Effect of ohmic heating on the thermophysical properties for cow milk Second part

تأثير التسخين الأومي على الخواص الفيزيوحرارية لحليب الأبقار الجزء الثاني

اسعد رحمان سعيد ألحلفي حيدر إبراهيم علي غسان فيصل محسن
قسم علوم الأغذية – كلية الزراعة- جامعة البصرة

البحث مستل من رسالة ماجستير للباحث الثالث.

الخلاصة

يعد التسخين الأومي من التقنيات الحديثة في هندسة تصنيع الأغذية ، إذ يعمل على منع تكوين الترسبات داخل أنابيب التسخين التي لها اثأر سلبية حيث تؤدي إلى خفض معامل الانتقال الحراري ورداءة نوعية الحليب المبستر وتلوثه . تم قياس درجات الحرارة لفروق الجهد المختلفة في الجهاز وحسبتدرجة حرارة الحليب و التوصيل الحراري والحرارة النوعية والكثافة والانتشار الحراري واللزوجة للحليب ، كما تمت دراسة تأثير فروق الجهد المختلفة بالإضافةإلى عملية البسترة بالطريقة التقليدية السريعة على دنترة بروتينات الشرش وأظهرت النتائج ما يلي : درجة حرارة الحليب العملية ثابتة لوجود الصمام الكهربائي الذي يسيطر على الدرجة الحرارية والبالغة ^{o}C 72 . ازداد التوصيل الحراري والانتشار الحراري في الحليب مع زيادة درجة الحرارة في التسخين الأومي عند فروق الجهد المستخدمةوكذلك مع البسترة التقليدية السريعة . انخفضت اللزوجة والكثافة للحليب مع زيادة درجة الحرارة في التسخين الأومي عند فروق الجهد المستخدمة والبسترة التقليدية السريعة . وتم دراسة تأثير التسخين على فروق الجهد المختلفة 80, 110, 220 V وظهر من خلال الحزم المفصولة عند الترحيل الكهربائي أن التسخين عند فرق الجهد 80 Vلم يتسبب بدنترة بروتينات الشرش بينما كان هناك تأثير محسوس جدا على بروتينات الشرش بالمقارنة مع التسخين على فروق الجهد 110, 220 V الذي كان تأثر بروتينات الشرش واضحا بسبب شدة التسخين .

كلمات مفتاحية: تسخين اومي، حليب، بسترة.

Summary

The application ohmic heating is a modern technologies in food processing, working on preventing the formation of deposits inside the heating pipes which have negative effects on the heating process, leads to reduce heat transfer coefficient poor quality of pasteurized milk and it's contamination. Temperature were measured for different ohmic heating and variation temperature of the milk , heat conductivity , specific heat, density , thermal diffusivity and viscosity of the milk, were calculated The effect of differences in various voltage beside the

conventional pasteurization (H.T.S.T.) on denaturized whey proteins. Results showed the following: the temperature of milk under process was fixed depending on the presence electrical valve that controls on the temperature at 72. ° C. Thermal conductivity and thermal diffusivity in the milk was increased with increasing temperature ohmic heating at all voltages different and with conventional pasteurization. The viscosity and density of milk was decreased with increasing temperature milk treated by ohmic heating at all voltages and with conventional pasteurization. The effect of ohmic heating at 220, 110, 80 V and showed that the separated whey bands by electrophoresis showed that the ohmic heating at 80 V didn't affect the denaturized whey proteins compared with the heating by V 220 ,110 V, which had significant effect on whey proteins and clear because of the severity of heating.

Key words:ohmic heating, milk, pasteurization.

المقدمة

يعد التسخين الأومي والذي يعرف أيضا بJouleHeatingوكذلك بResistiveheating من التقنيات الحديثة في هندسة تصنيع الاغذيه ، وهو عمليه حرارية متقدمه يتحول فيها الغذاء إلى مقاومه كهربائية حيث تمر الكهربائية خلال المادة الغذائية بفرق جهد وتيار معينين وتتوزع الحرارة داخل كتلة المادة بشكل متجانس على العكس من استعمال الأسطح الساخنةفي الطرائق التقليدية (Shirsat*etal* ,2004)و(Leizerson &Shimoni,2005) و(Icier &Ilicali,2005).تعد تقنيه التسخين الأومي من الطرائق الكهربائية الحديثة والبارزة بوجود الأقطاب الكهربائية التي تكون بالاتصال المباشر بالغذاء (Vicente , 2007).

تمتاز تقنيةالتسخين الاوميبكونها من الطرق السريعة والمتناسقة في زيادة درجة حرارة الوسط ، وهذه الزيادة في درجة الحرارة بينت تقليل كمية الاستخدام الحراري الضار على المنتجات الغذائية وخلق منتجات مرغوبة أكثر (FDA - CFSAN2000) .

وتعدقيم التوصيل الحراري لأغلبالأغذية ذات الرطوبة المرتفعة مقاربة لقيمة التوصيل الحراري للماء (حوباني وبكري ، 2000) . وهو من الخصائص المهمة التي تحدد انتقال الحرارة خلال الأغذيةأثناء عمليات التصنيع الغذائي و أن المحتوى المائي للأغذية له تأثير كبير على التوصيل الحراري لها (Rao*etal*,2005) . وتتأثر الحرارة النوعية للمنتج بمكوناته بمحتواه الرطوبي ودرجة الحرارة والضغط إذ تزداد الحرارة النوعية مع زيادة المحتوى الرطوبي للمنتج، وفي معظم تطبيقات هندسة التصنيع الغذائي تستخدم الحرارة النوعية عند ضغط ثابت (Singh &Holdman ,2009) . أن قيم الانتشار الحراري للمنتجات الغذائية تتراوح بين1×10^{-7} - 2×10^{-7} m/s^2. والوزن النوعي للحليب هو عبارة عن مجموع الأوزان النوعية لمكوناته وحيث أن تلك المكونات اللبنية شديدة التأثر بكثير من العوامل لذلك فالوزن النوعي يتأرجح بين 1.025–1.034 للحليب ألبقري وحيث إن تلك النسبة واقعة في مدى معين لذلك تستخدم في الكشف عن غش الحليب . أما لزوجة الحليب فتتراوح بينCentipois 1.4 –2.2على درجة حرارة20°C حيث تعتمد على الجزيئات المنتشرة ضمن النظام الغروي للحليب وخاصة البروتينات وكذلك الدهون . وللزوجة أهمية حيث أنها من الخصائص التي يتم التحكم بها والتي تؤثر على اضفاء الدسامة للمنتج وتؤثر على جودته . (النمر ، 2003) .تلعب دنترة بروتينات الشرش دورا مهما في تكوين الرواسب على أسطح المبادلات الحرارية عند تصنيع الحليب ومنتجاته إذ وجد Rakes *etal* (1986)أن تكوين الرواسب في المبادل الحراري أثناءالمعاملةالحرارية للشرش يشبه تكوين الرواسب الناتجه عن المعامله الحرارية للحليب ولكنه أعلى بكثير . وتهدف الدراسة الحالية الى دراسة تأثير التسخين الأومي على الخواص الفيزيوحرارية(درجة حرارة ، الحرارة النوعية ، التوصيل الحراري ، الانتشار الحراري ، الكثافة ، اللزوجة ، وعلى دنترة بروتينات الشرش) لحليب الأبقار المبستر.

