## العوامل التي توثر علي الخواص الريولوجية:

### ١) الحرارة:

تعتبر درجة الحرارة من العوامل الرئيسية التي تؤثر علي السلوك الريولوجي للمواد وهذا التاثير اصبح معروفا الأن واصبح ملحوظا عند تعرض الأغذية لدرجات حرارة مختلفة مثل ما يحدث في عمليات البسرة –التبريد –التجميد فنجد انة عند تركيز ثابت يكون تاثير الحرارة علي اللزوجة النيوتينية وغير النيوتينية الظاهرية يكون متناسب مع نموزج ارينيوس (Hold Sowth 1971, Roa 1977 ) للزوجة السوائل النيرتينية كوظيفة من وظائف درجة الحرارة .

$$Ma = m \& Exp (Ea / p1\ t)$$

اللزوجة الظاهرية للسوائل الغيرنيو تينية (سوائل شبة صلبة كوظيفة من وظائف درجة الحراره يمثل بالقانون التالي:

$$Ma = m (y)^{b-1} = \ddot{M} \& Exp (Ea / RT)$$

وجد في حالات كثيرة ان معامل الأنسياب (b) حساس جدا لدرجة الحرارة (متزنر١٩٥٦) بينما (m) معامل القوام يقل بزيادة درجة الحرارة.

** ومن القانون فان لوغاريتم لزوجة السوائل النيوتينية Log (m) ويرمز لة بالرمز (Ys) مقلوب درجة الحرارة 1 / t ونجد ان النتيجة تكون علاقة خط مستقيم.

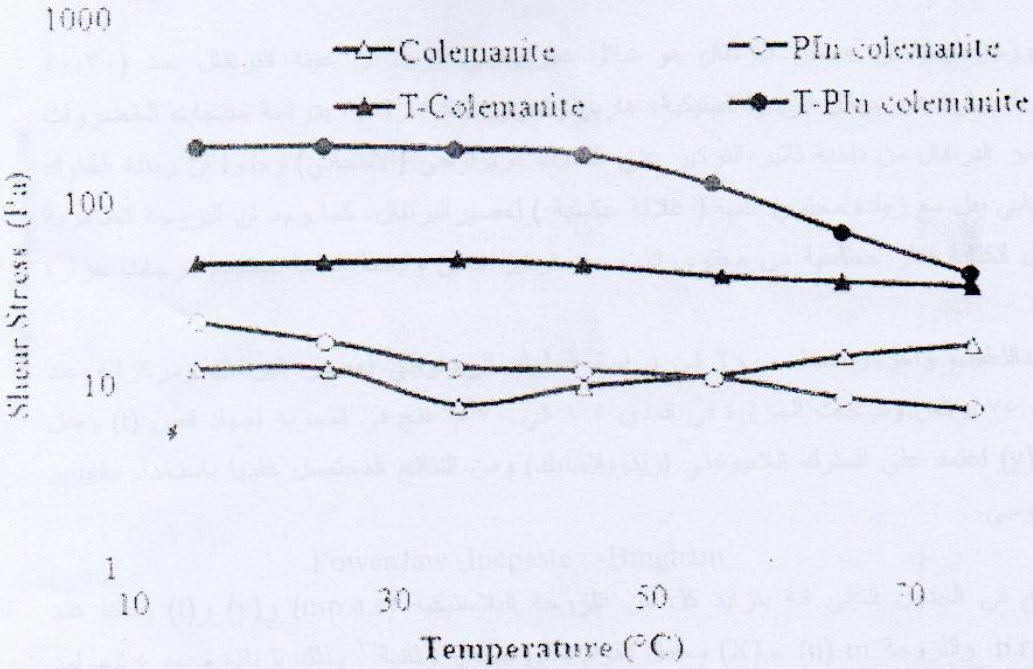
$$Log (m) = Ea (2.303\ Rt) + Log\ m \&$$

