الأهميـة التغذوية والصحية لمكونات حبـوب الشوفان

The nutritional and health importance of oatmeal components

إعداد

نورا طه التميمي

Nora T. AL-Temimi

ألاء غازي الهاشمي

Alaa G. AL-Hashimi

وسن كاظم التميمي

Wasan K. AL – Temimi

قسم علوم الأغذية - كلية الزراعة- جامعة البصرة. البصرة - العراق

Doi: 10.21608/asajs.2024.386887

استلام البحث : ٢٥ / ٧ /٢٠٢٤

قبول النشـر : ١٥ / ٨ / ٢٠٢٤

التميمي، نورا طه و الهاشمي، ألاء غازي و التميمي ، وسن كاظم (٢٠٢٤). الأهميـة التغذوية والصحية لمكونات حبـوب الشوفان. ***المجلة العربية للعلوم الزراعية***، المؤسسة العربية للتربية والعلوم والآداب، مصر، ٧(٢٤)، ١٧٥- ٢١٤.

http://asajs.journals.ekb.eg

الأهميـة التغذوية والصحية لمكونات حبـوب الشوفان

المستخلص:

تُعد حبوب الشوفان (*Avena sativa L.*) من الحبوب الوظيفية التي يتم أستهلاكها على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم، وقد أكتسبت مؤخراً اهتماماً متزايداً بسبب فوائدها الصحية العديدة. الشوفان هو مصدر طبيعي ممتاز للمركبات النشطة بيولوجياً، بما في ذلك البيتا-كلوكان، وله آفاق تطبيق واسعة لتطوير الأطعمة الوظيفية أو المنتجات الصحية للوقاية من مرض السكري وعلاجه. إذ يحتوي الشوفان، على البروتينات والببتيدات والأحماض الأمينية والنشأ والبيتا كلوكان والألياف الغذائية والأحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة والفيتامينات والمعادن والبوليفينول والأفينانثراميدات الشوفان، ويُظهر الشوفان خصائص مضادة للأكسدة ومضادة للسكري ومضادة للميكروبات ومضادة للسرطان ومضادة لأرتفاع ضغط الدم وتعديل المناعة ومضادة لأرتفاع دهون الدم ومضادة للسمنة وحماية القلب.

الكلمات المفتاحية: حبوب الشوفان، التركيب الكيميائي للشوفان، الفوائد الصحية للشوفان.

Abstract:

Oats (Avena sativa L.) are functional cereals widely consumed worldwide and have recently gained increasing attention due to their numerous health benefits. Oats are an excellent natural source of bioactive compounds, including β-glucans, and have broad application prospects for the development of functional foods or health products for the prevention and treatment of diabetes. Oats contain proteins, peptides, amino acids, starch, β-glucans, dietary fiber, polyunsaturated fatty acids, vitamins, minerals, polyphenols, and oat avenanthramides, and exhibit antioxidant, antidiabetic, antimicrobial, anticancer, antihypertensive, immunomodulatory, antihyperlipidemia, antiobesity, and cardioprotective properties.

المقدمة:

الشوفان (*Avena sativa L.*) من المحاصيل الغذائية والحبوب القديمة المزروعة والمستهلكة في جميع أنحاء العالم (Paudel, *et al*.,2021)، وهو نبات عشبي شتوي حولي ينتمي إلى العائلة النجيلية، وفي العراق يعرف أنه من

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

الأدغال وينمو مع المحاصيل الشتوية، يزرع في الكثير من دول العالم كمحصول حبوبي، وتبلغ مساحته الفعلية المزروعة عالمياً ٥.٢٦ مليون هكتار تقدر كمية انتاجه ٥.٤٤ مليون طن (Paudel, *et al*.,2018). وله تأريخ طويل من الإنتاج على الرغم من أن معظم الشوفان كان يُزرع كمحاصيل ثانوية أو كعلف للحيوانات (Darby, 2020). ويُعد أحد أقدم المحاصيل التي عرفتها الحضارة الإنسانية بعد القمح والشعير(Paudel, *et al*., 2021). يحتل الشوفان المرتبة السادسة من إجمالي الإنتاج العالمي لمحاصيل الحبوب بعد الذرة و القمح والرز والشعير والذرة الرفيعة، على الرغم من أن معظم إنتاج الشوفان يستعمل كعلف للماشية إلا أن الشوفان مناسب للأستهلاك البشري وله العديد من التطبيقات بما في ذلك دقيق الشوفان (Zhang,*et al*., 2021). يُزرع الشوفان كمحصول سنوي قبل أكثر من ٢٠٠٠ عام في أجزاء مختلفة من العالم(Sang and Chu,2017).

ويُعد مصدراً مهماً للكربوهيدرات والألياف الغذائية القابلة للذوبان والبروتينات والدهون والمركبات الفينولية المختلفة والفيتامينات والمعادن Joyce,*et al* ; (Thomas, *et al*,.2019 .,2019). ذكر Varma, *et al* .,(2016) إن محصول الشوفان من الحبوب المهمة في الدول النامية، وتتطلب زراعته مناخاً بارداً ورطباً، يحتوي الشوفان على التوكوفيرول المعروف بأسم فيتامين E، وهو من مضادات الأكسدة الطبيعية الموجودة في الحبوب، كما يحتوي على بعض المركبات المهمة مثل الفلافونويد والستيرولات ولكن بكميات قليلة وهي من المركبات النشطة بيولوجياً ولها خصائص مضادة للأكسدة.

يكتسب الشوفان شعبية كبيرة نظراً لفوائده الغذائية المتعددة فضلاً عن وظائفه التركيبيه كالمركبات النشطة بيولوجياً، إذ تُعد حبوب الشوفان مصدراً جيداً للبروتين والأحماض الدهنية غير المشبعة والنشأ. إذ بين Paudel, *et al* .,(2021) أن أستهلاك الشوفان له فائدة صحية للإنسان من خلال تعزيز الجهاز المناعي وتحسين الفلورا الطبيعية في الأمعاء، فضلاً عن أن أستهلاك الشوفان يساعد في الوقاية من الأمراض كتصلب الشرايين والتهاب الجلد وبعض أنواع السرطانات، وتأثيرها على العديد من الأمراض الرئيسية. كما يخفض مستويات الدهون في الدم والسكر(Astiz,*et al*,.2022)، كما يقلل من مخاطر أمراض القلب والأوعية الدموية وسرطان القولون والمستقيم Zhang, *et al*., 2021; Zaki, *et al*.,2018; (Dong *et al* .,2014; Maki *et al*., 2010). وبشكل عام تُعزى معظم هذه الفوائد الفسيولوجية إلى الألياف الغذائية القابلة للذوبان.

يتمتع الشوفان بميزة أستهلاكه كحبوب كاملة بشكل طبيعي مقارنة بمنتجاته المصنعة، بسبب فوائده الغذائية والصحية على النمو، كما تشير الدراسات المسحية

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

السكانية إلى أن الوجبات الغذائية الغنية بالشوفان أو غيرها من الأطعمة التي تحتوي على الألياف القابلة للذوبان ترتبط بإنخفاض مستويات ضغط الدم ومعدلات الإصابة بأمراض الشرايين ويساعد في الوقاية من الأمراض القلبية الوعائية، كما تبين أن أستهلاك الشوفان أو ألياف الشوفان يقلل من مستوى السكر في الدم بعد تناول الغذاء(Paudel, *et al*., Varma, *et al* .,2016 ;Tong, *et al*., 2016). 2021;

من جانب آخر، يُعرف الشوفان بإسم "الحبوب الفائقة" نظراً لمحتواه الغذائي الغني (Kaur *et al*., 2019). كيميائياً يتكون من ٨.٢٢% رطوبة و٦٦.٢٧% كربوهيدرات و١٦.٨٩% بروتين و٩.٧٠% ألياف و٦.٩٠% دهون، و ذكر Suzauddula, *et al*.,(2021). أن الشوفان يحتوي على نسبة عالية من البروتين ١٧% والدهون ٧% والكربوهيدرات ٦٦% والألياف ١١% والرماد ١.٥٦% والكالسيوم ٠.١٠% والفسفور ٠.٢٣% والتربتوفان ٠.١٧% والثريونين ٠.٣٦% واللايسين٠.٤١% والسيستين ٠.٣٤% والميثيونين ٠.٢١%. كما يُعد الشوفان مصدراً جيداً للأحماض الدهنية الأساسية غير المشبعة والتي تبلغ نسبتها حوالي ٧٥% من اجمالي الاحماض الدهنية مثل حامض الأوليك واللينوليك واللينولينيك في الشوفان من إجمالي الأحماض الدهنية (Soni, *et al*.,2020). أن الأحماض الأمينية للشوفان أفضل من الناحية التغذوية من الاحماض الامينية للقمح والشعير والذرة، كما تحتوي على مستويات أعلى من جميع الأحماض الأمينية الأساسية (Dhanda., 2011).

الفوائد الصحية للشوفان:

أثبتت العديد من الدراسات العلمية الصحية فوائد الشوفان في خفض أستجابة نسبة السكر في الدم وخفض مستوى الكوليسترول في الدم وتحقيق التوازن للميكروبات المعوية وتنظيم ضغط الدم (Zhang, *et al*., 2021; Zhu, *et al*,.2020).

ويلعب الشوفان دوراً مهماً في خفض نسبة الكولسترول في الدم، إذ بين Paudel, *et al*., (2021) أن كلاً من مكونات الشوفان المحبة للدهون والمضادة لها تلعب دوراً رئيسياً في خفض نسبة الكوليسترول في الدم لدى البشر. وهذا ما أكده Varma, *et al*., (2016) أن أستهلاك الشوفان يقلل من الكوليسترول الكلي في الدم وكوليسترول البروتين الدهني منخفض الكثافة (LDL)، وبالتالي يقلل من مخاطر الإصابة بأمراض القلب والأوعية الدموية. ومع ذلك، لا توجد معلومات حول تأثير هذه المكونات بخلاف البيتا- كلوكان الذي يعمل على خفض نسبة الكوليسترول في الدم للحيوانات والانسان (2021) ,Paudel, *et al*.. أن تناول نخالة الشوفان ضمن الوجبات الغذائية كمكملات غذائية لاتؤدي إلى أضرار جانبية تتعلق بإرتفاع ضغط

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

الدم أو الكلوكوز أو رفع مستوى الأنسولين في الدم ومع ذلك، قد تكون هذه الفائدة مرتبطة بكمية الألياف التي يحتاجها الفرد في غذائه. كما إنها معروفة كمكملات مضادة للسرطان (Gupta and Bajaj,2017).

كما ذكر Varma, *et al* ., (2016) أن من المحتمل أن تكون الآلية التي تخفض بها الألياف القابلة للذوبان في الشوفان من نسبة الدهون في الدم مرتبطة بقدرتها إما على تقليل أمتصاص الكوليسترول والأحماض الصفراوية أو تأخير هضم الدهون، على الرغم من أن هناك بعض الدراسات الحديثة تشير إلى أن الشوفان قد يقلل من أكسدةLDL بسبب وجود العديد من المركبات الفينولية، فضلاً عن ذلك، فقد ثبت أن دقيق الشوفان يمنع أنقباض الشرايين، وهو علامة مبكرة على الإصابة بأمراض القلب عند تقديمه مع وجبة غنية بالدهون، وذلك لأن البيتا كلوكان يقلل من أمتصاص وإعادة أمتصاص الكوليسترول والأحماض الصفراوية ومستقلباتها عن طريق زيادة لزوجة محتويات الجهاز الهضمي من الغذاء (Paudel, *et al*.,2021).

للألياف الغذائية القابلة للذوبان العديد من الآثار الصحية مثل الوقاية من أمراض القلب والأوعية الدموية والسكري والسمنة (Wehrli, *et al*,.2021). من ناحية أخرى تسهل الألياف الغذائية غير القابلة للذوبان من عمل الجهاز الهضمي (Marlett, *et al*,.2002). ويعزى سبب ذلك لما تتميز به ألياف الشوفان من لزوجة عالية والتي ترفع بدورها من أحساس الشبع في المعدة (zhang,*et al*,.2021). كما يمكن أن يساعد أستهلاك المنتجات الغنية بالألياف غير القابلة للذوبان في تقليل الشهية وتناول الطعام (Otles,*et al*,.2014).

المكونات الرئيسية لحبوب الشوفان Main ingredients of oat cereal :

الشوفان من الحبوب المهمة على مستوى العالم، تتكون قشرة الشوفان من مكونات رئيسية مثل السليلوز واللكنين جنباً إلى جنب مع الرماد، يشكل السليلوز والهيمي سليلوز نسبة ٣٠-٣٥% واللكنين ٢% ومحتوى الرماد ٣.٥-٩% بينما محتوى البروتين والزيت في قشر الشوفان يكون منخفض (١.٦-٥)%-(١-٢.٢)% على التوالي، في حين تحتوي النواة على (٤٠-٦٠)% من البروتين ونسبة (٥-٣٠)% من الزيت (Grewal, 2016).