المواد وطرائق العمل

جهاز بسترة الحليب بالتسخين الاومي

استعمل جهاز بسترة الحليب بالتسخين الاومي المصنع من قبل الحلفي واخرون (2012) الذي يتكون من وحدة التسخين الاومي ووحدة السيطرة ووحدة التبادل الحراري. كما مبين بالشكل 1.تم الحصول على الحليب الخام (حليب الأبقار) من محطة الأبحاث الزراعية التابعة لكلية الزراعة/جامعة البصرة .

شكل (1) : صورة فوتوغرافية لجهاز بسترة الحليب بالتسخين الاومي .

الحرارة النوعية : حسبت الحرارة النوعية من المعادلة التالية : (Toledo,2007)

$$C_P = P(C_{pp}) + F(C_{pf}) + C(C_{pc}) + A(C_{pa}) + M(C_{pw}) \dots\dots\dots (1)$$

$$C_{pp} = 2008.2 + 1208 \times 10^{-3}T - 1312.9 \times 10^{-6}T^2$$
$$C_{pf} = 1984.2 + 1473.3 \times 10^{-3}T - 4800.8 \times 10^{-6}T^2$$
$$C_{pc} = 1548.8 + 1962.5 \times 10^{-3}T - 5939.9 \times 10^{-6}T^2$$
$$C_{pa} = 1092.6 + 1889.6 \times 10^{-3}T - 3681.7 \times 10^{-6}T^2$$
$$C_{pw} = 4176.2 - 9.0864 \times 10^{-3}T + 5473.1 \times 10^{-6}T^2$$

C_p: الحرارة النوعية للحليب (J/ kg .C°)
p : البروتين P : الكسر الكتلي للبروتين
f : الدهن F : الكسر الكتلي للدهن
c : الكاربوهيدرات C : الكسر الكتلي للكاربوهيدرات
a : الرماد A : الكسر الكتلي للرماد
w : الماء M : الكسر الكتلي للماء
T : درجة حرارة الحليب (°C) .

التوصيل الحراري : حسب معامل التوصيل الحراري للحليب من المعادلة التالية : (Toledo,2007) .

$$k = P(k_p) + F(k_f) + C(k_c) + A(k_a) + M(k_w) \dots\dots\dots (2)$$

حسب معامل التوصيل الحراري للحليب من المعادلة التالية : (Toledo,2007) .

$$k = P(k_p) + F(k_f) + C(k_c) + A(k_a) + M(k_w) \dots\dots\dots (3)$$
$$k_p = 0.57109 + 0.0017625\,T - 6.7306 \times 10^{-6}T^2$$
$$k_f = 0.1807 - 0.0027604\,T - 1.7749 \times 10^{-7}T^2$$
$$k_c = 0.2014 + 0.0013874\,T - 4.3312 \times 10^{-6}T^2$$
$$k_a = 0.3296 + 0.001401\,T - 2.9069 \times 10^{-6}T^2$$
$$k_w = 0.57109 + 0.0017625\,T - 6.7306 \times 10^{-6}T^2$$

حيث k : معامل التوصيل الحراري للحليب (W/m.°C)

الانتشار الحراري : يحسب الانتشار الحراري للحليب من المعادلة التالية : (Singh &Hedman ,2009)

$$\propto = \frac{K}{C_p \rho} \dots\dots\dots (4)$$

الكثافة والوزن النوعي: قُدرت الكثافة للحليب البقريالخام والمبستر بالطريقة الاومية وعلى فروق الجهد V 220 و110و80. كما قُدر وزنها النوعي أيضا وفقاً للطريقة المذكورة في Pearson (1976) باستخدام قنينة الكثافة PyKnometer الخاصة بحجم (100سم^3) وحسبت الكثافة كما يلي:

كثافة الحليب = $\frac{\text{وزن قنينةالكثافة مع الحليب – وزنها فارغة}}{\text{حجم قنينة الكثافة}}$

أما الوزن النوعي للحليب فتم حسابه كما يلي:

الوزن النوعي للحليب = $\frac{\text{كثافة الحليب}}{\text{كثافة الماء}}$

اللزوجة : تم استخدام جهاز Ostwald الزجاجي (Size A) في تقدير لزوجة الحليب الخام والحليب المبستر بالطريقة الاوميه وعلى ثلاثة فروق جهد 80, 110, 220 Vالحليب المبستر بالطريقة التقليدية . واتُبعت طريقة SatheandSalunkne (1981) في تقدير اللزوجة واستخدام الجداول Weast and Melvin (1982-1983) لاستخراج الكثافة النوعية ولزوجة الماء عند درجات حرارة مختلفة، ثم طُبق القانون:

$$\frac{v_1 \rho_1 t_1}{v_2 \rho_2 t_2}$$

إذ أن: v_1 = لزوجة الحليب، ρ_1 = كثافة الحليب.
v_2 = لزوجة الماء، ρ_2 = كثافة الماء.
t_1 = وقت نزول الحليببالدقائق، t_2 = وقت نزول الماء بالدقائق.

