تصميم وتصنيع واختبار جهاز لبسترة الحليب لا حرارياً بالمجال الكهربائي

DESIGNING, MANUFACTURING AND TESTING OF AN APPARATUS FOR NON THERMAL MILK PASTEURIZATION BY ELECTRIC FIELD

علاء رياض عبد الستار

إشراف:

أ.م. د. أسعد رحمان سعيد الحلفي

قسم علوم الأغذية - كلية الزراعة - جامعة البصرة

2014

رَبِّ اشْرَحْ لِي صَدْرِي ﴿٢٥﴾
وَيَسِّرْ لِي أَمْرِي ﴿٢٦﴾
وَاحْلُلْ عُقْدَةً مِنْ لِسَانِي
﴿٢٧﴾ يَفْقَهُوا قَوْلِي ﴿٢٨﴾
صدق الله العلي العظيم

المقدمة:

- تتضمن عمليات صناعة الحليب ومنتجاته المعاملة الحرارية والتي تهدف شكل رئيس إلى قتل الأحياء المجهرية وإيقاف عمل الأنزيمات والتغيرات الكيميائية ، التي تعتمد بشكل رئيس على شدة المعاملة ، أي الجمع بين درجة الحرارة ومدة التسخين حيث أن بعض المعاملات الحرارية العالية قد تسبب تغيرات غير مرغوبة في اللون والطعم والنكهة كالتلون البني وتطور نكهة الطبخ وفقدان الغذاء للمثبطات البكترية وضعف في قدرة المنفحة (Walstr *et al*.,١٩٩٩) .
- إن طرق البسترة التقليدية تحتاج إلى طاقة عالية جداً والى وحدات أنتاج البخار ومساحة كبيرة وبالتالي كلفة اقتصادية عالية فضلاً عن الترسبات الحاصلة داخل المبادلات الحرارية التي يطلق عليها fouling والتي تقلل من معامل انتقال الحرارة إلى الحليب مع الزمن إضافة إلى فقدان الغذاء لكثير من الفيتامينات والعناصر الغذائية لذلك اتجه العالم الآن إلى تصنيع الأغذية لا حراريا للتخلص من المشاكل المرافقة للتصنيع الحراري وتقديم الغذاء بشكل شبه طازج.

ومن منظومات الغير حرارية المستخدمة في الوقت الحاضر هي الضغط الهيدروستاتيكي والبسترة بالأشعة فوق البنفسجية UV و الموجات فوق الصوتية Ultrasonic والطرد المركزي والترشيح الدقيق والمجال المغناطيسي والمجال الكهربائي العالي ذو التيار المستمر DC (Deeth and ،2002. Datte)

إن تكنولوجيا المجال الكهربائي النبضي مفيدة جداً في مجالات التصنيع خصوصاً في العلوم والهندسة البيولوجية، وهي من الطرق اللاحرارية التي تقضي على البكتريا فيزيائياً ومن خلال تحطيم الغشاء الخلوي للأحياء المهجرية حيث يعرض الحليب فيها إلى مجال كهربائي بحدود ٥٠٠٠٠ V/cm بشكل تيار مستمر وعلى هيئه نبضية. حيث يبقى الغذاء محتفظاً بنكهته وبدرجة كبيرة إلا إن هذا النوع من الأجهزة باهض التكاليف في تصنيعه (Ulmer *et al* ,2002; Picart *et al.*,2002; Vicente,.2007; Satoshi *et al*,2008)

- ذكر Gowrishankar *et al*,(2005) وLouise *et al* ,(2008) وWouters *et al* ,(2001) إن المجال الكهربائي غير الحراري كان له دور مهم وكبير في قتل الميكروبات مثل بكتريا *Escherichia coli* وخاصة المجال الكهربائي لمتوسط (MEF) ، إذ اثبتوا أن النقصان في إعداد الكائنات الحية يعود إلى المجال الكهربائي وليس إلى الزيادة في درجات الحرارة .
- وهذا ما أثبته Cho *et al.*,(1999) الى إن القتل غير الحراري للأحياء المجهرية ناتج عن مجال الكهربائي المار في المادة الغذائية والذي يتسبب في ظاهرة electroporation التي يتم من خلالها زعزعة استقرار الطبقة الثنائية (الدهن ، البروتين) في أغشية الخلايا وبالتالي فأن غشاء الخلية يصبح قابل للاختراق من قبل الجزيئات الصغيرة التي تتسبب في انتفاخ وتمزق الغشاء ومن ثم موت الخلية .

تهدف الدراسة الحالية إلى :

- إدخال تقنية المجال الكهربائي المتناوب(AC) في بسترة الحليب لا حرارياً لتقليل متطلبات الطاقة والحفاظ على النوعية والقابلية الخزنية للحليب مقارنة باحدى الطرائق التقليدية الأخرى وذلك من خلال تصميم و تصنيع جهاز لبسترة الحليب لا حرارياً بالمجال الكهربائي و بإستعمال فولتيات منخفضة تتراوح بين 10 – 25 V (AC)التي تقابلها شدة مجال كهربائي ٨.٣٣ - ٢٠.٨ V/cm وبنوع جديد من الأقطاب هو جسم الأنابيب الناقلة للحليب .

- دراسة الصفات الكيميائية والفيزيائية والبكتريولوجية للحليب قبل وبعد عملية البسترة لا حرارياً بالمجال الكهربائي والبسترة التقليدية السريعة .

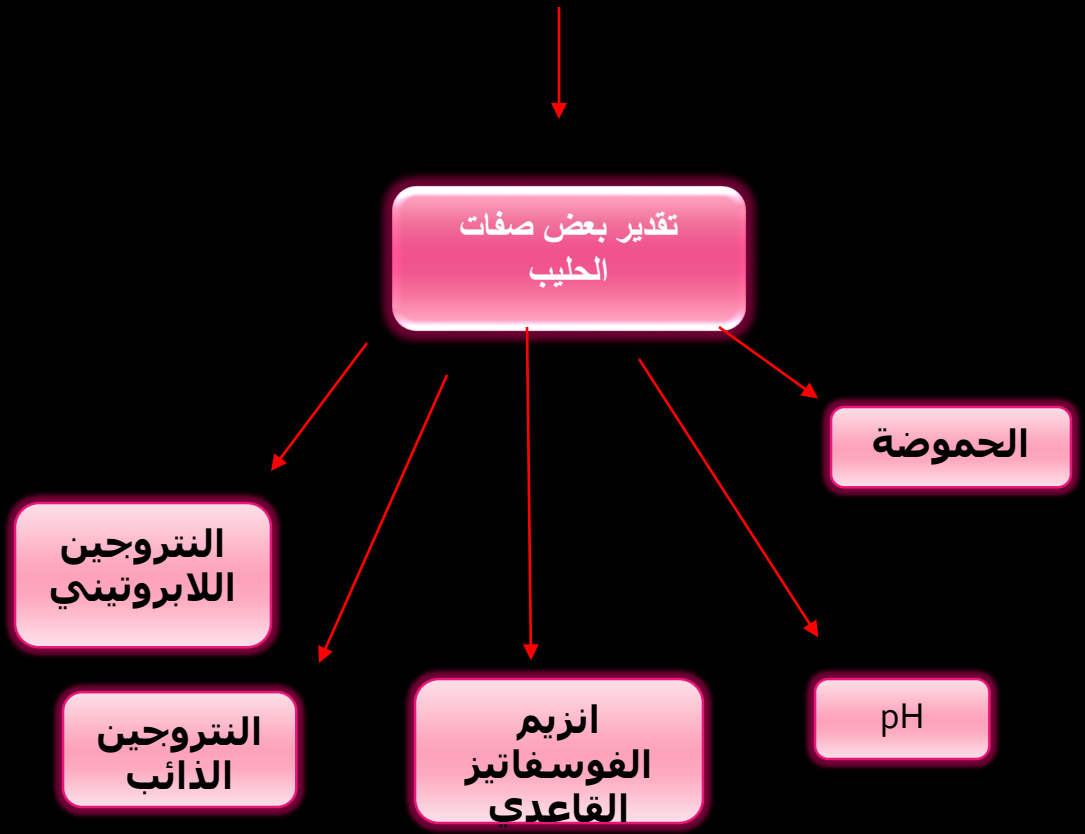
- دراسة مدى تأثير المجال الكهربائي على بروتينات الحليب من خلال تقدير النتروجين اللابروتيني والنتروجين الذائب .

- دراسة الجدوى الاقتصادية للجهاز.