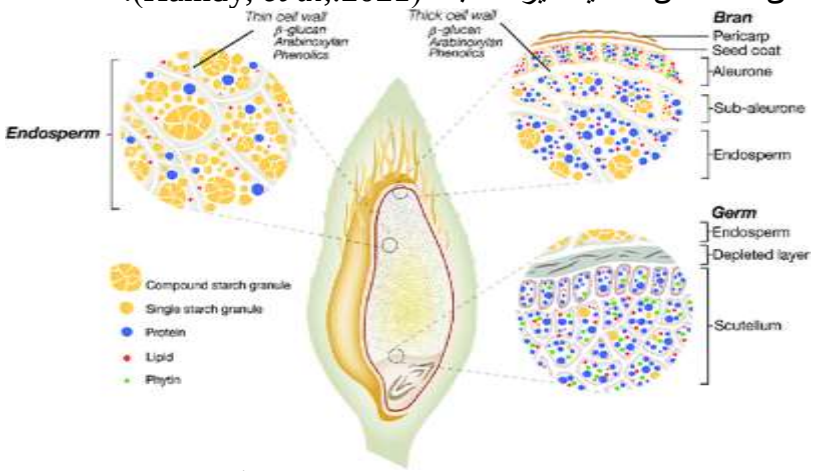
تشريحياً، تتكون حبة الشوفان من القشرة وغلاف البذرة والنواة وطبقة الأليرون والسويداء والجنين شكل(١)، وكيميائياً من السليلوز والهيمي سليلوز والنخالة التي تشكل الطبقة الخارجية منها، وجزء من السويداء النشوي وأجزاء صغيرة من اللكنين والمركبات الفينولية الأخرى (Pori, 2020; Webster and Wood,2011).

يتكون الشوفان من نسبة عالية من البروتينات والكربوهيدرات والدهون والألياف القابلة للذوبان والألياف غير القابلة للذوبان والفيتامينات والمعادن ومضادات الأكسدة

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

(Ivanisova, 2023). كما تحتوي على مجموعة متنوعة من المركبات الفينولية و الكليسرين والكليسريدات المرتبطة بالإستر Klose ; Varma, *et al*., 2016 ; (Sterna, *et al*., 2016 and Arendt, 2012). وبين Webster, and Wood, (2011)أن الشوفان يحتوي على حوالي ٦٠% نشأ و ١٤% بروتين و ٧% دهون و ٤% بيتا كلوكان. كما أن الصفة المميزة للشوفان هي محتواه الغني بالألياف الغذائية، وخاصة البيتا- كلوكان القابلة للذوبان، فضلاً عن إن الشوفان غني بالمعادن وخاصة البوتاسيوم و المكونات الثانوية الأخرى مثل الفينولات.

يحتوي شوفان الحبوب الكاملة على تركيبة غذائية متوازنة، كونه مصدراً غنياً للكربوهيدرات والبروتين عالي الجودة مع مستوى جيد للأحماض الأمينية، ونسبة عالية من الأحماض الدهنية غير المشبعة (Hamdy, *et al*,.2021).



شكل (١) مقطع تشريحي لحبة الشوفان الذي يظهر أنسجة الشوفان المختلفة (مثل النخالة والجنين والسويداء) (Grundy, *et al* .,2018)

دقيق ونخالة الشوفان Oat bran and flour:

يتميز دقيق الشوفان بإحتوائه على نسبة عالية من البروتين والبيتا- كلوكان، ومحتوى كبير من الدهون بما في ذلك الأحماض الدهنية غير المشبعة كما يحتوي على كميات مناسبة من الأحماض الأمينية، يمكن أن تؤدي إضافة دقيق الشوفان إلى خبز الحنطة إلى زيادة قيمته الغذائية فضلاً عن تحسين الخواص الفيزيائية والحفاظ على الصفات الريولوجية للخبز المنتج (Krochmal, *et al*.,2020; Kudake, *et al*.,2017).

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

ذكر Lapvetelainen, *et al*.,(1994) أن استعمال دقيق الشوفان عالي البروتين يعزز من أمتصاص الماء ويحسن ثبات العجين، فضلاً عن زيادة حجم الرغيف ولون اللب الغامق، بينما يسبب إنخفاض مطاطية العجين.

أن أستبدال الخبز التقليدي بخبز دقيق الشوفان في النظام الغذائي اليومي يؤدي إلى تحسين معايير الدهون لدى الأشخاص الذين يعانون من أرتفاع نسبة الكولسترول في الدم، لذلك يلزم تناول ٣غم من البيتا-كلوكان يومياً، من خلال تناول ١-٢/١ كوب (٢٥٠-٣٧٥ مل) من دقيق الشوفان المطبوخ(Krochmal, *et al*.,2020). تشكل السويداء النشوية الجزء الأكبر من الحبة فضلاً عن محتواها من النشأ والبروتين والدهون والبيتا- كلوكان(Pori, 2020). فضلاً عن أنها غنية بالمعادن والفيتامينات والفينولات والسكريات المتعددة في جدار الحبة (Grundy *et al*., 2018).

أما نخالة الشوفان فهي منتج ثانوي لعمليات تصنيع الشوفان على نطاق واسع تحتوي على الألياف الغذائية وخاصة الألياف الغذائية غير القابلة للذوبان Ralla, *et al*,.2018). إذ تُعد نخالة الحبوب مصدراً جيداً للفيتامينات والمواد المغذية الأخرى(Bai, *et al*,.2021). تحتوي نخالة الشوفان على (١.١٨-٢.٢٥)غم/ ١٠٠غم من إجمالي الألياف الغذائية والتي تتكون أساساً من الألياف الغذائية غير القابلة للذوبان و (5-٦.٣)غم/١٠٠غم من الألياف الغذائية القابلة للذوبان (Vitaglione, *et al*,.2008). علاوة على ذلك، فإن نخالة الشوفان غنية بالدهون الغذائية والبروتينات والنشويات والبيتا- كلوكان والسكريات (Bai, *et al*,. 2021).

بين Webster and Wood، (٢٠١١) أن نخالة الشوفان تتكون من البروتين والدهون والبيتا- كلوكان β-glucan والفينولات والنياسين والفايتات وأمينات عطرية. تحتوي نخالة الشوفان والطبقة الخارجية من السويداء على حوالي ٧٠% من إجمالي محتوى البيتا- كلوكان وهي مرتبطة بالنشأ والبروتين والبنتوزان في جدار خلية السويداء(Yoo *et al* .,2020).

أن أختيار نخالة الشوفان كبديل غذائي قد يكون مفيداً للحد من أرتفاع السكر في الدم، كما أن تدعيم الأغذية بهذه الألياف هو السبب الرئيسي الذي يجعل من هذه الأغذية ذات معامل كلايسمي قليل نسبياً (Harasym,*et al*,.2018). أن نسبة الألياف القابلة للذوبان إلى غير القابلة للذوبان في نخالة الشوفان تبلغ ١:٥ (Saka,*et al*,.2021). فضلاً عن أن محتوى نخالة الشوفان من الألياف الغذائية القابلة للذوبان (خاصة البيتا كلوكان) أعلى من بقية الحبوب الاخرى كالحنطة ونخالة الرز(Saka,*et al*,.2021).

وتلعب نخالة الشوفان دوراً مهماً في تقليل خطر البروتين الدهني الضار(LDL) (Chatuevedi, *et al*,.2011). والسيطرة على مستويات الدهون الثلاثية

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

والكوليسترول الكلي كعلاج لمخاطر القلب والأوعية الدموية في المرضى الذين يعانون من الأضطرابات الهضمية (Dona, *et al*,.2020). إذ بينت الدراسات أن نخالة الشوفان هي المصدر الوحيد للألياف التي تخفض بشكل ملحوظ مستويات الكوليسترول الكلي والبروتين الدهني منخفض الكثافة، وهذا يظهر واضحاً في حالات فرط الكوليسترول المرتفع (Chatuevedi, *et al*,.2011).

على الرغم من الفوائد الصحية العديدة لنخالة الشوفان، فإن القابلية العالية لنخالة الشوفان للأكسدة والتدهور تؤثر بشكل كبير على التخزين وجودة الأكل، يقلل التلف السريع لنخالة الشوفان من العمر الأفتراضي لهذه المادة، إذ تحتوي نخالة الشوفان على نسبة عالية من الدهون ويكون نشاط إنزيم اللايبيز أعلى من نشاطه في حبوب الشوفان الكاملة والتي تتحلل بسرعة بوساطة أرتفاع درجة الحرارة والأوكسجين والنشاط المائي لإنتاج أحماض دهنية حرة تتأكسد إلى جزيئات صغيرة مثل الألديهايدات والكيتونات والأحماض الدهنية التي تؤدي في النهاية إلى سرعة التلف (Bai, *et al*,. 2021). وبالمقابل تحتوي نخالة الشوفان على معظم مضادات الأكسدة الموجودة في الحبة، كالمركبات الفينولية التي لها نشاطاً مضاداً للأكسدة أعلى من الشوفان الكامل ودقيق الشوفان، إذ تعمل مضادات الأكسدة في الحفاظ على أستقرار منتجات الشوفان المصنعة وتمنع تزنخ الزيوت والدهون (Chen,*et al*.,2002 ;Peterson.,2001). وتشمل أنواع مضادات الأكسدة الموجودة في نخالة الشوفان: التوكوفيرول والتوكوترينول والستيرول والأفينانثراميد وحامض هيدروكسي بينويك وحامض الفانيليك (Holliday, 2006). لذلك، يمكن أن يكون استهلاك الشوفان مع النخالة مصدراً غذائياً مهماً لهذه المركبات Chen, *et al*., 2004).

التركيب الكيميائي لحبوب الشوفان :

الكربوهيدرات - النشأ : يُعد النشأ المكون الرئيسي للكربوهيدرات في الشوفان ويقدر بنسبة (٤٠-٥٥)% من وزن حبة الشوفان، يليه السليلوز واللكنين والهيميسيليلوز والبكتين وغيرها والتي تشكل بنية الألياف وتساعد في تحديد القيمة الغذائية (Barsila., 2018; Kumar *et al*.,2018).

يُعد الشوفان غنياً بالكربوهيدرات والتي يمكن لجسم الإنسان أن يمتصها بسهولة وخاصة النشأ الذي يعمل على زيادة كلوكوز الدم بعد عمليات التحلل، وهو من الكربوهيدرات الرئيسية للشوفان إذ يمثل ما يقارب ٦٠% من إجمالي الوزن الجاف للحبة، يتكون النشأ من الأميلوز والأميلوبكتين وهذه النسبة تتغير تبعاً للأختلافات الناتجة عن التركيب الوراثي للنبات والظروف البيئية المحيطة وطريقة الإنتاج، وبصورة عامة فأن محتوى النشأ في الشوفان يتراوح بين (51– ٦٥)% (;

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

Zhang *et al* ., 2021; Hu, *et al* .,2014 Doehlert, *et al* .,2013 .(Sunilkumar, 2016;

يوجد النشأ بنسبة كبيرة في السويداء(Ngemakwe and Hermaan, 2014). وهذا ما بينه Arendt and Zannini,(2013) في أن نشأ الشوفان يخزن معظمه في السويداء النشوي ويتكون بشكل أساسي من الأميلوز والأميلوبكتين، ويوفر نشأ الشوفان خصائص فريدة منها السلسلة القصيرة للأميلوز ودرجة التبلور العالية مقارنة بنشأ الحبوب الأخرى (Punia, *et al*.,2020; Singh, and Kaur, 2017).

يُظهر تكوين النشأ في الشوفان نمطاً فريداً للهضم يتراوح من الهضم البطيء إلى المقاوم للهضم، يمكن تصنيف النشأ من خلال معدل هضمه، على أنه نشأ سريع الهضم و نشأ بطيئ الهضم والنشأ المقاوم، فالنشأ سريع الهضم يطلق الكلوكوز في أول ٢٠ دقيقة من التحلل المائي الأنزيمي، أما النشأ بطيئ الهضم فيتم هضمه في الأمعاء الدقيقة (Zhang , *et al* .,2021). لقد ثبت أن التركيب الجزيئي للنشأ في الحبوب له تأثير كبير على الخصائص الوظيفية للغذاء (Li *et al*., 2016; Tao *et al*., 2019). ومن المعروف أن الأميلوبكتين يتفرع بشكل كبير إلى العديد من السلاسل القصيرة، وله وزن جزيئي مرتفع (10^{7-8}) بينما يشكل الأميلوز سلسلة مستقيمة إلى حد كبير مع وجود عدد قليل من الفروع طويلة السلسلة ووزن جزيئي أصغر (10^{5-6})، غالبية نشأ الشوفان عبارة عن أميلوز (١٧.٥-٣٣.٦)% مع كمية صغيرة من الأشكال المتفرعة ومعقدات الدهون-النشأ.