الترحيل الكهربائي بهلام متعدد الاكريلامايد لبروتينات الشرش :

استخدمت طريقة(Disc Poly Acryl amide Gel Electrophoresis (Disc PAGE كما أوردها (1978), Groves .

النتائج والمناقشة

درجة حرارة الحليب Milk Temperature

يبين الشكل (1) العلاقة بين درجة الحرارة (°C) وزمن التسخين (min.) . عند استعمال التسخين الأومي بفروق جهد V220 ، 110 ، 80 والبسترة التقليدية السريعة . لقد ازدادت درجة الحرارة معنويا ($P\leq 0.05$) مع زيادة زمن التسخين عند استعمال التسخين الأومي بفروق جهد 220V ، 110 ، 80 والبسترة التقليدية السريعة لقد كانت درجة حرارة الحليب الاولية ^{o}C 22 وبعد مرور دقيقة من التسخين كانت درجة حرارة الحليب^{o}C 30 ,30 ,30 ,32 على التوالي وبعد مرورmin.5بلغت درجة حرارة الحليب^{o}C 55 ,72 ,63 ,65 على الترتيب . ولغرض الوصول إلى درجة حرارة البسترة ^{o}C 72تطلب زمنا مقداره 6.65, 6.15, 5,15, 7.65 min.على التوالي وهذا يتفق مع (Icier and Ilicali,(2005 و Kong *etal*,(2008) و (Darvishi*et al*,(2011 الذين بينوا على إن درجة الحرارة تزداد مع زيادة فرق الجهد وانخفاض زمن التسخين اللازم . لكن قد يزداد زمن التسخين على الرغم من فرق الجهد العالي المطبق على الحليب وهذا ما حصل عند فرق الجهد 110V إذ كان أبطا من 80Vعند زمن بين 2-5 min ويرجع ذلك إلى طبقة الترسبات التي تتكون حول أقطاب التسخين إذ يحصل تباطؤ بسيط بارتفاع درجة الحرارة وزيادة زمن التسخين إذ تحدث دنترة لبروتينات الشرش على الأقطاب الكهربائية مما تكون عائق لمرور التيار الكهربائي بالمقدار الكافي وبالتالي يحصل تباطؤ بارتفاع درجة الحرارة وزيادة زمن التسخين نسبيا .

وأظهرت النتائج إن العلاقة التي تحكم درجة الحرارة و زمن التسخين هي المعادلات اللاخطية التي تراوحت من الدرجة الثانية إلى الدرجة الخامسة بمعامل ارتباط 0.99.

معادلة (1) تمثل درجة الحرارة عند البسترة بالتسخين الأومي على 80V:

$$T_{80V} = -0.6246t^2 + 11.799t + 21.478 \dots\dots\dots (5)$$

المعادلة (6) تمثل درجة الحرارة عند البسترة بالتسخين الأومي على220V :

$$T_{220V} = 0.2507t^4 - 3.625t^3 + 15.095t^2 - 6.4339t + 23.288 \dots\dots\dots (6)$$

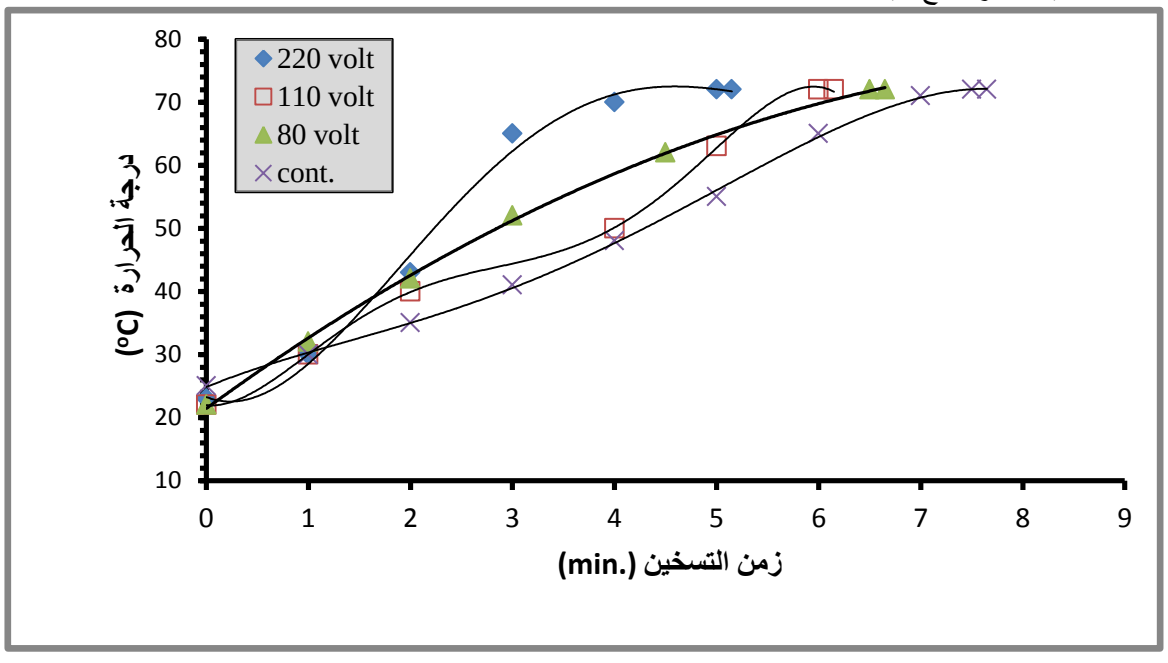
المعادلة (7) تمثل درجة الحرارة عند التسخين بالبسترة التقليدية السريعة :

$$T_{Cont.} = -0.0405t^4 + 0.5209t^3 - 1.6774t^2 - 6.6737t + 24.862 \dots\dots. (7)$$

المعادلة (8) تمثل درجة الحرارة عند التسخين الأومي على110V:

$$T_{110V} = -0.122t^5 + 1.7925t^4 - 8.9003t^3 + 16.887t^2 - 1.5958X + 21.989 \dots\dots\dots (9)$$

وبينت النتائج وجود اختلافات معنوية ($P\leq 0.05$) بين التسخين الأومي بفروق الجهد220V ، 110، 80 والبسترة التقليدية السريعة . وكان التسخين أسرع عند220Vثم110Vثم80Vثم البسترة التقليدية السريعة ولكن البسترة عند 80 V هي الافضل لانها لاتسبب تلف الحليب مقارنة مع بقية المعاملات.



