

ثباتية مواصفات دقيق القمح خلال إنتاجه تجارياً

الدكتور فرحان ألفتين*

دارين منصور**

(تاريخ الإيداع 20 / 4 / 2015. قبل للنشر في 5 / 7 / 2015)

□ ملخص □

تتأثر خصائص دقيق القمح المنتج بعاملين أساسيين أولهما خصائص حبوب القمح المستخدم والثاني تقنية الطحن المستخدم، أما العوامل الأخرى المؤثرة ومنها عملية تحضير القمح كعملية الترطيب وعملية الطحن، مثل المسافة الفاصلة بين اسطوانات الطحن، كما توجد عوامل أخرى كثيرة. لذلك هدف هذا البحث إلى دراسة التغيرات الحاصلة في بعض المواصفات التكنولوجية (الرطوبة - البروتين - الرماد) واللون والريولوجية (الألفيوغراف والميكسولاب) للدقيق المنتج من مطحنة تجارية خاصة خلال فترة تمتد على شهرين متتاليين وذلك لدراسة ثباتية خصائص الدقيق المنتج من نوع واحد من القمح وتقنية طحن ثابتة، والتي تظهر تأثير بعض العوامل العشوائية في عملية الطحن على تغير خصائص الدقيق المنتج في مرحلتين الأولى في خط الإنتاج والثانية في خط التعبئة. تمت دراسة الثباتية من خلال رسم مخططات التحكم الفردية. درست الخصائص الريولوجية لعينات خط التعبئة فقط. نتيجة الدراسة تبين أن تباين الخصائص التكنولوجية لعينات التعبئة أكبر من تباين هذه الخصائص لعينات الإنتاج وخروج عينات عن حدود الضبط مما يعني أن عملية الطحن غير متحكم بها. وأظهرت مخططات التحكم للخصائص الريولوجية لعينات التعبئة خروج عينة واحدة فقط عن حدود الضبط وعلى الرغم من ذلك تبقى ضمن حدود المسموح بها في الطرق القياسية، مما يعني أن عملية الطحن متحكم بها بشكل أفضل بالنسبة للخصائص الريولوجية للدقيق المنتج.

الكلمات المفتاحية: دقيق، طحن، خصائص ريولوجية، مخططات التحكم.

* أستاذ مساعد - قسم الهندسة الغذائية - كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية - جامعة البعث - حمص - سورية.
** قائمة بالأعمال - قسم الهندسة الغذائية - كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية - جامعة البعث - حمص - سورية.

Stability of Wheat Flour Properties during Production in Commercial Mill

Dr. Farhan Alfin*
Daren mansor**

(Received 20 / 4 / 2015. Accepted 5 / 7 / 2015)

□ ABSTRACT □

The properties of produced flour of wheat are affected by two basic factors: the first is the used wheat properties, the second is the milling technology, and other factors are related to wheat preparation process milling process like the gap between the roller milling and still other random factors. The aim of this research to study the variation of technological properties (moisture content, protein, and ash), color, and rheological properties of produced flour in commercial mill during two month and using a one type wheat and in the same mill, which will show the effects of random factors of the mill process on the variation of produced flour properties at tow point the first at the end of production line and the second at packaging line. Stability of produced flour properties have been determined by using individual control charts. Rheological properties have been studied just for packaging line samples. The variation of technological properties of packaging line sample were greater than production line sample, and laying many sample points out of limiting lines shows that the milling process is out of control. Control charts of rheological properties shows that one sample point out of limiting line, but it still in the range of standard methods repeatability which is mean the process is under control according to packaging line sample rheological properties.

Keywords: flour, Milling, Rheological properties, control charts.

* Associate professor, Dept. of Food Engineering, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, University of Al Baath, Homs, Syria.

** Academic Assistant, Dept. of Food Engineering, Faculty of Chemical and Petroleum Engineering, University of Al Baath, Homs, Syria.

مقدمة:

هدف مطاحن دقيق القمح هو إنتاج دقيق يوافق متطلبات المستهلك [1]. إن أكثر ما يواجه الصناعات التي تستخدم دقيق القمح كمادة أولية هي جودته وثباتية هذه الجودة. إن تغير خصائص الدقيق من شحنة إلى أخرى يسبب الكثير من الخسائر والارتباك في خطوط تصنيع منتجات الدقيق، حيث يتم التغلب على التغير في مواصفات الدقيق من خلال تعديل الوصفات التي تناسب الخصائص الجديدة [2]. إن أكثر ما يرغب به المستهلك في الدقيق هو ثباتية نوعيته حتى لو كان ذو خصائص سيئة [3]. من فوائد ثباتية خصائص الدقيق هي إرضاء الزبون [4]. إن أكثر خصائص الدقيق التي تؤخذ بالحسبان عند تداول دقيق القمح هي نسبة الرطوبة ونسبة الرماد ونسبة البروتين، ولكن هذه الخصائص لا تفي بالغرض لوصف ثباتية خصائص الدقيق، فلا بد من تحديد خصائص أخرى مثل الخصائص الريولوجية والانزيمية [5].

ثباتية خصائص الدقيق هي استقرار إنتاجيته وتزويد المستهلك بدقيق خال من العيوب ومن تغيرات مواصفاته. من الصعب في معظم الأحيان الحصول على دقيق خال من تغيرات مواصفاته، ولكن من خلال الانتباه الشديد للعوامل المؤثرة يمكن زيادة المحافظة على المواصفات الهامة للدقيق [4].

ترتبط خصائص الدقيق المنتج بخصائص القمح المستخدم وبعملية الطحن [6]. أهم المواصفات التكنولوجية للقمح هي نوعيته ونسبة الاجرام والشوائب وشروط تخزينه [2] وأهم خصائص الدقيق هي نسبة استخراجه التي يمكن الحصول عليها من هذا القمح، وقد تبين أن نسبة استخراج الدقيق للقمح ترتبط بخصائصه الكيميائية مثل نسبة البروتين والرماد والخصائص الفيزيائية مثل الوزن النوعي وحجم الحبة ووزن الألف حبة [1]. لذلك تحتاج المطاحن لخلط أنواع قمح مختلفة النوعية من أجل إنتاج دقيق بمواصفات قياسية ثابتة وفقاً للمنتج النهائي المطلوب [4, 6]. ومن العوامل المؤثرة على خصائص الدقيق خلال عملية الطحن عملية ترطيب الحبوب تكنولوجياً ومخطط الطحن، وحالة اسطوانات الطحن ووضعيتها والتجهيزات الأخرى المستخدمة، الشروط الجوية، وتقسيم تيارات الدقيق [7].

تبين من خلال الدراسات السابقة أن لنسبة رطوبة القمح تأثيراً كبيراً على كفاءة الطحن ونوعية الدقيق المنتج [8]. يؤدي ترطيب القمح لرطوبة أقل أو أعلى من الرطوبة المناسبة إلى خروج نظام الطحن عن توازنه، مما يؤدي إلى انخفاض نسبة استخراج الدقيق وعدم انتظام خصائص الدقيق المنتج [9]. ويشكل عام عند زيادة نسبة الرطوبة النهائية للقمح تتحسن درجة نقاوة الدقيق لكن تقل نسبة استخراجه، لذلك يجب اختيار الرطوبة المناسبة لترطيب القمح المعد للطحن، بحيث يتم تحسين نقاوة الدقيق مع تأثير ضئيل جداً على كمية الدقيق المنتج [10].

تترك حبوب القمح فترة من الزمن بعد إضافة الماء لكي تتم عملية توزع الرطوبة بشكل متجانس فيها، وتختلف هذه الفترة الزمنية وفقاً لنوع و صنف القمح، حيث تتعلق بمعدل انتشار الماء ضمن حبوب القمح الكاملة [11]. ومن الخطأ أحياناً التركيز على كمية الماء المضافة للحبوب بدلاً من الفترة المطلوبة لتطرية الأندوسبيرم ليصل إلى طراوته التكنولوجية المناسبة لعملية الطحن [9]. يجب أن تضمن هذه المرحلة توزع متجانس للماء بين حبات القمح كذلك أزمنة ترطيب متساوي لضمان ثباتية جودة الدقيق المنتج [4].

آلات الطحن هي الجزء الأساسي في المطحنة، وتعتبر التجهيزات الأخرى والمناخل والدقاقيات تجهيزات لفصل الدقيق عن المواد الأخرى المطحونة أساسية في عملية الطحن. تؤثر المسافة الفاصلة بين اسطواناتي الطحن تأثيراً كبيراً على عملية طحن الحبوب، لأنها تؤثر على توزع حجم حبيبات الدقيق [7]. يتم معايرة عملية كفاءة الطحن في آلات الطحن من خلال تحديد نسبة التنعيم التي تعرف بأنها نسبة المادة المارة عند نخلها بواسطة منخل ذو أبعاد فتحات

محددة ولمدة معينة، لكل مرحلة من مراحل الكسرات أو التنعيم نسبة تنعيم محددة وذلك عند استطاعة طحن معينة. تغير الاستطاعة يؤثر على كفاءة الطحن وعلى كمية ونوعية الدقيق المنتج. كما أن اهتراء الاسطوانات من العوامل المؤثرة على نسبة التنعيم واستهلاك الطاقة [12].

إن لنسبة الاستخراج تأثيراً واضحاً على جودة الدقيق المنتج، وذلك لأنه يرتبط بكمية النخالة والرماد في الدقيق [7].

إن المراقبة المستمرة للمنتج من خلال استخدام الأجهزة المتطورة مثل الأجهزة المعتمدة على near infrared (NIR) تساعد في تصحيح الأخطاء والعيوب ومعايرة تجهيزات المطحنة عند خروج مواصفات الدقيق عن الحدود المسموح بها [4]. معظم أجهزة NIR تهدف الى تحديد خصائص مثل الرطوبة والبروتين والرماد [6].

