تأثير الحنطة الخشنة في الخواص الريولوجية لخلطات الحنطة الناعمة المستخدمة في انتاج الخبز[١]

عبد المنعم طايس عبد الحليتان أ.د.مازن محمد ابراهيم الزبيدي

جامعة الموصل / كلية الزراعة والغابات/ قسم علوم الأغذية

(قدم للنشر في ٢٠١٩/١/٢٧ ، قبل للنشر في ٢٠١٩/٤/٢)

ملخص البحث: تم دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والتصنيعية لطحين الحنطة المنتج من ستة أصناف من الحنطة: أربعة أصناف من الحنطة الناعمة (حنطة الخبز): صنفان محليان هما شام6 وتلعفر2 وصنفان مستوردان هما الاسترالية البيضاء والروسية الحمراء, أما الصنفان الآخران للحنطة الخشنة (الديورم) المحلية فهما دوما1 وسميتو, كما تم دراسة خصائص خلطات الطحين المنتج من هذه الحبوب. تفوق طحين الحنطة الخشنة دوما1 معنويا في محتواه من البروتين 13.7 % والالياف الخام 0.53 % , وبينت الاختبارات الريولوجية تفوق طحين الحنطة الخشنة دوما1 معنويا بارتفاع نسبة امتصاص الماء مقارنة بطحين الحنطة الناعمة, واظهر طحين الحنطة الناعمة الاسترالية زيادة معنوية لمدة ثبات العجينة (13 دقيقة), وانخفاض معنوي لدرجة التدهور (25 درجة) .

الكلمات المفتاحية: الحنطة الخشنة, ريولوجي, فارينوكراف, أكستينسوكراف, خبز.

Abstract: The physical, chemical and manufacturing properties of wheat flour produced from six varieties of wheat were studied: four varieties of soft wheat (bread wheat): two local varieties: Sham6 and Tel- afar2 And two imported categories are white Australian and Russian red, and the other two varieties of local durum are always Semito and Doma1 The properties of the flour mixtures produced from these grains were also studied. The coarse wheat flour was always significantly higher in protein content than 13.7% and crude fiber 0.53% The tests showed that rheological superiority of coarse wheat flour has always been significantly higher water absorption ratio compared to wheat flour soft, , And the Australian soft wheat flour showed a significant increase in the consistency of the paste (13 minutes), a significant decrease to the degree of degradation (25 degrees)

(١) مستل من اطروحة الدكتوراه للباحث الأول والموسومة بـ(دراسة خصائص الجودة لبعض اصناف الحنطة المحلية والمستوردة وخلطاتها في صناعة الخبز) .

المقدمة:

إن محصول الحنطة *Triticum aestivum* من المحاصيل الزراعية المهمة في العراق فهو يحتل المرتبة الأولى من بين جميع المحاصيل الزراعية من حيث الكم والتداول والاستعمالات الغذائية و نتيجة لهذا ولخواصها الكيميائية و الفيزيائية و الوظيفية والاستعمالات التصنيعية المتعددة كانت ولازالت محط اهتمام الكثير من الدراسات والبحوث في مختلف ارجاء العالم ,ان وجود العديد من أصناف الحنطة المختلفة في خواصها التصنيعية وتركيبها الكيميائي والتي لم يتم تثبيت خواصها أعلاه بطرائق علمية ، وإجراء الخلط لأصناف مختلفة من الحنطة كواحدة من الخطوات المهمة في المطاحن الفنية وصعوبة الحصول على صنف واحد من الحنطة يستوفي كل خصائص الطحين المرغوبة لصناعة الخبز فضلا عما تسببه عملية الخلط بأصناف رديئة من الحنطة الى رداءة المنتج, ولهذه الاسباب فانه يجب ان يتم تثبيت خواص اصناف الحنطة قبل أجراء عملية الخلط اللازمة لإنتاج النوعية المرغوبة من الطحين (Ohm واخرون, 1998 ، وتعتمد نسب الخلط لأصناف الحنطة المختلفة على الاصناف المتوفرة منها وصفات الطحين المطلوب ونوعية المنتج (Weegles واخرون, 1996), دأبت العديد من الدراسات على تحديد صفات الأصناف المحلية الجديدة بطرائق مختلفة منها التقليدية بالاعتماد على الخصائص التصنيعية و منها الحديثة باستخدام تقنيات جديده مختلفة (سعيد ،2000 والعواد،2000), وتعد الصفات الريولوجية للعجين من أهم الخصائص التقنية المعبرة عن جودة العجين لمعاملات التحضير أثناء التصنيع , و أيضاً جودة المنتج النهائي (Popper , 2005) . أن أصناف الحنطة المختلفة في تزايد مستمر مع انتشار استخدامها لتصنيع منتجات غذائية متعددة فضلاً عن صناعة الخبز وهو المنتج الأساس, الا أنه توجد أصناف تصلح لصناعة الخبز و أصناف اخرى أكثر ملائمة لصناعة المعجنات والحلويات والعديد من الأغذية السريعة التحضير وأغذية الأطفال وحبوب الإفطار (الخطيب, 2014)، لذا فان الحاجة مستمرة لتوفير البيانات والمعلومات عن الأصناف المتوافرة في العراق سواءً المحلية أوالمستوردة وباستخدام التقنيات الحديثة.

مواد البحث و طرائقه:

تم الحصول على ستة أصناف من الحنطة وكالتالي :الحنطة الناعمة المحلية: صنف شام6 وصنف تلعفر2 من شركة ما بين النهرين/نينوى, والمستوردة:الحنطة البيضاء الاسترالية والحمراء الروسية من الشركة العامة لتجارة الحبوب/نينوى لموسم 2013 وهما من الأصناف المستوردة خصيصا لصناعة الخبز, الحنطة