شكل (1) : العلاقة بين درجة الحرارة و زمن التسخين الأومي لفروق الجهد V220 ، 110 ،80 والبسترة التقليدية السريعة

4.1.4التوصيل الحراري Thermal conductivity

يوضح الشكل (2) العلاقة بين درجة الحرارة (°C) والتوصيل الحراري للحليب (W/m.°C) في التسخين الأومي عند فروق جهد مختلفة220V ،110 ، 80 والبسترة التقليدية السريعة . ان التوصيل الحراري قد ازداد معنويا ($P \leq 0.05$) مع زيادة درجة الحرارة عند التسخين الأومي بفروق الجهد جميعها والبسترة التقليدية السريعة فعندما كانت درجة الحرارة72°C ، 62 ، 52 ، 42 ، 32 ، 22 كان التوصيل الحراري0.6W/m.°C ، 0.59 ، 0.58، 0.57 ، 0.56 ، 0.55 على التوالي للتسخين الأومي على 80V وهذا يتفق مع Muramatsu*et al*,(2005) و Kurozawa*et al* (2008) الذين بينوا على ان التوصيل الحراري يزداد مع زيادة درجة الحرارة .

وأظهرت النتائج عدم وجود فروق معنوية بين التسخين الأومي عند جميع فروق الجهد والبسترة التقليدية السريعة .

المعادلة (10) تمثل العلاقة بين التوصيل الحراري للحليب ودرجة الحرارة في التسخين الأومي عند80V :

$$K_{80V} = 0.001T + 0.532 \ldots\ldots\ldots (10)$$

المعادلة (11) تمثل العلاقة بين التوصيل الحراري للحليب ودرجة الحرارة في التسخين الأومي عند110V :

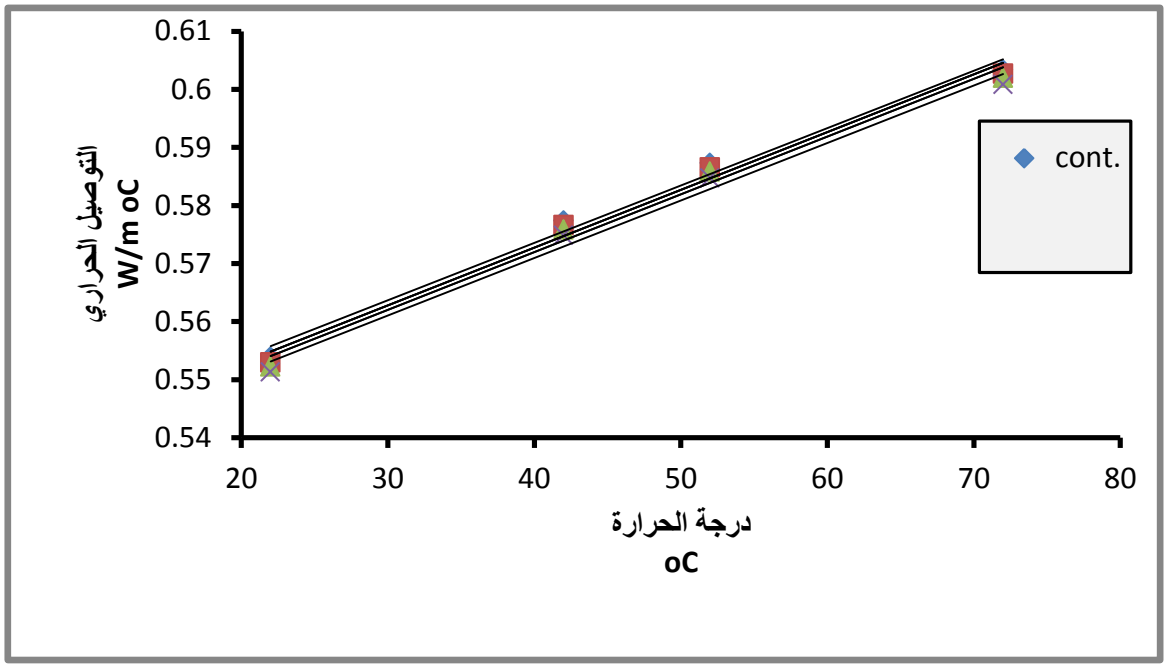
$$K_{110V} = 0.001T + 0.532 \ldots\ldots\ldots (11)$$

المعادلة (12) تمثل العلاقة بين التوصيل الحراري للحليب ودرجة الحرارة في التسخين الأومي عند220V :

$$K_{220V} = 0.001T + 0.531 \ldots\ldots\ldots (12)$$

المعادلة (13) تمثل العلاقة بين التوصيل الحراري للحليب ودرجة الحرارة في البسترة التقليدية السريعة :

$$K_{cont.} = 0.001T + 0.534 \ldots\ldots\ldots (13)$$



شكل (2) : العلاقة بين التوصيل الحراري ودرجة الحرارة لفروق الجهد V220 ، 110 ،80 والبسترة التقليدية السريعة

لزوجة الحليب Milk Viscosity

يوضح الشكل (3) العلاقة بين لزوجة الحليب (Pa.s) ودرجة الحرارة (°C) عند استعمال التسخين الأومي بفروق جهد مختلفةV220 ، 110 ، 80 والبسترة التقليدية السريعة . انخفضت لزوجة الحليب مع زيادة درجة الحرارة في التسخين الأومي لجميع فروق الجهد والبسترة التقليدية السريعة ، فعندما كانت درجة الحرارة°C 22 كانت لزوجة الحليب1.73×10^{-3} Pa.s، 1.71×10^{-3} ، 1.33×10^{-3} ، 1.65×10^{-3} على التوالي في التسخين الأومي لفروق الجهدV220 ، 110 ، 80 والبسترة التقليدية السريعة وبلغت2.8×10^{-4} Pa.s، 7.84×10^{-5} ، 2.93×10^{-4} ، 2.8×10^{-4} على التوالي عند درجة الحرارة°C72 وهذا يعود الى ان زيادة درجات حرارة الحليب يؤدي الى انخفاض التكتلات الدهنية المسؤولة عن ارتفاع لزوجة الحليب وبالتالي انخفاض اللزوجة . إن تكتلات الحبيبات الدهنية تعمل على إعاقة سيولة الحليب بسبب زيادتها للاحتكاك الداخلي للحليب ومن ثم زيادة اللزوجة (الشبيبي وآخرون، 1980). وهذا يتفق مع

وأشار الشبيبي وآخرون (1980) ان معدل لزوجة الحليب القياسي على درجة حرارة°C20 هو 1.5–2.0 والذي يعادل Pa.s0.002-0.0015.