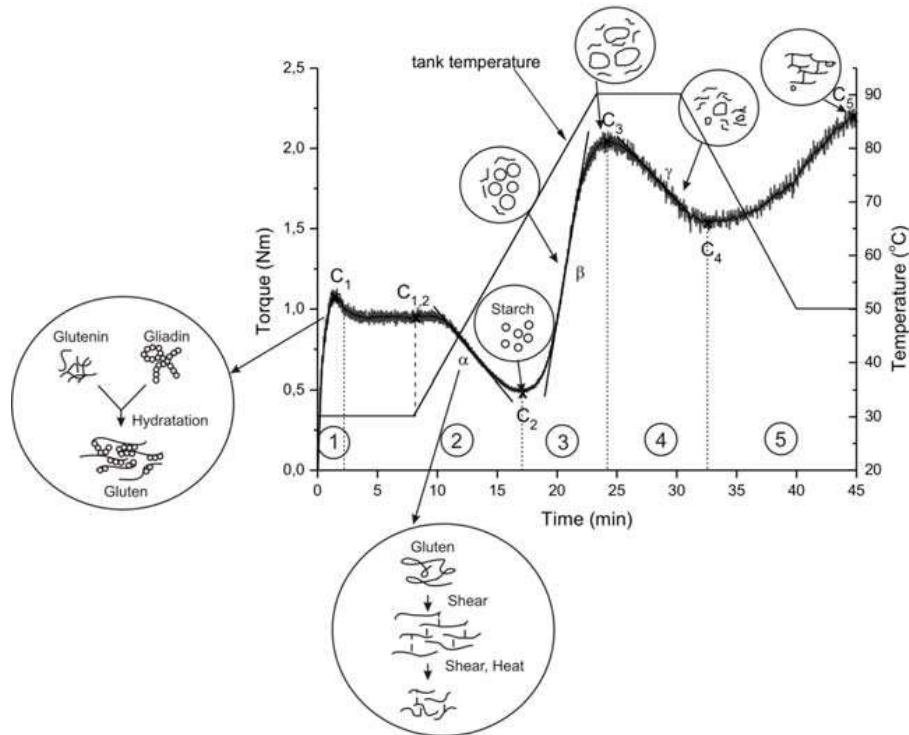
استخدم جهاز الميسكولاب المطور من قبل شركة شوبان الفرنسية الذي يعتبر تقنية جديدة في قياس المواصفات الريولوجية والتكنولوجية للدقيق. وإن الطريقة المستخدمة في جهاز الميسكولاب توفر معطيات مشابهة لتجربتي الفارينوغراف والاميلوغراف. كما يمكن استخدام برنامج خاص في جهاز الميسكولاب لإعطاء قيم مطابقة لقيم جهاز الفارينوغراف. تتم قياسات الأميلوغراف على معلق الدقيق في الماء في حين تقاس خصائص جلنتة النشاء في الدقيق بواسطة الميسكولاب على عجين الدقيق وبالتالي فهو يشابه خصائص العجين في أثناء عملية الخبيز [13].

على الرغم من الاختلافات بين الفارينوغراف والميسكولاب إلا انه وجد ترابط بين مؤشراتهم فعلى سبيل المثال دليل الارتباط $r=0.98$ لامتناس الماء، ودليل الارتباط $r=0.97$ لتطور العجين. كما وجد ارتباط قوي $r=0.88$ بين قيمة قمة منحنى الأميلوغراف وقيمة عزم الدوران C3 في الميسكولاب. كما وجد علاقة مع مؤشرات الألفيوغراف وترسب زليني وتجربة الخبيز. كما وجد علاقة عكسية بين حجم الخبز وقيمة C2 في منحنى الميسكولاب ($r=-0.76$) وقيمة C4-C5 في منحنى الميسكولاب ($r=-0.73$) [13].

من السهل التعامل مع جهاز الميسكولاب حيث أن البرنامج الحاسوبي المرفق يبين جميع الخطوات الضرورية، الخطوة الأولى هي تحديد كمية الماء الممتص من قبل الدقيق. لهذا الهدف نضع 50 g دقيق معروف الرطوبة في حجرة الميسكولاب وتعجن بذراعي العجانة حتى الحصول على قوام 1.1 Nm (consistency).

بما أنه نادراً ما يتم الحصول على القوام الضروري في الخطوة الأولى، فإنه يجب التصحيح مع كمية دقيق جديدة من أجل الحصول على كتلة عجين مقدارها 75 g وقوام 1.1 Nm. بعد ذلك يتم اتباع العملية التالية وهي العجن عند درجة حرارة 30°C خلال 8 دقائق، متبوعة برفع الحرارة حتى 90°C ثم التبريد حتى 50°C . الزمن الكلي هو 45 دقيقة.

خلال الـ 45 دقيقة تخضع العجينة لظروف ميكانيكية وحرارية، وبهذا الاختبار نحصل على معطيات متعلقة بجودة الشبكة البروتينية وتغيرات النشاء خلال التسخين والتبريد. يمكن تقسيم مخطط الميسكولاب (الشكل 1) إلى خمس مراحل مختلفة متعلقة بالظاهرة الفيزيوكيميائية التي تحدث خلال شروط العملية والتي تحدد الخواص الريولوجية للدقيق.



الشكل (1): مؤشرات مخطط ميكسولاب النموذجي في تحليل دقيق الفمق [13].

تبدأ المرحلة الأولى بالعجن الأولي لمدة (8 min) حيث يحدث حلمة مكونات الدقيق متبوعة بعملية شد وطي للبروتينات التي تؤدي إلى تشكيل بنية ثلاثية الأبعاد ذات بنية مرنة لزجة (viscoelastic) للعجين [14]. خلال المرحلة الأولى، يلاحظ تزايد العزم حتى الوصول للقوام الأعظمي (C1=1.1 Nm) عند درجة حرارة 30 °C. يصبح بعدها العجين مقاوم للتغيير لفترة زمنية مرتبطة ببنائية العجين.

المؤشرات التي يتم الحصول عليها خلال المرحلة الأولى والمرتبطة بخصائص عملية العجن هي:

- 1 القوام الأولي الأعظمي (Nm) C1: تستخدم لتحديد كمية الماء الممتص.
- 2 نسبة الماء الممتص (WA (%): وهي النسبة المئوية للماء المستهلك للوصول العجينة إلى قوام 1.1 Nm.
- 3 زمن تطور العجين (DDT (min): وهو الزمن المستغرق للوصول إلى العزم الأعظمي عند درجة حرارة 30 °C.
- 4 الثباتية (min): وهو الزمن المستغرق حتى انخفاض الثباتية عن قيمة الثباتية العظمي بنسبة 11% من قيمة الثباتية العظمي.

5 السعة (Amplitude) (Nm): تشير إلى مرونة العجين.

6 العزم عند نهاية زمن درجة الحرارة 30 °C (Nm): C1.2 يستخدم لتحديد الضعف الميكانيكي.

بعد انتهاء فترة ثباتية العجين التي تشير إلى انتهاء المرحلة الأولى وبداية المرحلة الثانية، يسجل انخفاض العزم. يمكن أن تبدأ المرحلة الثانية خلال فترة العجن الأولى أو بعدها وفقاً لجودة الدقيق. كلما كانت نوعية البروتين أفضل كانت فترة الثباتية أطول. يبدأ ضعف الشبكة البروتينية خلال المرحلة الثانية. في البداية يحدث الضعف نتيجة إجهاد القص الميكانيكي، والذي يتبع بارتفاع درجة الحرارة. يرتبط تناقص العزم الناتج بتكشاف وزعزة استقرار بنية البروتين الطبيعية [14]. يؤدي ارتفاع درجة حرارة العجين إلى تغير طبيعة البروتين الذي يتضمن تحرر كمية كبيرة من

الماء. إضافة إلى أنه خلال المرحلة الثانية تكون درجات الحرارة ضمن مجال يسمح للأنزيمات المفككة للبروتين بأفضل نشاط [15] ممثلة بالميل α في مخطط الميكسولاب.

المؤشرات التي نحصل عليها ضمن المرحلة الثانية:

1 القوام الأدنى (Nm) C2 وهي أصغر قيمة نحصل عليها للعزم عند خضوع العجين للاجهاد الميكانيكي الحراري.

2 للضعف الحراري (Nm) هو الفرق بين العزم C1.2 و C2.

3 معدل ضعف الشبكة البروتينية (Nm/min)، قيمة α .

تغيرات البروتين خلال التسخين اللاحق ثانوية وتغيرات العزم خلال المراحل الثلاث الأخيرة ينتج عن تغير الخصائص الفيزيوكيميائية للنشاء [14]. خلال المرحلة الثالثة لتسخين العجين، يسبب الماء الناتج عن تغير طبيعة البروتين في المرحلة السابقة تجلتن النشاء. أي خلال هذه المرحلة تمتص حبيبات النشاء الماء وتنتفخ وتخرج سلاسل الأميلوز إلى الطور المائي بين الحبيبات [16] وينتج عنه ازدياد في قوام العجين وبالتالي ازدياد في العزم. وتكون المقاومة العظمى في المرحلة الثالثة أعلى كلما ازداد تهلم النشاء وتناقص نشاط α -أميلاز. يظهر معدل تهلم النشاء المسجل خلال المرحلة الثالثة بالميل β في المنحني.

المؤشرات التي نحصل عليها ضمن المرحلة الثالثة:

1 درجة حرارة الدبق Pasting temperature، وهي درجة الحرارة عند بداية ازدياد اللزوجة.