** وفي دراسة قام بها عبداللطيف واخرون (٢٠٠٠) باستخدام مقاييس الريولوجية (T pcpaste) (power low bingham Ipcpaste ) – وذلك لمقارنة الخواص الريولوجية والكيزلية لعصير البرتقال مركزا وجد ان عصير البرتقال من السوائل الغيرنيوتينية وكذلك وجد ان تبعا لمعادلة ارينيوس فان درجة الحرارة عند زيادتها تقل اللزوجة كذلك الطاقة الداخلية التنشيط تزداد بزيادة تركيز الجوامد الكلية ومن النتائج المتحصل عليها (Ea) كانت لها قيم متنوعة من (١١٧.٤٥٢ : ٣٢٩.٤٣٠ ) والجوامد الكلية تتراوح بين( ١٢:٢٥) بركس وهذه المحاولات اجراها ايضا العديد

**قائمة بمثبتات ومخفضات القوام واستخداماتها في الأغذية**

| م | النوع | الأستخدام |
|---|---|---|
| ١ | الصمغ العربي | مثبت للرغوة ومخفض للقوام |
| ٢ | الأجار | في المثلجات اللبنية |
| ٣ | حامض اللجنيك | مشروعات الشيكولاتة |
| ٤ | الكارجينات | اطعمة الجبن |
| ٥ | صمغ gual | حشو السلطات |
| ٦ | Locust beam gum | المثلجات اللبنية |
| ٧ | صوديوم كربوني مسيتيل سليلوز | في المثلجات اللبنية |
| ٨ | البكتين | الجيلي |
| ٩ | الجيلاتين | المثلجات اللبنية والجيلي |
| ١٠ | ميتيل سليلوز | معظم الأغذية |

من العلماء والتي نتج عنها نفس الخصائص.(سارافاكوس سنة١٩٧٠- رأو واخرون سنة١٩٨٤- خليل واخرون سنة ١٩٨٩- ابراز واخرون سنة ١٩٨٧- ١٩٨٩-١٩٩٢- جينر سنة ١٩٩٦ ).
واتضح ان (Ea) قيمتها لمركزات البرتقال المصنوعة في المعمل كانت تزيد بزيادة درجة التركيز لعصير البرتقال وعلي الجانب الأخر بالمقارنة بعصير البرتقال التويبس لمحضر عند نفس درجة التركيز بالبوكس لوحظ ان مركزات بريقال التويبس كانت اقل في قيمة (Ea). يشير هذا الي قلة السكر وزيادة محتويات اللب في عصير التويبس المحضر في المعمل عند تركيز ١٢ بوكس
** كما ان التغيرات في اللزوجة لعصير البرتقال ومركزاتة توضح ان بعض الأنحرافات عن سلوك نموذج ارينسوس وخصوصا باختلاف درجة التركيز بالبوكس شكل (١).




ومن هنا يتضح تاثير درجة الحرارة علي السلوك الريولوجي متبعا لنموذج ارينيوس وقد وجد ان هناك علاقة عكسية بين اللزوجة ودرجة الحرارة. و نجد ان المرائح النيوتينية بزيادة درجة الحرارة تقل اللزوجة. بينما في الموائع الغيرنيوتونية (الديتلاتية) فانة بزيادة الحرارة تزداد اللزوجة الي حد ما ثم تبدا في الأنخفاض. اما في الزيدوبلاستيك وموائع بنجهام بلاستيك بزيادة الحرارة تقل اللزوجة.

٢- تاثير الترتيب العام:

وجد انة بزيادة محتوي المادة من المواد الصلبة فان اللزوجة تزداد ايضا باختلاف التركيز لنفس العينات من المادة الواحدة فانة تظهر انماط مختلفة من السلوك الريولوجي.

** فنجد ان سلوك الأنسياب بالنسبة لمركزات عصير الفاكهة واليورية مرتبط تركيبهم ومحتواهم من المادة الصلبة والتركيب.

** كما ان هناك العديد من الدراسات قامت من خلال اجهزة قياس اللزوجة ( قياس اجهاد القص ) بالتعرف علي اثر محتوي المادة الصلبة علي السلوك الريولوجي.