الخشنة: صنف دوما1 وسميتو, من شركة تكنولوجيا البذور/نينوى, وأخذت جميع هذه الأصناف من الموسم الزراعي 2013, تم إزالة بذور الأدغال والشوائب الناعمة من عينات الحنطة بإمرار حبوبها في منخل أبعاد فتحاته 20×2.2 ملم, وتم تنظيف العينات بجهاز تنقية الحبوب نوع Tripette & Renaud N.S.P. فرنسي المنشأ ويعمل بنظام الشفط الهوائي لإزالة العوالق والأتربة, والحصول على عينات حنطة نظيفة وخالية من الشوائب, وأضيفت كمية الماء اللازمة لترطيبها للوصول إلى رطوبة 17 %, تم طحن عينات الحنطة المرطبة والمكيفة بمطحنة مختبريه نوع BUHLER MLU 202 سويسرية المنشأ, إذ تراوحت نسبة الاستخلاص بين 69–71 % لحنطة الخبز وبين 58 – 62 % للحنطة الخشنة، تم عمل خلطات لطحين الحنطة وبنسب (80,50,40 و100) % , لكل صنف واستبدل جزء من طحين الحنطة الناعمة بطحين الحنطة الخشنة وبنسبة 20%. اجريت الاختبارات التالية وهي تقدير نسب الرطوبة, البروتين, الالياف الخام, حسب AACC (2000), تم إجراء الاختبارات الريولوجية الفارينوكراف والأكستينسوكراف وفق الطريقة المذكورة في AACC (2000) والمرقمة 54–21 و 54–10 على التوالي, تم تصنيع خبز التنور العراقي من جميع المعاملات وأجري التقييم الحسي له حسب ما ذكر (زين العابدين, 1979), حللت النتائج احصائيا باستخدام التصميم العشوائي الكامل في تجربة عاملية CRD واستخدم اختبار دنكن للمقارنة بين المتوسطات باستخدام برنامج SAS للتحليل الاحصائي (2001).

النتائج و المناقشة:

يلاحظ في نتائج الجدول (1) قيم توزيع حبيبات الطحين التي كان حجم حبيباتهما اقل من 90 مايكرون, فقد تفوقت نسبة حبيبات طحين الحنطة للصنفين شام6 والروسية في درجة نعومة الطحين, وقد بلغت نسبة نعومتهما 41.5 و41 % على التوالي وبفارق معنوي عن متوسطات القيم لأصناف الحنطة الأخرى، أما درجة نعومة الطحين للصنفين تلعفر2, والاسترالية فقد بلغت 37.1 و 33.8 % على التوالي ولم تختلفا معنويا فيما بينهما, أما بالنسبة لطحين اصناف الحنطة الخشنة فقد أظهرت فرقا معنويا في انخفاض نعومة الطحين للصنفين دوما1 و سميتو فقد بلغت 22.4 و 21.5 % لكل منهما على التوالي. ان زيادة نسبة حبيبات الطحين الصغيرة قد تشير الى ليونة سويداء الحبة (Morris , 1992) . إذ يمكن ان تهشم وتفتت حبة الحنطة الناعمة الاعتيادية اكثر من حبة الحنطة الخشنة الصلبة مما ينتج عنها

حبيبات طحين ناعمة أكثر وبذلك تنخفض قيم مؤشر حجم الحبيبات (PSI) Particle Size Index للحنطة الصلبة, إذ يعتمد هذا المؤشر على مبدأ كمية الطحين المار من خلال منخل محددة أقطار فتحاته في مدة زمنية محددة (Gaines وآخرون , 1987) .

كما يبين الجدول (1) نسبة الرطوبة في عينات طحين اصناف الحنطة المدروسة، فقد ظهرت فروقاً معنوية في متوسط قيم رطوبة الطحين لأصناف الحنطة, اذ أن عملية ترطيب حبوب الحنطة تعمل على تحسين خواص طحينها (Delcour و Hoseney, 2010), فقد بلغت 13.27 و 12.20و 13.26 و 13.0% للأصناف شام6 و تلعفر2 والاسترالية والروسية على التوالي, اما طحين اصناف الحنطة الخشنة فقد بلغت نسبة الرطوبة فيها 13.13 و11.87 % للصنفين دوما1 وسميتو على التوالي, بينت النتائج أن كمية البروتين لعينات طحين الحنطة الناعمة للأصناف شام6, تلعفر2, الاسترالية والروسية بلغت 10.6, 11.5 , 11.0و10.1 % على التوالي, وهذه الكمية ضمن المدى الذي ذكره كل من (Hassan واخرون, 2016), وارتفعت كمية البروتين في طحين أصناف الحنطة الخشنة حيث بلغت 13.7 و 13.2% للصنفين دوما1 وسميتو على التوالي, أن الطحين ذي المحتوى البروتيني العالي يمنح خبز ذو نوعية جيدة، إذ تتحكم كمية البروتين ونوعيته بنوعية المنتوج المخبوز(MacRitchie, 1984) .

الجدول(1): الخصائص الفيزيائية والكيميائية لطحين أصناف الحنطة المدروسة.

الصنف	محلي		مستورد		Durum محلي	
الاختبار	شام6	تلعفر2	استرالي	روسي	دوما1	سميتو
% حبيبات الطحين أقل من µ 90	41.5 a	37.1 b	33.8 b	41 a	22.4 c	21.5 c
% الرطوبة	13.27 a	12.20 c	13.26 a	13.0 b	13.13 a b	11.87 d
% البروتين	10.6 e	11.5 c	11 d	10.1 f	13.7 a	13.2 b
% الألياف الخام	0.40 b	0.41 b	0.37 b c	0.35 c	0.53 a	0.5 a

* الأحرف المتشابهة افقيا لا تختلف معنويا .

يلاحظ من النتائج في الجدول نفسه ارتفاع نسبة الالياف الخام في عينات طحين الحنطة الخشنة للاصناف دوما1 وسميتو والتي بلغ متوسط القيم لها 0.53 % و 0.5 % على التوالي, وبفارق معنوي عن نسبتها في طحين الحنطة الناعمة للأصناف شام6 و تلعفر2 والاسترالية والروسية والتي بلغ متوسط قيمها 0.40 % , 0.41 % , 0.37 % و 0.35 % على التوالي, وهذا النتائج هي أقل بكثير عما وجده (Hassan واخرون, 2016) عند دراستهم لطحين صنفين من الحنطة الناعمة السودانية وهما Debaira و Elneelain وتأثير الترطيب بماء معامل بالأوزون على خصائص الطحين المنتج منها وبنسبة استخلاص 72% حيث كان متوسط قيم الألياف الخام للطحين1.61 % .