يمكن تقسيم بنية النشأ بشكل هرمي إلى عدة مستويات من التنظيم، المستوى الأول هو السلاسل الفردية المكونة من بوليمرات الكلوكوز المرتبطة بالروابط الكلايكوسيدية من نوع (4-1 α)، ترتبط هذه السلاسل الفردية معاً لتكوين الأميلوز والأميلوبكتين بوساطة روابط كلايكوسيدية من نوع (6-1α) في الطرف المختزل، وهي جزيئات النشأ الكاملة وتمثل بنية المستوى الثاني، أما المستوى الثالث الذي يتكون من فروع الأميلوبكتين المتشابكة في حلزونات مزدوجة والذي يكون بشكل تجمعات (Nguyen, *et al*,.2019).

أن لحبيبات النشأ الصغيرة قابلية على أمتصاص الماء وأنتفاخية و لزوجة أعلى مقارنة بحبيبات النشأ الكبيرة (Cornejo-Ramirez *et al*., 2018). لذلك، تحتاج حبيبات النشأ الكبيرة درجات حرارة أعلى ووقت أطول لتحولها إلى هلام (Koch and Jane, 2000). أجرى Bertoft,*et al*., (2008) مقارنة بين نشأ الشوفان مع نشأ الأرز ونشأ الشعير وبين أن نشأ الشوفان يحتوي على كمية كبيرة من السلاسل القصيرة وكمية قليلة من السلاسل الطويلة لتكوين السلسلة الداخلية للأميلوبكتين إذ تميل سلاسل الأميلوبكتين الأطول إلى تكوين بنية أكثر ثباتاً (Shewry *et al*.,

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

2009). مقارنة بالسلاسل القصيرة، وهذا يؤدي إلى جعل السلاسل القصيرة أكثر عرضة للتفكك بسبب الحرارة عند درجات الحرارة المنخفضة، ومع ذلك، فإن السلاسل القصيرة من الأميلوبكتين ترتبط بسهولة بجزيئات الماء من خلال الروابط الهيدروجينية، في حين أن الأميلوز والسلاسل الطويلة من الأميلوبكتين لا تفضل الارتباط بالماء. لذلك يكون الأرتباط بالماء والأنتفاخية واللزوجة وتكوين الهلام لحبيبات النشأ صغيرة الحجم وسلاسل الأميلوبكتين القصيرة مرتفعة (Cornejo,*et al*., 2018).

الألياف:

الألياف الغذائية هي أجزاء نباتية صالحة للأكل، تدخل الألياف الغذائية إلى الأمعاء الغليظة ويتم تخمرها جزئياً أو كلياً بوساطة بكتيريا الأمعاء، يتمتع الشوفان بنظام متوازن من الألياف الغذائية القابلة للذوبان وغير القابلة للذوبان، ينتج التخمر أنواعاً مختلفة من المنتجات الثانوية بما في ذلك الغازات والأحماض الدهنية قصيرة السلسلة والتي تنعكس بشكل إيجابي على صحة المستهلك (Rezende,*et al*,. 2021; Rebello,*et al*,.2016; Butt, *et al*,.2008).

يُعد البيتا- كلوكان من ألالياف الغذائية القابلة للذوبان بالماء، **ويتميز** بفوائده الصحية المتعددة، وهو المركب الفعال الرئيسي في الشوفان، يوجد البيتا كلوكان في الشوفان بشكل أساسي في طبقات الأليرون، ويشكل نسبة (٣-٩)% من الشوفان، وهي كربوهيدرات لا تتحلل في الأمعاء الدقيقة، يمكن تخمرها في القولون وتحللها بوساطة الفلورا الطبيعية الموجودة في الأمعاء إلى أحماض دهنية قصيرة السلسلة، بينما تعمل الألياف الغذائية الأخرى على الأرتباط بالماء وبالتالي تساهم في إلأحساس بالشبع (Paudel, *et al*.,2021; Zhang, *et al*.,2021; Abrahamsson, 2020; Hu *et al*.,2015; Klose and Arendt, 2012)

البيتا كلوكان عبارة عن بوليمر يتكون من وحدات الكلوكوز وهو غير قابل للهضم، ينشأ في جدران خلايا الفطر والطحالب والبكتيريا وبعض الحبوب المهمة تجارياً، مثل الشوفان والشعير والجاودار والقمح (Lazaridou and Biliaderis، ٢٠٠٧؛ Iorio *et al*.، ٢٠٠٨). يتراوح محتوى البيتا-كلوكان من الحبوب الشائعة بشكل عام في القمح (٠.٥-١.٠) والذرة (٠.٨-١.٧) والجاودار (١.٣- ٢.٧) و ٣-٨ غم (٨٢%جزء قابل للذوبان في الماء) في الشوفان و٢-٢٠ (٦٥%جزء قابل للذوبان في الماء) في الشعير (غم / ١٠٠غم وزن جاف) (Wood and Beer, 1998، ٢٠٠٨؛ Ragaee *et al*.، Bacic , *et al*.,2009). وللبيتا كلوكان المتواجد في مصادر مختلفة هياكل مختلفة، إذ إن البيتا كلوكان المستخلص من خميرة الخبز أو الفطر

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

عبارة عن عديد السكاريد لبقايا D كلوكوز المرتبطة عبر أواصر مختلفة بيتا(١،٣) و (١،٦) (Herrera, *et al*., 2016).

تحتوي حبوب الشوفان الكاملة على الألياف غير قابلة للذوبان بنسبة ٦٠% تقريباً والقابلة للذوبان بنسبة ٤٠%(Menon, *et al*,.2016). تُعد الوحدات المختلطة(1-3)،(1–4)-β-D-glucans أو β-glucans وarabinoxylans مصادر مهمة للألياف الغذائية القابلة للذوبان وغير القابلة للذوبان (Ahmad and Khalid,2018). يحتوي الشوفان على نسبة أعلى من الألياف القابلة للذوبان مقارنة بالحبوب الأخرى (Van Den Broeck, *et al*,.2015). تُعد مركبات البيتا كلوكان القابلة للذوبان الموجودة في جدران خلايا الأليرون واحدة من أكثر مكونات الشوفان التي تم بحثها على نطاق واسع. تتكون من سلسلة خطية متفرعة من السكريات الأحادية D-glucose ترتبط بروابط متعددة تقع في جدار الخلية، ونتيجة هذه الروابط فإن مركبات البيتا-كلوكان تكون غير قابلة للهضم (Paudel,2018; El Khoury,*et al*.,2012). يحتوي طحين الشوفان المصنع على (٣.٤-٤.٦)% من البيتا كلوكان، بينما تحتوي نخالة الشوفان على (٣.٧-٩.٨)%(Welch, 1995).

يمكن للألياف اللزجة القابلة للذوبان أن تخفض نسبة الكوليسترول في الدم ونسبة الكلوكوز في الدم بعد الأكل (Singly, *et al*.,2024)، تحتوي الألياف غير القابلة للذوبان على اللكنين وكذلك السكريات غير النشوية. واللكنين بوليمر فينولي محب للدهون يمكنه أمتصاص الأحماض الصفراوية، عادةً ما تتمتع الألياف الغذائية غير القابلة للذوبان بقدرة عالية على الأحتفاظ بالمياه مما يساهم في زيادة حجم البراز (Manthey, *et al*,.1999).

وأيدت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA) في يناير ١٩٩٧ أن "الألياف القابلة للذوبان في الماء والتي مصدرها دقيق الشوفان كجزء من نظام غذائي منخفض الدهون المشبعة والكوليسترول، قد يقلل من خطر الإصابة بأمراض القلب (Kerckhoffs *et al*., 2002) كما قررت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية أنه يجب أستهلاك ٣ غم من البيتا- كلوكان يومياً لتحقيق تأثير خفض الكوليسترول في الدم فضلاً عن ذلك يوفر الشوفان الكامل في الطعام ما لا يقل عن ٠.٧٥ غم من الألياف القابلة للذوبان في الماء لكل حصة (Ruxton and Derbyshire, 2008).

يجذب البيتا كلوكان أهتماماً متزايداً في صناعة المواد الغذائية، ليس فقط بسبب خصائصه الفيزيائية مثل البلورية، ولكن أيضاً بسبب آثاره المفيدة العديدة على صحة الإنسان، مثل خفض الكوليسترول والمواد المضادة للأكسدة وخفض مستوى السكر في الدم فضلاً عن تنظيم الفلورا المعوية (Zhang, *et al*.,2021). وتعزيز نمو البكتيريا المفيدة في القولون وتحسين الهضم (Crittenden *et al*., 2002) من

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

خلال تقليل وقت المرور في الأمعاء (Feldheim and Wisker,2000 ;Bangar,2011). والوقاية من الإمساك وتقليل مخاطر الإصابة بسرطان القولون والمستقيم وإنتاج الأحماض الدهنية قصيرة السلسلة، كما يساهم البيتا كلوكان في تنظيم لزوجة الأمعاء وبالتالي يقلل من أمتصاص الكوليسترول (Bangar, 2011).

يؤثر التحضير المسبق وعملية الإستخلاص والإنتاج على الخصائص الجزيئية والهيكلية والوظيفية (مثل اللزوجة وقدرة ربط الماء وقابلية الذوبان) للبيتا- كلوكان، مما يؤدي إلى تغييرات في الصفات الحسية للمنتجات الغذائية المدعمة بالبيتا- كلوكان، إذ يجب النظر في تأثير طرق إستخلاص البيتا- كلوكان مثل الطرق الحامضية والقلوية والإنزيمية على الخصائص الفيزيائية والكيميائية (Liu,2017). أشار (Ahmad,*et al*.,2010) (٩٥) إلى أنه من بين الطرق الثلاث، يمكن أن ينتج الإستخلاص الحامضي للبيتا- كلوكان أعلى قدرة على ربط الماء، في حين أن الطريقة الأنزيمية يمكن أن تؤدي إلى زيادة اللزوجة. وقللت كل من طرق الإستخلاص القلوية والحامضية من لزوجة البيتا كلوكان المستخلص، لأن درجة الحموضة الشديدة يمكن أن تسبب تأثيراً سلبي على التركيب الجزيئي، خاصة على روابط بيتا (١،٣) (Liu,2017).

هناك خمسة طرق لأستخلاص البيتا- كلوكان وتختلف هذه الطرق بإختلاف المصدر وهي: الإستخلاص بالماء الساخن والإستخلاص القلوي والإستخلاص الأنزيمي والإستخلاص بالمذيبات والإستخلاص بالموجات فوق الصوتية / الميكروويف (Kaur, *et al*.,2020). أجرى Panahi *et al*. (2007) مقارنة بين البيتا- كلوكان المستخلصة بإستعمال الطرق المائية والأنزيمية، وبين أن لزوجة البيتا كلوكان المستخلصة بالطريقة الإنزيمية أحتفظت بجميع خواصها، مما أدى إلى تحسين نسبة السكر في الدم بعد الأكل عند إستعمالها في المشروبات.

البروتينات والأحماض الأمينية لحبوب الشوفان Proteins and amino acids of oat grains :

تحتوي حبوب الشوفان على نسبة عالية من البروتين وتركيبة بروتينية مميزة (Alemayehu, *et al*.,2023). ويُعد الشوفان من أكثر الحبوب التي تحتوي على البروتين. يُعد الشوفان مصدراً بروتيناً ممتازاً من بين محاصيل الحبوب من خلال محتواه من البروتين بين (١٢-١٧)% وخصائصه من الأحماض الأمينية الأكثر توازناً والتي تجعل من الشوفان مكوناً غذائياً مثالياً لكل من الحيوان والانسان، أما خلوه من الكلوتين فيجعل من الشوفان مناسباً للأستهلاك من قبل الأفراد المصابين بمرض الأضطرابات الهضمية. وتعزى جودة البروتين في حبوب الشوفان إلى النمط الوراثي في توزيع البروتين بين أجزاءه(Shilpa,*et al*.,2023). إذ يتراوح

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

محتوى الشوفان من البروتين بعد إزالة القشرة بين (١٥-٢٠)%، ويتركز بشكل كبير في الجنين (٢٩-٣٨)% فيما يحتوي السويداء على حوالي ١٢% من البروتين بينما تحتوي النخالة والتي تشمل (القشرة والأليورون) على (١٨-٢٦)% Makinen, *et al.*, 2017). وبشكل أساسي يتكون بروتين الشوفان من أربعة أجزاء وهي الكلوبيولين (٧٠-٨٠)% والألبومين (١-١٢)% والبرولامينات (٤-١٥)% والكلوتينين (١٠)% فيما يُعد الكلوبيولين هو بروتين التخزين الرئيسي في الشوفان (Nieto, *et al*,. 2015).