** فنجد ان سارافاكوس سنة ١٩٧٠ قام بدراسة سلوك الأنسياب بالنسبة لمركزات عصير التفاح والجريب خلال معدل معين من درجات الحرارة٢٠:٧٠ درجة مئوية.

وجد ان عصير التفاح الرائق ( ١٥:٧٥ ) بركس يتبع السلوك النيوتيني بينما عصير التفاح المرشح والغير رائق يتبع السلوك الزيدوبلاستيك وعند تركيز ٥٠ : ٦٥,٥ بركس توافق عصائر الجريب في تركيز١٥:٦٤ بركس في هذا الشان فنجد انها كانت عبارة عن سوائل نيوتينية.

** ووجد ايضا ان عصير البرتقال هو سائل غيرنيوتيني ووجد ان عينة البرتقال عند (٣٠:٤٠ بركس) عبارة عن سوائل الزيدوبلاستيكية، هاربر واخرون ١٩٨٠ قاموا بدراسة منتجات الخضروات وعصير البرتقال من ناحية تاثير التركيز علي السلوك الريولوجي (الأنسيابي) وجدوا ان زيادة السلوك الأنسيابي يقل مع زيادة محتوي اللب ( علاقة عكسية ) لعصيرالبرتقال. كما وجد ان اللزوجة الظاهرية ومعدل الكثافة اكثر حساسية من محتوي اللب عند تركيز معين وايضا عندما نستخدم درجات حرارة اعلي.

**عبداللطيف واخرون سنة ٢٠٠٠ في دراسة السلوك الريولوجي لعصير البرتقال ومركزاتة عند ١٢ و ٧٥ بركس ودرجات الحرارة في المدي ١.٥ الي ٧٠ م° نتج في التجربة اجهاد قص (t) معدل قص (y) اعتمد علي السلوك اللانيوتيني (زيدوبلاستيك) ومن النتائج المحتصل عليها باستخدام مقاييس الريولوجي.

Power law -Ipcpaste -Bingham

واتضح في الجدول التالي انة يتزايد كل من اللزوجة البلاستيكية (mp.a.s) و(y) و(t) وذلك عند p.r.m10 واللزوجة m (n) و(X) معامل القوام مللي بسكال / ثانية$^{n}$ وذلك بزيادة مجموع الجوامد الذائبة كذلك Tixtropy (بسكال في الثانية) تتزايد بزيادة الجوامد الذائبة، حيث اتضح ان اللزوجة البلاستيكية تزداد بزيادة الجوامد الذائبة وتتناقص بزيادة درجة الحرارة وتتراوح قيمة اللزوجة البلاستيكية من ١٩.٧:٧٣ مللي بسكال/ثانية لعصير البرتقال ومركزاتة عند ١٠ م° وفي نفس الوحدة تكون مدي اللزوجة البلاستيكية بين ٢١.٧ حتي ٩٠ مللي بسكال في الثانية لمركزات البرتقال في كل درجات الحرارة.

** معامل القوام يزداد بزيادة الجوامد الكلية ويقل بزيادة درجة الحرارة ويكون معامل القوام مللي بسكال في الثانية لعصير البرتقال ومركزاتة من ١٠ م° ومعامل السريان (n) يقل بزيادة درجة الحرارة. نحصل عليها من عصير البرتقال ومركزاتة عند ثبات درجة الحرارة من٢٩١.٣٧ %

قيمة Tixtropy تقل بزيادة درجة الحرارة وتقل ايضا بزيادة الجوامد الكلية وتتراوح قيمتها من (٨٠.٧١:٨.٥٤) بسكال في الثانية لعصير البرتقال ومركزاتة عند ١٠ م° وهذه النتائج تتفق مع المتحصل عليها بواسطة ( ابراز وناجان ١٩٨٧ ) وجدوا ان معامل القوام (k) تزداد بزيادة الجوامد الكلية بينما يقل معامل الأنسياب السريان.