ويشير الجدول (2) إلى تفوق معنوي لطحين صنف الحنطة الخشنة دوما1 في صفة امتصاص الماء عن بقية الأصناف المدروسة, فقد بلغت النسب لهما 65 % ولم يختلف معنويا عن الصنف تلعفر2 الذي بلغت نسبة امتصاص الماء له 64 %, أما طحين الاصناف الأخرى شام6, الاسترالية و الروسية فقد بلغت نسب امتصاصها للماء 59, 59 و 58 % على التوالي, وهذه النسب قريبة من حدود نسبة امتصاص الماء لطحين الدرجة الاولى – 69.7 60.1 % التي ذكرها زين العابدين, (1979), أما قيم امتصاصية الطحين للماء من قبل خلطات الطحين توضح ارتفاع هذه النسبة في جميع الخلطات التي اشتملت على طحين الحنطة الخشنة دوما1 وبنسبة 20 %, وهذا يعود الى كمية البروتين المرتفعة لطحين الحنطة للصنف دوما, وان محتوى الطحين من البروتين و نوعيته يحددان امتصاص الماء وثبات العجينة عند استخدام الفارينوكراف مما يوضح كفاءة العجينة لإنتاج مخبوز معين (Koppel و Ingver, 2010), كما يبين الجدول (2) أن متوسط قيم وقت الوصول تراوحت بين 0.8 – 1.5 دقيقة لطحين أصناف الحنطة المدروسة، فقد كانت اطول مدة لوقت الوصول هي لعجينة الصنف دوما1 إذ بلغت ١.5 دقيقة, في حين بلغت اقصر مدة وصول لخط B.U. 500 هي لعجينة الصنف شام6 و الاسترالي , فقد بلغت ٠.8 دقيقة لكل منهما, وتشير المصادر المختلفة (Bagdi, 2016), أن قصر وقت وصول العجينة إلى خط B.U. 500 صفة مرغوبة, وتعني أن نسبة ونوعية الكلوتين في الطحين جيدة, مما يساعد على الإسراع في تكوين الشبكة الكلوتينية , ويلاحظ من الجدول (2) أن وقت نضج العجين لطحين أصناف الحنطة المدروسة كان مرتفعاً في طحين الصنف تلعفر2 وبفرق معنوي مقارنة ببقية الأصناف, حيث بلغ 4.3 دقيقة ، بينما بلغ ١.9 , ١.9 و 2.2 دقيقة لطحين الاصناف الاسترالية, الروسية

ودوما1 على التوالي, في حين أظهر طحين صنف شام6 أقل وقت لنضج شبكة الكلوتين فيه, إذ بلغت 1.75 دقيقة مقارنة بطحين أصناف الحنطة المدروسة، يلاحظ من الجدول (2) انه عند خلط طحين اصناف الحنطة الناعمة المدروسة كل على حدة او مع بعضها مع 20 % من طحين الحنطة الخشنة للصنف دوما1, فانه في الغالب يحصل انخفاض في وقت نضج العجينة إذ تراوح مدى قيم نضج العجينة لهذه الخلطات بين 1.7 – 2.4 دقيقة للخلطات التي احتوت على 80 % صنف حنطة ناعمة محلية أو مستوردة مع 20 % حنطة خشنة و 1.7 – 2.2 دقيقة للخلطات التي احتوت على 40 % حنطة ناعمة محلية مع 40 % حنطة ناعمة مستوردة مع 20 % حنطة خشنة الصنف دوما1, ويعود السبب الى الإسراع في نضج الشبكة الكلوتينية وتجانسها بسبب بروتين الحنطة الخشنة ومحتواه من بروتين الكلوتنين (Toufeili واخرون, 1999) والتي ساهمت في الإسراع من تكوين الشبكة الكلوتينية ونضجها, ويمكن القول أن إطالة وقت نضج العجينة كثيرا تعد صفة غير مرغوبة إذ يتطلب ارتباط الكلوتنين والكليادين لتكوين الكلوتين طاقة تنشيط أكثر لتكوين الشبكة الكلوتينية, فضلا عن ذلك, فان الخبز المصنع من عجينة طحين حنطة ذات وقت النضج المرتفع يكون صلباً و ذي حجم قليل

الجدول(2):خواص طحين الحنطة للأصناف المدروسة وخلطاتها المقاسة بجهاز الفارينوكراف

الخاصية / الصنف	امتصاصية الماء %	وقت الوصول (دقيقة)	وقت النضج (دقيقة)	الأستقرارية (دقيقة)	درجة التدهور F.U.*	نوعية الفارينوكراف
شام6 100 %	59 ef	0.8 d	1.75 ef	10.3 b	36 k	26 h
تلعفر2 100 %	64 ab	1.1 bcd	4.3 a	6 d	65 ef	69 c
استرالي 100 %	59 ef	0.8 cd	2.2 bc	13 a	25 l	38 ef
روسي 100 %	58 f	1 bcd	1.9 de	2.9 g	67 de	31 g
دوما1 100 %	65 a	1.5 a	1.9 de	2.8 gh	90 b	35 f
شام6 80% + دوما1 20%	61 cde	0.8 cd	1.7 ef	2.8 de	54 h	24 h
تلعفر2 80 % + دوما1 20%	65 a	0.9 bcd	2.2 bc	5.3 b	85 c	57 d
استرالي 80 % + دوما1 20 %	61 cde	1.2 bcd	1.5 f	10.4 b	40 j	26 h
روسي 80 % + دوما1 20 %	60 def	0.7 d	1.7 ef	2 h	94 a	25 h
شام6 50% + استرالي 50%	60 def	1 bcd	2.4 b	13.2 a	15 m	39 e
تلعفر2 50% + استرالي 50%	62 bcd	0.9 bcd	1.8 de	8.5 c	44 i	90 a
شام6 50% + روسي 50%	60 def	0.7 d	1.7 ef	2.7 gh	59g	25 h
تلعفر2 50% + روسي50 %	62 bcd	1.3 abc	1.9 de	5.4 de	64 f	30 g
شام6 40% + استرالي40% + دوما120%	61 cde	0.8 bcd	1.9 de	3.8 f	60 g	25 h
تلعفر2 40%+ استرالي40%+ دوما120%	63 abc	1.2 abc	1.7 ef	7.9 c	54 h	82 b

شام6 40%+ روسي 40%+ دوما1 20%	61 c d e	0.7 d	1.7 e f	2 h	68 d	25 h
تلعفر 40%+ روسي40% + دوما1 20%	63 a b c	1.3 a b	2 c d	5.1 e	65 e f	31 g

