافة المحلية حول جزيء المذاب، مما يحقق تفاعلات محددة مثل الرابطة H.

أبلغت بعض الأعمال في الأدبيات مؤخرا عن استعادة مادة البوليفينول من النفايات من خلال SCCO2. إن عزل المركبات النشطة بيولوجيا والقيمة عن مخلفات الأغذية الزراعية بواسطة التقنيات الخضراء مثل scCO2 له أهمية خاصة لأنه ينجز تنفيذ سياسات الاقتصاد الحيوي.

بشكل عام، ليس فقط المعلمات الفيزيائية والكيميائية الاستخلاص 2SCCO (درجة الحرارة والضغط وكمية المذيب المشترك) ، ولكن أيضا طبيعة الكتلة الحيوية والمعالجة قبل الاستخراج (التجفيد ، الميكرون ، إلخ) تؤثر بعمق على عوائد الاستخلاص النهائية وتكوينها ، كونها الانتشار داخل المصفوفة الصلبة معلمة حرجة. قد تختلف ظروف العملية في SFE من مصفوفة إلى أخرى، حتى في وجود نفس المركبات. الأدبيات في هذا المجال ليست واسعة كما في حالة التقنيات الخضراء الأخرى، على الأقل عندما يتم تطبيق scCO2 لاستخراج

المزيد من الجزيئات القطبية. يعد تحسين معلمات الاستخلاص، مثل الضغط ودرجة الحرارة والنسبة المئوية للمعدل ، جنبا إلى جنب مع فهم تأثيرات المصفوفة ، النقاط الرئيسية لإنتاج المزيد من الجزيئات القطبية ، ولكن لا يزال هناك حوض أدب واسع يجب تعيينه كخلفية مفقودة في هذا المجال.

استخراج المذيبات سهلة الانصهار العميق (DES)