**٣- تأثير الحموضة:**

عند حدود معينة من PH اللزوجة تكون مثلة وطبقا لتاثير معين عند انحراف معدلات الحموضة فان اللزوجة تنخفض، وطبقا لنظرية تكوين جل فان اللزوجة في العصائر تنشا عن طريق الأرتباط بين معقد البكتين الذائب والأحماض العضوية والمواد الصلبة. فنجد ان البكتين يحمل الشحنة السالبة والأحماض تحمل شحنات موجبة فيحدث ارتباط أو تجاذب بين الشحنات بعضها مع بعض. ولكن عند ارتفاع درجة الحموضة أو انخفاض PH عن حد معين فان هذا التكوين يحدث لة خلل وبالتالي تتفكك الروابط بين البكتين والحامض وبالتالي يحدث انخفاض اللزوجة.

**٤- تأثير لتجميد علي الخواص الريولوجية:**

وجد ان عصائر الأغذية المجمدة والتي يحدث لها انفجار بصورة طبيعية فان ذلك يودي الي فقد اللزوجة بحوالي ( % ) في المدة الأولي، وبالتالي فان جودة عملية التجميد والصهر تؤثر علي الخواص الريولوجية.

**٥- تأثير الأنزيمات علي الخواص الريولوجية :**

من الامثلة الواضحة لتاثير الأنزيمات علي الخواص الريولوجية هي علاقة الأنزيمات البكتنية ( Pectic enzymes ) بما يعرف (Blotter test) في صناعة منتجات الطعام، واثر عمليات الـ (Hotor cold break) علي لزوجة وكثافة هذه المنتجات. وقد ثبت ان الأنزيمات البكتنية التي اصبحت معروفة لدي المشتغلين بالصناعة هي السبب في لزوجة أو سيولة عجينة الطعام أو منتجات الطعام الأخري، بغض النظر عن العوامل الأخري التي قد تكون كعارض في ذلك مثل وجود نسبة عالية من الألياف والمواد الصلبة والعوامل الوراثية .....الخ).

- كذلك يتاثر القوام بفصل النشاط الأنزيمي ومن الامثلة الهامة علي ذلك هو استخدام الأنزيمات المحللة البروتينات بالأضافة الي الأنزيمات الطبيعية الموجودة باللحم بينما يعرف بعملية تطرية اللحوم (Maturation process) حيث تاق اللحم في حرارات ذات درجة حرارة تتراوح بين (٢٥:٢٠) في وجود الأشعة الفوق بنفسيجية وبذلك تنزع من اتمام مراحل عملية التطرية، ونتيجة لهذه التجارب الناجحة فقد اجري حقن هذه الأنزيمات في الا يم المختلفة لتطريتها كما يجري تجارب وابحاث اخري علي الخضروات الاخري مثل الخضروات الطازجة أو معاملة بعض انواع الحبوب الغذائية مثل حبوب الذرة السكرية التي تحتوي علي نسبة عالية من النشا.

- كما امكن استخدام الأنزيمات المحللة للبكتين في مجال انتاج العصائر حيث تستخدم في تنقية عصائر الفاكهة مثل عصائر التفاح والكمثري وقد استخدمت هذه الأنزيمات في الولايات المتحدة في عام ١٩٣٠ بواسطة العالم z-.kartesz وفي المانيا بواسطة العالم Amehlitz وتستخدم هذه الأنزيمات بتركيزات