* الأحرف المتشابهة عموديا لا تختلف معنويا .
*F.U. = Farinograph unit

(Huang و Khan ,1997). وتبين نتائج الجدول (2) وجود فروق معنوية بين متوسطات قيم مدة ثبات العجينة لطحين الحنطة للأصناف المدروسة بين بعضها البعض و أيضاً بين عينات عجائن طحين الخلطات للحنطة المدروسة ولنسب الخلط كافة, ولوحظ انخفاض مدة الثبات للعجينة في جميع الخلطات التي احتوت على طحين الحنطة الخشنة دوما1 و بنسبة 20 %, وكانت اعلى مدة ثبات لعجينة طحين صنف الحنطة المستوردة الاسترالية والتي بلغت 13 دقيقة , ويعزى ذلك إلى محتواه العالي من البروتين فضلاً عن نوعيته , وهذه النتائج تتفق مع ما حصل عليه (Weegels واخرون ,1995) من أن مدة ثبات العجينة تزداد مع زيادة قوة الطحين نتيجة لإعادة كوثرة تكتلات بروتينات الكلوتنين عالية الوزن الجزيئي من خلال تكون أواصر ثنائية الكبريتيد, وتبين نتائج الجدول (2) وجود فروقا معنوية بين متوسطات قيم درجة التدهور لعجينة طحين الحنطة للصنف المستورد الاسترالي والتي كانت B.U. 25 وبين متوسطات قيم درجة التدهور لعجائن طحين اصناف الحنطة الناعمة المحلية و المستوردة الأخرى للأصناف شام6 , تلعفر2 و الروسية, والتي بلغت 36 , 65 و 67 B.U. على التوالي, اما الحنطة الخشنة دوما1 فقد بلغت درجة التدهور لعجينتها 90 B.U., وقد يعود السبب الى خصائص نوعية بروتين الحنطة الخشنة الذي يمتاز بكون عجينته غير لدنة وليس لها القابلية على المطاولة لفترة العجن, حيث تتدهور صفاتها بشكل سريع, وأوضحت النتائج ازدياد قيمة درجة التدهور لجميع الخلطات التي احتوت على طحين الحنطة الخشنة دوما1 و بنسبة 20 % , إذ تناسبت قيمة درجة التدهور في هذه الدراسة تناسبا طرديا مع الخلط بطحين الحنطة الخشنة وبالنسبة المذكورة, وهذا يعزى إلى ضعف أو رخاوة عجائن طحين الخلطات بأنواعها المختلفة, وأيضا لعدم تحملها لفترة العجن الطويل بسبب ضعف الكلوتين فيها. كما وجد Williamsواخرون (1988) ان قيم درجة التدهورالتي تتراوح بين 50 – 90 B.U. تعتبر اكثر ملائمة لصناعة الخبز,

ويلاحظ من النتائج للجدول نفسه ان قيم رقم الفارينوكرام انخفضت في معظم الخلطات التي احتوت على طحين الحنطة الخشنة و بنسبة 20 %, حيث بلغت اعلى قيمة لمؤشر الفارينوكرام لعجينة الخلطة التي احتوت على اصناف الحنطة الناعمة المحلية والمستوردة شام6 و الاسترالية على التوالي و بنسبة خلط 50 % لكل منهما حيث بلغت 90, اما اقل قيمة لرقم الفارينوكرام فقد كانت لعجينة الخلطة شام6 و دوما1 وبنسبة خلط 80 مع 20 % لكل منهما على التوالي, وكان رقم الفارينوكرام لعجينة خلطتها 24. تبين النتائج في الجدول (3) تأثير قيم المطاطية (Extensibility) لعجائن طحين الاصناف المدروسة وخلطاتها عند فترة الحضن لمدة 45 دقيقة, حيث تراوح مدى المطاطية (التمدد) لعجائن طحين الحنطة الناعمة للأصناف شام6, تلعفر2, الأسترالية و الروسية بين 177 160 –ملم, في حين بلغ معدل مطاطية (تمدد) عجينة طحين الحنطة الخشنة المحلية 90 ملم, وكانت معدلات قيم المطاطية (التمدد) لعجائن الخلطات ضمن المدى بين 148 – 186 ملم, وكما يلاحظ من الجدول نفسه انخفاض معدلات قيم مطاطية (تمدد) العجائن لجميع الخلطات التي احتوت على طحين الحنطة الخشنة دوما1 بنسبة 20 % عند فترة الحضن 45 دقيقة.

الجدول (3): معايير الاكستنسوكرام لعجائن طحين الحنطة وعجائن خلطاتها المدروسة لفترة تحضين 45 دقيقة .

القراءات / نوع الطحين	المطاطية (ملم)	مقاومة المطاطية (E.U.)*	المطاطية / مقاومة المطاطية	المساحة (سم²)
شام6 100 %	164 e f	409 e	2.5 c d	133 c
تلعفر2 100 %	177 b c	331 l	1.9 e	120 d e f
استرالي 100 %	174 c	435 c	2.5 c d	162 a
روسي 100 %	160 g h	380 g	2.4 c d	119 e f
دوما1 100 %	90 l	472 a	5.2 a	57 i
شام6 80% + دوما1 20%	148 k	446 b	3 b	122 de

تلعفر2 80 % + دوما1 20%	167 d e	338 k	2 e	108 g
استرالي 80 % + دوما1 20 %	168 d	417 d	2.5 c d	138 b
روسي 80 % + دوما1 20 %	149 k	367 h	2.5 c d	98 h
شام6 50% + استرالي 50%	180 b	360 i	2 e	138 b
تلعفر2 50% + استرالي 50%	186 a	354 j	1.9 e	140 b
شام6 50% + روسي 50%	159 h i	398 f	2.5 c d	123 d e
تلعفر2 50% + روسي50 %	167 d e	371 h	2.2 d e	120 d e f
شام6 40% + استرالي40% + دوما120%	163 f g	412 d e	2.5 c d	125 d
تلعفر2 40%+ استرالي40%+ دوما120%	168 d	399 f	2.4 c d	125 d
شام6 40%+ روسي 40%+ دوما1 20%	155 j	400 f	2.6 c	116 f
تلعفر 40%+ روسي40% + دوما1 20%	156 i j	412 d e	2.6 c	119 e f

* الأحرف المتشابهة عموديا لا تختلف معنويا .

* Extensograph Unit = E.U.