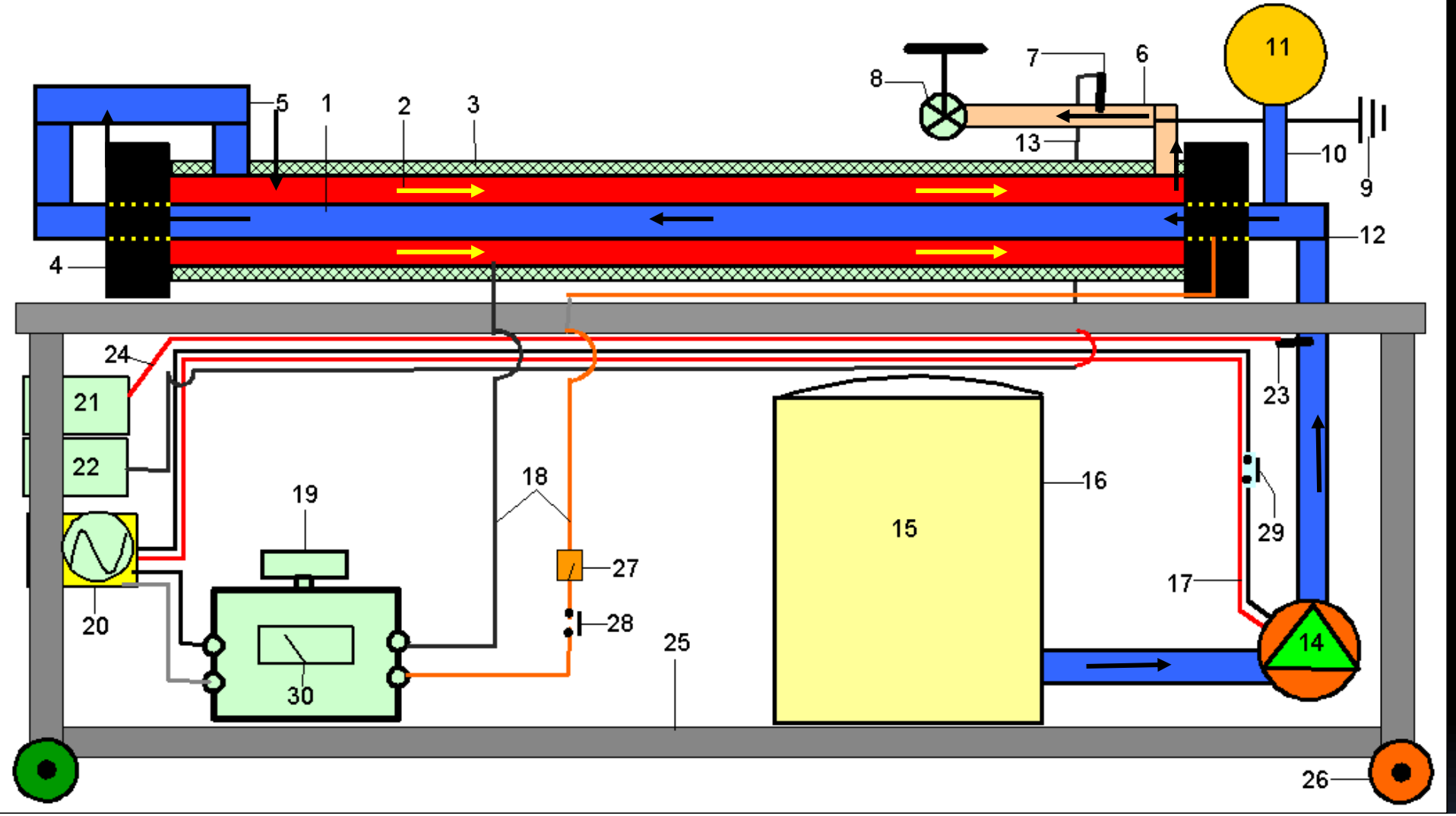
المواد والطرق

Materials & Methods

مخطط لطرائق العمل

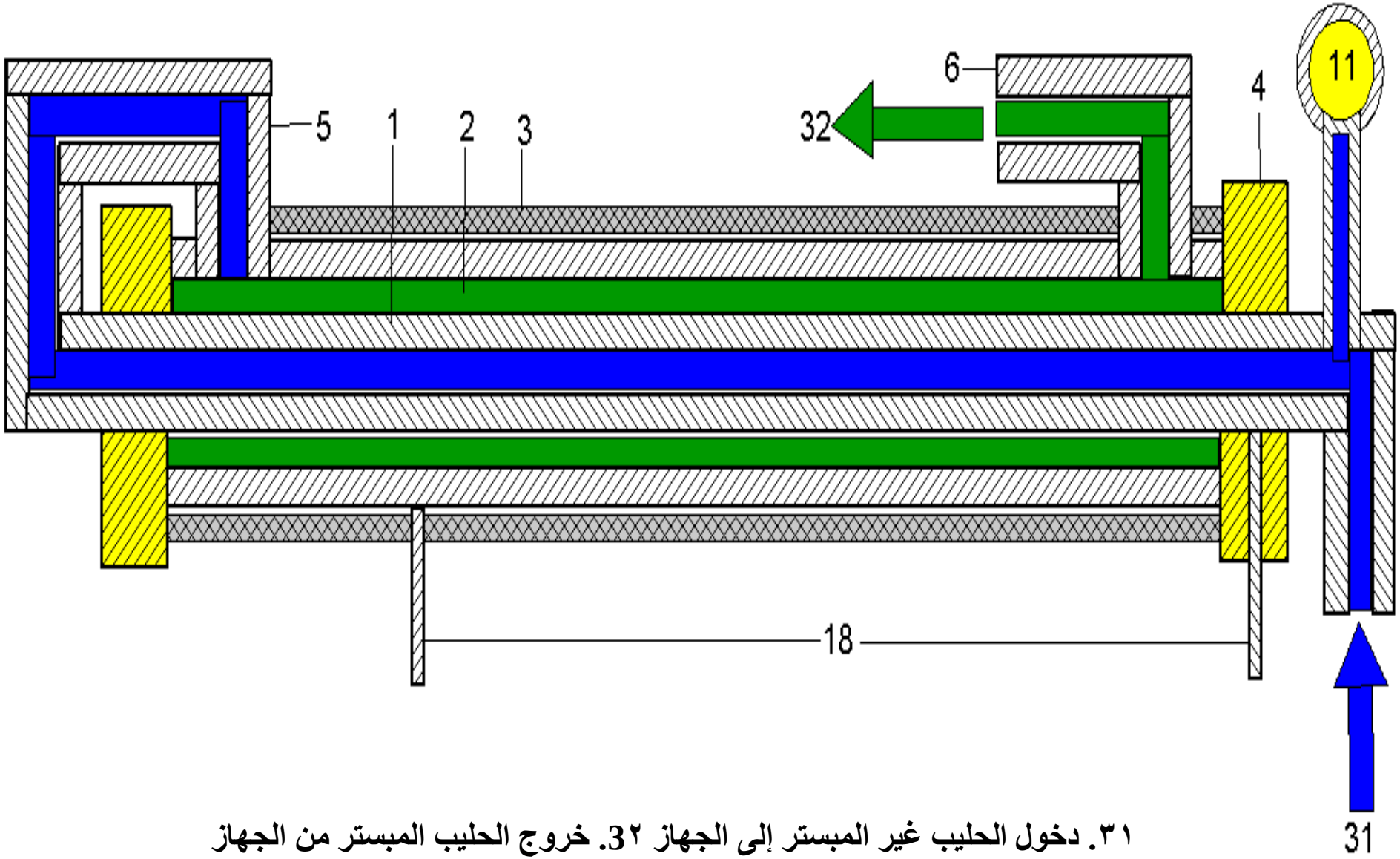

تقدير بعض صفات الحليب
الحموضة
النتروجين اللابروتيني
النتروجين الذائب
انزيم الفوسفاتيز القاعدي
pH

الحسابات الهندسية
شدة المجال الكهربائي
القدرة والقدرة الداخلة
التوصيل الكهربائي
زمن مكوث الحليب
نسبة الأحياء المجهرية المتبقية إلى الكلية C/CT
نسبة الانخفاض بالأحياء المجهرية%
زمن التخفيض العشري
الطاقة الداخلة
رقم رينولد
الإنتاجية



١.أنبوب داخلي من الحديد المقاوم للصدأ ٢. أنبوب خارجي من الحديد المقاوم للصدأ ٣.عازل ٤.تحويله من التفلون ٥.أنبوب بلاستيكي ٦.أنبوب خروج الحليب المبستر ٧، ٢٣.مزدوج حراري ٨.صمام ٩.ارضي ١٠.أنبوب ١١.م١.أنبوب داخلي من الحديد المقاوم للصدأ ٢. أنبوب خارجي من الحديد المقاوم للصدأ ٣.عازل ٤.تحويله من التفلون ٥.أنبوب بلاستيكي ٦.أنبوب خروج الحليب المبستر ٧، ٢٣.مزدوج حراري ٨.صمام ٩.ارضي ١٠.أنبوب ١١.مقياس الضغط ١٢، ١٧، ١٨.أسلاك كهربائية ١٣، ٢٤.أسلاك المزدوجات الحرارية ١٤.مضخة ١٥.حليب ١٦.خزان ١٩.مغير فولتية ٢٠.مصدر الكهرباء (AC) ٢١، ٢٢.مقياس درجة الحرارة ٢٥.هيكل الجهاز ٢٦.إطارات ٢٧.مقياس للتيار ٢٨، ٢٩.مفاتيح تشغيل ٣٠.مقياس للفولتية.

شكل (٣-١): مخطط لجهاز بسترة الحليب بالمجال الكهربائي (AC).



٣١. دخول الحليب غير المبستر إلى الجهاز 32. خروج الحليب المبستر من الجهاز

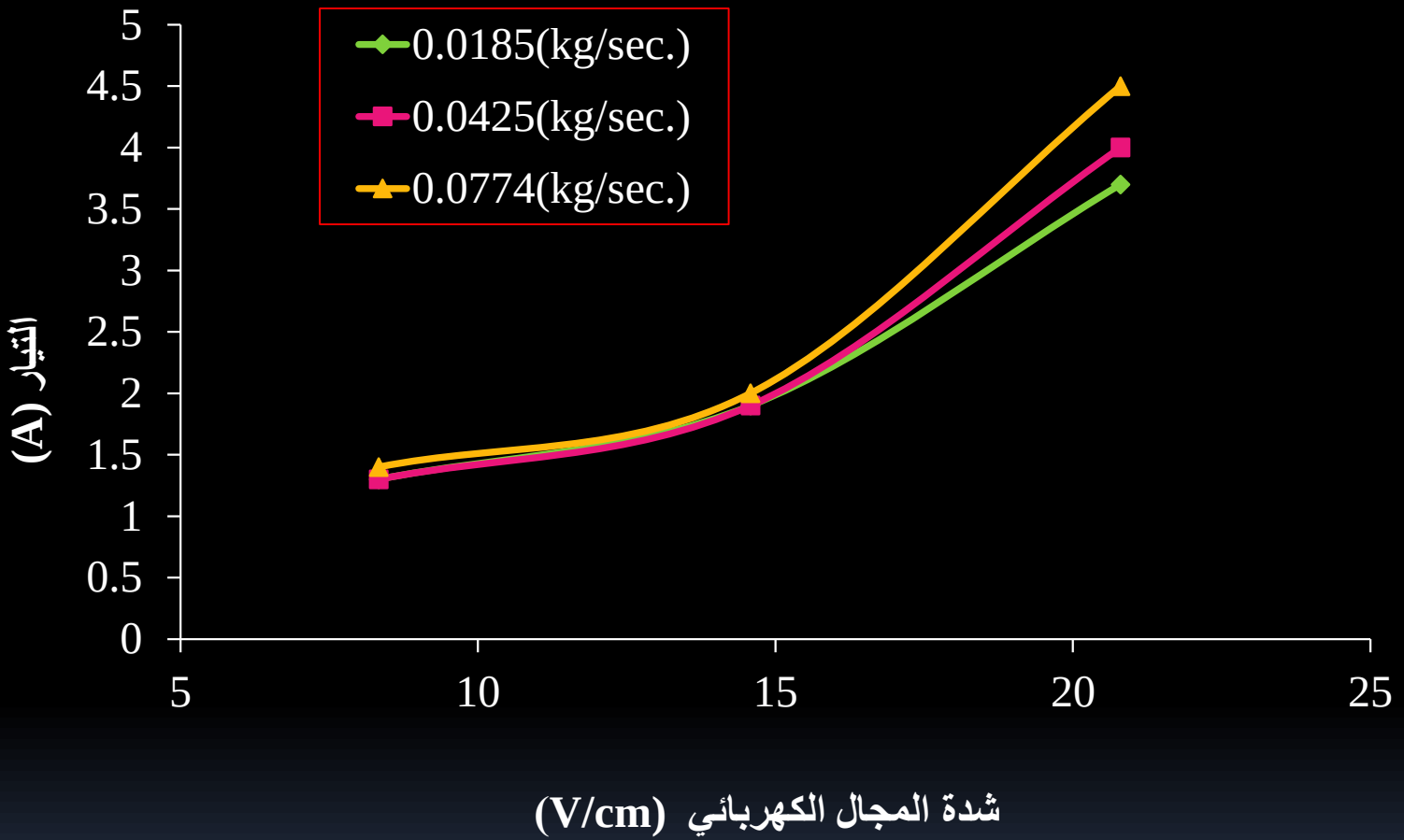
شكل (٢): مقطع أمامي لجهاز بسترة الحليب بالمجال الكهربائي (AC).