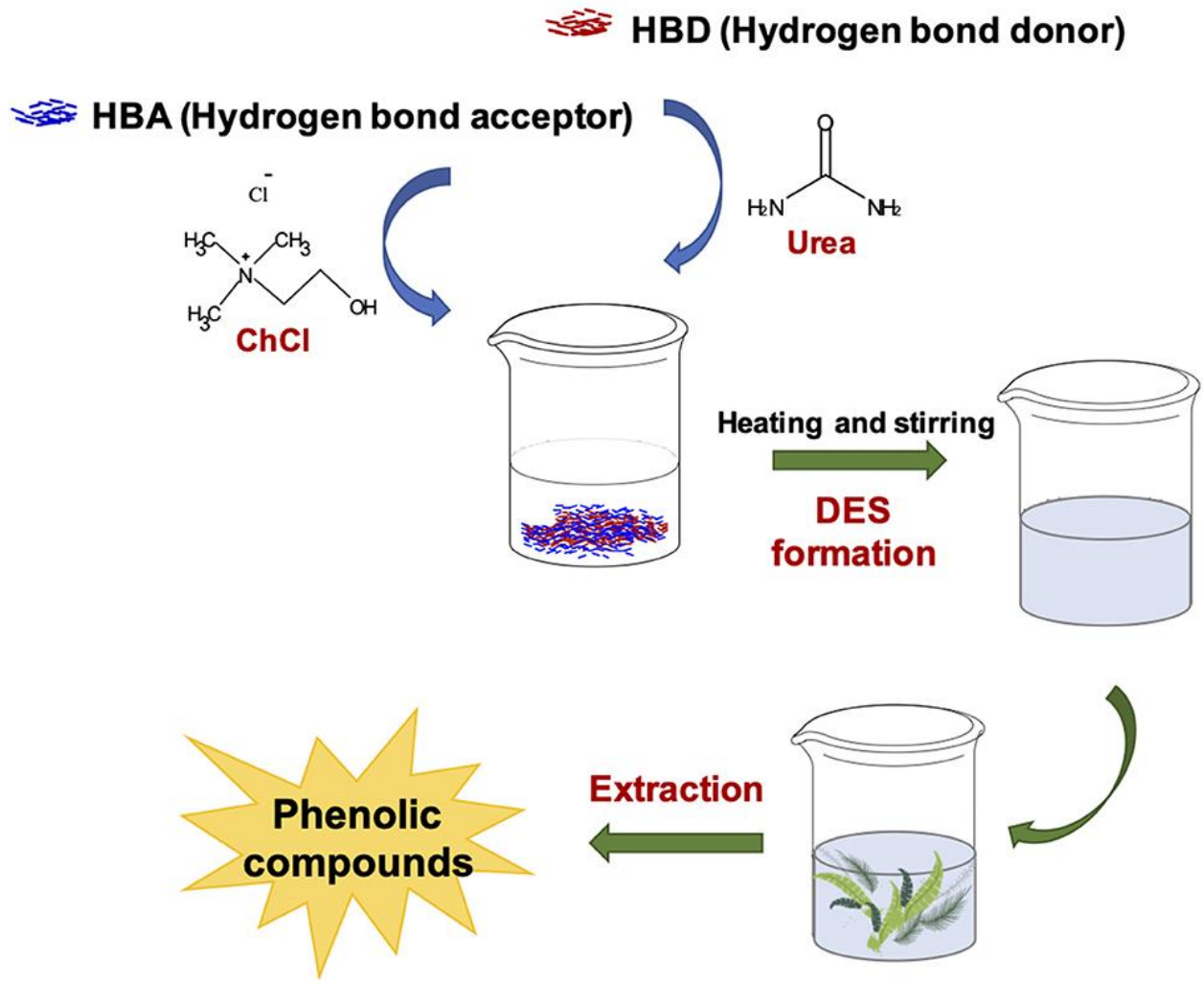
Deep Eutectic Solvent (DES) Extraction

يعد الاستخلاص المواد الصلبة والسائلة أحد أكثر الإجراءات شيوعا الاستخلاص المركبات الفينولية ، على سبيل المثال ، من نفايات الأغذية الزراعية (. ومع ذلك ، تتضمن هذه المنهجية عادة فترات زمنية طويلة الاستخلاص ، وتكاليف عالية ، وعوائد منخفضة ، واستخدام المذيبات العضوية ، والتي حتى لو أظهرت قدرة ممتازة في إذابة استخلاص المركبات الفينولية ، فإنها تظهر العديد من العيوب الجوهرية ، مثل نقاط الغليان المنخفضة ، والقابلية للاشتعال ، والسمية ، وعدم التحلل البيولوجي من ناحية أخرى ، يعتبر الماء كمذيب استخلاص فعال فقط للمركبات القطبية والمحبة للماء لذلك ، هناك طلب كبير على المذيبات الخضراء التي تظهر نفس خصائص الاستخراج الممتازة للمذيبات العضوية ، ولكن بتكاليف منخفضة وتأثير بيئي ضئيل

في الآونة الأخيرة ، تم تطوير وتطبيق نوع جديد من المذيبات الخضراء والصديقة للبيئة يسمى المذيبات سهلة الانصهار العميقة (DES) في استخراج المركبات الفينولية

تم وصف إعداد DES لأول مرة بواسطة. يتم تحضيرها بسهولة عن طريق خلط ، في درجة حرارة مناسبة ، متقبل الرابطة الهيدروجينية (HBA) ومانح الرابطة الهيدروجينية (HBD) (الشكل 6). بالمقارنة مع المذيبات العضوية الشائعة ، تقدم DES العديد من المزايا مثل السعر المنخفض وسهولة التحضير والتوافر السهل. علاوة على ذلك ، فإن معظمها قابل للتحلل البيولوجي مع سمية منخفضة للغاية

FIGURE 6



الشكل 6. تمثيل تخطيطي لاستخراج المركبات الفينولية مع DES.

يمكن وصف DES بالصيغة العامة $Cat + X - zY$ ، حيث Cat + عادة ما يكون الأمونيوم أو السلفونيوم أو الفوسفونيوم ، X – قاعدة لويس ، عادة هاليد ، Y a لويس أو حمض برونستد ، الذي يشكل "معقدا" مع X– ، و z هو عدد جزيئات Y التي تتفاعل مع الأنيون. تؤدي هذه التفاعلات إلى تكوين خليط سهل الانصهار ، يتميز بنقطة انصهار أقل من تلك الموجودة في المكونات الفردية.

المكون الأكثر شعبية المستخدمة لإعداد DES هو كلوريد الكولين (ChCl), ملح رخيص وغير سام. الأكثر استخداما HBD هي اليوريا ، جلايكول الإيثيلين ، الجلسرين ، ولكن أيضا الكحول والأحماض الأمينية والأحماض الكربوكسيلية والسكريات في الواقع ، في الآونة الأخيرة ، تم تطوير DES من مزيج من المستقلبات الأولية والمواد الأولية المتجددة الحيوية. وقد سميت هذه المذيبات "المذيبات الطبيعية سهلة الانصهار العميقة"

وتم الحصول عليها من خلال الجمع بين المركبات الموجودة بكثرة في الطبيعة والتي تلعب أدوارا مهمة في إذابة أو تخزين أو نقل المستقلبات في الخلايا الحية والكائنات الحية.

تعتمد الخصائص الفيزيائية والكيميائية ل DES ، مثل نقطة التجمد والتوصيل والكثافة واللزوجة والقطبية ، عادة على تكوينها ، لذلك من الممكن تعديلها عن طريق تعديل مكونات HBD و HBA. بشكل عام ، تكون كثافات DES أعلى من الماء ، وأعلى من المكونات الفردية كما أن لزوجة معظم DES عالية (< 100 cP) في درجة حرارة الغرفة كنتائج لشبكة الروابط الهيدروجينية بين المكونات مما يؤدي إلى انخفاض حركة الأنواع. قد يساهم حجم الأيونات الكبير والتفاعلات الكهروستاتيكية أو فان دير فال بين المكونات أيضا في اللزوجة العالية ل DES. الموصلية من DES ضعيفة بشكل عام ، بسبب اللزوجة العالية.

إن قدرة DES على منح وقبول البروتونات والإلكترونات وكذلك تكوين روابط هيدروجينية تمنحها خصائص ذوبان جيدة تجاه المركبات الفينولية ، كما تم استكشافها مؤخرا أيضا في حالة نفايات الأغذية الزراعية.

- # PROF. DHIA FALIH AL-FEKAIKI

- B.S and M.Sc. Degrees in Food sciences from university of Basrah, Ph.D. Enzymes (2007), from ***university of Basra***. Food Sciences department in Agriculture College.
- B.S ***Translation***, College of Arts 2011
- Head of Food Sciences department in Agriculture College 2014-2016.
- Became full professor (2019) of ***Biochemistry- Enzymes*** from university of Basra.
- Head of the Food Research and Consumer Protection Unit –
- ***Techniques experienced*** in are on-column GC injection, capillary and packed column GC/MS, SPME, SPE, dynamic and static headspace, mass-directed fraction collections, atomic absorption, AKTA pure 25 FPLC, HPLC. interesting in Immobilized Enzymes, GC MS analysis, Essential Oil, Biochemical Analysis, Bioactive Compounds, Amino Acid Analysis, fatty acid. Biochemical Analysis