وهذا الانخفاض في قيم تمدد العجائن يعود الى خصائص طحين الحنطة الخشنة ومحتواه المنخفض من بروتين الكلوتنين ذي الوزن الجزيئي العالي, وهذا يجعل عجينتها ليست بالخصائص المرغوبة لصناعة الخبز بينما تحسن بعض خواصه (DiMuzio, 2010), ولوحظ ارتفاع معدلات قيم مقاومة المطاطية لجميع الخلطات التي احتوت على طحين الحنطة الخشنة دوما1 بنسبة 20 % خلال فترة الحضن لمدة 45 دقيقة, ويعزى هذا الى المحتوى العالي لطحين الحنطة الخشنة من بروتينات الكلياداين, والذي يجعل العجينة لزجة و دبقة (Magana – Barajas واخرون, 2012), أما معدلات قيم نسبة مقاومة المطاطية/المطاطية لعجائن خلطات الطحين من الحنطة الناعمة والحنطة الخشنة دوما1, فقد تراوحت بين 1.9–3, لوحظ من هذه النتائج, زيادة في معدلات قيم هذه

النسب عند خلطها مع طحين الحنطة الخشنة بنسبة 20 % و لفترة الحضن 45 دقيقة, حيث اظهرت نتائج الخبازة ان الخلطات التي تراوحت مدى قيم مقاومة المطاطية/المطاطية لعجائنها بين 2 – 4 امتلكت عجينة لدنة سهلة التداول والتشكيل, اما العجينة التي كانت لها قيم نسب هذه الصفة مرتفعة وخاصة عجينة طحين الصنف دوما1 فقط فإنها كانت قوية, ان نسبة المقاومة /المطاطية تكون ضمن المدى المرغوب فيه, ويلاحظ من النتائج انخفاض معدلات قيم الطاقة لكافة عجائن الخلطات والتي احتوت على طحين الحنطة الخشنة دوما1 بنسبة 20 % وخلال مدة الحضن لمدة 45 دقيقة, ان مساحة الاكستنسوكرام لأفضل انواع طحين الخبز هي 130 سم2, أما الطحين الملائم لصناعة الخبز الاعتيادي فتتراوح المساحة بين 120 – 140 سم2 ولطحين الحنطة اللينة ما بين 60 - 80 سم2 (Edward , 2007), وبين الجدول (4) قيم مقاومة المطاطية لعجائن طحين اصناف الحنطة الناعمة المحلية و المستوردة لمدة الحضن 135 دقيقة حيث كان متوسط مدى قيمها بين 448 – 666 ملم, اما عجينة طحين الحنطة الخشنة للصنف دوما1 فقد بلغت مقاومة المطاطية لعجينتها 780 ملم, في حين كانت مقاومة المطاطية لعجائن خلطات الطحين للأصناف المدروسة ضمن المدى بين 446 – 726 ملم, ويلاحظ من هذه النتائج ارتفاع معظم قيم مقاومة المطاطية لعجائن طحين اصناف الحنطة قيد الدراسة و خلطاتها خلال مدة الحضن 135 دقيقة , وهذا شيء ايجابي, حيث ان الطحين الجيد هو الذي تزداد فيه قيم مقاومة مطاطية العجينة وبشكل تدريجي من بداية رسم المنحنى البياني للاكستنسوكرام ولحين تمزق العجينة (Branlard, 2009), بين الجدول (4) نتائج نسبة مقاومة المطاطية/المطاطية حيث كان مدى قيم هذه النسبة لعجائن طحين اصناف الحنطة الناعمة بين 2.7 – 4.4, و لعجينة طحين الحنطة الخشنة للصنف دوما 9.4 , اما مدى قيم هذه النسبة لعجائن خلطات الطحين لأصناف الحنطة فقد كانت ضمن مدى بين 5.5 2.7 –, كما اوضحت النتائج في الجدول نفسه قيم الطاقة لعجائن طحين اصناف الحنطة الناعمة, فهي

الجدول (4): معايير الاكستنسوكرام لعجائن طحين الحنطة وعجائن خلطاتها المدروسة لفترة تخضين 135 دقيقة .

القراءات / نوع الطحين	المطاطية (ملم)	مقاومة (B.U.)	المطاطية	المطاطية	المساحة (سم²)
شام 100 %	151 f g	666 c	4.4 d	195 c
تلعفر2 100 %	163 b	448 o	2.7 l	131 k
استرالي 100 %	161 b	599 e	3.8 f g	204 a
روسي 100 %	149 g	534 k	3.6 g h i	150 h
دوما1 100 %	83 j	780 a	9.4 a	80 m
شام6 80% + دوما1 20%	133 i	726 b	5.5 b	161 f
تلعفر2 80 % + دوما1 20%	157 c d	473 n	3 k l	123 l
استرالي 80 % + دوما1 20 %	155 d e	572 g	3.7 f g h	170 e
روسي 80 % + دوما1 20 %	133 i	666 c	5 c	147 i
شام 50% + استرالي 50%	169 a	560 h	3.3 I j k	199 b
تلعفر2 50% + استرالي 50%	162 b	524 l	3.2 j k	171 e
شام6 50% + روسي 50%	160 b c	547 i	3.4 j h i	155 g
تلعفر2 50% + روسي50 %	167 a	446 o	2.7 l	128 k
شام6 40% + استرالي40% + دوما1 20%	152 e f g	633 d	4.2 d e	177 d
تلعفر2 40%+ استرالي40%+ دوما1 20%	152 e f g	504 m	3.3 I j k	129 k
شام6 40%+ روسي 40%+ دوما1 20%	153 e f	578 f	3.8 f g	138 j
تلعفر 40%+ روسي40% + دوما1 20%	137 h	542 j	4 e f	129 k

* الأحرف المتشابهة عموديا لا تختلف معنويا .

* Extensograph Unit = E.U.