وبينت النتائج انه لم تظهر فروق معنوية بين التسخين الأومي عندV80 و 220 والبسترة التقليدية وظهرت فروق معنوية في حالة التسخين علىV110. وأظهرت النتائج ان العلاقة بين لزوجة الحليب ودرجة الحرارة خطية عند استعمال التسخين الأومي بفرق جهدV80 ، 220 والبسترة التقليدية وكان معامل الارتباط يتراوح بين 0.97 و 0.98 وكما هو مبين في المعادلات التالية التي يمكن التنبوء من خلالها بلزوجة الحليب عند أي درجة حرارية :

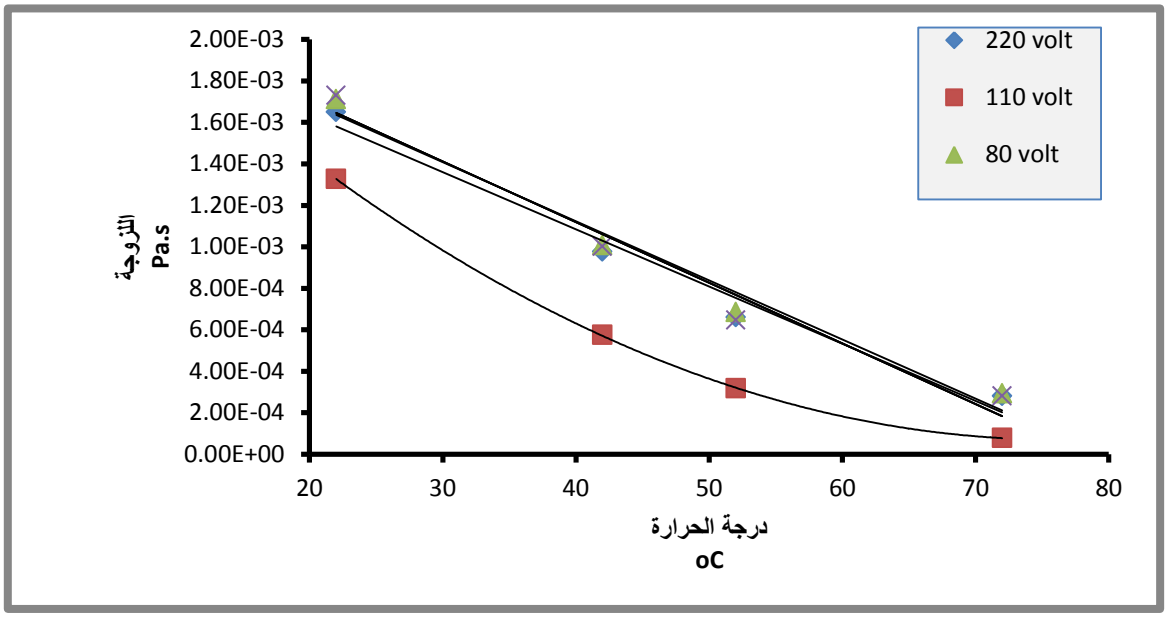
$$\mu_{220V} = -2.756 \times 10^{-5}T + 0.002 \dots\dots\dots (14)$$

$$\mu_{80V} = -2.85 \times 10^{-5}T + 0.002 \dots\dots\dots (15)$$

$$\mu_{Cont.} = -2.923 \times 10^{-5}T + 0.002 \dots\dots\dots (16)$$

بينما كانت العلاقة من الدرجة الثانية بين لزوجة الحليب ودرجة الحرارة في التسخين الأومي لفرق الجهد 110 V وكان معامل الارتباط 0.99

$$\mu_{110V} = 4.312 \times 10^{-7}T^2 - 6.559 \times 10^{-5}T + 0.003 \dots\dots\dots (17)$$



شكل (3) : العلاقة بين اللزوجة ودرجة الحرارة لفروق الجهد V220 ، 110، 80 والبسترة التقليدية السريعة