شكل (٣): صورة فوتوغرافية من الزاوية لجهاز بسترة الحليب بالمجال الكهربائي المصنع محلياً.

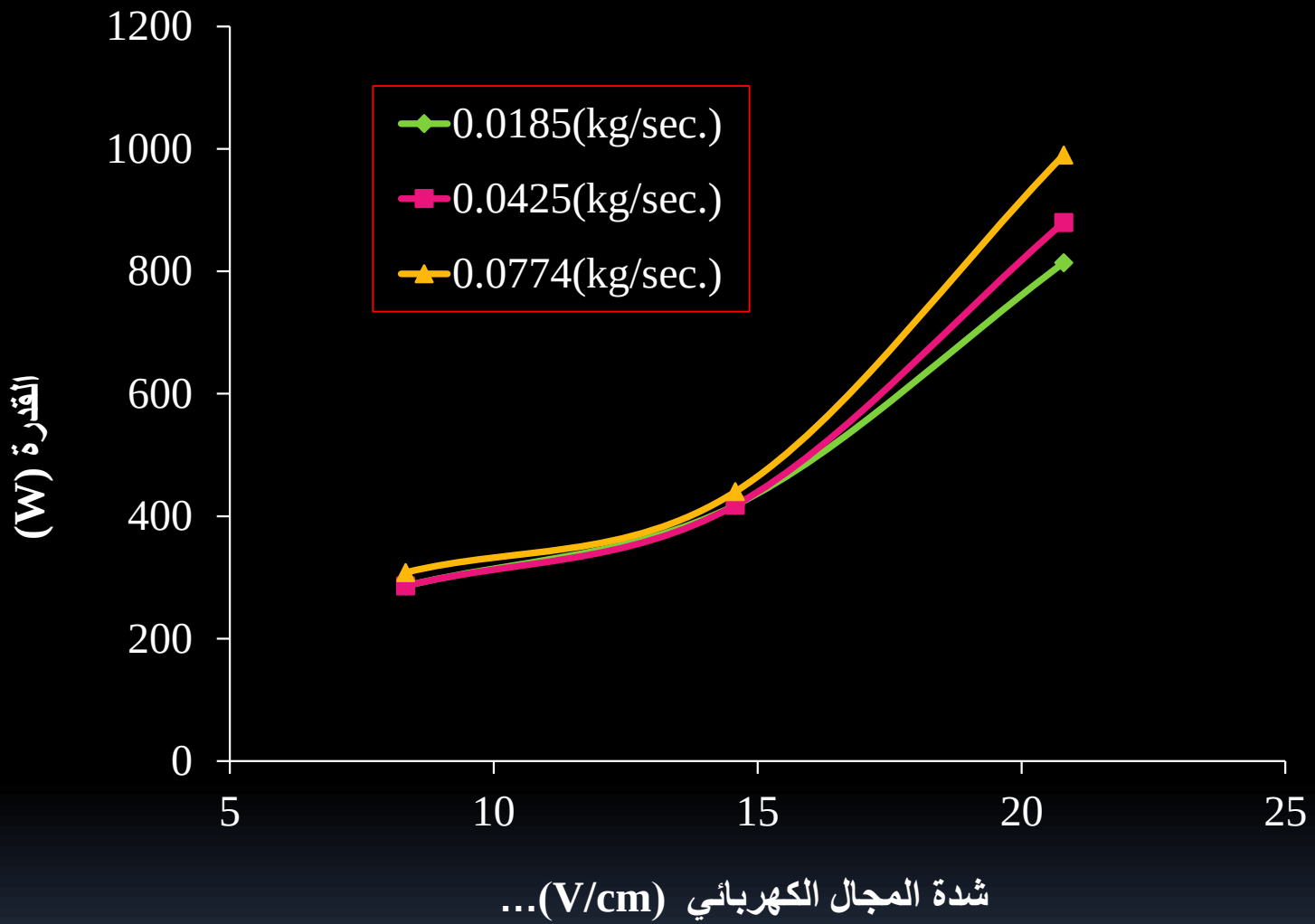
شكل (4): صورة فوتوغرافية من الخلف لجهاز بسترة الحليب بالمجال الكهربائي المصنع محلياً.

شكل (5): صورة فوتوغرافية من الأمام لجهاز بسترة الحليب بالمجال الكهربائي المصنع محلياً.

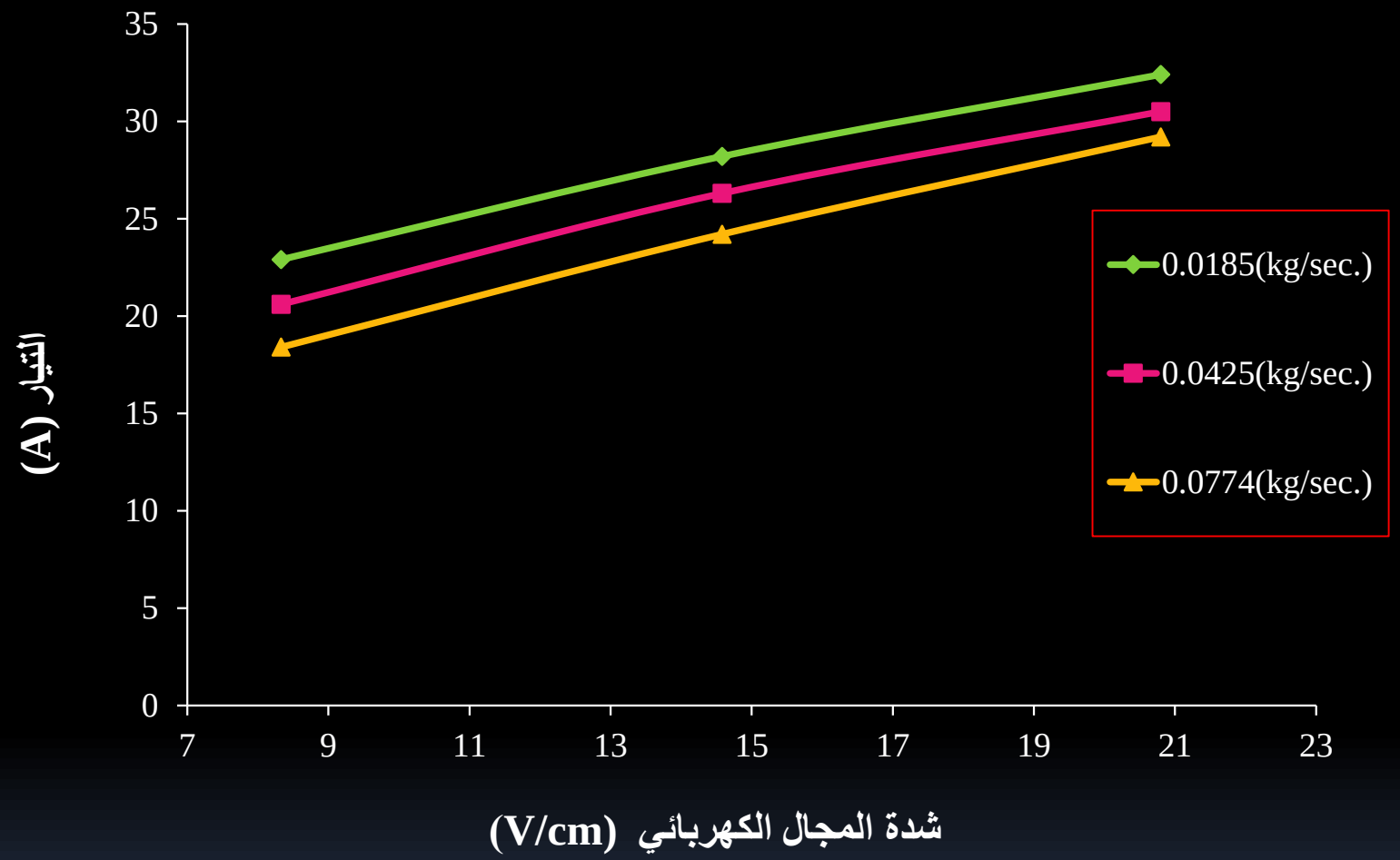
النتائج والمناقشة
Results & Discussion



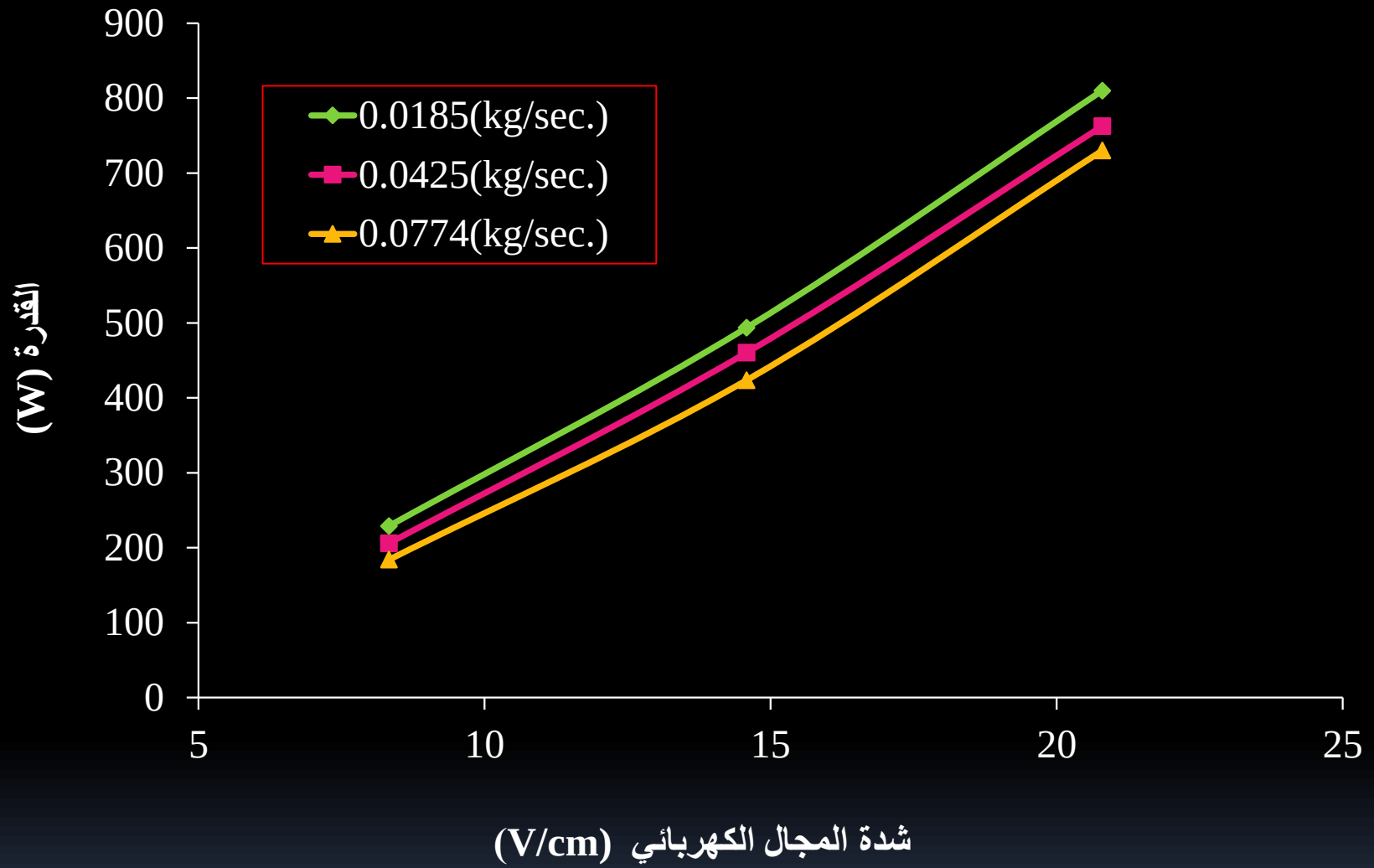
شكل (6): العلاقة بين شدة المجال الكهربائي والتيار المجهز من المصدر إلى مغير الفولتية لمعدلات جريان كتلي مختلفة.