كانت ضمن المدى بين 131 – 204 سم2 اما لعجينة الحنطة الخشنة للصنف دوما1 فكانت 80 سم2 , في حين كان مدى قيم هذه الصفة بين 128– 199 سم2 لخلطات العجائن في هذه الدراسة , يتضح مما تقدم في دراسة خصائص الاكستنسوكراف ان العجينة التي تكون اكثر ملائمة لصناعة الخبز هي تلك العجينة التي تمتلك اعلى قيم لمقاومة المطاطية مع طاقة (مساحة) عالية ومطاطية طويلة, وجاءت نتائج هذه الدراسة متوافقة مع ما ذكره (Sluimer , 2005) من ان القيم العالية لهذه الصفات ملائمة لصناعة الخبز. وضح الجدول (5) الخواص الفيزيائية لرغيف خبز التنور العراقي, إذ اتضح من النتائج وجود فروق معنوية بين عينات خبز التنور المصنع من عجائن طحين اصناف الحنطة الناعمة وبنسبة 100 %, إذ لوحظ أن معدل وزن رغيف خبز التنور للعينات تراوح ضمن مدى بين 131 - 134 غم , اذ كان إنموذج الرغيف المنتج من طحين الحنطة الناعمة المحلية تلعفر الأكثر وزناً 134غم , في حين كان وزن إنموذج رغيف الخبز المنتج من طحين الحنطة الناعمة المحلية شام6 الأقل وزناً 131 غم , اما اوزان ارغفة الخبز المنتجة من عجائن طحين الحنطة الناعمة المستوردة للصنفين الاسترالي والروسي فكانت قيمتها 132 و 133 غم على التوالي, ولوحظ أن معدل وزن رغيف الخبز للعينات المصنعة من طحين الحنطة الخشنة كان اعلى من معدل وزن الرغيف المنتج من طحين اصناف الحنطة الناعمة , اذ بلغ معدل الوزن للنماذج المنتجة من طحين الصنفين المحليين دوما1 و سميتو 135 و 136 غم على التوالي, ويعزى السبب في ارتفاع كمية الماء التي يمتصها طحين الحنطة الخشنة مقارنة مع طحين الحنطة الناعمة والتي بينها اختبار الفارينوكراف, الى ارتفاع نسبة الالياف في طحين الحنطة الخشنة والتي لها القابلية على الارتباط بالماء (Curti واخرون, 2013), والتي تقوم بإعاقة التشكيل والتداول للعجينة فضلاً عن انخفاض كمية الغاز المحتجز خلال زمن التخمير والتخبيز, فضلاً عن أن كميات من الماء ترتبط بقوة مع الألياف خلال تصنيع المخبوزات, فلذلك هناك كمية قليلة من الماء ستكون متاحة لتطوير الشبكة الكلوتينية، ويؤدي هذا الى انخفاض حجم رغيف الخبز(Sivam وآخرون, 2010), وهذا كان واضحا عند قياس حجم رغيف الخبز المنتج و الذي اعتمد على معدل نصف قطر الرغيف و التي انخفضت قيمها لنماذج الرغيف المنتج من طحين الحنطة الخشنة, اذ تفوقت نماذج خبز التنور المنتج من طحين الحنطة الناعمة, فقد كان معدل الحجم النوعي لأرغفة الأصناف شام6 , تلعفر2, الاسترالي

والروسي هي 4.05 , 3.66 , 4.02 و 3.68 على التوالي, في حين كانت لنماذج الخبز المنتج من طحين الحنطة الخشنة دوما1 و سميتو 3.07 و 2.79 على التوالي . يوضح الجدول (5) قابلية تشرب رغيف الخبز بالماء والمنتج من طحين الحنطة الناعمة, اذ كانت قابلة التشرب ضمن مدى قيم بين 1.94 – 2.09 %, وبينت النتائج أن الرغيف المنتج من طحين الحنطة الناعمة الاسترالية كانت له قابلية تشرب 2.09 %, وهي اعلى من قابلية التشرب لنماذج الخبز الأخرى وبفارق معنوي, وبشكل عام انخفضت قابلية التشرب لنماذج الخبز المنتج من طحين اصناف الحنطة

الجدول (5): الخواص الفيزيائية لرغيف خبز التنور (الرغيف المفروش) المصنع من طحين أصناف الحنطة المدروسة (100 %) .

الصفة / نوع الخبز	الوزن (غم)	معدل القطر (سم)	الحجم (سم3)	الحجم النوعي	قابلية امتصاص الرغيف للماء (التشرب)	نسبة حوافي الرغيف %
شام6	131 b	26 a	530.66 a	4.05 a	2.07 a b	11.76 d
تلعفر2	134 a b	25 a	490.62 b	3.66 b	1.94 a b	12.46 c
استرالي	132 a b	26 a	530.66 a	4.02 a	2.09 a	10.38 e
روسي	133 a b	25 a	490.62 b	3.68 b	2.0 a b	12.66 b
دوما1	135 a b	23 a b	415.26 c	3.07 c	1.9 a b	13.3 a
سميتو	136 a	22 b	379.94 d	2.79 d	1.83 b	13.16 a

* الأحرف المتشابهة عموديا لا تختلف معنويا .

الخشنة, إذ أن ادنى مستوى لقابلية تشرب الرغيف هو في الرغيف المنتج من طحين الحنطة الخشنة سميتو (1.83 %), بين Hojjatوآخرون, (2013) من خلال متابعتهما لنسبة تشرب لب الخبز, أن هذه القابلية تنخفض بزيادة مدة الخزن اذ انخفضت من 13.3 % لتصبح 7% بعد اليوم الرابع من فترة الخزن. وبزيادة مدة الخزن سوف تنخفض قابلية لب الخبز على الاحتفاظ بمحتوى الرطوبة بسبب ارتداد النشا الى الحالة المتبلورة وهجرة الرطوبة من لب الخبز الى قشرته, كلما انخفضت نسبة التشرب في لب الخبز تزداد ظاهرة تجلد Stalling الخبز (BeMiller, 2007) .

أما فيما يخص نسبة حواف الرغيف فكانت اقل كمية لها في الرغيف المنتج من طحين الحنطة المستوردة الاسترالية اذ بلغ 10.38 % من وزن الرغيف في حين ارتفعت هذه النسبة وبفارق معنوي في ارغفة الخبز الاخرى لتصل الى 13.3 % من وزن الرغيف لنموذج طحين الحنطة الخشنة دوما1, وتتأتى اهمية خفض نسبة حواف الرغيف كعامل اقتصادي, اذ كلما انخفضت قيمها انخفض معدل الضائعات من الخبز, وقد تؤدي مهارة الخباز دورا كبيرا في خفض قيم هذه الصفة .