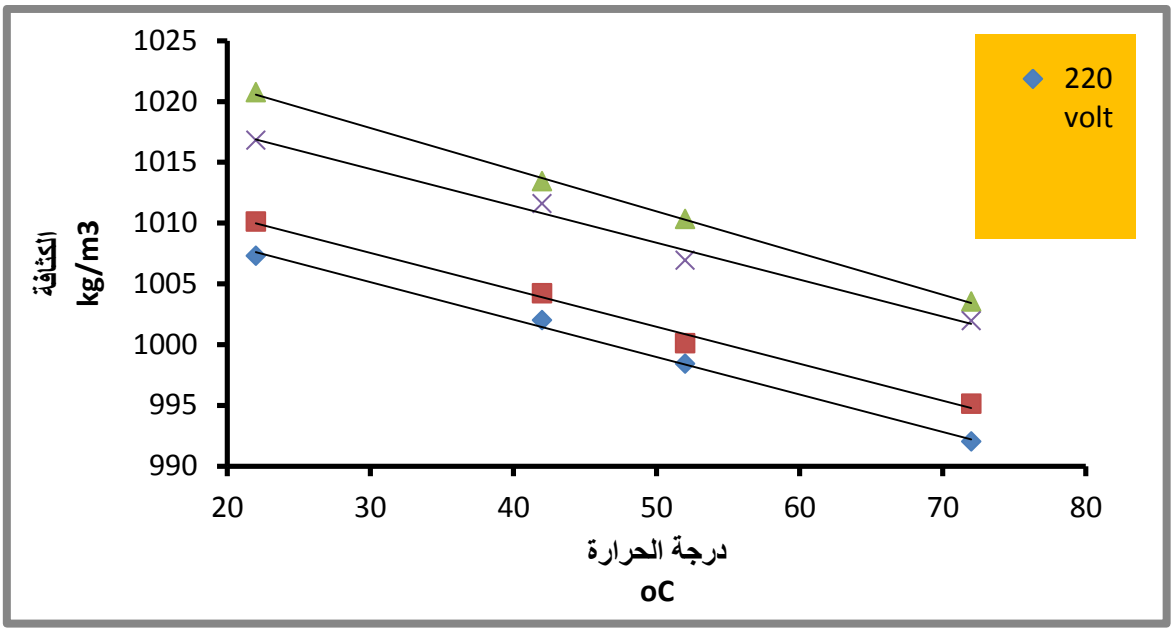
كثافة الحليب Milk density

يبين الشكل (4) العلاقة بين كثافة الحليب Kg/m^2 ودرجة الحرارة °C عند فروق جهد مختلفةV220 ، 110 ، 80 إذ ان كثافة الحليب انخفضت مع زيادة درجة الحرارة ولجميع فروق الجهد وبلغت كثافة الحليب المعامل بالتسخين الأومي عند فرق جهدV80 عند درجة حرارة °C 20 هو 1.020 وهي مقاربة لما توصل إليها (النمر، 2003) إذ بين بان كثافة الحليب في درجة حرارة°C15.5 تتراوح ما بين (1.030–1.025) أما في البسترة التقليدية فان الكثافة في درجة حرارة°C20 كانت اقل من الكثافة فيV80 . أن التناسب العكسي ما بين الكثافة ودرجة الحرارة في الحليب يعود بالدرجة الأولى إلى وجود البروتينات والدهن في الحليب . إذ أن قلة الدهن في الحليب يؤدي إلى انخفاض الكثافة و أن التبخر الحاصل أثناء التسخين قد يؤدي إلى انخفاض الرطوبة وبالتالي انخفاض كثافة الحليب عن الحد القياسي (الشبيبي واخرون ، 1980) .

وعند استعمال التسخين الأومي لفروق الجهدV220 ، 110كانت قيم الكثافة اقل منها عندV80 والبسترة التقليدية السريعة. و أظهرت النتائج أن قيمة الكثافة عند استعمال فرق الجهد 110V كانتKg/m^3 1010.1 وعندV220 كانتKg/m^2 1007.29 والسبب قد يعود إلى أن التسخين الشديد يسبب انخفاض في رطوبة الحليب مما يؤثر على قيمة الكثافة القياسية وكذلك فان الدنترة الحاصلة في بروتينات الشرش على الأقطاب يعني فقد جزء من بروتينات الحليب وبالتالي انخفاض قيمة الكثافة باعتبار أن البروتينات من العوامل المهمة التي تحدد القراءة القياسية للكثافة وهذا يتفق مع (الشبيبي واخرون ، 1980) إذ بين بان التناسب العكسي بين الكثافة ودرجة الحرارة يعتمد بالدرجة الأولى على وجود البروتينات والدهن في الحليب .

والمعادلات التجريبية التالية التي من خلالها يمكن التنبؤ لقيم الكثافة عند درجات حرارية مختلفة :

$$\rho_{220V} = -0.308T + 1014.395 \dots\dots\dots (18)$$
$$\rho_{110V} = -0.304T + 1016.674 \dots\dots\dots (19)$$
$$\rho_{220V} = -0.343T + 1028.114 \dots\dots\dots (20)$$
$$\rho_{cont.} = -0.303T + 1023.573 \dots\dots\dots (21)$$



شكل (4) : العلاقة بين الكثافة ودرجة الحرارة لفروق الجهد V220 ، 110 ،80 والبسترة التقليدية السريعة