منخفضة جدا تتراوح بين ٣-١٠ جزء في المليون وطبقا للنظام المعمول بة في الشركة المصنعة للعصير وعلي سبيل المثال يستخدم المستخلص التجاري لأنزيم pectinex3xl لمعدل حوالي ٢٠:٣٠ جم/١٠٠كجم من ثمار الفاكهة اما المستخلص التجاري للأنزيم المعرف باسم celluclaste.ol يستخدم بمعدل ١٠.٢ الي ٢جم/١٠٠كجم من ثمار الفاكهة كما ان الدرجة المثلي لأستخدام انزيم cellulose للفاكهة ذات اللب (cone fruits) هي ٣٠ درجة مئوية بينما الفاكهة ذات النواة (stone fruits) والتوبتات berries هي ٥٠ م°. ويمكن تتبع نجاح هذه الأنزيمات من خلال تتبع التغير في لون العصير الناتج وكذلك في لزوجتة حيث ان لزوجة العصير تزداد عند بداية تفاعل الأنزيم نتيجة لذوبان البكتين اثر استخدام المحللة للبكتين في العصائر.

- ثبات العكارة ( Coagulation on the cloud ) لوجود البروتوبكتين غير القابل للذوبان.

- نقص اللزوجة لوجود المواد البكتينية القابلة للزوبان مثل حمض البكتيككذلك فان هذه الأنزيمات تستخدم في عصائر. فى حالة العنب تستخدم الأنزيم ( Pectinex 3xl ) بنسبة ١.٦-٥جم لكل ١٠٠كجم من ثمار العنب ونحصل علي العصير بواسطة الطرد المركزي ثم تفصل الأجزاء المهروسة من العصير المتحصل علية ثم يعامل العصير بمعاملة حرارية (شديدة) ومركز ويعبا في زجاجات ثم يعامل حراريا طبقا للنواحي التكنولوجية المعمول بها في نظام التصنيع. بينما فى تصنيع عصير الموالح Pulpwash، حيث يستخدم لغرضين: أ)- الأستفادة من لب الثمار حيث يستخدم الأنزيمات المحللة للبكتين في معالجة لب الثمار وكذلك القشور التي تحتوي علي نسبة من العصير.

ب)- خفض لزوجة العصير Lowering viscosity of the juice، حيث ان بعض العصائر المركزة (٦٥%مواد صلبة ) مثل عصير البرتقال (٦٥:٤٠%) مواد صلبة ذائبة يكون المنتج ذو درجة لزوجة عالية وبالتالي هذا يسبب مشاكل اثناء عملية التركيز حيث يؤدي ذلك لتكوين حالة جيلية Jellification وقد امكن التغلب علي تلك المشكلة اثناء خطوات التصنيع من خلال معاملة الـ ( Pulp ) بالأنزيمات حيث تستخدم كميات ضئيلة من الأنزيمات المحللة للمواد البكتينية مثل استخدام pectinex 3xl بنسبة ( ١.٦ : ٣.٥ جم/١٠٠ ايتر) من العصير، كذلك تسبب الأنزيمات ضعف القوام في الهلامات والأنزيمات المسئول عن ذلك هو ( P.M.E )\Polygalacturona set deploy merase

** وفي دراسة قام بها عبدالسلام نبيل ( ١٩٩٨ )علي بورية الجوافة وجد ان بورية الجوافة المبسترة والمعاملة بالأنزيم البكتين Rohamentpl اتضح انة يتبع سلوك الأنسياب الأنيرنيوتني الزودوبلاستيك) مع وجود( Tuxotropy ) حيث ادت زيادة تركيز الأنزيم وفترة التحضين ودرجة حرارة التداول الي انخفاض كل من معامل القوام واللزوجة الظاهرية .

وأوضحت النتائج للعينات المعاملة بالأنزيم البكتيني Rohamentpl بتركيز يصل الي( ٠.٠٥ % ) وفترة تحضين تصل الي ٢٠دقيقة ادت معاملة نفس العينة بالأنزيم البكتيني (Pectinex ultna sp-l ) الي تغير سلوك الأنسياب الي انسياب نيوتني حيث كانت قيمة دليل سلوك الأنسياب مساويا تقريبا للواحد الصحيح كما اختفت ظاهرة ال Thixtropy.