إن تقييم رغيف الخبز العراقي وتقدير خصائص جودته ذو اهمية كبيرة , اذ تعتمد درجة التقييم لرغيف الخبز على خبرة القائم بالتقييم ودرجة مهارته وتدريبه في تقييم عينات الخبز بمجرد النظر اليها وتداولها باليد واستعمال الخواص الحسية مثلم الشم و المضغ, يوضح الجدول (6) نتائج تقييم الصفات الخارجية (المظهرية) لرغيف خبز التنور العراقي, ففي صفة لون وجه (السطح) الرغيف وعادةً يكون اللون المرغوب فيه هو اللون الذهبي, أوضحت نتائج الدراسة ان لون وجه الرغيف المنتج من طحين اصناف الحنطة الناعمة وخاصة لنماذج طحين الحنطة المحلية شام6 والمستوردة الاسترالية قد تفوقا معنويا في هذه الصفة على لون وجه الرغيف المنتج من طحين اصناف الحنطة الخشنة وحسب تقييم المحكمين لصفات الخبز المنتج, اذ تميزت صفه اللون له بلونها الذهبي المائل الى البني في حين نجد أن لون وجه الرغيف المنتج من طحين الحنطة الخشنة تميز باللون الاصفر الداكن غير المعهود عليه الخبز وقد يرجع السبب في ذلك الى محتوى طحين الحنطة الخشنة المرتفع من صبغتي الليوتين و بيتا–كاروتين والذي ينعكس على لون الخبز المنتج منه (DiMuzio , 2010) .

أما في حال المفاضلة بين الارغفة المنتجة من طحين الحنطة الناعمة وخاصة في صفة لون الوجه والظهر لرغيف الخبز (القشرة العليا والسفلى) فيمكن القول بأن لمهارة الخباز ولطريقة اعداد رغيف الخبز دوراً مهماً في تحديد درجة الجودة لهذه الصفات اذ تؤثر على

صفة لون القشرة العليا والسفلى درجة حرارة التنور وكمية السكر المتكونة خلال زمن التخمير للعجينة (Ahrne وآخرون, 2007). اذ يعد لون المنتج ومظهره أحد أهم الخصائص الرئيسة التي تؤثر في تقبل المنتج والمعيار الرئيس في قرار الشراء من قبل المستهلك ويعكس مدى جودة التصنيع (Minz وآخرون, 2013) إذ تفوق في هذه الخاصية رغيف الخبز المنتج من طحين الحنطة الاسترالية. أما بالنسبة الى قابلية تداول رغيف الخبز والقطع باليد ومضغه بالفم وكما بينت النتائج من الجدول (6) إن ارغفة الخبز المنتج من عجائن طحين أصناف الحنطة الناعمة كانت خفيفة وهشة وقد تفوقت بهذه الصفة على الخبز المنتج من طحين الحنطة الخشنة وكان إنموذج الخبز لصنف الحنطة المحلية تلعفر2 الافضلية من سهولة قطعه باليد وكذلك لصفة مضغه بالفم, اذ يحدث اثناء عملية شواء الخبز تغيرات مهمة لريولوجية العجينة وأهمها تمدد العجينة ومن ثم تصلبها و تتحول الى منتج مخبوز صلب ويحدث هذا بسبب تهلم النشا وتخثر البروتين والتبخر وحرارة التخبيز وبالتالي ينتج عنه تشكيل تركيب خفيف وهش من المنتج المخبوز النهائي (Primo-Martin وآخرون, 2006). أما نكهة الخبز والتي تشمل الطعم

والرائحة فقد انخفض مستوى التقييم لنماذج الخبز المنتج من طحين اصناف الحنطة الخشنة قيد الدراسة (دوما1 وسميتو) عن تلك التي انتجت من طحين الحنطة الناعمة, اذ تميزت ارغفتها برائحة الحنطة الخشنة ونكهتها المميزة إذ أنها تشبه رائحة اللوز ونكهته

الجدول (6): الصفات الخارجية والتقييم الحسي لخبزالتنور (الرغيف المفروش) المصنع من طحين أصناف الحنطة المدروسة (100 %) .

الصفة	الدرجة	شام6	تلعفر2	استرالي	روسي	دوما1	سميتو
لون الوجه	١٠	10 a	9 a b	10 a	9 a b	8 b c	7 c
لون الظهر	١٠	9 a b	8 b	10 a	8 b	8 b	8 b
تجانس اللون	١٠	9 a	8 a b	9 a	8 a b	7 b	7 b
المطاطية و قابلية القطع باليد و المضغ	١٥	14 a	15 a	14 a	14 a	10 b	9 b
الرائحة	١٠	10 a	10 a	10 a	10 a	8 b	8 b
الطعم	١٥	15 a	15 a	15 a	15 a	13 b	12 c
انتظام الشكل	١٠	9 b	9 b	10 a	9 b	7 c	7 c
المجموع	80	76 b	74 b	78 a	73 d	61e	60 f

* الأحرف المتشابهة افقيا لا تختلف معنويا .

(Pomeranz, 1978) , وبالنسبة إلى صفة انتظام شكل رغيف الخبز نلاحظ أن معدلات انتظام الشكل تنخفض للأرغفة المنتجة من عجائن طحين الحنطة الخشنة مقارنة مع ارغفة الخبز التي انتجت من عجائن طحين أصناف الحنطة الناعمة وظهر عدم انتظام سطح القشرة الخارجية لها وبفارق معنوي, وقد يعود السبب إلى درجة نعومة الطحين اذ أن درجة تحبب طحين الحنطة الخشنة عادة يكون أعلى و ذا حبيبات أكثر خشونة من طحين الحنطة الناعمة (Ammar وآخرون, 2000) . وفي المحصلة النهائية للتقييم تفوق رغيف الخبز المنتج من طحين الحنطة الاسترالية عن باقي أرغف الخبز المنتجة من عجائن اصناف الحنطة الناعمة والخشنة وبفارق معنوي ,هنا يمكن القول إن الخبز المنتج من طحين اصناف الحنطة الخشنة المحلية المدروسة و بنسبة 100 % كانت العجينة له لزجة و صعب التداول باليد اثناء العجن والتشكل وصعوبة عملية الخبز لها بالتنور العراقي العمودي وهذا يختلف عن

انتاج خبز اللوف فضلاً عن لون الرغيف بالأصفر الداكن غير المرغوب فيه لدى المقيمين .

المصادر:

سعيد، جلال احمد فضل (2000).العلاقة بين نوعية بعض أصناف الحنطة العراقية وعوامل الجودة.أطروحة دكتوراه،كلية الزراعة–جامعة بغداد .

العواد، هيفاء علي (2000). دراسة العلاقة بين الخصائص الفيزيائية والكيميائية والصفات النوعية لبعض أصناف الحنطة العراقية. رسالة ماجستير،كلية الزراعة–جامعة بغداد .

الخطيب, أمل (2014) . قمح الخبز, مديرية بحوث المحاصيل الحقلية, المركز الوطني للبحث والارشاد الزراعي, المملكة الاردنية الهاشمية .