2 قمة العزم (Nm) C3، هي أعلى قيمة للعزم الناتج خلال مرحلة التسخين.

3 قمة الحرارة ($^{\circ}\text{C}$)، هي درجة الحرارة عند قمة اللزوجة.

4 معدل التهلم (Nm/min) β .

وعند المرحلة الرابعة يتناقص القوام نتيجة لانحلال حبيبات النشاء الناتج عن إجهاد القص الميكانيكي والاجهاد

الحراري. معدل تناقص القوام يعبر عنه بمعدل الثباتية γ الذي يشير إلى معدل ثباتية الطبخ [14].

المؤشرات التي نحصل عليها خلال المرحلة الرابعة هي:

1 للعزم الأصغري C4: أصغر قيمة للعزم خلال مرحلة التبريد حتى 50°C .

2 عزم التكرس: وهو الفرق بين C3 و C4.

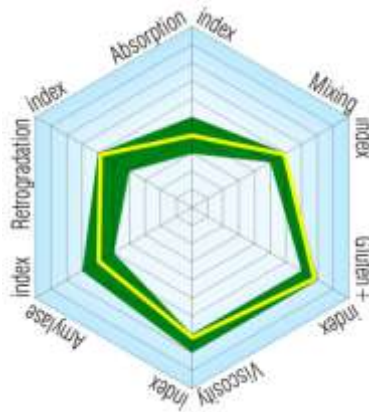
3 معدل ثباتية الطبخ (Nm/min)، γ .

خلال المرحلة الأخيرة المسجلة على مخطط الميكسولاب، يسبب التناقص في درجة الحرارة تزايد في قوام العجين. يشار إلى هذا التزايد بالانتكاس setback ويتوافق مع عملية تجلتن النشاء، عندما تبدأ جزيئات النشاء (وخاصة الأميلوز في النشاء المتجلتن) بإعادة الارتباط بهيكلية مرتبة يؤدي ذلك إلى زيادة البنية البلورية [16]، أي أنه في هذه المرحلة تبدأ إعادة تشكيل جزيئات النشاء (عملية تراجع retrogradation جزيئات النشاء). بما أن عملية التراجع هي أحد أسباب بيات الخبز [17]، فإن الفرق بين C5 و C4 يمكن أن يكون مؤشر على عمر رغيف الخبز. وهكذا فالثوابت التي نحصل عليها:

1 للعزم النهائي (Nm): C5 وهو العزم بعد التبريد حتى 50°C .

2 عزم تراجع الانتكاس (Nm): وهو الفرق بين العزم عند C4 والعزم عند C5.

استخرجت معظم الثوابت من تحليل مخطط الميكسولاب المثالي. فالميكسولاب هو جهاز متعدد الاستخدام، كما يمكن قراءة ثوابت إضافية بشكل يدوي مثل C1.2 من مخطط الميكسولاب. على الرغم من الاستخدام العلمي العالي لجهاز الميكسولاب فإنه يمكن استخدامه كأداة لضبط النوعية إما في مخبر معتمد أو في مصانع الحبوب والدقيق. يمكن استخدام المخطط العنكبوتي (بروفيل Profile الشكل 2) لتبسيط تفسير النتائج التي نحصل عليها باستخدام طريقة شوين. يحول بروفيل الميكسولاب مخطط الميكسولاب الى ستة دلائل لنوعية الدقيق (الماء الممتص، سلوك العجن، قوة الغلوتين، اللزوجة العظمى، مقاومة الأميلاز والتراجع) ودرجت من 0 وحتى 9.



الشكل (2): المخطط العنكبوتي المستخدم في تقييم نتائج جهاز الميكسولاب.

المقصود بالثوابت التي نحصل عليها:

- 1 الامتصاصية تدل على الماء الممتص وكما هو معروف فإنها تتعلق بمحتوى الرطوبة، محتوى البروتين، نسبة النشاء المتهتك في الدقيق.
- 2 يعبر دليل المزج عن مقاومة الدقيق للعجن الذي يستخدم كدليل على نوعية بروتين الدقيق بشكل عام.
- 3 يمثل دليل الغلوتين سلوك الغلوتين عند تسخين العجين وبناء على ذلك يقيس قوة البروتين. يجب الإشارة إلى أن دليل الغلوتين لا يعد مقياساً لمحتوى الغلوتين.
- 4 اللزوجة تعبر عن قيمة اللزوجة العظمى خلال التسخين. حيث تعتمد على كل من النشاط الأميلازي ونوعية النشاء.
- 5 يتوقف الأميلاز على مقاومة مكونات النشاء لـ α -أميلاز والقيمة العليا للدليل تقابل نشاط أميلازي أقل.
- 6 يزود دليل التراجع معلومات حول معدل بيات المنتج النهائي حيث يشير الدليل المرتفع على معدل بيات قليل للمنتج النهائي.

أهمية البحث وأهدافه:

تهدف عملية طحن القمح إنتاج دقيق بأفضل جودة وبنوعية ثابتة مع الحفاظ على ربحية مرتفعة التي تأتي من خلال الحصول على أعلى نسبة استخراج للدقيق. وتعد عملية طحن القمح من العمليات التقنية المعقدة التي يصعب دراسة العوامل المؤثرة فيها بسبب كثرة العوامل المؤثرة في عملية الطحن. إن ثبات نوعية الدقيق المنتج هي عنصر هام بالنسبة للمستهلك بقدر نوعية الدقيق، لأن تغيير نوعية الدقيق بالنسبة للمستهلك هي من الأسباب التي تؤدي إلى إرباك

كبير في عملية تصنيع منتجات هذا الدقيق. لذلك هدف هذا البحث الى دراسة درجة ثباتية مواصفات الدقيق المنتج من نوع واحد من القمح خلال فترة إنتاج شهري كانون الثاني وشباط من عام 2014 في مطحنة تجارية خاصة.

طرائق البحث ومواده:

المواد:

تمت الدراسة على عينات دقيق قمح تجاري أوكراني المنشأ، استخدمت عينات من خط الإنتاج كل 2-3 ساعة لمراقبة المنتج من خلال تحليل نتائج NIR واللون، حيث كانت عدد العينات المختبرة 341 عينة، وأخرى من خط التعبئة حيث تؤخذ كل 18 ساعة عينة لدراسة التغيرات على المواصفات الريولوجية حيث كان عدد العينات المختبرة 72 عينة، خلال فترة عمل امتدت خلال شهري كانون الثاني وشباط من عام 2014.

تم تنظيف القمح في قسم التنظيف ثم تم ترطيب القمح على مرحلتين في المرحلة الأولى حتى رطوبة 16.5 % ولمدة تتراوح بين 9-13 ساعة وفي المرحلة الثانية حتى رطوبة 17.0 % ولمدة تتراوح بين 4-7 ساعة.

طرائق التحليل:

تم تحديد رطوبة عينات دقيق القمح ونسبة الرماد ونسبة البروتين ونسبة الماء الممتص باستخدام جهاز NIR نموذج (Petern, Sweden) Infracmatic 8600 وفق تعليمات استخدام الجهاز.

حددت قيم اللون L^* , a^* , b^* للدقيق باستخدام جهاز (Konica Minolta, Japan) نموذج Konica Minolta CR-410، بعد أن تمت معايرة الجهاز باستخدام قرص معايرة اللون الأبيض CR-A44 [18]. أجريت تجربة الألفيوغراف وفقاً للطريقة ICC No. 121 وتجربة الميكسولاب وفقاً للطريقة القياسية ICC No. 173 [19].

أجريت التحاليل الإحصائية باستخدام برنامج الميني تاب 17، حيث تم اجراء اختبار مخططات الضبط الفردية من أجل بيان مدى ثباتية مؤشرات جودة الدقيق على مدى الفترة المدروسة [20]. إن استخدام مخططات الضبط والمراقبة Control Chart في دراسة تغير وضبط متغيرات العمليات الإنتاجية من أهم وسائل مراقبة ضبط العمليات احصائياً Statistical Process Control. من أجل رسم هذه المخططات لعملية تصنيعية ما تؤخذ العينات على شكل مجموعات وكل مجموعة تتألف من عدد ثابت من العينات ومن ثم رسم مخططات تدعى \bar{X} -R حيث تتألف من مخططين، الأول \bar{X} ، وهو يبين تغير متوسطات هذه المجموعات عن متوسط متوسطات المجموعات، والمخطط الثاني يبين تغير مدى Range هذه المجموعات عن متوسط مدى المجموعات. وفي هذه المخططات يلاحظ ختان موازيان لخط المتوسط هما خط الحد الأدنى للضبط والمراقبة LCL وخط الحد الأعلى للضبط والمراقبة UCL [21].

يصعب في كثير من الأحيان أخذ عينات على شكل مجموعات لذلك يتم اللجوء إلى رسم مخططات ضبط ومراقبة تدعى مخططات الضبط والمراقبة الفردية \bar{X} -MR. في هذه المخططات يرسم المخطط الأول \bar{X} وذلك باحتساب متوسط قيم العينات المأخوذة جميعها وفق المعادلة:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} X_i}{n}$$

حيث n هي عدد العينات المدروسة.

ويتم حساب حد الضبط والمراقبة الأعلى لمخطط المتوسط (UCL) Upper Control Limits وذلك وفق

المعادلة:

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + k \sigma$$

ويحسب حد الضبط والمراقبة الأدنى لمخطط المتوسط (LCL) Lower Control Limit بالاعتماد على

المعادلة:

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - k \sigma$$

حيث k تمثل عدد الانحرافات المعيارية لحد الضبط، وتحسب σ وفق المعادلة التالية:

$$\sigma = \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

حيث:

\overline{MR} متوسط المدى ويحسب المدى في هذه الحالة الفرق بين كل قيمتين متتاليتين للعينات المدروسة.

d_2 ثابت له القيمة 1.128 عند رسم مخططات التحكم للعينات الفردية.