– ولم تتغير عملية تركيز بورية الجوافة المبسترة من السلوك الزيدوبلاستيكي المعتمد علي الوقت عند معاملة المركزات الناتجة انزيميا فان الأنزيم البكتيني ( Pectinexultna sp-1 ) فقط غير سلوك السريان الي سلوك نيوتيني.

** كما أوضحت النتائج ان انسياب لب المانجو يتبع سلوك الأنسياب الغير نيوتيني الزيدوبلاستيك . ولكن لب المانجو المبسترة والمحتصل علية من خلال المراحل المختلفة للمعاملة بالأنزيم البكتيني Rohament-pl أوضح ان سلوك الأنسياب مازال سلوكا غير نيوتيني اصبح للصفر مع عدم وجود ( Thixtropy ) ولم تؤدي زيادة تركيز الأنزيم وفترة التحضين ودرجة حرارة القياس الي تغير ملحوظ في معامل القوام واللزوجة الظاهرية.

** ادت معاملة نفس العينة بالأنزيم البكتيني Rohapect(pte) الي سلوك انسياب النيوتيني زيدوبلاستيك حيث كانت قيمة دليل سلوك الأنسياب تتراوح من ١.٠٠الي ٠.٥٤ كما توجد ظاهرة ال Thixtropy

** تركيز لب المانجو المبسترة سواء الغير معاملة أو المعاملة بالأنزيمات البكتنية لم يغير من سلوك الزيدوبلاستيك المعتمد علي الوقت.

***المواد المثبتة ومنتجات القوام نجد ان المواد الغروية المحبة للماء تستخدم علي نطاق واسع بمفردها في القوام و التركيب لتحسين من خواص التركيب والقوام في الأغذية لذلك تحسن من خواص الثبات (للمستحلبات – المعلقات – الغرويات – الخواص العامة للثخانة ). الخواص العامة للثخانة معظم هذه المواد تصنع كصموغ ويستخدم من مصادرطبيعية بالرغم من ان بعضها مواد كيماوية مختلفة للتحسين من خواص الأغذية. فنجد ان العديد من المثبتات المختلفة للقوام تعتبر سكريات عديدة مثل (الصمغ العربي – صمغ Gual – كربوكسي ميتيل سليلوز – الكاراجينات – الأجار – النشا – البكتين )، الخواص الكيماوية لهذه المواد تعتبرهذه المواد مواد كربوهيدراتية والقليل منها بروتين مثل ( الكولاجين) الذي يعتبر من احدي المواح المثبتة الغير كربوهيدراتية التي تستخدم بصورة جيدة. ونجد ان هذه المواد ( المثخانات – ومثبتات القوام ) مواد محبة للأرتباط بالماء وتعمل علي جعل الخواص للمحلول متشابة لخواص الغرويات.

الصفات العامة للمواد الغروية المحبسة للماء :

١) قابليتها الأرتباط بالماء

٢) قابليتها لزيادة اللزوجة ولأعطاء قوام شبة الجيلي

٣) تحسين خاصية الثبات للتركيب

ونسبة استخدام هذه المواد ٠.٢% علي الأقل، ومن هنا تتضح الأهمية العظمي لهذه المواد لزيادة اللزوجة وكذلك اعطاء قوام جيل.

## قائمة بمثبتات ومخفضات القوام واستخداماتها في الأغذية

| م | النوع | الأستخدام |
|---|---|---|
| ١ | الصمغ العربي | مثبت للرغوة ومخفض للقوام |
| ٢ | الأجار | في المثلجات اللبنية |
| ٣ | حامض اللجنيك | مشروعات الشيكولاتة |
| ٤ | الكارجينات | اطعمة الجبن |
| ٥ | صمغ gual | حشو السلطات |
| ٦ | Locust beam gum | المثلجات اللبنية |
| ٧ | صوديوم كربوني مسيتيل سليلوز | في المثلجات اللبنية |
| ٨ | البكتين | الجيلي |
| ٩ | الجيلاتين | المثلجات اللبنية والجيلي |
| ١٠ | ميتيل سليلوز | معظم الأغذية |