زين العابدين ، محمد وجيه (1979). دراسة تثبيت المواصفات القياسية للطحين الملائم لإنتاج الخبز والصمون العراقي. رسالة ماجستير – كلية الزراعة – جامعة بغداد – قسم الصناعات الغذائية .

AACC (2000). American Association of Cereal Chemists. Approved Method of the AACC, 10th Ed. Methods 54-30. The Association: St. Paul, M. N. USA.

Ahrne, L., C. G. Andersson, P. Floberg, J. Rosen and H. Lingnert (2007). Effect of crust temperature and water content on acrylamide formation during baking of white bread: Steam and falling temperature baking. LWT, 40, 1708–1715.

Ammar, K., W.E. Kronstad and C.F. Morris (2000). Bread-making

Branlard, G.(2009). gluten proteins**,** Proceedings of the 10th International Gluten workshop 7 - 9 September 2009 Clermont-Ferrand, France.

Curti, E., E. Carini, G. Bonacini, G. Tribuzio and E. Vittadini (2013). Effect of the addition of bran fractions on bread properties. Journal of Cereal Science. 57 : 3, 325-332.

Delcour, J. and R. C. Hoseney (2010). Principles of cereal science and technology. Structure of Cereal, Dry milling, pp. 1-21, American Association of Cereal Chemists Inc. St.Paul, MN, USA.3th.ed. 121-137.

DiMuzio, D.T.(2010). bread baking, An Artisan's Perspective, Copyright © 2010 by John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New

quality of selected durum wheat genotypes and its relationship with high molecular weight glutenin subunits allelic variation and gluten protein polymeric composition. Cereal chem., 77: 230-236.

Bagdi, A. (2016). Utilization of wheat aleurone-rich flour in the food industry and the oxidative modification of its arabinoxylan fraction , Department of Applied Biotechnology and Food Science Faculty of Chemical Technology and Biotechnology Budapest University of Technology and Economics (BME) .

BeMiller, J. N. (2007). Carbohydrate chemistry for food scientists. In Starches, modified food starches, and other products from starches, 195-197. 2nd eds. AACC inc., MN, USA.

Hojjati, M., N. Behzad and J. Hossein (2013). Chemical Properties Changes of Barbary Bread during Storage. International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences, 1:2320-4087.

Huang, D. Y. and K. Khan (1997) . Quantitative determination of high mole-cular weight glutenin subunits of hard red spring wheat by SDS-PAGE.I. Quantitative effects of total amounts on bread making quality characteristic: Cereal Chem. 74 (6): 781-785.

Koppel, R. and A. Ingver (2010) . Stability and predictability of baking quality of winter wheat. Agronomy Research 8(III):637-644.

MacRitchie, F. (1984) . Baking quality of wheat flour. Advaces in Food Jersey. Published simultaneously in Canada .

Edwards, W. (2007). Flour testing in: Science of Baking Products. First ed. The Royal Society of chemistry. 139-153 .

Gaines, C. S., R. E. Miller, J. R. Donelson and M. M. Bean (1987). Optimizing Grinder Type and Methods of Expressing Wheat Meal Particle Size for Wheat Texture Hardness of Softness Measurement and Near-Infrared Reflectance Spectroscopy, Cereal Chemistry, 641: p.46-49.

Hassan, A. M., K. A. Gadien and E. S. Abdel Moneim (2016). Influence of Tempering with Ozonated Water on Physico-chemical Properties of Sudanese Wheat Flour . American Journal of Biochemistry 2016, 6(1): 1-5.

Ohm, J. B., O. K. Chung and C. W. Deyoe (1998). Single Kernel characteristics of hard winter wheat in relation to milling and baking quality. Cereal Chem. Vol:75. No. 1, 156-161.

Pomeranz, Y. (1978). Composition and functionality of wheat-Flour components. In: Wheat chemistry and Technology. Y. Pomeranz, (ed.). U.S.A: American Association of Cereal Chemists. 585.

Popper, L. (2005). Enzyme, World Grain, January, p 24.

Primo-Martin, C., A.V. de Pijpekamp, T. van Vliet, H. J. de Jongh, J. J. Plijter and R. J. Hamer (2006). 'The role of the gluten network in the crispness of bread crust'. Journal of Cereal Science, Vol. 43, Issue 3, pp. 342-352.

Research 29: 201-277.

Magana-Barajas, E., B. Ramirez-Wong, P. I. Torres-Chavaz and I. Morales-Rosas (2012). Use of the Stress-Relaxation and dynamic tests to evaluate the viscoelastic properties of dough from soft wheat cultivars."Viscoelasticity-From Theory to Biological Applications", book edited by Juan de Vicente, ISBN 978-953-51-0841-2.

Minz, P. S., C. Singh and I. K. Sawhney (2013). Color Measurement of food products. 25th National Training, CAFT, Dairy Processing. 130- 133. India.

Morris, C. F. (1992). Impact of Blending hard and soft white wheat on milling and baking quality , cereal Foods world , 37 : 643-648 .

265.

Weegels, P. L., R. Orsel, A. M. Vande Piipekamp, W. J. Lichtendonk, R. J. Hamer and J. D. Schofield (1995). Functional properties of low Mr wheat proteins. II. Effects on dough properties. J. Cereal Sci. 21: 117-126.

Weegles, P. L., R. J. Hamer and J. D. Schofield (1996). Functional properties of wheat glutenin.Cereal.Sci:23: 1-18.Wheat Flour Lipids. J. Sci. Food Agri., 21: 520-528

Williams, P. C., F. J. EL-haramein, P. Nelson and J. P. Srivastava (1988). Evaluation of wheat quality for the baking of Syrian type two layered flat bread . j . cereal Sci. 7 : 195 .

SAS (2001). SAS Uses Guide. For personal computer, Release 6-18.

Sivam, A. S., D. Sun-Waterhouse, S. Y. Quek and C. O. Perera (2010). Properties of bread dough with added fi bre polysaccharides and phenolic antioxidants: A review. J. Food Sci. 75 (8), 163-174.

Sluimer, P. (2005). Principles of Breadmaking, Functionality of Raw Materials and process Steps, St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists.

Toufeili, I., B. Ismail, S. Shadarevian, R. Baalbaki, B. S. Khatkar, A. E. Bell & J. D. Schofield (1999). The role of gluten proteins in the baking of arabic bread. J. Cereal Sci. 30: 255-