وكذلك فإن حد الضبط الأعلى لمخطط المدى UCL_R Upper Control Limits ويتم الحساب بالاعتماد

على المعادلة التالية:

$$UCL_R = \overline{MR} + k \frac{\overline{MR}}{d_2} d_3$$

حيث k تمثل عدد الانحرافات المعيارية لحد الضبط و $d_2=1.128$ $d_3=0.8525$.

أما حد الضبط الأدنى لمخطط المدى LCL_R Lower Control Limits فيتم حسابه بالاعتماد على

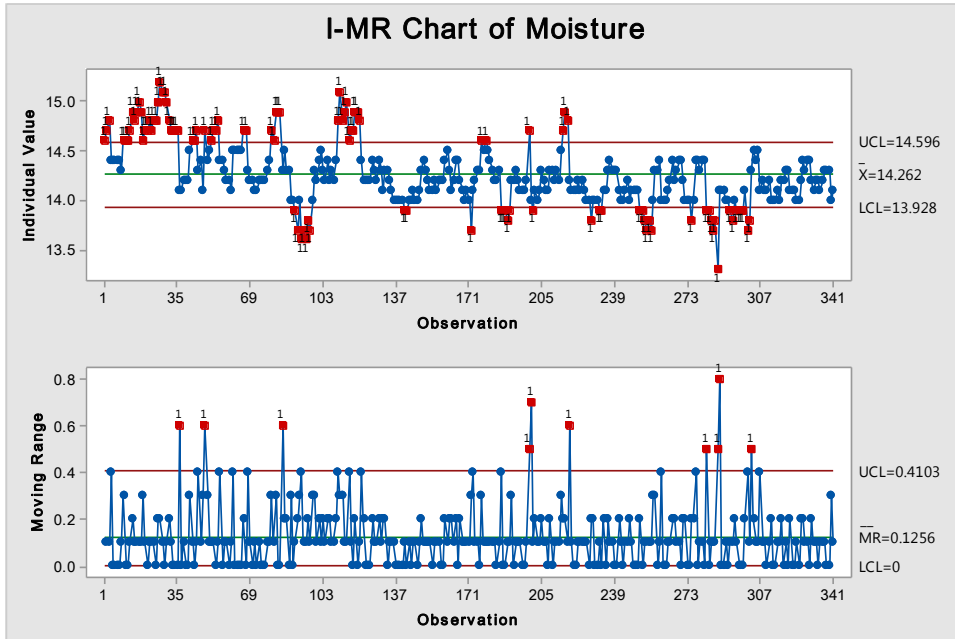
المعادلة:

$$LCL_R = \overline{MR} - k \frac{\overline{MR}}{d_2} d_3$$

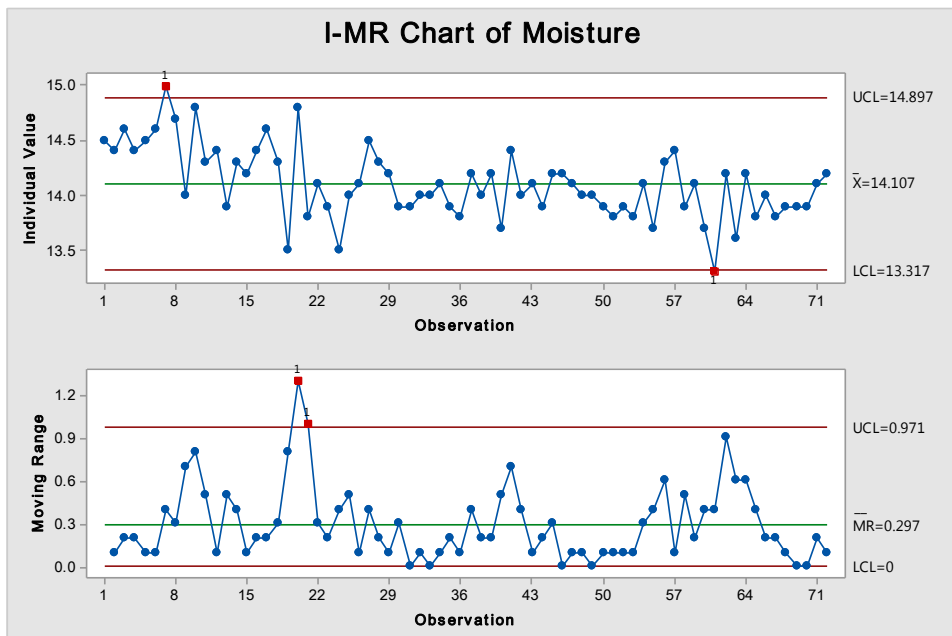
وفي حال كان الحد أقل من الصفر يعد الحد صفراً.

النتائج والمناقشة:

يبين الشكل (3) والشكل (4) مخطط $I-MR$ لقيم نسبة رطوبة دقيق عينات خط الإنتاج وعينات الدقيق في أثناء التعبئة على التوالي. من خلال مخطط المدى نلاحظ أن متوسط المدى بين كل عينتان متتاليتين 0.1256 لعينات الإنتاج أما متوسط المدى لعينات التعبئة فقد كان 0.297، مما يشير إلى أن رطوبة العينات في أثناء التعبئة أكثر تشتتت من عينات الإنتاج. أما مخطط المتوسط فيبين أن متوسط رطوبة عينات دقيق الإنتاج 14.262% أما متوسط رطوبة عينات دقيق التعبئة 14.107%. ويلاحظ انحراف عدد لابس به في بداية المدة زيادة عن حد الضبط والمراقبة الأعلى في مخطط متوسط قيم رطوبة عينات الإنتاج، وقد كان عدد العينات التي خرجت عن حدود الضبط والمراقبة في مخطط عينات التعبئة أقل من عينات الإنتاج بسبب ارتفاع متوسط المدى لعينات التعبئة مقارنة بعينات الإنتاج كما ذكرنا سابقاً مما زاد من تباعد قيم حدود ضبط المتوسط. أي أن العملية غير متحكم بها بشكل جيد وأن تأثير تغير رطوبة ترطيب القمح وعدد ساعات عملية الترطيب يكون مباشراً على رطوبة الدقيق المنتج.



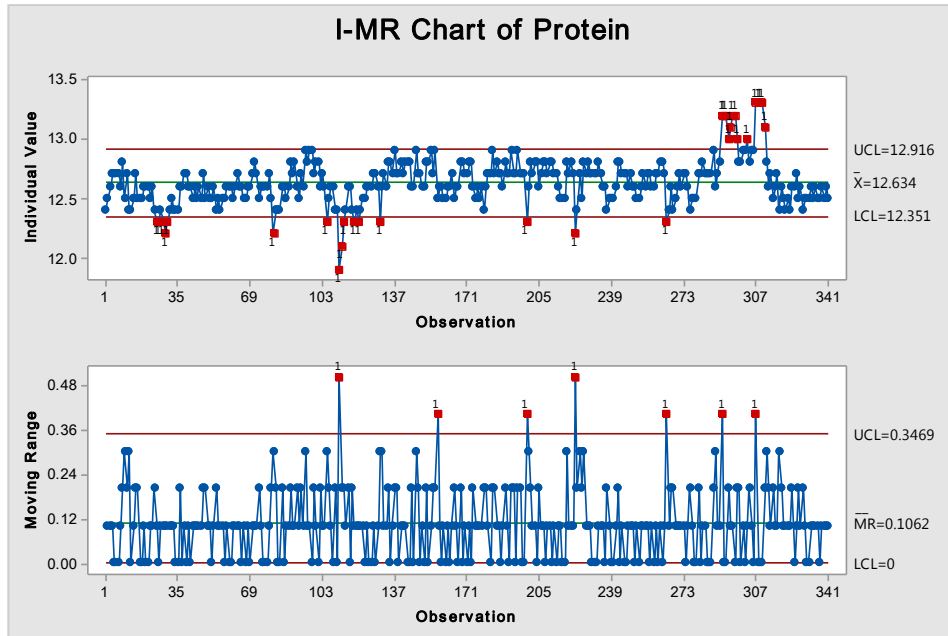
الشكل (3): مخطط التحكم في نسبة رطوبة عينات خط الإنتاج.



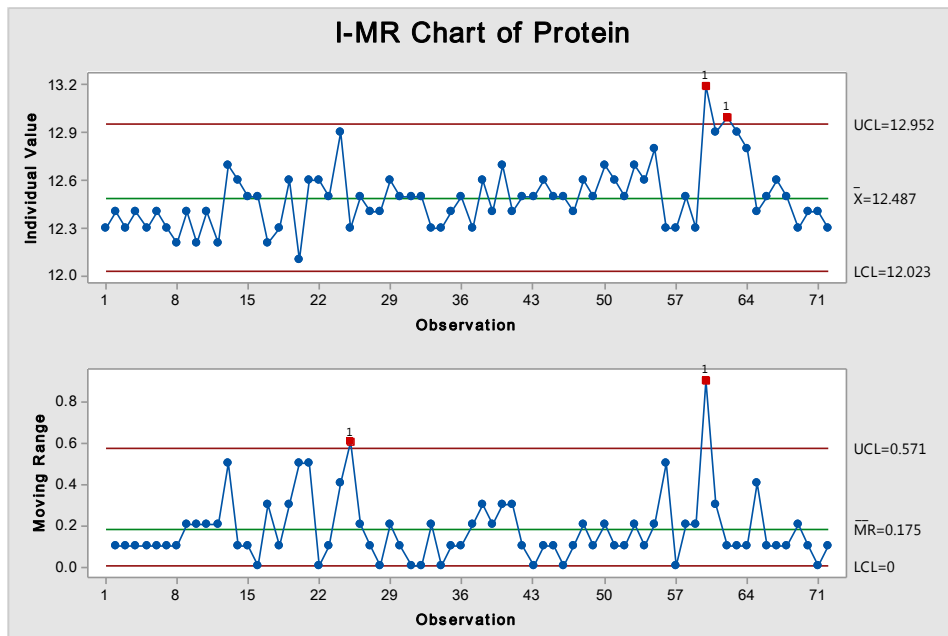
الشكل (4): مخطط التحكم في نسبة رطوبة عينات التعبئة.