وبين(2018) Paudel أن محتوى الشوفان من البروتين بحدود (13 -٢٠)%، والذي يتواجد غالباً في الجنين بنسبة ٣%، وإن بروتينات الشوفان تحتوي على نسبة عالية من الألبومين والكلوبيولين ونسبة منخفضة من البرولامين الذي يحتوي على مستوى من اللايسين أقل مقارنة بالألبومين والكلوبيولين وبالتالي فإن بروتين الشوفان له قيمة غذائية أعلى من الحبوب الأخرى التي تحتوي على نسبة عالية من البرولامين وتشكل نسبة الأحماض الأمينية في الشوفان بحدود ٦٦.٩ عند مقارنتها مع دقيق الحنطة ٤٩.٨(Paudel, *et al.*,2021).

وأعتماداً على ظروف وبيئة النمو والتركيب الوراثي، ذكر Peterson,(1992) أن حبوب الشوفان تحتوي على أعلى نسبة بروتين بين الحبوب الاخرى في حين للأصناف المعدلة وراثياً يمكن أن تصل نسبة البروتين إلى ٢٤% (Yu, 2018). ففي الرز يشكل البروتين (٧-١٠)% والحنطة (١١-١٥)% والدخن (٧-١١)%، بينما يأتي أقل بمحتواه من البقوليات مثل البازلاء (٢٣-٣١)% وفول الصويا (٣٦-٤٠)% (Majid and Priyadarshini, 2020). وبحسب ما ذكره Zhang, *et al.*, (2021) وبسبب قابلية بروتينات الشوفان على الذوبان فإنها تُعد عاملاً جيدا في التطبيقات الغذائية ذلك أن البروتينات القابلة للذوبان توفر أنتشاراً متجانساً في الأنظمة الغروية وتحسن من الخصائص البينية (Makinen, *et al*., 2016).

يمكن تصنيف بروتين الشوفان إلى أربع مجموعات وهي الكلوبيولين (قابل للذوبان في الماء المالح) والألبومين (قابل للذوبان في الماء) والكلوتيلين (قابل للذوبان في الأحماض أو القواعد) والبرولامين (قابل للذوبان في المحاليل الكحولية المخففة) (Rasane *et al*., 2015). إذ غالباً ما يتم تصنيف البروتينات النباتية حسب تصنيف Osborne، وفقاً لقابليتها للذوبان في المذيبات المختلفة (Arendt and Zannini,2013). أن (٥٠-٨٠)% من بروتينات الشوفان هي من الكلوبيولين التي تتكون من ببتيدات متعددة مختلفة وهي قابلة للذوبان في المحاليل الملحية (Pori, 2020). وتوجد هذه البروتينات بشكل أساسي في السويداء النشوي وفي طبقة الأليرون (Immonen, *et al*., 2021) .

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

أما ألبومين الشوفان وهو من البروتينات القابلة للذوبان في الماء والذي يمثل (١٠–١٢) % من إجمالي محتوى البروتين في الشوفان، فهو يحتوي على نسبة عالية من الأحماض الأمينية الألبومينية (اللايسين والأسبارجين والأسبارتيك والألنين) مقارنة بالبروتينات الأخرى كالكلوبيولين والكلوتيلين والأفينين (البرولامين)، يذكر أن الألبومين غالباً ما يوجد في الجنين وبالتالي فأن خصائص الألبومين الفيزيائية تتحدد داخل الجنين وحوله (Klose and Arendt, 2012) .

بين كل من Chang, *et al*.,(2011) و Makinen, *et al*.,(2017) أن الأفينين (البرولامين) يُعد ثاني البروتينات وفرة في الشوفان والذي يمثل (٤-١٥)% من إجمالي محتوى البروتينات. وتختلف نسبة البروتينات بإختلاف الأصناف وظروف النمو وطريقة الإستخلاص(Immonen, *et al*., 2021) . كما وضح Pori, (2020) أن البرولامين قابل للذوبان في ٧٠% من الإيثانول ويمكن أن يتحمل الإيثانول دون أن تفكك الروابط ثنائية الكبريت كونه غني بالكبريت ويحتوي على كميات صغيرة من الأحماض الأمينية الأساسية بينما يكون محتواه من حامض الكلوتاميك والكلوتامين عالي.

يمثل كلوتلين الشوفان أقل من ١٠% من محتوى البروتين الكلي ويبلغ وزنه الجزيئي حوالي ٩ كيلو دالتون، الكلوتلين قابل للذوبان جزئياً في المحاليل الحامضية أو القلوية، ويذوب في النهاية تماماً عند تفكك الاواصر ثنائية الكبريت (Pori, 2020. ووضح Shvachko, *et al*.,2021) أن كمية الكلوتين في حبوب الشوفان لاتتجاوز ٠.٢ ملغم/غم لذلك يمكن إستعماله لإنتاج أغذية وظيفية خالية من الكلوتين. إذ يُعد مرض الأضطرابات الهضمية مرتبطاً في الغالب بمجموعة من البروتينات المسمى البرولامين ويفتقر الشوفان إلى الكثير من البرولامين الموجود في الحبوب الأخرى مثل الحنطة والجاودار والشعير مما يجعله مصدراً غذائياً محتملاً لبعض أنواع الأضطرابات الهضمية (Holliday, 2006). بينما ذكر (Ibrahim, *et al*.,2020) أن بروتين الشوفان يحتوي على ٨٠% كلوبيولين و١٥% برولامين و٤% كلوتيلين و١% ألبومين. فيما تلبي الأحماض الأمينية المتوافرة في الشوفان الأحتياجات الغذائية الموصى بها من قبل منظمة الأغذية والزراعة للبالغين بإستثناء الميثيونين (World, 2017).

أما محتوى الشوفان وتنوعه من الأحماض الأمينية فوجد انه يحتوي على درجة عالية من الأحماض الأمينية القابلة للهضم مقارنة ببروتين الحنطة، ولكنه أقل من بروتين فول الصويا أو البازلاء (Spaen and Silva,2021). كما اوضح Jing (2016) إن بروتين الشوفان يحتوي على كمية أعلى نسبياً من الأحماض الأمينية الأساسية خاصة (اللايسين و الفالين و الآيزوليوسين والثريونين والهيستيدين

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

والميثيونين) مقارنة بالحبوب الأخرى، يختلف تكوين الأحماض الأمينية في بروتين الشوفان أختلافاً كبيراً حتى بين أجزائه، إذ يحتوي الكلوبيولين على كمية كبيرة من الأحماض الأمينية الأساسية مثل اللايسين والفالين والفينيل ألانين والهيستيدين فضلاً عن الأحماض الأمينية غير الأساسية بما في ذلك الأرجينين والكلوتاميك.

يُعد تركيب الأحماض الأمينية لحبوب الشوفان أكثر أهمية مقارنة بالحبوب الأخرى بسبب محتواه العالي من الأحماض الأمينية الأساسية (اللايسين والميثيونين والثريونين والليوسين والتايروسين والفالين والفينايل ألانين) (Leszczynska, *et al.*,2023). وهذا ما بينه Klose and Arendt, (2012) في أن بروتين الشوفان يتكون من أحماض أمينية محددة كالكلوتامين واللايسين والثريونين وأقل من البرولين مقارنة بالحبوب الأخرى. ويُعد كلوبيولين الشوفان الأكثر توازناً في تكوين الأحماض الأمينية مقارنة بالحبوب الأخرى، إذ أنها تظهر محتويات عالية من الأحماض الأمينية الأساسية (الأرجينين والهستيدين واللايسين والتربتوفان وغيرها) (Shvachko, *et al.*,2021). كما وجد أن حبوب الشوفان تحتوي على نسبة عالية من اللايسين (١٨٢٢ ميكروغرام/١٠٠ غرام) وهو حامض أميني أساسي يشارك في تكوين البروتين والربط المتبادل لببتيدات الكولاجين وإنتاج الكارنيتين، فيما يشكل إجمالي محتوى الأحماض الأمينية الأساسية في حبوب الشوفان (٨٥.٣٢)% (Shilpa, *et al.*,2023).

أشارت العديد من الأبحاث أن الأشخاص الذين يعانون من مرض الأضطرابات الهضمية سواء البالغين أو الأطفال يمكنهم تناول المنتجات التي تحتوي على بروتين الشوفان وبشكل آمن، وبما أن بروتين الحنطة الكليادين يسبب الألتهاب لدى المرضى الذين يعانون من مرض الأضطرابات الهضمية، فأن البروتين المقابل له في الشوفان هو (الأفينين) الذي لايحتوي على أضرار جانبية مماثلة لتلك الموجودة في كليادين الحنطة(Leszczynska, *et al.*,2023).

الدهون والاحماض الدهنية في حبوب الشوفان Lipids and fatty acids in oat grain:

تُعد نسبة الدهون في حبوب الشوفان أعلى بكثير مقارنة بغيرها من الحبوب الأخرى، إذ يبلغ إجمالي نسبة الدهون في حبوب الشوفان حوالي ٧% في حين أن إجمالي نسبة الدهون في حبوب الحنطة والشعير والرز يتراوح بين (١.٧-٣.٦)%، فيما بين (2023)Shilpa, *et al.*, أن نسبة الدهون الخام في الشوفان تبلغ (٤.٩٥) %. تتوزع الدهون في حبوب الشوفان في جميع أنحاء السويداء النشوي، بينما في محاصيل الحبوب الأخرى تتركز في الجنين (Arendt and Zannini, 2013).

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

وجد أن ٩٠% من دهون الشوفان تتواجد في السويداء، بينما يتوزع الباقي من كمية الدهون في بقية أجزاء الحبة بنسب منخفضة تتراوح ما بين (٠.٢ و ٠.٥)% من وزن الحبة (Bryngelsson, *et al*., 2002). ويتواجد بشكل أساسي في حبات الشوفان على شكل طبقات من الدهون(Sunilkumar, 2016). وأشار (Halima *et al*., 2015) أن نسبة الدهن في حبوب الشوفان ممكن أن تصل إلى (٢٠-١٨)%. فيما بين Shvachko, *et al*.,(2021) أن محتوى الدهون في حبوب الشوفان يتراوح من (٥.٩١ - ٧.٨٧)%. وعلى العموم أكد كلاً من Holland, (2001) و Dhanda, (2011) إن نسبة الدهن في حبوب الشوفان تتراوح بين (٤ -١١)% وأن التغير في محتوى الدهن في الشوفان يخضع للعامل الوراثي، ومن الممكن أن يتغير محتوى الدهون حسب طريقة الزراعة المتبعة.

وبالنظر لإنفراده من بين الحبوب الأخرى في إحتوائه على نسبة عالية من الدهون، فأن الأحماض الدهنية فيها تكون طويلة السلسلة وتشكل ٩٥% من إجمالي الدهون، وهي دهون ثنائية ودهون قطبية وأحماض دهنية حرة، وتشمل الدهون القطبية الفوسفوليبيدات والكليكوليبيدات(Sunilkumar, 2016).

قسم Sahasrabudhe (1979) دهون الشوفان إلى دهون قطبية وغير قطبية، وهي أساساً دهون سكرية وفوسفورية تشكل فيها الدهون غير القطبية حوالي ٨٠ % من جميع الدهون في الشوفان وتحتوي على أحماض دهنية أساسية، الغالبية العضمى منها حامض البالمتيك ٢٠% وحامض الأوليك ٣٥% وحامض اللينوليك ٤٠% ومضادات الأكسدة القابلة للذوبان في الدهون. وبسبب المحتوى الدهني العالي لحبوب الشوفان تكون هذه الحبوب أكثر عرضة للتزنخ التأكسدي والتحللي(Duque, 2020).

إلى جانب ذلك فإن دهون الشوفان غنية بالأحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة والتوكوفيرولات (فيتامين E) والستيرولات النباتية(Varma, *et al*., 2016) . وبالتالي تُعد دهون الشوفان مهمة من الناحية التغذوية لإرتفاع نسبة الأحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة بشكل كبير خاصة حامض اللينوليك والأوليك، فضلاً عن إحتوائها على حامض البالمتيك (Ngemakwe, and Hermaan, 2014; Sunilkumar, 2016).