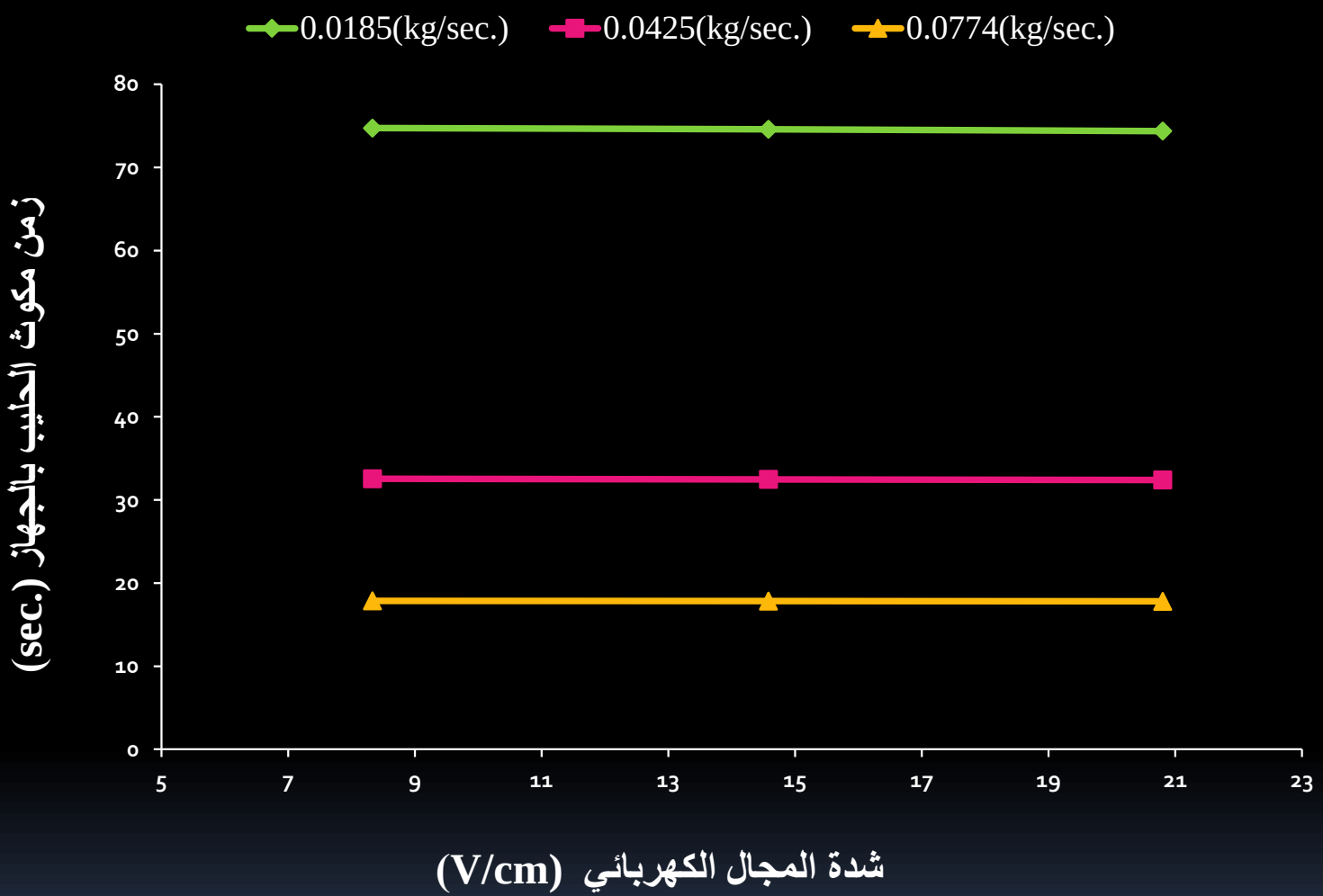
الشكل (7) : العلاقة بين شدة المجال الكهربائي والقدرة المجهزة من المصدر إلى مغير الفولتية لمعدلات جريان كتلي مختلفة.



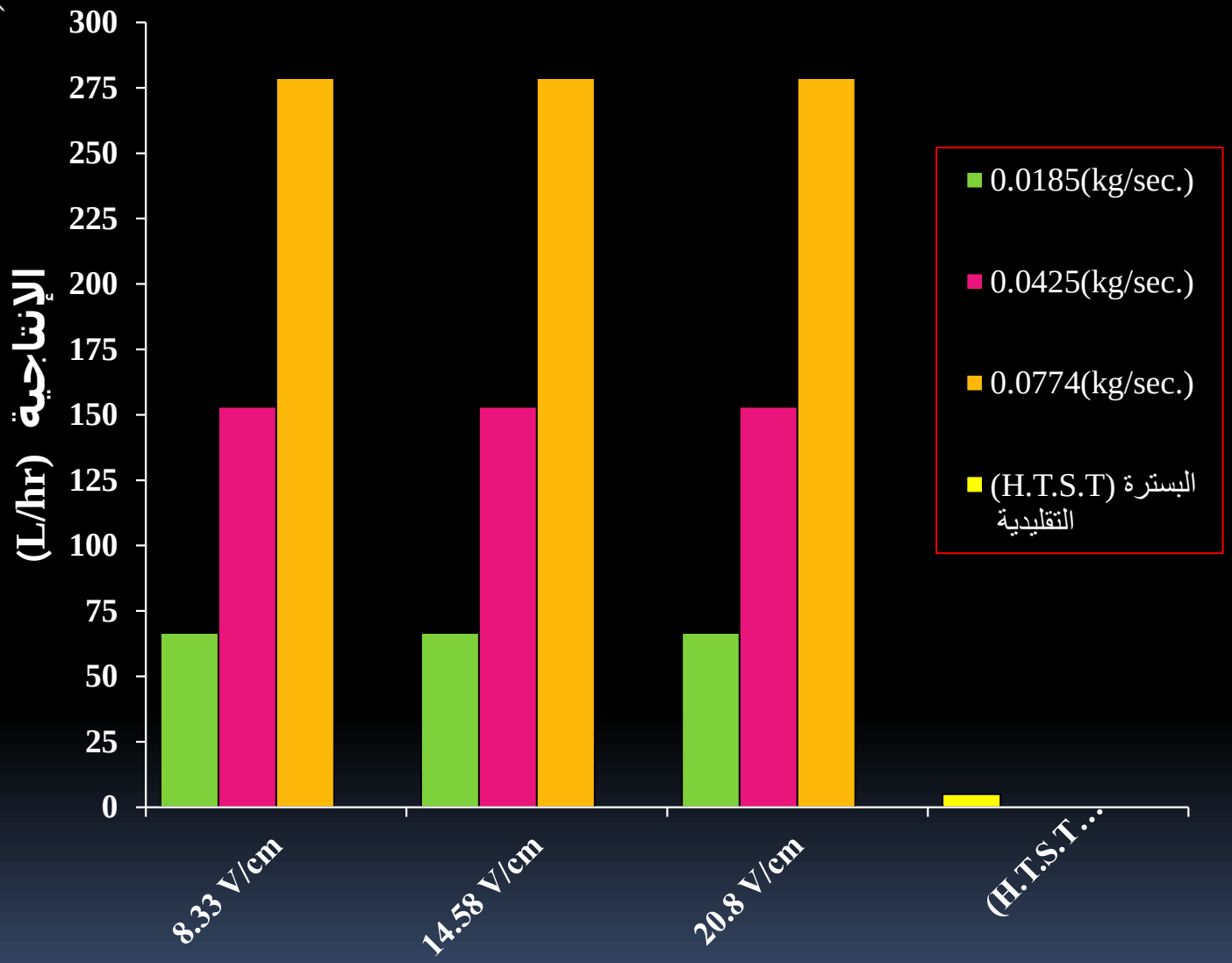
شكل (8): العلاقة بين شدة المجال الكهربائي والتيار المار في الحليب لمعدلات جريان كتلي مختلفة.