يبين الشكل (5) والشكل (6) مخطط I-MR لقيم نسبة البروتين في دقيق عينات خط الإنتاج ودقيق العينات في أثناء التعبئة على التوالي. متوسط المدى بين كل عينتين متتاليتين لعينات دقيق خط الإنتاج 0.1062 ولعينات دقيق التعبئة 0.175، وهذا يشير إلى أن تشتت عينات دقيق التعبئة أعلى من تشتت عينات دقيق خط الإنتاج. وكان بشكل مشابه لقيم نسبة الرطوبة أثراً على قيم حدود الضبط العليا والدنيا في مخطط المتوسط مما جعل عدد العينات التي خرجت عن حدود الضبط والمراقبة في عينات التعبئة أقل من عدد العينات التي خرجت عن قيم حدود الضبط في

عينات الإنتاج. إلا أن عدد العينات التي خرجت عن حدود الضبط والمراقبة في مخطط متوسط قيم البروتين أقل من عدد العينات في مخطط متوسط قيم الرطوبة مما يشير إلى أن تأثير العوامل المتغيرة في عملية الطحن في نسبة الرطوبة أكبر من تأثيرها في نسبة البروتين.



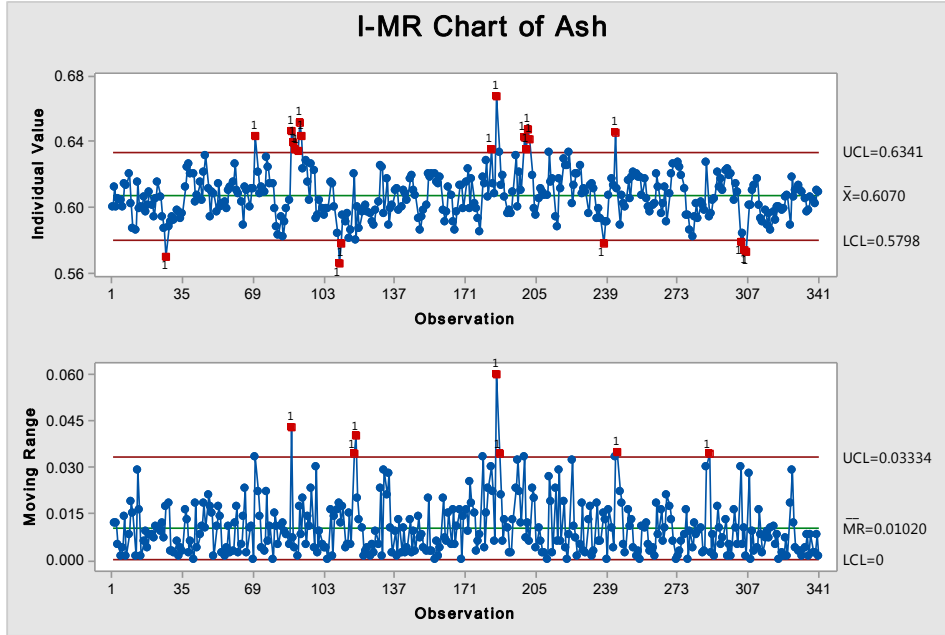
الشكل (5): مخطط التحكم في نسبة بروتين عينات خط الإنتاج.



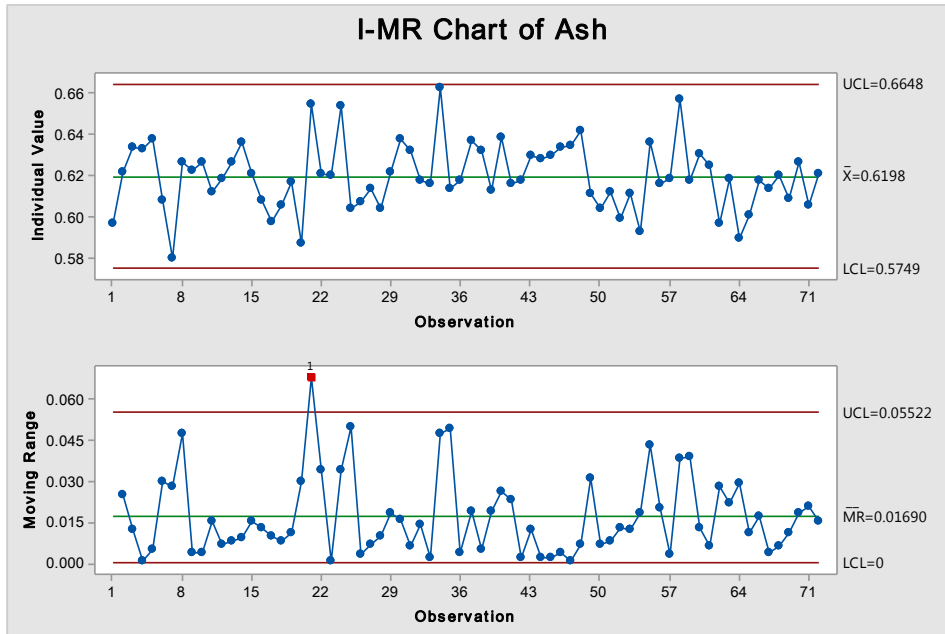
الشكل (6): مخطط التحكم في نسبة بروتين عينات التعبئة.

يبين الشكلان (7) و (8) مخطط I-MR لقيم نسبة الرماد في دقيق عينات خط الإنتاج والتعبئة على التوالي. نلاحظ أن قيمة متوسط المدى بين كل عينتين متتاليتين كان 0.0102 لعينات الإنتاج و 0.0169 لعينات التعبئة، مما

يعني أيضا أن تشتت عينات التعبئة أكبر من تشتت عينات خط الإنتاج. وهذا أدى إلى خروج بعض العينات عن حد الضبط الأدنى وحد الضبط الأعلى في مخطط متوسط نسبة رماد عينات دقيق الإنتاج أي أن عملية الإنتاج غير متحكم بها، إلا أن مخطط متوسط رماد عينات الدقيق في أثناء التعبئة يظهر عدم خروج أي عينة عن حدود الضبط والمراقبة، مما يدل إحصائياً على ضبط نسبة رماد الدقيق في التعبئة، إلا أن هذا لا يعني بالضرورة عدم اختلاف العينات في نسبة الرماد.

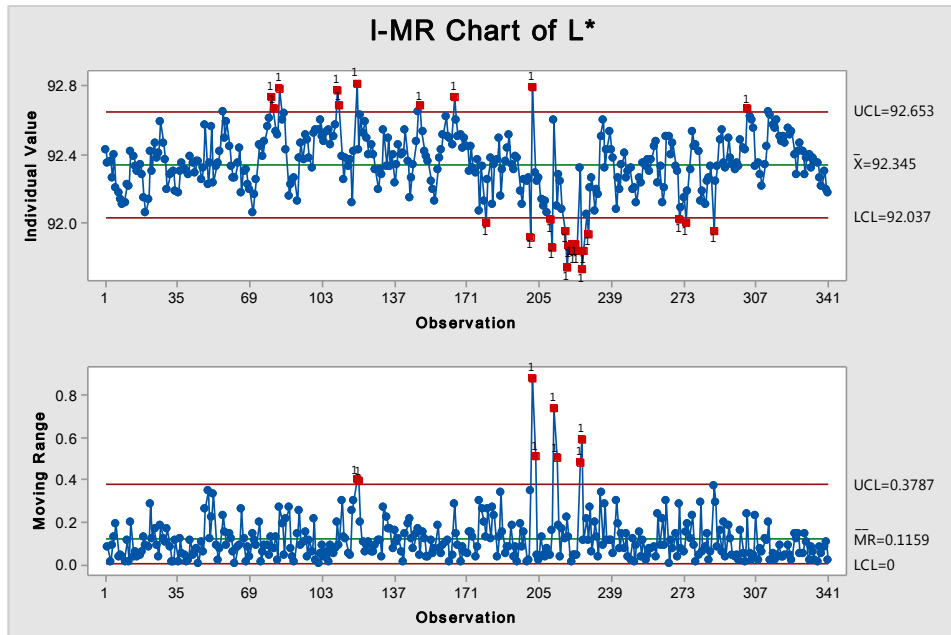


الشكل (7): مخطط التحكم في نسبة رماد عينات خط الإنتاج.