ويُعد الشوفان مصدراً مهماً للأحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة Polyunsaturated fatty acids (PUFA) والتي تصل فيها درجة عدم التشبع من نوع n-6 نسبة مقدارها (٣٩%) فيما تشكل الأحماض الدهنية المتعددة غير المشبعة n-3 نسبة (2.2%)، كما بين Capouchova, *et al*.,(2021) أن الأحماض الدهنية طويلة السلسلة كانت نسبتها الأعلى (أي أكثر من ٩٩%) مقارنة

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

مع الأحماض الدهنية الأخرى في زيت الشوفان والتي تتمثل بالأحماض الدهنية المكونة من ١٦ و ١٨ ذرة كربون والتي تترتب نسبها تنازلياً بالشكل التالي: حامض اللينوليك (٣٩%) > حامض الأوليك (٣٦%) >حامض البالمتيك (١٩%)، فيما تم تشخيص أحماض دهنية من نوع ألفا- لينولينيك في عينات الشوفان التي تم تحليلها. كما بين(2019),Batalova, *et al*. أن زيوت حبوب الشوفان تتكون بشكل أساسي من ألاحماض الدهنية غير المشبعة كالأوليك(C18:1) واللينوليك (C18:2) ، والحامض الدهني المشبع البالمتيك (C16:0) ومستويات منخفضة من الستياريك (١٨: ٠) واللينولينك (١٨: ٣). وذكر Capouchova, *et al*.,(2021) أن الأحماض الدهنية اللينوليك (C18:2) والأوليك (C18:1) والبالمتيك (C16:0) هي الأحماض الدهنية الأكثر وفرة في أصناف الشوفان، إذ يتراوح محتوى حامض اللينوليك من (٣٧.٨٠- ٤٠.٠٠)% والأوليك من (٣٥.٧٦-٣٨.٤٧)%، والبالمتيك من (17.10- ٩.٨٠)% فضلاً عن وجود العديد من الأحماض الدهنية الأخرى بكميات أقل كالميريستيك والميتوليك وإيروسيك وليجنوسيريك ولينولينيك.

وأشارت العديد من الدراسات أن الأحماض الدهنية الأساسية في أصناف الشوفان المختلفة هي البالمتيك والأوليك واللينوليك واللينولينيك، إذ يتراوح محتوى الشوفان من الحامض الدهني البالمتيك بين (١٠.٨٢-٢٢.٤٣)% وبلغت للأوليك (٩.٥٩ - ٣٧.٨٦)% واللينوليك (١٨.٩١ - ٥٤.٠)% واللينولينيك (٢.٤٣ - ٨.٣٤)% إذ يتباين محتواه من الأحماض الدهنية غير المشبعة بين (٦٥.٦٢ - ٨٤.٢٤)%، كما وذكر(2015),Kan أن زيت حبوب الشوفان يحتوي على ٠.٣٠% ميريستيك و ١٦.٧٦% بالمتيك و ١.٧٩% ستيرك و ٠.١٦% بالميتوليك و ٤٠.٥٥% أوليك و ٣٨.٥٤% لينوليك و ٠.٨٧% لينولينيك. ولابد من الإشارة إلى أن حامض اللينولينيك العالي غير مناسب للمنتجات الغذائية الزيتية بسبب عدم أستقراره فضلاً عن نكهته المرتبطة بالأكسدة الذاتية (Ahmet, *et al*.,2019).

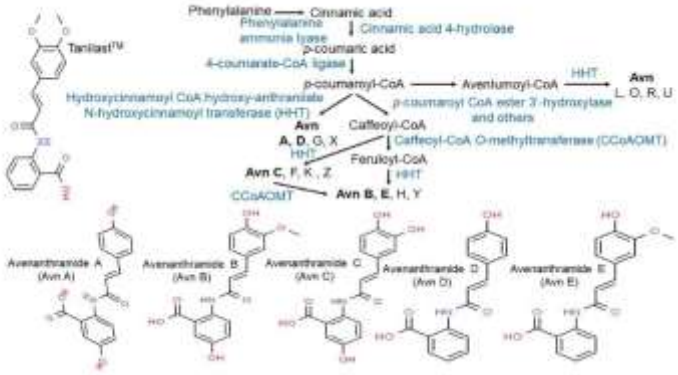
مضادات الأكسدة والمركبات الفينولية في حبوب الشوفان Antioxidants and phenolic compounds in oat grains

هي نواتج ثانوية تنتج بوساطة الكائنات الحية والتي أرتبط مفهومها بمنع الضرر التأكسدي للخلايا والأنسجة، تعمل هذه الجزيئات بتراكيز منخفضة نسبياً خلال الظروف المثلى أو ظروف الإجهاد، مما تؤثر بشكل مباشر على مكونات الحبوب وجودتها بما في ذلك المكونات الغذائية وحجم البذور والرطوبة ونسبة المادة الجافة وغيرها (Egesa, *et al*.,2023).

تُعد أكسدة الدهون في الأغذية صفة سلبية لأنها تؤثر على الفوائد الصحية والتغذوية والقيمة الغذائية والنكهة، فعندما تتأكسد الدهون تصبح ذات نكهة زنخة

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

نتيجة لوجود مركبات الكاربونيل والتي تنتج مواد كيميائية ضارة تؤدي الى ترسبات في الشرايين وبالتالي تصلبها، كما تُعد أكسدة الأحماض الدهنية طويلة السلسلة مسؤولة بشكل مباشر عن معظم النكهات غير المرغوب فيها في الطعام، وبالنظر إلى إن نخالة الشوفان مصدر جيد لمضادات الأكسدة، فيمكن إستعمال المستخلص المركز كمادة حافظة طبيعية للأطعمة الغنية بالأحماض الدهنية غير المشبعة طويلة السلسلة (Holliday, 2006). مضادات الأكسدة هي من المكونات النشطة للشوفان من الناحية الفسيولوجية وتشمل فيتامين E والكاروتينات والأنثوسيانين وحامض الفايتيك والفينولات والفايتوستيرول والأفينانثرمايد، على أن الأفينانثرمايد avenanthramid (Avn) هو الفينول الذي يتواجد فقط في الشوفان، إذ يعمل هذا المركب على تحسين جهاز المناعة والتخلص من المواد الضارة في الجسم وخفض نسبة الكوليسترول في الدم والمساعدة في إنقاص الوزن عن طريق تكسير الدهون في الجسم (Kim, *et al*.,2021a; Alemayehu, *et al*.,2023). فضلاً عن ذلك يمتلك الـ Avn نشاطاً مضاداً للأكسدة أعلى بمقدار ٣٠ مرة من المركبات الفينولية الأخرى. ولا بد من الإشارة إن هناك أنواع مختلفة من الـ Avn الموجودة في الشوفان وهي Avn A وAvn B وAvn C)، هذه المكونات النشطة عبارة عن نواتج أيضية ثانوية يتم إنتاجها كآليات دفاعية أثناء نمو النبات وتعمل كمضادات للأكسدة تتحكم في تلف الخلايا الناتج عن الإجهاد التأكسدي، وعليه فإن إضافة بعض نواتج الشوفان أثناء عمليات تصنيع المنتجات الغذائية يساعد على الحد من تطور تأكسد الأحماض الدهنية بسبب عملها المضاد للأكسدة وبالتالي يحسن من مدة التخزين(Kim, *et al*.,2021a).



شكل (٢) مسار التخليق الحيوي المقترح للـ avenanthramides الرئيسية في الشوفان(Kim, *et al*.,2021b)

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

يتكون فيتامين E من أربعة أيزومرات من التوكوفيرول والتوكوترينول هي (α -و β- و γ -وδ -)-(Gutierrez, and Garvin, 2016). ومن بين هذه العناصر، يمتلك ألفا توكوترينول قدرة مضادة للأكسدة أكبر بمقدار ٤٠ إلى ٦٠ مرة من البيتا توكوترينول وهو مضاد رئيسي للأكسدة (Aggarwal, *et al*.,2010). وهذا ما أكده Peterson (2001) و (Guenaoui, *et al*.,2023) من أن مضادات الأكسدة في الشوفان تشمل (التوكوفيرول tocopherols، والتوكوترينول tocotrienols والستيرول sterols) فضلاً عن المركبات الفينولية مثل (الأفينانثراميد avenanthramides، وحامض الهيدروكسي بينويك p-hydroxybenoic acid ، وحامض الفانيليك vanillic acid). إذ يحتوي الشوفان على ٢.٣ ملغم/١٠٠ غم من التوكوفيرول و١٢.٤ إلى ٥٨٦.٦ ملغم/كغم من إجمالي الأفينانثراميد (Alemayehu, *et al*.,2023).

ذكر Shvachko, *et al*.,(2021) أن المواد الكيميائية الفينولية النباتية الرئيسية الموجودة في محاصيل الحبوب هي الأحماض الفينولية والفلافونات وحامض الفايتيك والفلافونويدات والكيومارين والتربين. إذ يُعد جنين الحبوب مصدراً جيداً للمركبات الفينولية كحامض الفيروليك والفايتيك والكلوتاثيون والفايتوستيرول، تتكون المركبات الفينولية الموجودة في الشوفان من حلقات عطرية تحتوي على مجموعة هيدروكسيل واحدة أو أكثر، وهي ناتج التمثيل الغذائي الثانوي، تعمل هذه المركبات كآلية دفاعية ضد مسببات الأمراض المختلفة ويرتبط إستهلاكها بالوقاية من الأمراض مثل السرطان و السكتة الدماغية وأمراض القلب التاجية، منها المركبات الفينولية avenanthramides (AVAs) وحامض p-hydroxybenoic وحامض الفانيليك وحامض الكافييك و كايمبفيرول kaempferol و كيرسيتينquercetin Paudel, (Alemayehu, *et al*.,2023; *et al* .,2021).

إذ بين Soycan, *et al* .,(2019) أن تركيز حامض الفينول في نخالة الشوفان أعلى من باقي أجزاء الشوفان الأخرى فضلاً عن الشوفان المقشر ورقائق الشوفان إذ توجد غالبية المركبات الفينولية في طبقة النخالة الغنية بحامض الفيروليك والتي تصل نسبتها الى (٥٨-٧٨) % يليه حامض الكافيك وحامض سينابيك وهي من أكثر المركبات الفينولية المتواجدة في الشوفان والتي لها القدرة على إزالة الجذور الحرة والنشاط العالي المضاد للأكسدة وبالتالي تجعل الشوفان مفيداً لصحة الإنسان. ومن

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

الجدير بالذكر أن حامض الفيروليك هو المكون الأساسي لمركب البوليفينول غير القابل للذوبان والمرتبط بالسكريات المتعددة المتواجد في نخالة الشوفان وهذ المركب يشكل ٨٨% من إجمالي الفينول، وبحكم هذه الخصائص، يُعد حامض الفيروليك جزيئاً حيوياً يتمتع بكفائته العالية كمكون غذائي وظيفي ومضاد أكسدة غذائي فعال، فضلاً عن العديد من الدراسات التي أكدت دوره في مكافحة الأمراض مثل السرطان واضطرابات القلب والأوعية الدموية (Guenaoui, *et al*.,2023).

المعادن والفيتامينات في حبوب الشوفان Minerals and vitamins in oat grains

يحتوي الشوفان على ما يقارب من (٢ – ٣)% من المعادن كالبوتاسيوم والفوسفور والمغنيسيوم والكالسيوم والحديد والمنغنيز والنحاس والزنك والسلينيوم والموليبيديوم والبورون، فضلاً عن ذلك يحتوي الشوفان على مجموعة متنوعة من الفيتامينات المختلفة مثل فيتامين E والبانتوثينات والنياسين والثيامين وفيتامين B6 والرايبوفلافين والفولات والبيوتين والكاروتينات والكولين فضلاً عن الأحماض الأمينية الحاوية على الكبريت، ويذكر أن الثيامين والبانتوثينات تتواجد بمستويات عالية مقارنة بالحبوب الأخرى (Arendt and Zannini, 2013; Ahmad,2014 ;Krochmal, *et al*.,2020). فضلاً عن محتواها من الفيتامينات E وB1 وB2 وB3 والمعادن P وK وMg وCa وZn وS والألياف(Sidhu, *et al*.,2007). فيما بين(2020) Soni, *et al*., أن حبوب الشوفان تحتوي على المنغنيز والحديد والمغنيسيوم والكالسيوم والبوتاسيوم والفسفور، فضلاً عن أحتواءه على الكاروتينات والبيتالين والكولين وحامض الفايتيك واللكنين والمغذيات الدقيقة مثل فيتامين Eوالفولات والزنك والسيلينيوم فضلا عن الأحماض الأمينية التي تحتوي على الكبريت.