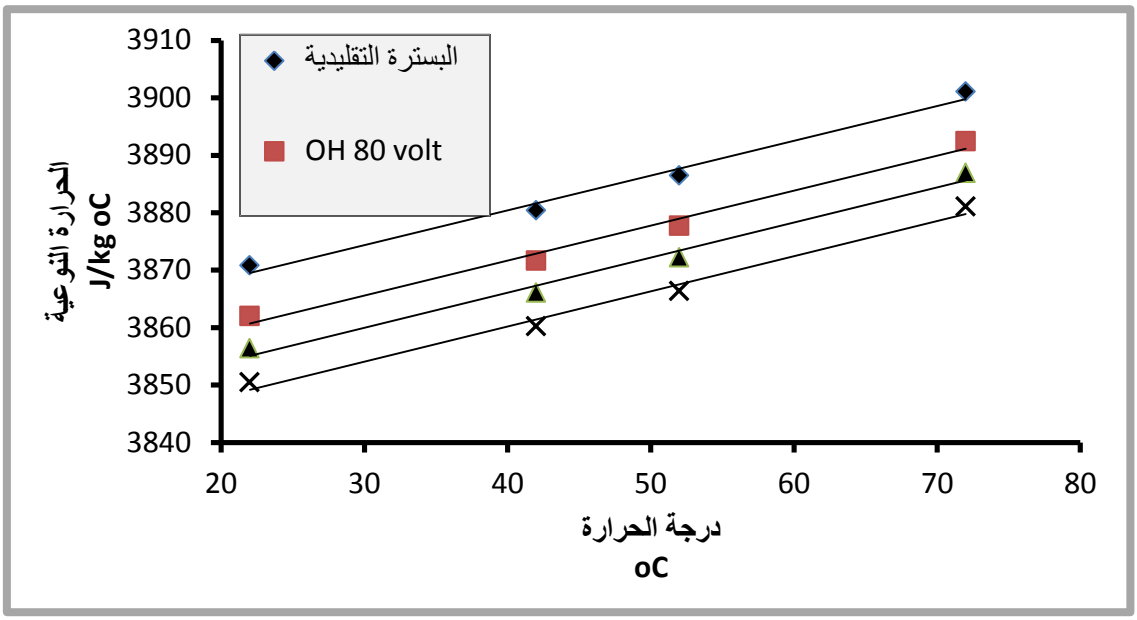
الحرارة النوعية Specific heat

يوضح الشكل (5) الذي يبين تأثير درجة الحرارة °C على الحرارة النوعية (J/kg.°C) في التسخين الأومي عند220 V ،110 ، 80 والبسترة التقليدية السريعة . ازدادت الحرارة النوعية معنويا (P≤ 0.05) مع زيادة درجة الحرارة في التسخين الأومي عند جميع فروق الجهد بالإضافة إلى البسترة التقليدية السريعة . فمثلا عند البسترة بالتسخين الأومي على80V عندما كانت درجة الحرارة22°C بلغت الحرارة النوعية3860J/ kg.°C ثم بدأت بالارتفاع مع ارتفاع درجات الحرارة إلى إن وصلت J/ kg.°C3890 في درجة حرارة البسترة72°C، أما التسخين الأومي عند110V فقد كانت الحرارة النوعية على22°C حوالي 3855 J/kg.°C إلى أن وصلت إلى 3880J/kg.°C عند درجة حرارة البسترة 72°C، وفي التسخين الأومي عند220V كانت الحرارة النوعية في 223850J/kg.°C ثم ازدادت الحرارة النوعية مع ارتفاع درجة الحرارة حتى وصلت إلى 3870 J/kg.°C في درجة حرارة البسترة72°C، وكانت الحرارة النوعية للحليب في البسترة التقليدية السريعة في 22°C3870J/ kg.°C و وصلت إلى 3900 J/ kg.°C في درجة حرارة البسترة72°C وأظهرت النتائج إن الحرارة النوعية كانت أعلى عند البسترة التقليدية السريعة ثم يليها التسخين الأومي على80V ومن ثم110V و 220 V على التوالي .

وبين Balint (2001) ان الحرارة النوعية هي دالة لدرجة الحرارة للمكونات المختلفة من الغذاء. وأشار Singh &Heldman,(2009) أن الحرارة النوعية للحليب المبستر الكامل هي 3860J/kg.°C .

أدناه المعادلات التجريبية للحرارة النوعية للحليب وبمعامل ارتباط يتراوح 0.99-0.98 :

$$C_{p\,220v} = 3835.752 + 0.611T \ldots\ldots\ldots (22)$$
$$C_{p\,110V} = 3841.651 + 0.611T \ldots\ldots\ldots (23)$$
$$C_{p\,80V} = 3847.316 + 0.609T \ldots\ldots\ldots (24)$$
$$C_{p\,cont.} = 3856.206 + 0.605T \ldots\ldots\ldots (25)$$



شكل (5) : العلاقة بين الحرارة النوعية ودرجة الحرارة لفروق الجهد V220 ، 110 ،80 والبسترة التقليدية السريعة

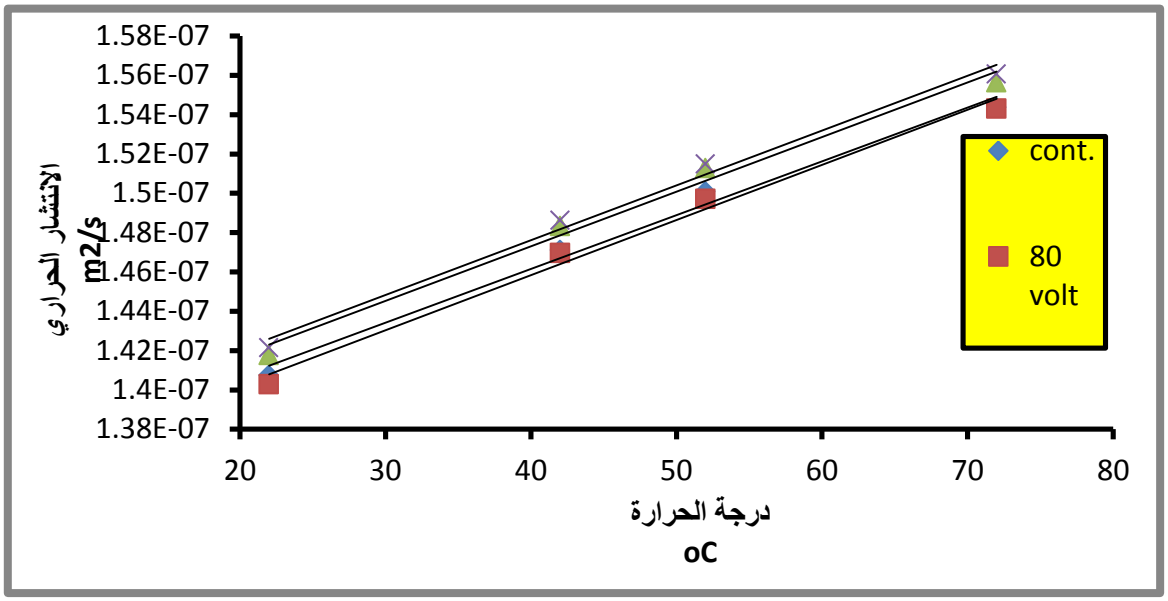
7.1.4الانتشار الحراريThermalDiffusivity

الشكل (6) يبين العلاقة بين الانتشار الحراري m^2/sودرجة الحرارة °C عند التسخين الأومي بفروق الجهدV220 ، 110 ، 80 والبسترة التقليدية السريعةاذ نلاحظ عدم وجود فروقات معنوية كبيرة بين فروق الجهد المختلفة والبسترة التقليدية السريعة في الانتشار الحراري فقد كانت معدلات الانتشار الحراري للحليب المبستر بالتسخين الأومي عند فروق الجهدV220 ، 110 ، 80 والبسترة التقليدية السريعة1.47951×10^{-7}،m^2/s،1.48321×10^{-7}،1.48584×10^{-7}،1.48066×10^{-7} على الترتيب. وهذا يتفق مع (2005) Wilhelm *et al*, الذين بينوا على ان الانتشار الحراري للمنتجات الغذائية يتراوح ما بينm^2/s 2×10^{-7}-1×10^{-7}.

ازداد الانتشار الحراري معنويا ($P\leq 0.05$) مع زيادة درجات الحرارة عند التسخين الأومي بفروق الجهد المختلفة جميعها والبسترة التقليدية السريعة فعندما كانت درجة الحرارة 22 °C كان الانتشار الحراري للحليب 1.40271×10^{-7} m^2/s ، 1.41767×10^{-7} ، 1.42138×10^{-7} ، 1.40734×10^{-7} في التسخين الأومي عند فروق جهدV220 ، 110 ، 80 والبسترة التقليدية السريعة على التوالي . وهذا يعود الى ان الانتشار الحراري يتناسب طرديا مع التوصيل الحراري وعكسيا مع الكثافة والحرارة النوعية . وبما ان التوصيل الحراري قد ازداد مع زيادة درجة الحرارة وبعكس الكثافة والحرارة النوعية لذلك ازداد الانتشار الحراري مع زيادة درجة الحرارة .