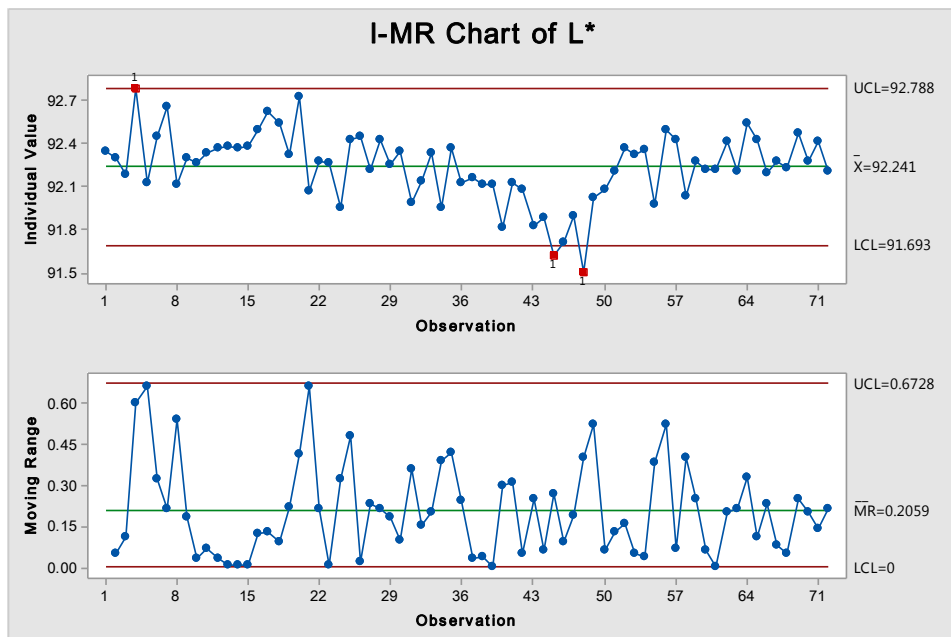


الشكل (8): مخطط التحكم في نسبة رماد عينات التعبئة.

يبين الشكلان (9) و (10) مخطط I-MR لقيم اللون *L لدقيق عينات خط الإنتاج والتعبئة على التوالي. نلاحظ أن قيمة متوسط المدى بين كل عينتين متتاليتين هو 0.1159 لعينات خط الإنتاج و 0.2059 لعينات التعبئة، مما يشير أيضا إلى أن عينات التعبئة أكثر تشتت من عينات خط الإنتاج. وكان متوسط قيم *L لعينات خط الإنتاج 92.345 وللعينات في أثناء التعبئة 92.241، وقد لوحظ انخفاض في بعض قيم *L لعينات الإنتاج وخروجها عن حد الضبط الأدنى وهذا انعكس إلى خروج قيم *L للعينات في أثناء التعبئة أيضاً.

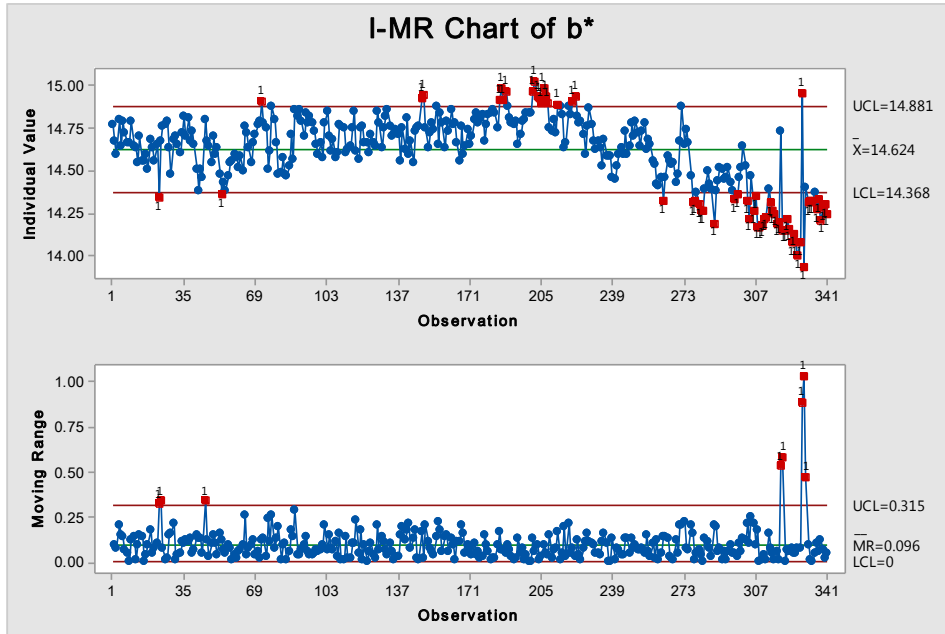


الشكل (9): مخطط التحكم في قيمة اللون *L لعينات خط الإنتاج.

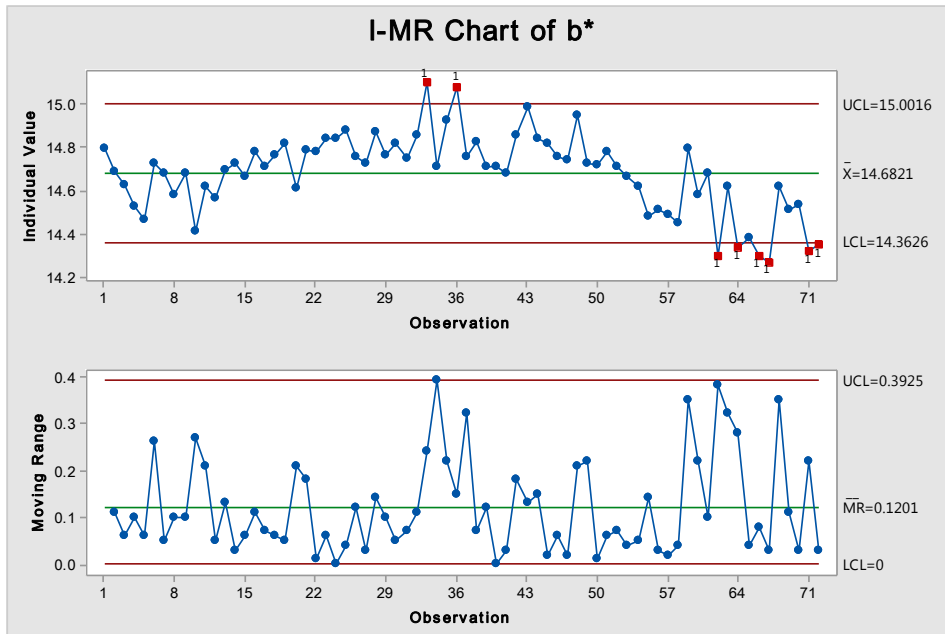


الشكل (10): مخطط التحكم في قيمة اللون *L لعينات التعبئة.

يبين الشكلان (11) و(12) مخطط I-MR لقيم اللون b^* لدقيق عينات خط الإنتاج والتعبئة على التوالي. تتعلق قيمة b^* بكمية الصبغات الصفراء في الدقيق [9]. نلاحظ من خلال مخطط قيم المتوسط لعينات خط الإنتاج والتعبئة انحراف معظم النقاط التي تقع في نهاية المدة بحيث وقعت قيمها أقل من قيمة المتوسط العام ووقع عدد كبير منها خارج الحد الأدنى للمتوسط.

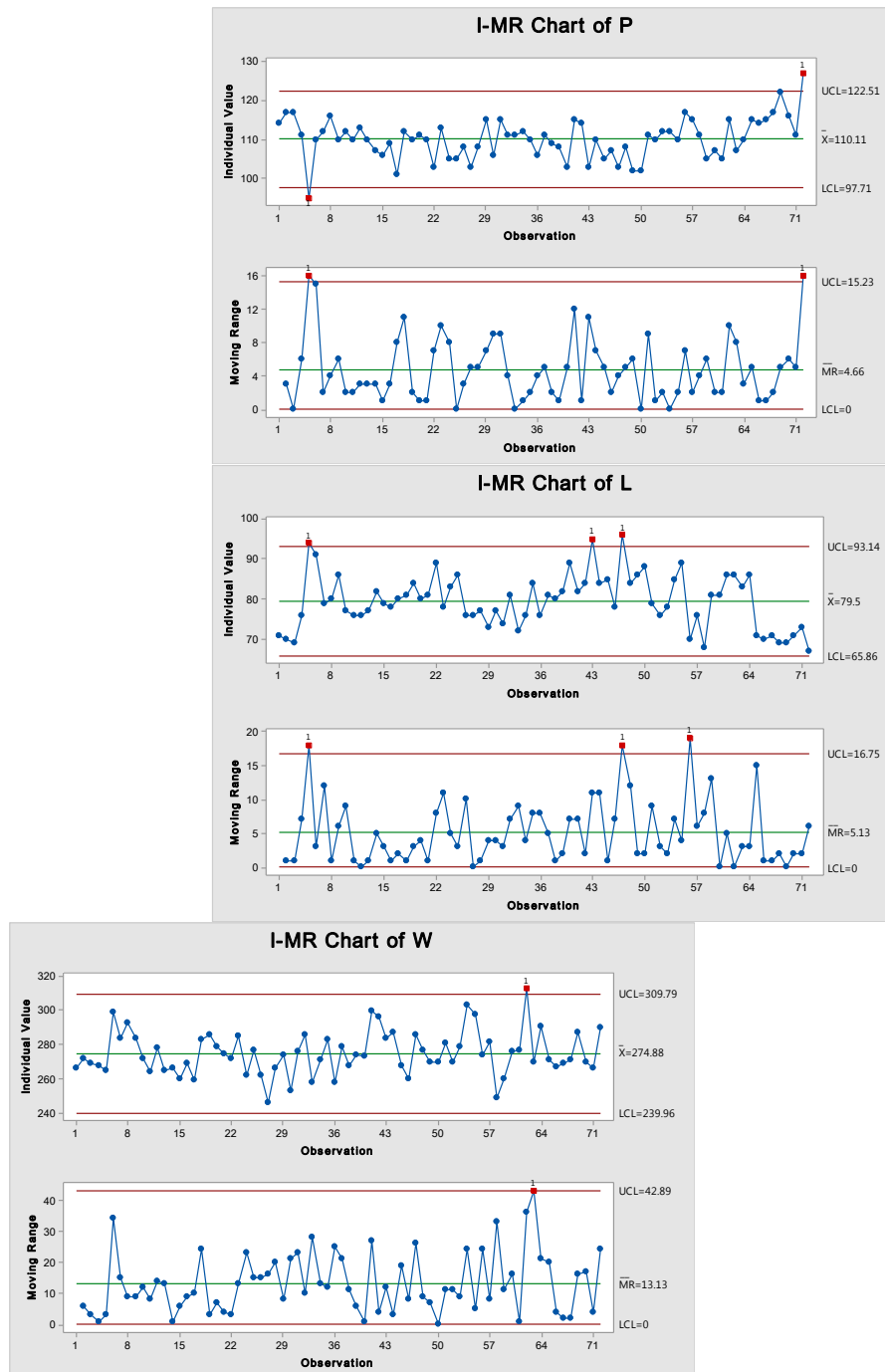


الشكل (11): مخطط التحكم في قيمة اللون b^* لعينات خط الإنتاج.