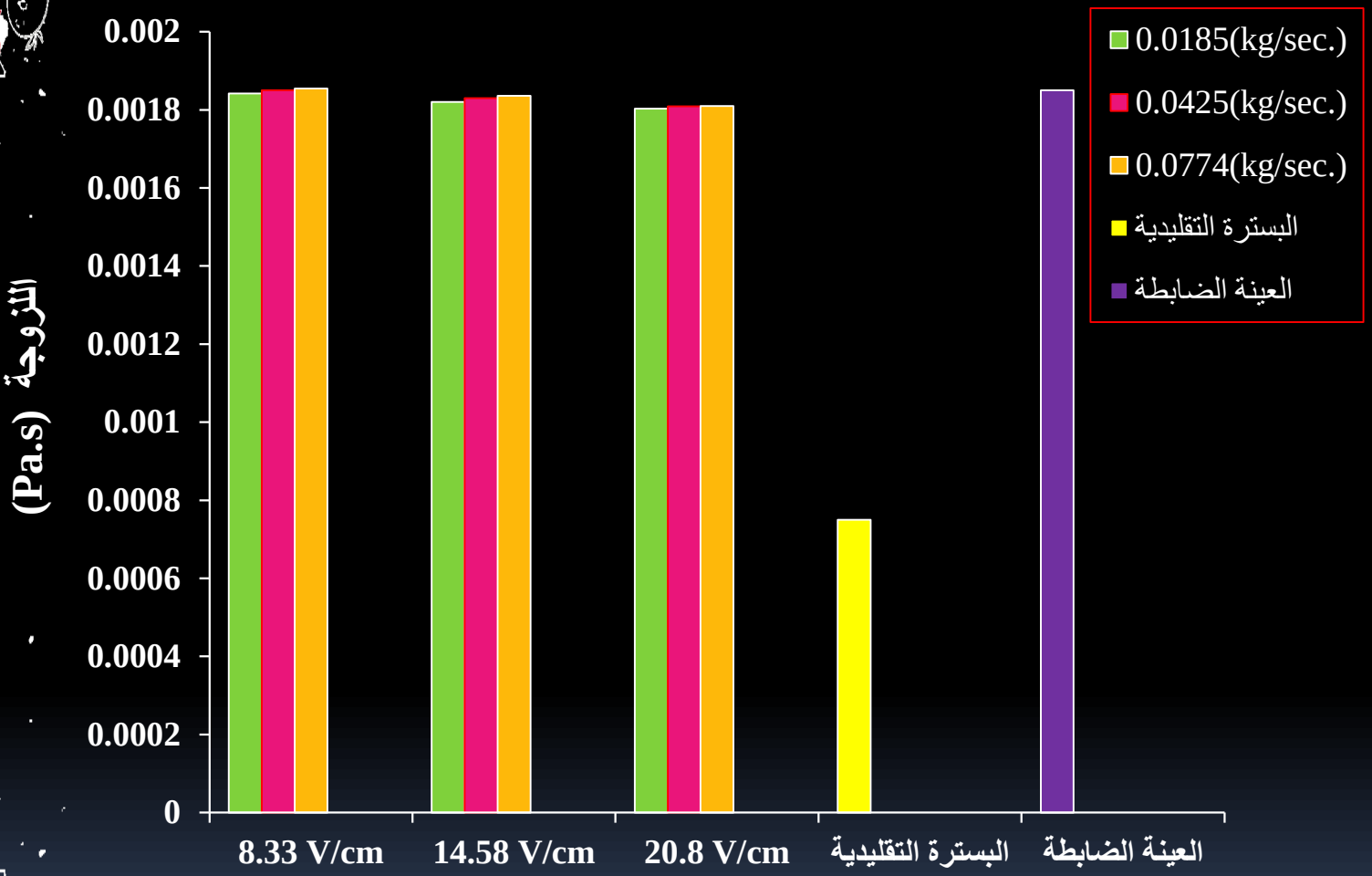
الشكل (9) : العلاقة بين شدة المجال الكهربائي والقدرة المستهلكة في البسترة اللاحرارية لمعدلات جريان كتلي مختلفة



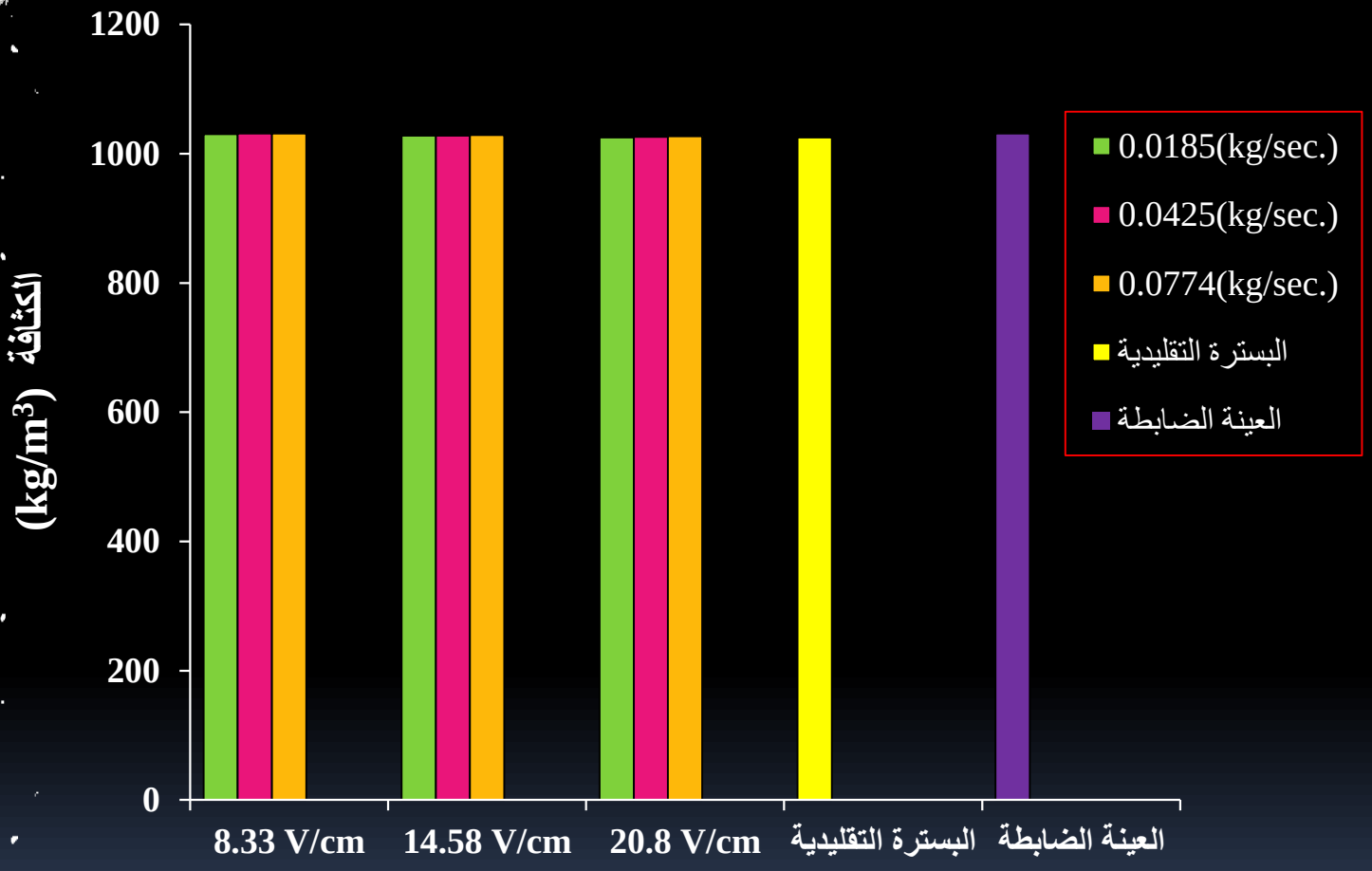
الشكل (10) : العلاقة بين شدة المجال الكهربائي وزمن مكوث الحليب بالجهاز لمعدلات جريان كتلي مختلفة.



الشكل (11) : العلاقة بين شدة المجال الكهربائي والإنتاجية لمعدلات جريان كتلي مختلفة والبسترة التقليدية.

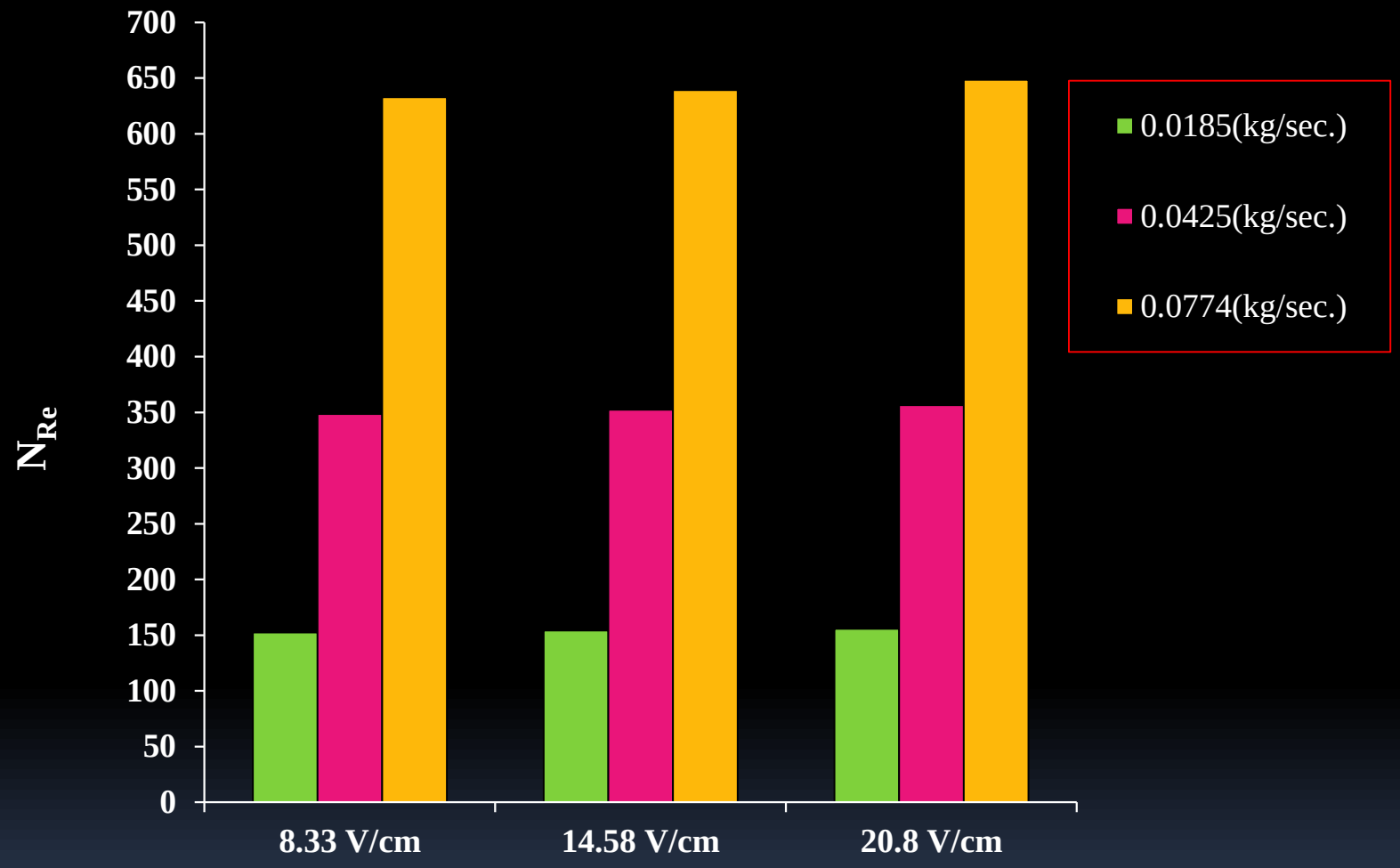


الشكل (12) : العلاقة بين شدة المجال الكهربائي واللزوجة لمعدلات جريان كتلي مختلفة والبسترة التقليدية والعينة الضابطة.