المعادلات الخطية التالية الخاصة بالانتشار الحراري للحليب عند البسترة بالتسخين الأومي عند فروق الجهد V220 ، 110 ، 80 والبسترة التقليدية السريعة :

$$\lambda_{220V}= 2.787\times10^{-10}T+1.365\times10^{-7} \quad \text{.....(26)}$$
$$\lambda_{110V}= 2.779\times10^{-10}T+1.362\times10^{-7} \quad \text{.....(27)}$$
$$\lambda_{80V}= 2.803\times10^{-10}T+1.346\times10^{-7} \quad \text{.....(28)}$$
$$\lambda_{cont.}= 2.736\times10^{-10}T+1.352\times10^{-7} \quad \text{.....(29)}$$



شكل (6) : العلاقة بين الانتشار الحراري ودرجة الحرارة لفروق الجهد V220 ، 110 ،80 والبسترة التقليدية السريعة

المصادر :

الحلفي، اسعد رحمان سعيد وعلي، حيدر ابراهيم ومحسن، غسان فيصل (2012). تصميم مبستر اومي للحليب و دراسة كفاءته. مجلة ابحاث البصرة (العلميات). 4 (38) : 1- 18.

حوباني، علي ابراهيم ابو بكر وحسن ، بكري حسين (1997). العمليات المتكاملة في التصنيع الغذائي . مترجم عن ار. ال . ايرل (1992) . النشر العلمي والمطابع ، جامعة الملك سعود.

الشبيبي ، محسن محمد علي و شكري ، نزار أحمد و طعمه ، صادق جواد و علي ، هيلانحمادي (1980) . مبادئ الألبان العامة .مؤسسة دار الحكمة للطباعة والنشر جامعةالموصل ، الموصل ـ العراق .

النمر،طارق مراد (2003).الألبان: النظرية والتطبيق.مكتبه بستان المعرفة لطبع ونشر وتوزيع الكتب ، جامعة الاسكندريه ، مصر

Barbosa-Cánovas ,G.V. ;Juliano , P.andPeleg ,M. (2004/Rev.2006).Engineering properties of food , [Ed. Gustavo V. Barbosa-Cánovas], in *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS),* Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford ,UK.

Farzana,S; Faqir, M. A.; Nuzhat, H.; Amer, J. (2010) .Effect of Different UHT Processing Temperatures on Ash and Lactose Content of Milk during Storage at Different Temperatures *J . AgriBiol*., Vol. 12, No. 3, 2010

Food and Drug Administration-Center for Food Safety and Applied Nutrition(FDACFSAN). 2000 .Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies-Ohmic and Inductive Heating www.cfsan.fda.gov/~comm/ift-ohm.html

Groves,M.L.(1978). Disc gel electrophoresis of minor milk .Proteins .Edited by Harold Swaisgood.

Hosain ,D .; Adel , H.; Farzad ,N.; Mohammad, H.K.; Hosain ,T. (2011).Ohmic Processing: Temperature Dependent Electrica Conductivities of Lemon Juice. *Published by Canadian Center of Science and Education* Vol. 5, No. 1; February 2011.

Icier, F.&Ilicali , C. (2005) . The effects of concentration on electrical conductivityof orange juice concentrates during ohmic heating. *EuropeanFoodResearchandTechnology*,220:406– 414 .

Kong,Y.Q. ; Dong, Li. ; Wang, L.J. ; Bhandari ,B. ; Chen,X.D. Mao, Z.H .(2008).Ohmic Heating Behavior of Certain Selected Liquid Food Materials, International.*JournalofFoodEngineering* ,Volume 4, Issue3.

Leizerson , S. and Shimoni , E. (2005) . Stability and sensory shelf life of orange juice pasteurized by continuous ,ohmic heating . *J. Agric Food ohem* .53 : 4012 - 2018 .

Louise ,E.K.; Kil, J.P.; Miriam, D.H.; Fernanda, E.X.M.andPatrícia, M.A. (2008). Thermal conductivity and thermal diffusivity of papaya (*Carica papaya* L.)and cashew apple (*Anacardiumoccidentale*L.)Braz. J. Food Technol., v. 11, n. 1, p. 78-85, jan./mar

Person , D. (1976) . The chemical analysis of food , 7th Ed . Churchill living stone , Edinburgh , London and New York .

Rao , M . A .; Rizvi , S . S .H .; Datta , A .K .(2005). Engineering properties of Food . Third edition .CRC Press.US.P.732.

Shirsat , N ., Lyng , J. G ., Brunton , N. P., McKenna , B . (2004) .Ohmicprocessing: Electrical conductivities of pork cuts. *MeatScience* ,67, 507–514.

Singh , R.P.; and D.R .Hedman . (2009) .Introduction to Food Engineering (fourth edition). Academic Press Publication.

Toledo, R.T.(2007).Fundamentals of food process Engineering . Third Edition .Springer Science + Business Media , LLC.P. 579.

Vicente, A.A. (2007). Novel technologies for the thermal processing of foods . Proceedings of Encontro de Quimica dos Alimentos: alimentostradicionais,alimentossaudaveisrastreabilidade" [CD-ROM]BeInstitutoPolitecnico de Beja , 2007, pp . 499 – 506 .

Vikram,V.B.; Ramesh, M. N.; Prapulla, S. G. (2005).Thermal degradation kinetics of nutrients in orange juice heated by electromagnetic and conventional methods.*JournalofFoodEngineering*, 69, 31–40.

Weast, R. C. and Melvin, J. A. (1982-1983). CRC. Hand book of chemistry and physics. ,63rd.

Zareifard, M. R.; Ramaswamy, H. S.; Trigui, M., Marcotte, M. (2003).Ohmic heating behavior and electrical conductivity of two-phase food Systems.Innovative Food Science and Emerging Technologies, 4, 45–55.