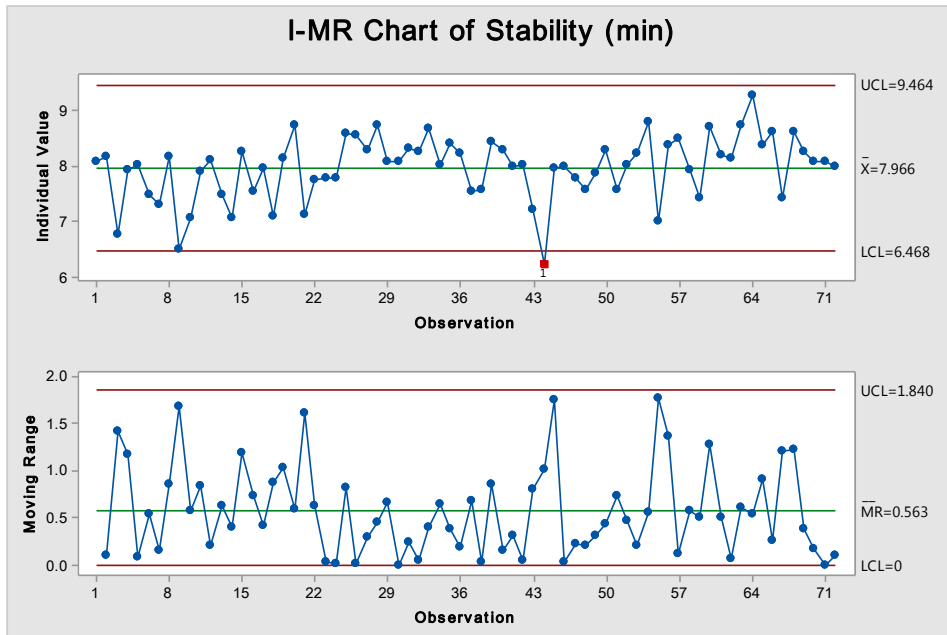
الشكل (12): مخطط التحكم في قيمة اللون b^* عينات التعبئة.

يبين الشكل (13) مخططات I-MR لقيم الألفيوغراف P و L و W. من خلال المخططات نلاحظ أن متوسط الفرق بين كل عينتين متتاليتين لقيم P كان 4.66 ولقيم L كان 5.13 ولقيم W كان 13.13 أما متوسط القيم فقد كانت 110.11 و 79.5 و 274.88 على التوالي. ويلاحظ خروج عدد محدود من القيم خارج حدود الضبط مما يشير إلى أن تأثير المتغيرات العشوائية في عملية الطحن أقل على الخصائص الريولوجية مقارنة بالخصائص الفيزيائية.

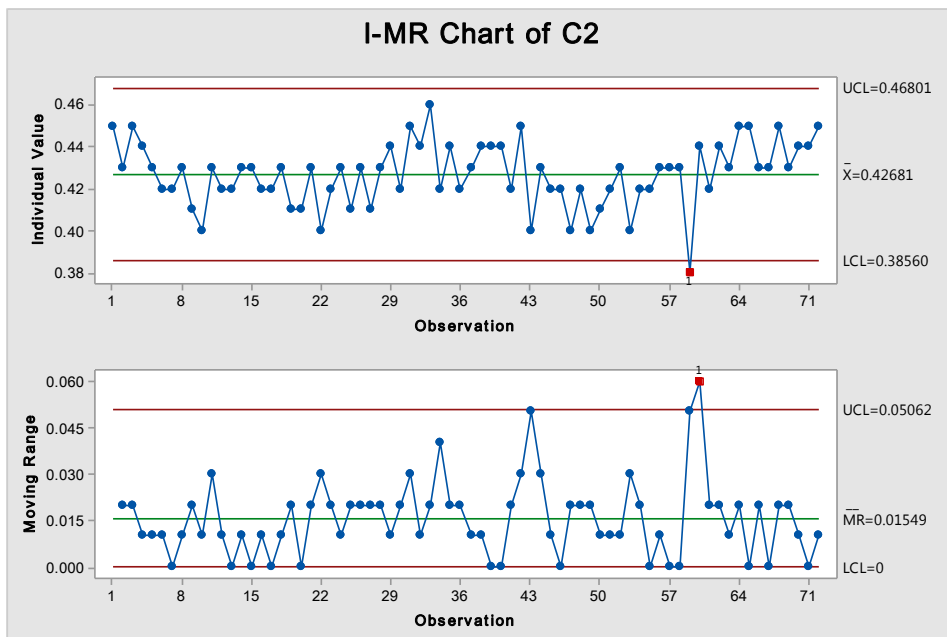


الشكل (13): مخططات التحكم في قيم الألفيوغراف لعينات التعبئة.

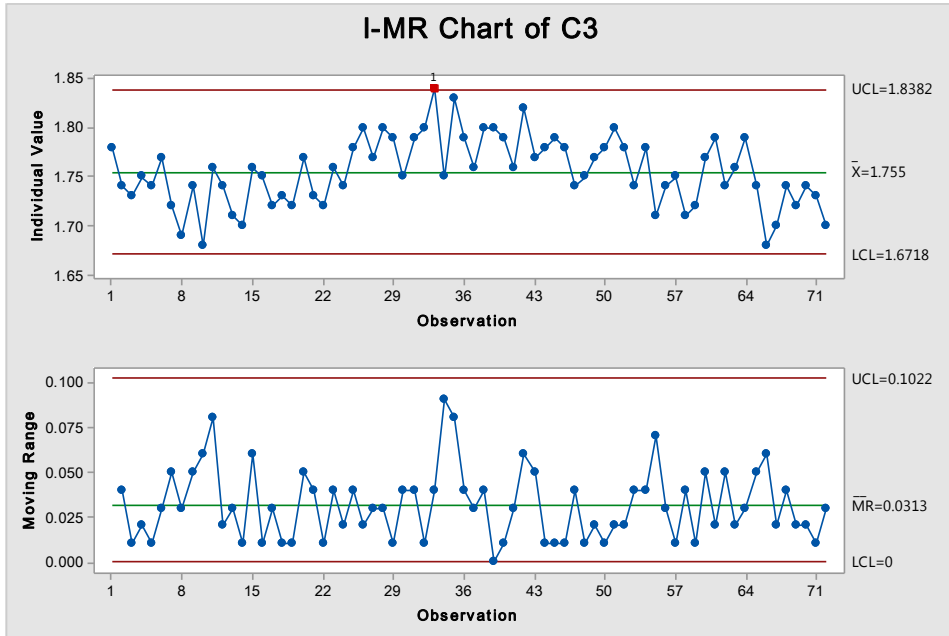
ويبين الشكل (14) مخطط التحكم في قيمة الثباتية في منحنى الميكسولاب لعينات التعبئة وتبين الاشكال (15) و (16) و(17) و(18) مخططات التحكم لقيم C2-C3-C4-C5 على التوالي في منحنى الميكسولاب لعينات التعبئة. من خلال الشكل (14) نلاحظ أن متوسط المدى بين عينتين متتاليتين للثباتية كان 0.563 دقيقة وأن متوسط الثباتية كان 7.966 دقيقة وخروج عينة وحيدة عن حدود الضبط. ويظهر من خلال مخططات التحكم لقيم الميكسولاب خروج عينة وحيدة ولكن مختلفة لكل قيمة من قيم الميكسولاب، مما يشير إلى أن منحنى الميكسولاب أقل تأثراً من الألفيوجراف بالمنعيرات العشوائية لعملية الطحن.