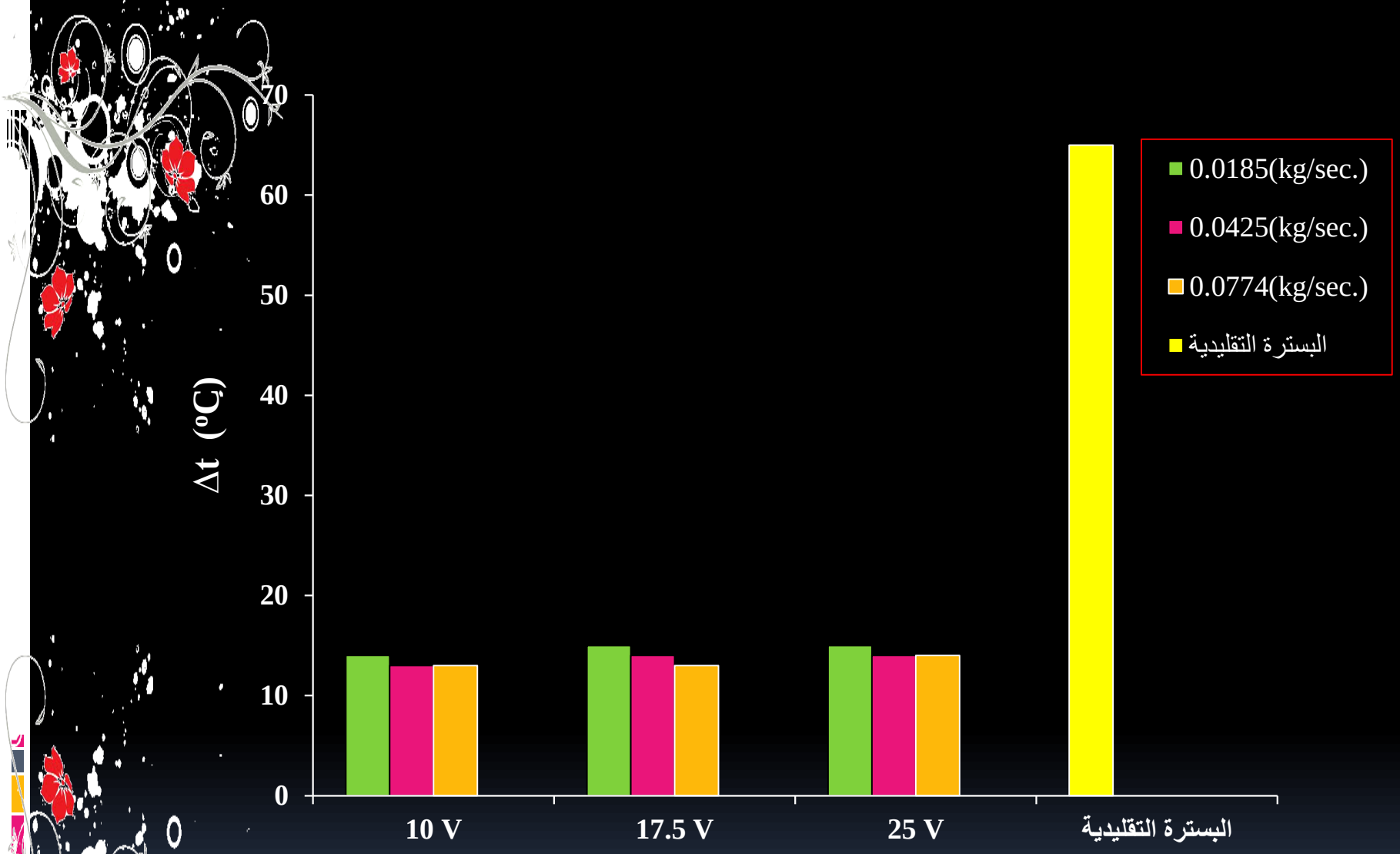


الشكل (13) : العلاقة بين شدة المجال الكهربائي والكثافة لمعدلات جريان كتلي مختلفة والبسترة التقليدية والعينة الضابطة.

الشكل (١٤) : العلاقة بين شدة المجال الكهربائي ونقطة الإنجماد لمعدلات جريان كتلي مختلفة والبسترة التقليدية والعينة الضابطة.



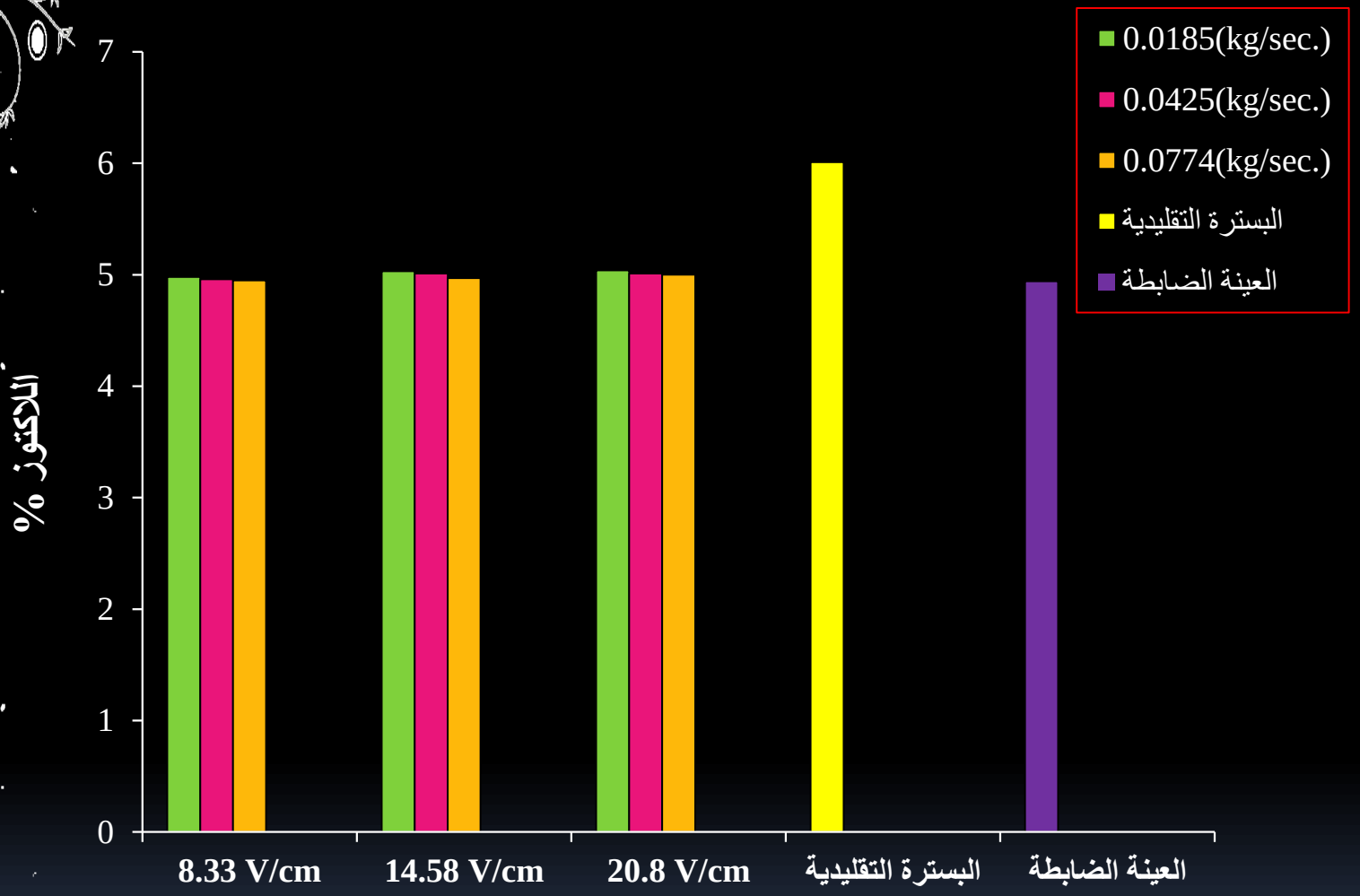
الشكل (15) : العلاقة بين شدة المجال الكهربائي ورقم رينولد لمعدلات جريان كتلي مختلفة .



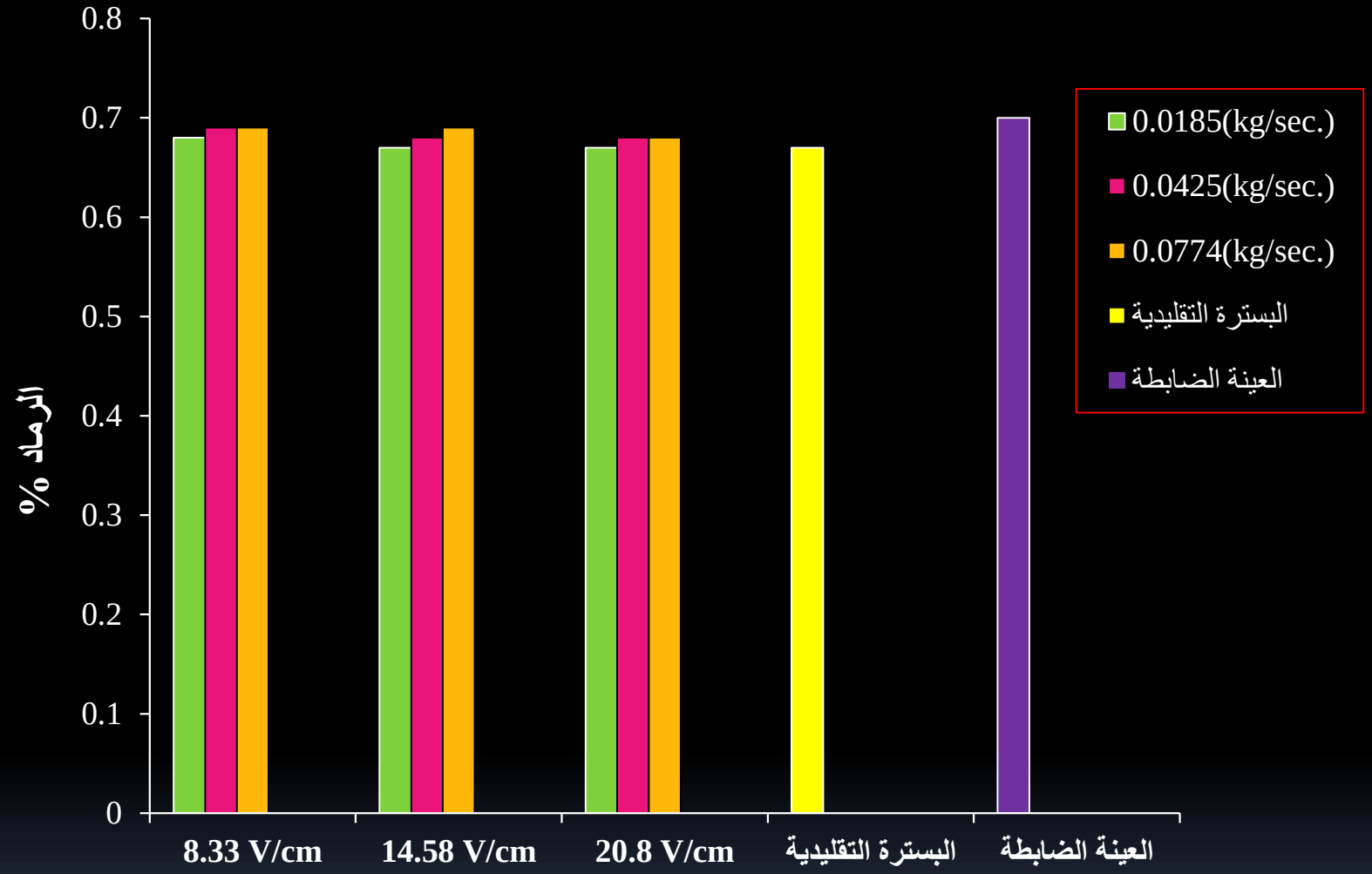
الشكل (16) : العلاقة بين الفولتية المطبقة والفرق بدرجات الحرارة الداخلة والخارجة للحليب عند معدلات جريان كتلي مختلفة.