دور مكونات الشوفان في جودة المعجنات The role of oat ingredients in the quality of pastries

إن أستعمال حبوب الشوفان في المخبوزات محدود لعدم قدرة دقيق الشوفان على تكوين عجينة متماسكة ولزجة ومرنة مثل شبكة الكلوتين في عجينة القمح، إذ تشكل بروتينات برولامين الحنطة والكلياداين والكلوتينين حوالي ٨٠% من البروتينات المخزنة في البذور وهي مسؤولة عن تكوين شبكة الكلوتين التي تعطي الخصائص

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

الفريدة لعجين الحنطة أثناء الخلط لتتشكل شبكة الكلوتين مما يمنح العجين اللزوجة (Hoseney and Rogers, 1990).

أن إضافة الشوفان له تأثير إيجابي على ريولوجية العجين. إذ بين (Astiz,*et al*,.2023) أن المحتوى العالي من البيتا كلوكان مسؤول عن زيادة إمتصاص الماء والتحسن الملحوظ أثناء العجن. وأن إضافة الشوفان بنسب تتراوح بين (٥-٢٥)% تسبب زيادة في إمتصاص الماء أثناء العجن نتيجة وجود عدد كبير من مجاميع الهيدروكسيل في بنية الألياف التي ترتبط مع الماء من خلال روابط هيدروجينية (Mis, *et al*.,2012). تم تقييم الخبز المدعم بالشوفان بنسبة تتراوح بين (٥-٢٥)% وحصل على قيم ثبات فارينوغرافي أعلى، نتيجة إلى نوع بنية الألياف الموجودة في الشوفان، يمكن أن يحسن المحتوى العالي من الألياف في الشوفان (وخاصة الألياف القابلة للذوبان) شبكة الكلوتين، مما يمنحها قدراً أكبر على التجانس، كما بين أن أضافة دقيق الشوفان الغني بالألياف الغذائية أدى إلى زيادة في تماسك العجين ولزوجته، وذلك بسبب الشبكة التي تتكون بين سلاسل السليلوز والهيمي سليلوز الرطبة على النحو الأمثل والتي نشأت من الألياف غير القابلة للذوبان (Astiz,*et al*,.2023).

ووضح Zaki and Hussien, (2018) أن وزن المنتجات المصنعة من دقيق الحنطة الكامل مع دقيق الشوفان أقل من المنتجات المصنعة من دقيق الحنطة الكامل فقط، في حين أزداد الحجم والحجم النوعي للمنتجات المصنعة من دقيق الحنطة الكامل مع دقيق الشوفان والتي تزداد كلما ارتفعت نسبة الشوفان في المنتوج.

الاستنتاجات:

الشوفان هو حبوب متعددة الاستعمالات كغذاء وكأعلاف حيوانية نظراً لصفاته الحبوبية الفريدة مقارنة بالحبوب الأخرى. يُعد الشوفان من الحبوب الغنية بالبروتينات والفيتامينات والدهون والمعادن والنشأ والألياف، وله دور في علاج أمراض القلب والأوعية.

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

References:

Abrahamsson, J. (2020). Extraction of β-glucan from oat bra

Adebowale, O. J.; Taylor, J. and Kock, H. (2020) "Stabilization of wholegrain sorghum flour and consequent potential improvement of food product sensory quality by microwave treatment of the kernels," LWT—Food Science and Technology, vol. 132, Article ID 109827,. https://doi.org/ 10.1016/j.lwt.2020.109827.

Aggarwal, B.B.; Sundaram, C.; Prasad, S. and Kannappan, R. (2010). Tocotrienols, the vitamin E of the 21st century: Its potential against cancer and other chronic diseases. Biochem. Pharmacol. 2010, 80, 1613–1631. [CrossRef] https://doi.org/ 10.1016/ j.bcp.2010.07.043.

Ahmad, A. and Khalid, N. (**2018).** Biopolymers for Food Design . Amsterdam, The Netherland: Elsevier;. Dietary fibers in modern food production: A special perspective with β-glucans. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811449-0.00005-0.

Ahmad, A.; Anjum, FM.; Zahoor, T.; Nawaz, H. and Ahmed, Z. (2010). Extraction and characterization of beta-D-glucan from oat for industrial utilization. International Journal of Biological Macromolecules 46: 304–9. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2010.01.002.

Ahmad, WS.; Rouf, TS.; Bindu, B.; Ahmad, NG.; Amir, G. and Khalid, M. (2014). Oats as a functional food: A review. Universal Journal of Pharmacy 2014;3:14-20.

Ahmet, B.; Umit, G.; Musa, O. M.; Ziya, D. and Nurhan, U. (2019). Oil contents and fatty acid composition of oat (Avena sativa L.) seed and oils. **: https://www.journal-of-agroalimentary.ro/admin/articole/4800XL30_Bagc%C4%B1_Ahmet_2019_25(4)_182-186.pdf.**

ISSN: 2537-0804 eISSN: 2537- 0855

Alemayehu, G. F.; Forsido, S. F.; Tola, Y. B. and Amare, E. (2023). Nutritional and Phytochemical Composition and Associated Health Benefits of Oat (Avena sativa) Grains and Oat-Based Fermented Food Products. *The Scientific World Journal*, *2023*(1), 2730175. **https://doi.org/10.1155/2023/2730175.**

Arendt, Elke K. and Zannini, E. (2013). Cereal grains for the food and beverage industries. Philadelphia, PA: Woodhead Pub 2013. https://doi.org/10.1533/97801857098924.243

Astiz, V.; Guardianelli, L. M.; Salinas, M. V.; Brites, C., and Puppo, M. C. (202٣). High β-Glucans oats for healthy wheat breads: Physicochemical properties of dough and breads. *Foods*, *12*(1), 170. **https://doi.org/10.3390/foods12010170**

Bacic, A.; Fincher, GB. and Stone, BA. (2009). Chemistry, biochemistry, and biology of (1-3)-[beta]-glucans and related polysaccharides. Academic Press/Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 1st edition

Bai, X.; Zhang, M. L.; Zhang, Y.; Zhang, J.; Zhang, Y.; Wang, C. and Liu, R. (2021). Effects of steaming, microwaving, and hot-air drying on the physicochemical properties and storage stability of oat bran. *Journal of Food Quality*, *2021*(1), 4058645. https://doi.org/ 10. 1155/2021/4058645

Bangar, S. (2011). *Effects of oat beta glucan on the stability and textural properties of beta glucan fortified milk beverage* (Doctoral dissertation, University of Wisconsin--Stout).

Barsila, SR. (2018). The fodder oat (Avena sativa) mixed legume forages farming: nutritional and ecological benefits. Journal of Agriculture and Natural Resources 1, 206–222. doi:10.3126 /janr. v1i1.22236.

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

Batalova, G. A.; Krasilnikov, V. N.; Popov, V. S. and Safonova, E. E. (2019). Characteristics of the fatty acid composition of naked oats of Russian selection. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 337, No. 1, p. 012039). IOP Publishing. **DOI** 10.1088/1755-1315/337/1/012039.

Bertoft, E.; Piyachomkwan, K.; Chatakanonda, P. and Sriroth, K. (2008). Internal unit chain composition in amylopectins. Carbohydrate Polymers, 74(3), 527-543. doi:10.1016/ j.carbpol. 2008.04.011

Bryngelsson, S.; Mannerstedt-Fogelfors, B.; Kamal-Eldin, A.; Andersson, R. and Dimberg, L. H. (2002). Lipids and antioxidants in groats and hulls of Swedish oats (Avena sativa L). Journal of the Science of Food and Agriculture, 82(6), 606-614. https://doi.org/ 10.1002/jsfa.1084

Butt M. S.; Tahir-Nadeem M.; Khan M. K. I.; Shabir R. and Butt M. S. (2008). Oat: Unique among the cereals. European Journal of Nutrition;47(2):68–79.doi:10.1007/s00394-008-06987. [PubMed] [CrossRef].

Capouchova, I.; Kourimska, L.; Pazderu, K.; Skvorova, P.; Bozik, M.; Konvalina, P. and Dvoracek, V. (2021). Fatty acid profile of new oat cultivars grown via organic and conventional farming. *Journal of Cereal Science*, *98*, 103180.https://doi.org/10.1016/ j.jcs. 2021.103180.

Chang, Y.W.; Alli, I.; Konishi, Y. and Ziomek, E. (2011). Characterization of Protein Fractions from Chickpea (Cicer arietinum L.) and Oat (Avena sativa L.) Seeds Using Proteomic Techniques. Food Res. Int. [CrossRef] https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.08.001

Chatuevedi, N.; Yadav, S. and Shukla, K. (2011). Diversified therapeutic potential of Avena sativa: An exhaustive

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

review. *Asian Journal of Plant Science and Research, 1*(3), 103-114. www.pelagiaresearchlibrary.com.

Chen, C. Y.; Milbury, P. E.; Kwak, H. K.; Blumberg, J. B.; Collins, F. W. and Samuel, P. (2004). Avenanthramides and phenolic acids from oats are bioavailable and act synergistically with vitamin C to enhance hamster and human LDL resistance to oxidation. The Journal of nutrition, 134(6), 1459-1466. https://doi.org/10.1093/jn/134.6.1459

Chen, C.Y.; Milbury, P.; O'Leary, J.; Collins, F.W. and Blumberg, J. (2002) "Synergy between oat polyphenolics and -tocopherol in prevention of LDL oxidation." FASEB J. 23: A1106.

Cornejo-Ramirez, Y. I.; Martinez-Cruz, O.; Del Toro-Sanchez, C. L.; Wong-Corral, F. J.; Borboa-Flores, J. and Cinco-Moroyoqui, F. J. (2018). The structural characteristics of starches and their functional properties. CyTA - Journal of Food, 16(1), 1003-1017. doi:10.1080/19476337.2018.1518343. https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1518343

Crittenden, R.; Karppinen, S.; Ojanen, S.; Tenkanen, M.; Fagerstrom, R.; Matto, J.; MatiilaSadholm, T. and Poutanen, K. (2002). In vitro fermentation of cereal dietary carbohydatres by probiotic and intestinal bacteria Journal of the Science of Food and Agriculture, 82, 781-789. **https://doi.org/10.1002/jsfa.1095.**

Darby, H., and Krezinski, I. (2020). Oat Variety Trial. UVM Extension Crops and Soils Technician, University of Vermont Extension (802) 524-6501 Visit us on the web: http://www.uvm.edu/nwcrops.

Dhanda, R. K. (2011). *Fatty acid composition in diverse oat germplasm* (Doctoral dissertation, University of Saskatchewan).

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

Doehlert, D.C.; Simsek, S.; Thavarajah, D.; Thavarajah, P. and Ohm, J.B. (2013). Detailed composition analyses of diverse oat genotype kernels grown in different environments in North Dakota. Cereal Chem.,90,572–578.[CrossRef]. https://doi.org/10.1094/CCHEM-09-12-0111-R

Dona, O. E. C. ; Correa, B. G. ; Eduardo, C. J. ; Emy, K. J. and Justina, P. S. (2020). Oat bran in cardiovascular risk control in mental disorder," Revista Brasileira de Enfermagem, vol. 73, no. Suppl 1.

Dong, J.L.; Zhu, Y.Y.; Li, L.; Shen, R.L. and Li, H. (2014). Effect of oat soluble and insoluble b-glucan on lipid metabolism and intestinal lactobacillus in high-fat diet-induced obese mice. Journal of Food and Nutrition Research 2(8): 510–516.

Duque, S. M. M. (2020). *Impact of Pulsed Electric Fields Treatment on Oat Flour Properties* (Doctoral dissertation, University of Otago).

Egesa, A. O., Perez, H. E. and Begcy, K. (2023). Environmental conditions predetermine quality, germination, and innate antioxidants pool in sea oat (Uniola paniculata L.) seeds. *Frontiers in Environmental Science, 11*, 1263300. https://doi.org/10.3389/fenvs.2023.1263300.

El Khoury, D.; Cuda, C.; Luhovyy, B. L. and Anderson, G. H. (2012). Beta glucan: Health benefits in obesity and metabolic syndrome. Journal of Nutrition and Metabolism, 2012. https://doi.org/10.1155/2012/851362.

Feldheim, W. and Wisker, E. (2000). Studies on the improvement of dietary fiber intake. Deutsche lebensmittel-Rundschau, 96,327-330.

Grewal, R. (2016). *Investigations on biocomposites from oat hull and biodegradable polymers* (Doctoral dissertation, University of Saskatchewan).