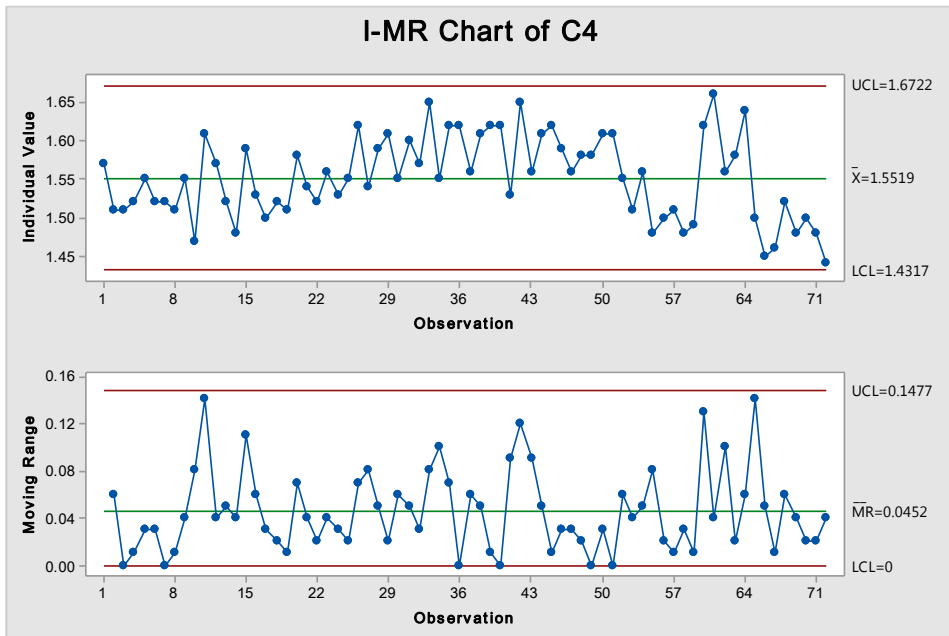
الشكل (14): مخططات التحكم في قيمة الثباتية لمنحنى الميكسولاب لعينات التعبئة.



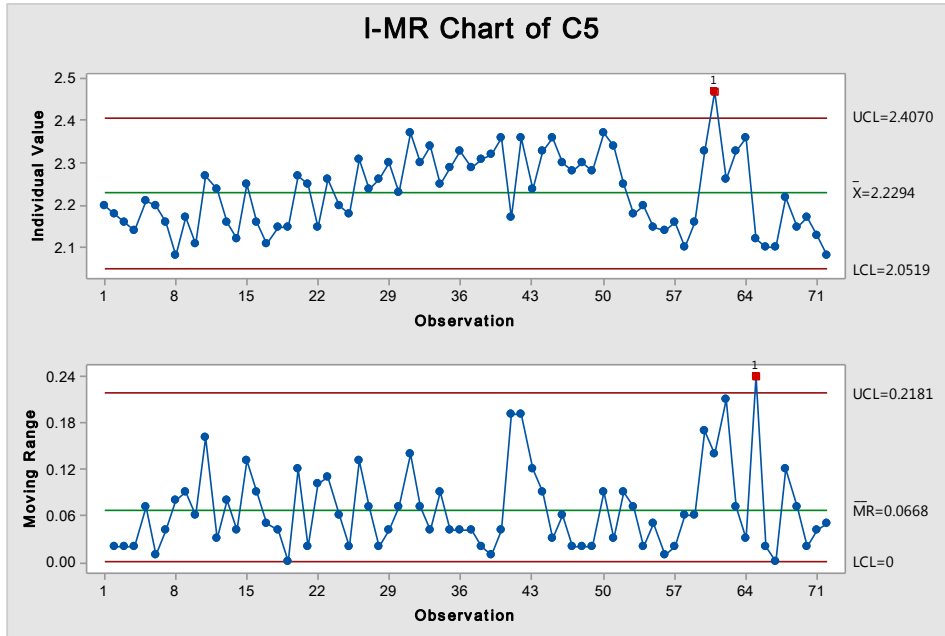
الشكل (15): مخططات التحكم في قيمة C2 لمنحنى الميكسولاب لعينات التعبئة.



الشكل (16): مخططات التحكم في قيمة C3 لمنحني الميكسولاب لعينات التعبئة.



الشكل (17): مخططات التحكم في قيمة C4 لمنحني الميكسولاب لعينات التعبئة.



الشكل (18): مخططات التحكم في قيمة C5 لمنحني الميكسولاب لعينات التعبئة.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

من خلال دراسة تغيرات مؤشرات جودة دقيق القمح المدروس لعينات خط الانتاج والتي بلغ عددها 341 عينة خلال فترة الانتاج المدروسة والتي تمتد على مدى شهرين متتاليين لوحظ أن متوسط مدى التغير بين عينتين متتاليتين لمؤشرات جودة الدقيق الفيزيائية لعينات الإنتاج كان أقل من متوسط مدى التغير للعينات في أثناء التعبئة. على الرغم من تغير الخصائص الفيزيائية بشكل كبير وخروج عملية الإنتاج عن الضبط الاحصائي إلا أن الخصائص الريولوجية (الألفيوغراف والميكسولاب) تظهر تأثيراً أقل وخروج عينة واحدة عن حدود الضبط وإذا ما تم مقارنة قيم حدود الضبط والمراقبة لقيم الميكسولاب بقيم التكرارية المعتمدة في الطريقة القياسية يظهر أنها ضمن حدود التغير المسموح بها ضمن المخبر الواحد مما يشير إلى عدم تأثير خصائص الميكسولاب بمتغيرات عملية الطحن العشوائية.

التوصيات:

تبين النتائج التي تم الحصول عليها تباين الخصائص الفيزيائية للدقيق (الرطوبة والبروتين والرماد وقيم اللون) المنتج في المطحنة التجارية الخاصة لعينات خط الإنتاج والتعبئة والمنتج من نوعية قمح واحدة خلال فترة شهرين متتاليين وكان التباين أكبر في عينات التعبئة من عينات خط الإنتاج. وعلى الرغم من خروج عينة وحيدة خارج حدود الضبط والمراقبة في الخصائص الريولوجية (الألفيوغراف والميكسولاب) لعينات التعبئة إلا أن التباين أقل من التباين المسموح به في الطرق القياسية المعتمدة. من خلال هذه الدراسة نتوصل الى ضرورة ضبط العوامل المؤثرة في عملية الطحن وأهمها عملية الترطيب والتي تؤدي الى تغيرات في نسبة الاستخراج.

المراجع:

- [1] KIM, Y. S.; DEYOE, C. W.; CHUNG, O. K.; HAQUE, E., *Study of Commercial Wheat Flour Milling Process: Relation of Flour Yield, Ash and Protein Contents of Flour Mill and Characteristics of Wheat Blend*, Food Science, Vol. 27, No. 11, 2006, p146-152.
- [2] ATWELL, W. A., *Wheat Flour*, Eagan press, St. Paul, Minnesota, USA, 2001 pp 134.
- [3] STEWART, G., Knowledge is the Key to Achieving Consistency, *Cereal Food World*, 2003, 48(2):56-57.
- [4] SUGDEN, D., Flour Consistency, *World Grain*, January, 15, 1997,30-33.
- [5] BÖHNI, P., Meeting Quality Parameters. *World Grain*, 31(12), 2013, 90-93.
- [6] HRUŠKOVA, M., HANZLIKOVA K., VARAČEK R., *Wheat and Flour Quality Relations in a Commercial Mill*, Czech J. Food Sci.,19, 2000 ,189-195.
- [7] WEBB, C., and OWENS G. W., *Milling and Flour Quality, in Bread Making Improving Quality*, Stanley P. Cauvain (ed.), CRC Press,5, 2003,567-576.
- [8] KWEON, M., MARTIN R., SOUZA E., Effect of Tempering Conditions on Milling Performance and Flour Functionality, *Cereal Chemistry*, 2009, 86(1), 12-17.
- [9] POSNER, E. S., and HIBBS, A. N., 2005- *Wheat Flour Milling*, 2nd. Ed. AACC, St. Paul, Minnesota, USA, 489P.
- [10] DEXTER, J., E, *Practical Applications of Milling Research, Presented at the 10th International Cereal and Bread Congress*, Porto Carras, Chalkidiki, Greece, 1996, 76-87.
- [11] YOO, J., *Effect of Enzyme Application in Temper Water on Wheat Milling*, Master Thesis, Kanas State University, Department of Grain Science and Industry College of Agriculture, 2007, 109P.
- [12] FOWLER, M., *Setting the Grind*, *World Grain*, 2011, 29(9): 74.
- [13] TAMARA, D. H., MILICA P., MIROSLAV A. and ALEKSANDRA T., *The Role of Empirical Rheology in Flour Quality Control*, Wide Spectra of Quality Control, Dr. ISIN AKYAR (Ed.), InTech, Available from, 2011, 121-129.
- <<http://www.intechopen.com/books/wide-spectra-of-quality-control/the-role-of-empirical-rheology-in-flour-quality-control>, >
- [14] ROSELL, C. M., COLLAR, C. & HAROS, M., *Assessment of Hydrocolloid Effects on the Thermo-Mechanical Properties of Wheat Using the Mixolab*, Food Hydrocolloids, Vol. 21, No. 3, 2007, pp. 452–462.
- [15] STOENESCU, G., IONESCU, V., VASILEAN, I., APRODU, I. & BANU, I., *Prediction the Quality of Industrial Flour Using the Mixolab Device*, Bulletin University Agricultural Sciences and Veterinary Medicine. Agriculture, Vol. 67, No. 2, 2010, pp. 429-434.
- [16] THOMAS, D. J. & ATWELL, W. A., *Starches*, Eagan Press Handbook series. St. Paul, MN, USA. 1999, 111-117.
- [17] ROSS, Y. H., *Molecular Mobility in Dough and Bread Quality*, In: Bread making: improving quality, S. P. Cauvain, (Ed.), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England, UK, 2003, pp. 288-305.
- [18] ANO, N., AACC STANDARD, *American Association of Cereal Chemists*. 1990, 234-238.
- [19] International Association for Cereal Science and Technology (ICC). Standard methods 121 and 173. ICC: Vienna, Austria, 2011, 123-127.
- [20] JOHN, S. OAKLAND, *Statistical Process Control*, Fifth edition, Butterworth-Heinemann, 2003, 460pp.

[21] نيوف، محمد، دراسة ثباتية تعبئة المساحيق باستخدام تقنية الضبط الإحصائي للعمليات، مجلة جامعة حلب،

العدد، 2011، 88.