الشكل (17) : العلاقة بين شدة المجال الكهربائي وبروتين الحليب لمعدلات جريان كتلي مختلفة والبسترة التقليدية والعينة الضابطة.

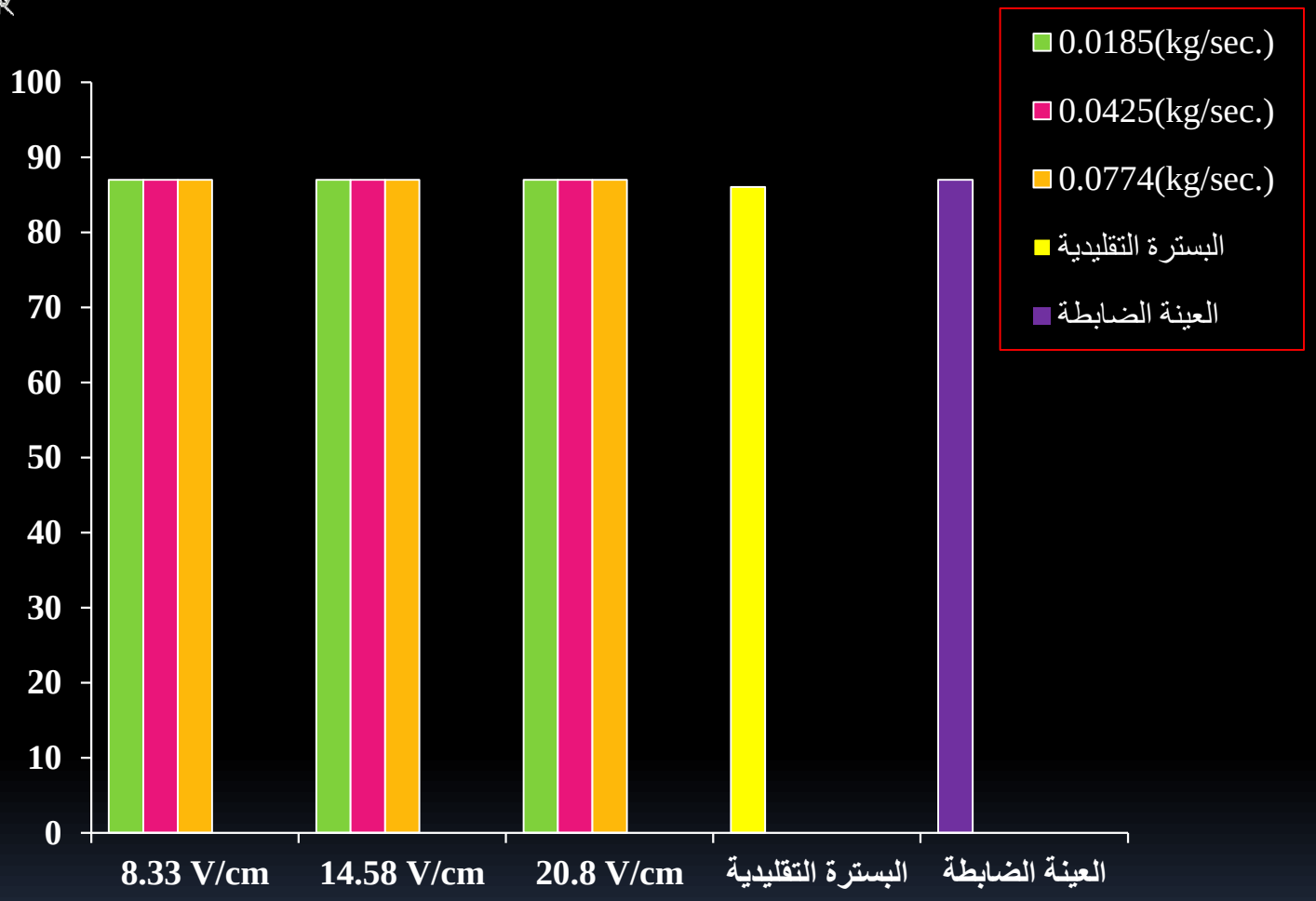
الشكل (18) : العلاقة بين شدة المجال الكهربائي ودهن الحليب لمعدلات جريان كتلي مختلفة والبسترة التقليدية والعينة الضابطة.



الشكل (19) : العلاقة بين شدة المجال الكهربائي وسكر الحليب لمعدلات جريان كتلي مختلفة والبسترة التقليدية والعينة الضابطة.



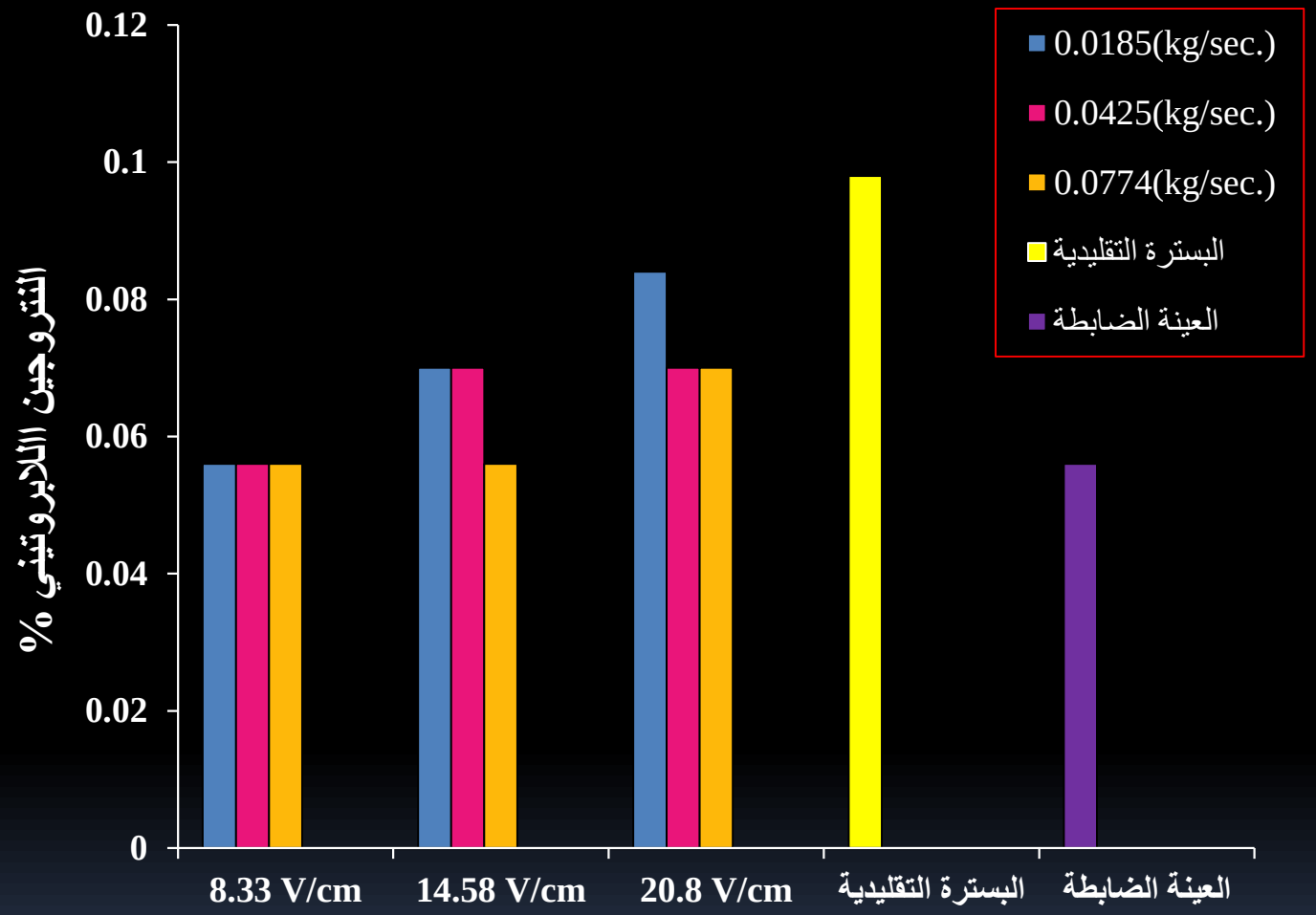
الشكل (20) : العلاقة بين شدة المجال الكهربائي والنسبة المئوية للرماد لمعدلات جريان كتلي مختلفة والبسترة التقليدية والعينة الضابطة.



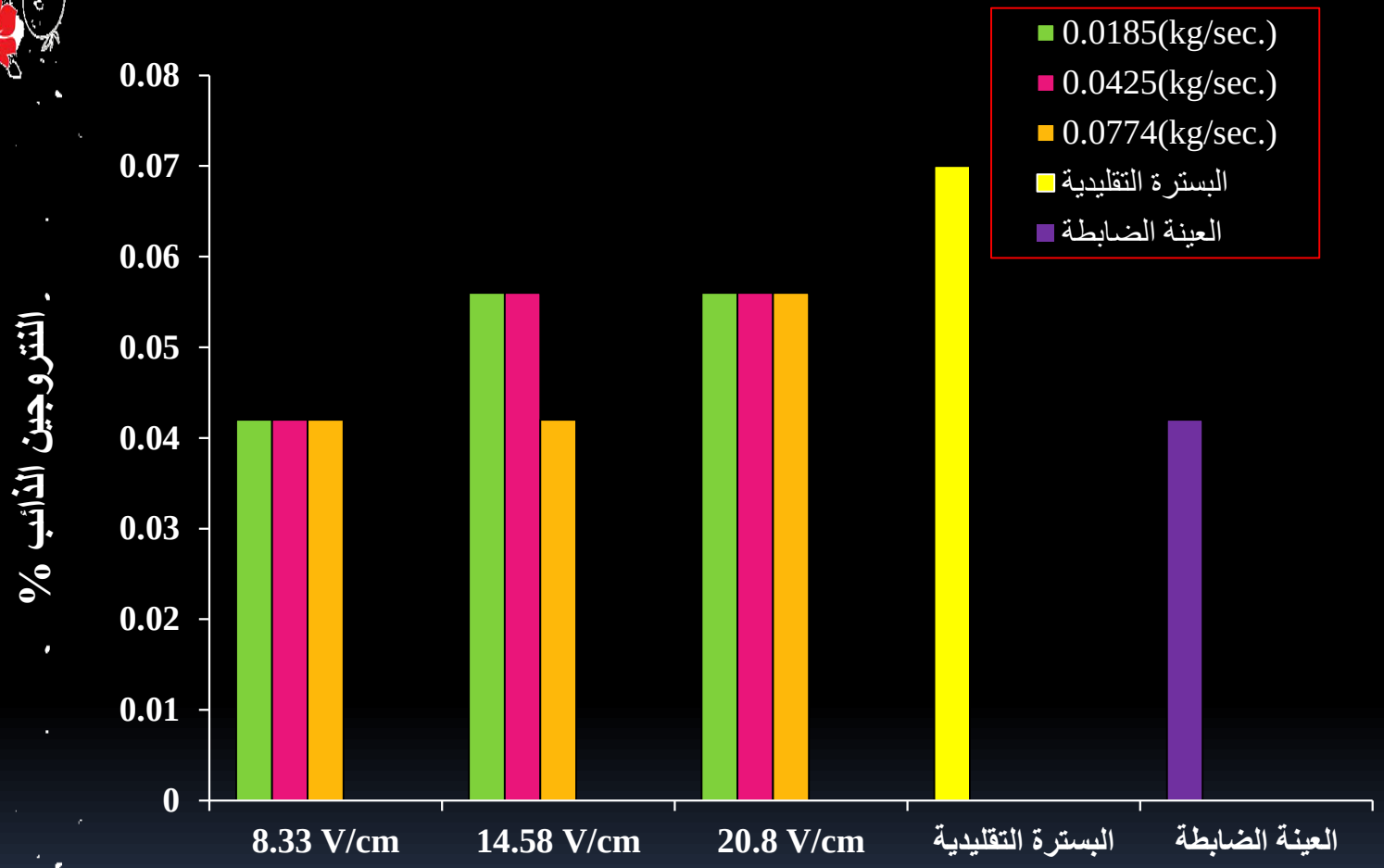
الشكل (21) : العلاقة بين شدة المجال الكهربائي والنسبة المئوية للرطوبة لمعاملات جريان كتلي مختلفة والبسترة التقليدية والعينة الضابطة.