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

Grundy, M. M. L.; Fardet, A.; Tosh, S. M.; Rich, G. T. and Wilde, P. J. (2018). Processing of oat: the impact on oat's cholesterol lowering effect. *Food & function*, *9*(3), 1328-1343. DOI: 10.1039/C7FO02006F.

Guenaoui, A.; Casasni, S.; Grigorakis, S. and Makris, D. P. (2023). Alkali-catalyzed organosolv treatment of oat bran for enhanced release of hydroxycinnamate antioxidants: Comparison of 1-and2-propanol. *Environments*, *10*(7), 18. https://doi.org/10.3390/ environments10070118**.**

Gupta, M. and Bajaj, B. K. (2017). "Development of fermented oat flour beverage as a potential probiotic vehicle," Food Bioscience, vol. 20, pp. 104–109. https://doi.org/10.1016/j.fbio. 2017. 08.007

Gutierrez-Gonzalez, J.J.; Garvin, D.F.(2016). Subgenome-specific assembly of vitamin E biosynthesis genes and expression patterns during seed development provide insight into the evolution of oat genome. Plant Biotechnol. J. 2016, 14, 2147–2157. [CrossRef] https:// doi.org/ 10.1111/ pbi.12571**.**

Halima, N. B.; Saad, R. B.; Khemakhem, B.; Fendri, I. and Abdelkafi, S. (2015). Oat (Avena sativa l.): oil and nutriment compounds valorization for potential use in industrial applications. Journal of Oleo Science, 64(9), 915–932. https://doi.org/10.5650/jos.ess15074.

Hamdy, S. M.; Hassan, M. G.; Ahmed, R. B. and Abdelmontaleb, H. S. (2021). Impact of oat flour on some chemical, physicochemical and microstructure of processed cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, *45*(9), e15761. https://doi.org/10.1111/jfpp.15761.

Harasym, J. and Oledzki, R. (2018). Comparison of conventional and microwave assisted heating on carbohydrate

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

content, antioxidant capacity and postprandial glycemic response in oat meals. Nutrients 10, 207. [CrossRef]. **https://doi.org/10.3390/nu10020207**.

Herrera, MP.; Gao, J.; Vasanthan, T.; Temelli, F. and Henderson, K. (2016). β-Glucan content, viscosity, and solubility of Canadian grown oat as influenced by cultivar and growing location. Canadian Journal of Plant Science 96: 183–96. https://doi.org/10.1139/cjps-2014-0440

Holland, J. B.; Frey, K. J. and Hammond, E. G. (2001). Correlated responses of fatty acid composition, grain quality, and agronomic traits to nine cycles of recurrent selection for increased oil content in oat. Euphytica, 122, 69-79.

Holliday, D. L. (2006). *Phenolic compounds and antioxidant activity of oat bran by various extraction methods*. Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College. : https://www.researchgate.net/publication/279480664

Hoseney, R. C. and Rogers, D. E. (1990). The formation and properties of wheat flour doughs. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 29, 73–93. https://doi.org/ 10.1080/ 10408399009527517.

Hu, X.; Zhao, J.; Zhao, Q. and Zheng, J. (2015). Structure and Characteristic of βGlucan in Cereal: A Review. Journal of Food Processing and Preservation, 39(6), pp. 3145-3153. https://doi. org/10.1111/jfpp.12384

Hu, X.Z.; Zheng, J.M.; Li, X.p.; Xu, C. and Zhao, Q. (2014). Chemical composition and sensory characteristics of oat flakes: A comparative study of naked oat flakes from China and hulled oat flakes from western countries.J. Cereal Sci., 60, 297–301. [CrossRef].

https://doi.org /10. 1016/j.jcs.2014.05.015.

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

Ibrahim, M. S.; Ahmad, A.; Sohail, A. and Asad, M. J. (2020). Nutritional and functional characterization of different oat (Avena sativa L.) cultivars. *International Journal of Food Properties*, *23*(1), 1373-1385. https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1806297

Immonen, M.; Myllyviita, J.; Sontag-Strohm, T. and Myllarinen, P. (2021). Oat protein concentrates with improved solubility produced by an enzyme-aided ultrafiltration extraction method. *Foods*, *10*(12), 3050. **https://doi.org/10.3390/foods10123050**

Iorio, E.; Torosantucci, A.; Bromuro, C.; Chiani, P.; Ferretti, A.; Giannini, M.; Cassone, A. and Podo,F. (2008). Candida albicans cell wall comprises a branched beta-D-(1-6)-glucan with beta-D-(1-3)-side chains. Carbohydrate Research 343:1050–61. https://doi.org/ 10.1016/j. carres.2008.02.020.

Ivanisova, E.; Cech, M.; Hozlar, P.; Zaguła, G.; Gumul, D.; Grygorieva, O. and Kowalczewski, P. L. (2023). Nutritional, antioxidant and sensory characteristics of bread enriched with wholemeal flour from slovakian black oat varieties. *Applied Sciences*, *13*(7), 4485. **https://doi.org/10.3390/app13074485**.

Jing, X.; Yang, C. and Zhang L. (2016). Characterization and analysis of protein structures in oat bran. J Food Sci. 81:C2337–43. doi: 10.1111/1750-3841.13 445. https://doi.org/ 10.1111/1750-3841.13445

Joyce, S.A.; Kamil, A.; Fleige, L.and Gahan, C.G.M. (2019). The Cholesterol-Lowering Effect of Oats and Oat Beta Glucan: Modes of Action and Potential Role of Bile Acids and the Microbiome. Front. Nutr. 6, 171. [CrossRef] https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00171

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

Kan, A. (2015). Characterization of the fatty acid and mineral compositions of selected cereal cultivars from Turkey. Rec Nat Prod. 9, 124-134 .www.acgpubs.org/RNP © Published 09/23/2014 EISSN: 1307-6167

Kaur, R.; Sharma, M.; Ji, D. and Xu, M. A. D. (20٢٠). Structural features, modification, and functionalities of beta-glucan. Fibers 8, 1-29. **https://doi.org/10.3390/fib8010001.**

Kaur, S.; Bhardwaj, R.D.; Kapoor, R. and Grewal, S.K. (2019). Biochemical characterization of oat (Avena sativa L.) genotypes with high nutritional potential. LWT-Food Science and Technology. 110: 32-39. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.063

Kerckhoffs, D.; Brouns, F.; Hornstra, G. and Mensink, R. P. (2002). Effects on the human serum lipoprotein profile of β-Glucan, soy protein and isoflavones, plant sterols and stanols, garlic and tocotrienols. Journal of Nutrition, 132, 2494-2505. https://doi.org/ 10.1093/ jn/132.9.2494.

Kim, I. S.; Hwang, C. W.; Yang, W. S. and Kim, C. H. (2021a). Multiple antioxidative and bioactive molecules of oats (Avena sativa L.) in human health. *Antioxidants*, *10*(9), 1454. **https://doi.org/10.3390/antiox10091454.**

Kim, S.; Kim, T.; Jeong, Y.; Park, S.; Park, S.; Lee, J.; Yang, K.; Jeong, J.; Kim, C. (2021b). Synergistic effect of methyl jasmonate and abscisic acid co-treatment on avenanthramide production in germinating oats. Int. J. Mol. Sci. 22, 4779. [CrossRef]. https://doi.org/ 10.3390/ijms22094779**.**

Klose, C. and Arendt, E. K. (2012). Proteins in Oats; their Synthesis and Changes during Germination: A Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 52(7), 629–639. https://doi.org/10.1080/10408398.2010.504902

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

Koch, K. and Jane, J.L. (2000). Morphological Changes of Granules of Different Starches by Surface Gelatinization with Calcium Chloride. Cereal chemistry, 77(2), 115-120. https://doi.org/10.1094/CCHEM.2000.77.2.115

Krochmal-Marczak, B.; Tobiasz-Salach, R. and Kaszuba, J. (2020). The effect of adding oat flour on the nutritional and sensory quality of wheat bread. *British Food Journal*, *122*(7), 2329-2339. https://doi.org/10.1108/BFJ-07-2019-0493.

Kudake, D. C.; Pawar, A. V.; Muley, A. B.; Parate, V. R.; Talib, M. I. and Talib, M. (2017). Enrichment of wheat flour noodles with oat flour: effect on physical, nutritional, antioxidant and sensory properties. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *6*(12), 204-213.

Kumar R, Kumar D, Datt C, Makarana G, Yadav MR, Birbal (2018) Forage yield and nutritional characteristics of cultivated fodders as affected by agronomic interventions: a review. Indian Journal of Animal Nutrition 35, 373–385. doi:10.5958/2231-6744.2018.00057.9

Lapvetelainen, A.; Puolanne, E. and Salovaara, H. (1994). High-protein oat flour functionality assessment in bread and sausage. *Journal of food science*, *59*(5), 1081-1085. https://doi. org/ 10.1111/ j.1365-2621.1994.tb08195.x

Lazaridou, A, and Biliaderis, CG. (2007). Molecular aspects of cereal beta-glucan functionality: Physical properties, technological applications and physiological effects. Journal of Cereal Science 46: 101–18.

Leszczynska, D.; Wirkijowska, A.; Gasinski, A.; Srednicka-Tober, D.; Trafiałek, J. and Kazimierczak, R. (2023). Oat and oat processed products—Technology, composition, nutritional value, and health. *Applied Sciences*, *13*(20), 11267. https://doi.org/ 10.3390/ app132011267**.**

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

Li, H.; Prakash, S.; Nicholson, T.M.; Fitzgerald, M.A. and Gilbert, R.G., (2016). The importance of amylose and amylopectin fine structure for textural properties of cooked rice grains. Food Chem. 196, 702–711. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.112.

Liu, N. (2017). Characterization and functional beverage development using coenzyme Q10-impregnated beta-glucan. https://doi.org/10.7939/R32V2CN98

Majid, A. and Priyadarshini, CGP. (20٢٠). Millet derived bioactive peptides: a review on their functional properties and health benefits. Crit Rev Food Sci Nutr. 60:3342–51. doi: 10.1080/10408398.168 6342

Maki, K.C.; Beiseigel, J.M. and Jonnalagadda, S.S. (2010). Whole grain ready-to-eat oat cereal, as part of a dietary program for weight loss, reduces low-density lipoprotein cholesterol in adults with overweight and obesity more than a dietary program including low-fiber control foods. Journal of the American Dietetic Association 110(2): 205–214.https://doi.org/10. 1016/ j.jada.2009.10.037

Mäkinen, O. ; Sozer, N.; Ercili-Cura, D. and Poutanen, K. (2016). Chapter 6. Protein From Oat: Structure, Processes, Functionality, and Nutrition. In S. Nadathur, J. P. D. Wanasundara, & L. Scanlin (Eds.), Sustainable Protein Sources (pp. 105–119). Academic Press.

Mäkinen, O. E.; Ercili-Cura, D.; Poutanen, K.; Holopainen-Mantila, U.; Lehtinen, P. and Sozer, N. (2024). Protein from oat: structure, processes, functionality, and nutrition. In *Sustainable protein sources* (pp. 121-141). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91652-3.00006-X.

Makinen, O.E.; Sozer, N.; Ercili-Cura, D. and Poutanen, K. (2017). Protein from oat: Structure, Processes, Functionality, and Nutriotion. In Sustainable Protein Sources; Nadathur,

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

S.R., Wanasundara, J.P.D., Scanlin, L., Eds.; Academic Press in an Imprint of Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, Chapter 6, pp. 105–115, ISBN 978-0-12-802778-3.

Manthey, F. A.; Hareland, G. A. and Huseby, D. J. (1999). Soluble and insoluble dietary fiber content and composition in oat. *Cereal Chemistry*, *76*(3), 417-420. https://doi.org/10.1094/ CCHEM.1999. 76.3. 417**.**

Marini, L. J.; Gutkoski, L. C. and Elias, M. C.(2005). Efeito da secagem intermitente na estabilidade de grãos de aveia. Brazilian Journal of Food Technology, v. 8, n. 3, p. 260-267.

Marlett, J.A.; McBurney, M.I. and Slavin, J.L. (2002). Position of the American Dietetic Association: Health implications of dietary fiber. J. Am. Diet. Assoc., 102, 993–1000. [CrossRef]

Menon, R.; Gonzalez, T.; Ferruzzi, M.; Jackson, E.; Winderl, D. and Watson, J. (**2016).** Oats-from farm to fork. Advances in Food&Nutrition Research.;77:1–55.doi: 10.1016/bs.afnr. 2015.12.001. [PubMed] [CrossRef].

Mis, A.; Grundas, S.; Dziki, D. and Laskowski, J. (2012). Use of farinograph measurements for predicting extensograph traits of bread dough enriched with carob fiber and oat wholemeal. J. Food Eng., 108, 1–12. [CrossRef].

Ngemakwe, N. and Hermaan, P. (2014). *Effect of transglutaminase and cyclodextrinase on the rheological and shelf-life characteristics of oat bread* (Doctoral dissertation, Cape Peninsula University of Technology). https://etd.cput.ac.za/handle/20.500.11838/832

Nguyen, T. L.; Mitra, S.; Gilbert, R. G.; Gidley, M. J. and Fox, G. P. (2019). Influence of heat treatment on starch structure and physicochemical properties of oats. *Journal of Cereal Science*, *89*, 102805.

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.102805.

Nieto-Nieto, TV.; Wang, YX.; Ozimek, L. and Chen, L. (2015). Inulin at low concentrations significantly improves the gelling properties of oat protein – a molecular mechanism study. Food Hydrocoll. 50:116–27. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.03.031.

Otles, S. and Ozgoz, S. (2014). Health effects of dietary fiber. Acta Sci. Pol. Technol. Aliment., 13, 191–202. [CrossRef]. https://doi.org/10.17306/J.AFS.2014.2.8

Panahi, S.; Ezatagha, A.; Temelli, F.; Vasanthan, T. and Vuksan, V. (2007). Beta-glucan from two sources of oat concentrates affect postprandial glycemia in relation to the level of viscosity. Journal of the American College of Nutrition 26(6): 639-44. .https://doi.org/ 10.1080/ 07315724.2007.10719641.

Paudel, D.; Caffe-Treml, M. and Krishnan, P. A (2018). Single Analytical Platform for the Rapid and Simultaneous Measurement of Protein, Oil, and beta-Glucan Contents of Oats Using Near-Infrared Reflectance Spectroscopy. Cereal Foods World. [CrossRef] https://doi.org/ 10.1094\cfw-63-1-0017.

Paudel, D.; Dhungana, B.; Caffe, M., and Krishnan, P. (2021). A review of health-beneficial properties of oats. *Foods*, *10*(11), 2591. **https://doi.org/10.3390/foods10112591**.

Peterson , D. M. (1992). Composition and nutritional characteristics of oat grain and products. Pages 265-292 in H.G. Marshall and M.E. Sorells eds. Oat science and technology. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Madison, WI, USA. https://doi.org/10.2134/agronmonogr33.c10.

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

Peterson, D. M. (2001). Oat antioxidants. Journal of cereal science, 33(2), 115-129. https://doi.org/10.1006/jcrs.2000.0349

Pori, P. (2020). Enzymatic modification of oat protein concentrate for increased fibrillation during high-moisture extrusion cooking.

Punia, S.; Sandhu, K.S. and Dhull, S.B. (2020). Oat starch: Physicochemical, morphological, rheological characteristics and its application - A review. International Journal of Biological Macromolecules, 154, 493–498. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.083.

Ragaee, SM.; Wood, PJ.; Wang, Q.; Tosh, SM.; Brummer, Y. and Huang, X . (2008). Isolation, fractionation, and structural characteristics of alkali-extractable β-glucan from rye whole meal. Cereal Chemistry. 85(3):289–94. https://doi.org/10.1094/CCHEM-85-3-0289

Ralla, T.; Salminen, H.; Edelmann, M.; Dawid, C.; Hofmann, T. and Weiss, J. (2018). Oat bran extract (Avena sativa L.) from food by-product streams as new natural emulsifier. Food Hydrocolloids, 81, 253-262. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.035.

Rasane, P.; Jha, A.; Sabikhi, L.; Kumar, A. and Unnikrishnan, V. S. (2015). Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods - a review. References 167 | Page Journal of Food Science and Technology, 52(2), 662-675. doi:10.1007/s13197-013-1072.

Rebello, C. J.; O'Neil, C. E. and Greenway, F. L. (2016). Dietary fiber and satiety: the effects of oats on satiety.Nutrition Reviews. 2016;74(2):131–147. doi: 10.1093/nutrit/nuv063. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef].

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

Rezende,E.S.V.; Lima,G.C. and Naves, M. M. V.(2021). Dietary fibers as beneficial microbiota modulators: a proposed classification by prebiotic categories. Nutrition ;89 doi: 10.1016/j.nut. 2021.111217.111217 [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

Ruxton, C. H. S. and Derbyshire, E. (2008). A systematic review of the association between cardiovascular risk factors and regular consumption of oats. British Food Journal, 110, 1119-1132.

Sahasrabudhe, M. R. (1979). Lipid composition of oats (Avena sativa L.). Journal of the American Oil Chemists' Society, 56(2), 80–84. https:// doi.org/10.1007/BF02914274.

Saka, M.; Ozkaya, B. and Saka,I. (2021). The effect of bread-making methods on functional and quality characteristics of oat bran blended bread. Int. J. Gastron. Food Sci., 26, 100439. [CrossRef]. https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100439.

Sang, S. and Chu, Y. **(2017).** Whole grain oats, more than just a fiber: Role of unique phyto -chemicals. Mol. Nutr. Food Res, 61, 1600715. [CrossRef] [PubMed] https://doi.org/ 10. 1002/mnfr.201600715

Shewry, P. R.; Underwood, C.; Wan, Y.; Lovegrove, A.; Bhandari, D.; Toole, G. and Mitchell, R. A. C. (2009). Storage product synthesis and accumulation in developing grains of wheat. Journal of Cereal Science, 50(1), 106-112. doi:10.1016/j.jcs.2009.03.009.

Shilpa, S. S. and Bhat. F. M. (2023). Evaluation of Chemical Composition Protein Quality and Amino Acid Scoring WHO/FAO Standards of Functional Cereals Oat Pearl Millet Sorghum and Finger Millet. International Journal of Pharmacognosy & Chinese Medicine ISSN: 2576-4772, Volume 7 Issue 2, DOI: 10.23880/ipcm-16000241.

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

Shvachko, N. A.; Loskutov, I. G.; Semilet, T. V.; Popov, V. S.; Kovaleva, O. N. and Konarev, A. V. (2021). Bioactive components in oat and barley grain as a promising breeding trend for functional food production. *Molecules*, *26*(8), 2260. https://doi.org/ 10.3390/ molecules 26082260.

Sidhu, J.S.; Kabir, Y. and Huffman, F.G. Functional foods from cereal grains. Int. J. Food Prop. 2007, 10, 231–244. [CrossRef] https://doi.org/10.1080/10942910601045289.

Singh, S. and Kaur, M. (2017). Steady and dynamic shear rheology of starches from different oat cultivars in relation to their physicochemical and structural properties. International Journal of Food Properties, 20, 3282–3294. https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1286504.

Singly, A.; Gupta, O. P.; Sagwal, V.; Kumar, A.; Patwa, N.; Mohan, N. and Singh, G. (2024). Beta-Glucan as a Soluble Dietary Fiber Source: Origins, Biosynthesis, Extraction, Purification, Structural Characteristics, Bioavailability, Biofunctional Attributes, Industrial Utilization, and Global Trade. *Nutrients*, *16*(6), 900. https://doi.org/10.3390/nu16060900.

Soni, P.; Sharma, K. D.; Sharma, S.; Mehta, V. and Attri, S. (2020). Development of apple pomace enriched oat flour biscuits and its quality evaluation during storage. *Int J Curr Microbiol Appl Sci*, *9*, 2642-52.

Soycan, G.; Schar, M.Y.; Kristek, A.; Boberska, J.; Alsharif, S.N.; Corona, G.; Shewry, P.R. and Spencer, J.P. (2019). Composition and content of phenolic acids and avenanthramides in commercial oat products: Are oats an important polyphenol source for consumers? Food Chem. X, 3, 100047. [CrossRef] https://doi.org/10.1016/j.fochx.2019.100047.

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

Spaen, J. and Silva, J.V.C. (2021). Oat proteins: Review of extraction methods and techno-functionality for liquid and semi-solid applications. LWT, 147, 111478. [CrossRef] https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111478.

Sterna, V.; Zute, S. and Brunava, L. (2016). Oat Grain Composition and its Nutrition Benefice. Agric. Agric. Sci. Procedia, 8, 252–256. [CrossRef]. https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016. 02. 100.

Sunilkumar, B. (2016). Development of high-protein oat for the feed and food industry.

Suzauddula, M.; Hossain, M. B.; Farzana, T.; Orchy, T. N.; Islam, M. N. and Hasan, M. M. (2021). Incorporation of oat flour into wheat flour noodle and evaluation of its physical, chemical and sensory attributes. *Brazilian Journal of Food Technology*, *24*, e2020252. https://doi.org/10.1590/1981-6723.25220

Tao, K.; Li, C.; Yu, W.; Gilbert, R.G. and Li, E., (2019). How amylose molecular fine structure of rice starch affects functional properties. Carbohydr. Polym. 204, 24–31 https://doi.org/ 10.1016/ j.carbpol.2018.09.078.

Thomas, E.; Jayaprakasha, H. M., and Venugopal, H. (2019). Effect of supplementation of oat flour on physicochemical and sensory properties of lactose hydrolyzed kulfi. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, *4*(1), 254-258.

Tong, L.T.; Guo, L.; Zhou, X.; Qiu, J.; Liu, L.; Zhong, K. and Zhou, S. (2016). Effects of dietary oat proteins on cholesterol metabolism of hypercholesterolaemic hamsters. J. Sci. Food Agric., 96, 1396–1401. [CrossRef] . https://doi.org/10.1002/jsfa.7236.

Van Den Broeck, H. C.; Londono, D. M.; Timmer, R.; Smulders, M. J.; Gilissen, L. J. and Van Der Meer I. M.

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

(2015). Profiling of nutritional and health-related compounds in oat varieties. Foods .;5(4):2–11. doi: 10.3390/foods5010002. [PMC free article] [PubMed] [CrossRef]. https://doi.org/10.3390/foods5010002.

Varma, P.; Bhankharia, H. and Bhatia, S. (2016). Oats: A multi-functional grain. Journal of Clinical and Preventive Cardiology|Published by Wolters Kluwer – Medknow. IP.89.68.4.152.

Vitaglione, P.; Napolitano, A. and Fogliano, V. (2008). Cereal dietary fibre: a natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut. Trends in food science & technology, 19(9), 451-463. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.02.005.

Webster, F. H. and Wood, P. J. (2011). Oats: Chemistry and Technology: Second Edition. American Association of Cereal Chemists.

Wehrli, F.; Taneri, P.E.; Bano, A.; Bally, L.; Blekkenhorst, L.C.; Bussler, W.; Metzger, B.; Minder, B.; Glisic, M. and Muka, T. (2021). Oat intake and risk of type 2 diabetes, cardiovascular disease and all-cause mortality: A systematic review and meta-analysis. Nutrients, 13, 2560. [CrossRef]. **https://doi.org/10.3390/nu13082560**.

Welch, R. W. (1995). The chemical composition of oats. In R. W. Welch (Ed.), he Oat Crop: Production and Utilization (pp. 279-320). Dordrecht: Springer Netherlands.

Wood, PJ. and Beer, MU. (1998). Functional oat products. In: Mazza G, Shi J, Le Mayuer M. (Eds.). Functional Foods: Biochemical and Processing Aspects, vol. 2. Technomic Publishing Co, Lancaster, PA, USA, pp. 1-37.

World Health Organization, United Nations University, (2007). Protein and Amino acid Requirements in Human Nutrition. Geneva: World Health Organization. p. 1–265.

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**

Yoo, H.U.; Ko, M.J. and Chung, M.S. (2020). Hydrolysis of beta-glucan in oat flour during subcritical-water extraction. Food Chemistry, 308, p. 125670. https://doi.org/10.1016/j. foodchem.2019.125670

Zaki, H. ; Elshawaf, A.M. ; Makhzangy, A.El. and Hussien, A.M. (2018). Chemical, rheological and sensory properties of wheat-oat flour composite cakes and biscuits. *Journal of Productivity and Development*, *23*(2), 287-306. DOI: 10.21608/jpd.2018.42018

Zhang, K.; Dong, R.; Hu, X.; Ren, C., and Li, Y. (2021). Oat-based foods: Chemical constituents, glycemic index, and the effect of processing. *Foods*, *10*(6), 1304. https:// doi.org/10.3390/foods10061304

Zhu, Y.; Dong, L.; Huang, L.; Shi, Z.; Dong, J.; Yao, Y. and Shen, R. (2020). Effects of oat β-glucan, oat resistant starch, and the whole oat flour on insulin resistance, inflammation, and gut microbiota in high-fat-diet-induced type 2 diabetic rats. *Journal of Functional Foods*, *69*, 103939. https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103939.

ISSN: 2537-0804 **eISSN: 2537- 0855**