جدول (1) وضح الصفات لفيزيوكيميائية للحليب قبل وبعد البسترة

شدة المجال الكهربائي (V/cm)	الجريان الكلي (kg/sec.)	الحموضة الكلية	pH	فحص التعكير	فحص التخثر	إنزيم الفوسفاتيز القاعدي
8.33	0.0185	0.14	6.6			-
	0.0425	0.14	6.6			-
	0.0774	0.14	6.6			-
14.58	0.0185	0.14	6.6			-
	0.0425	0.14	6.6			-
	0.0774	0.14	6.6			-
20.8	0.0185	0.14	6.6			-
	0.0425	0.14	6.6			-
	0.0774	0.14	6.6			-
البسترة التقليدية		٠,١٣٥	6.7			-
العينة الضابطة		٠,١٤	٦,٦	-	-	+



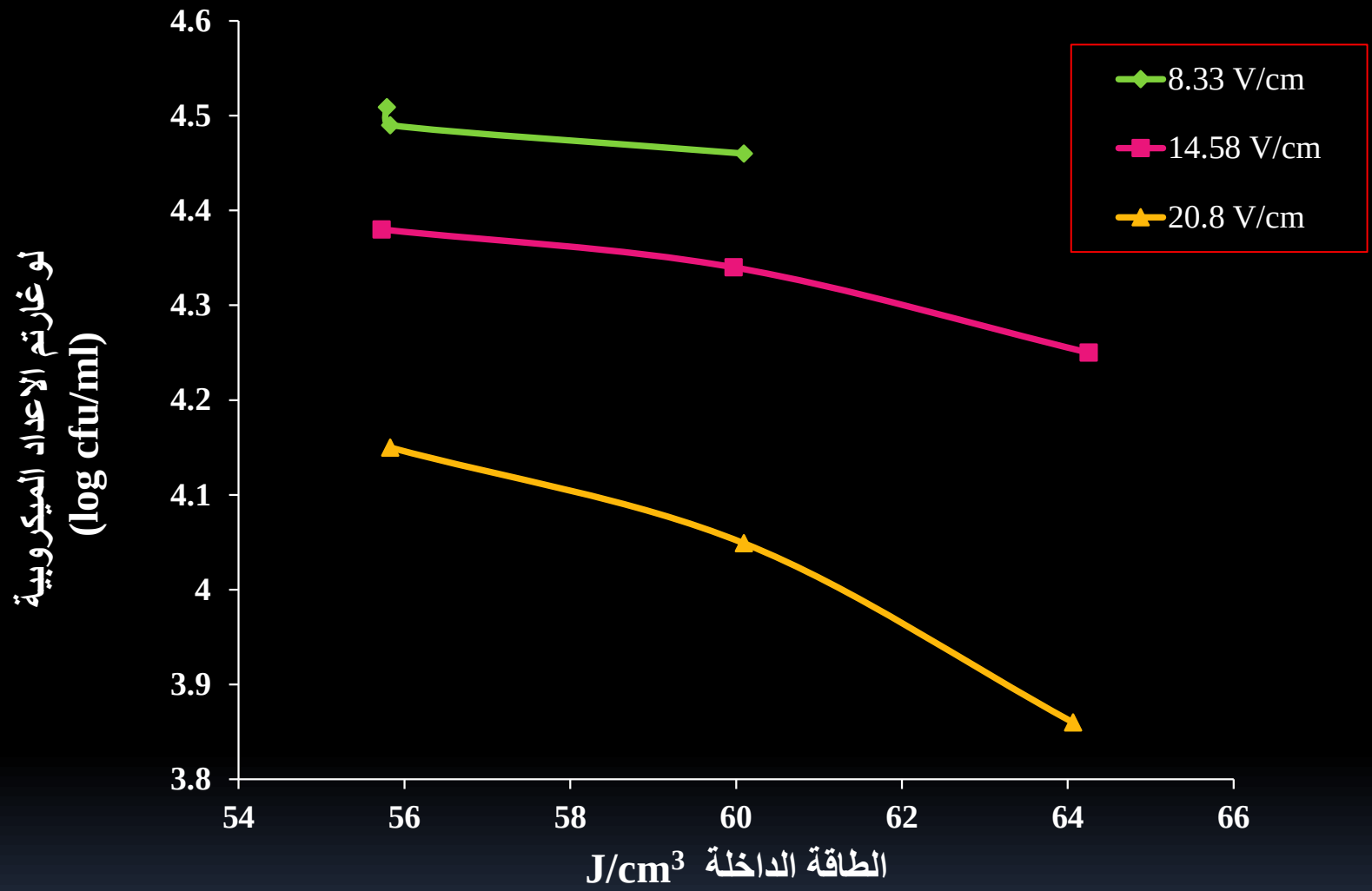
الشكل (٢٢) : العلاقة بين شدة المجال الكهربائي والنتروجين اللابروتيني لمعدلات جريان كتلي مختلفة والبسترة التقليدية والعينة الضابطة.



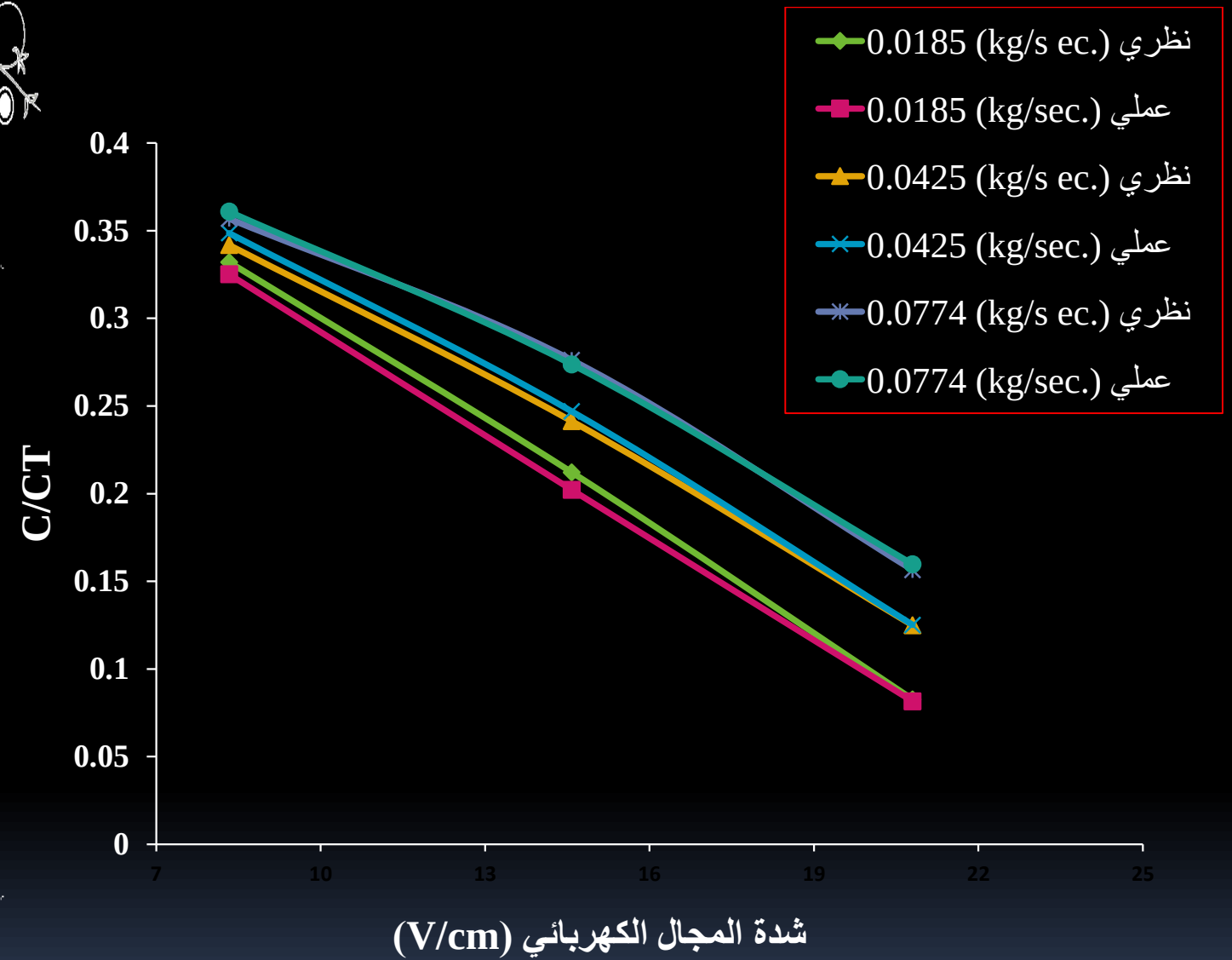
الشكل (٢٣) : العلاقة بين شدة المجال الكهربائي والنتروجين الذائب لمعدلات جريان كتلي مختلفة والبسترة التقليدية والعينة الضابطة.

جدول (2) الأعداد الميكروبية في الحليب قبل وبعد البسترة بالمجال الكهربائي عند معدلات جريان كتلي مختلفة والبسترة التقليدية .

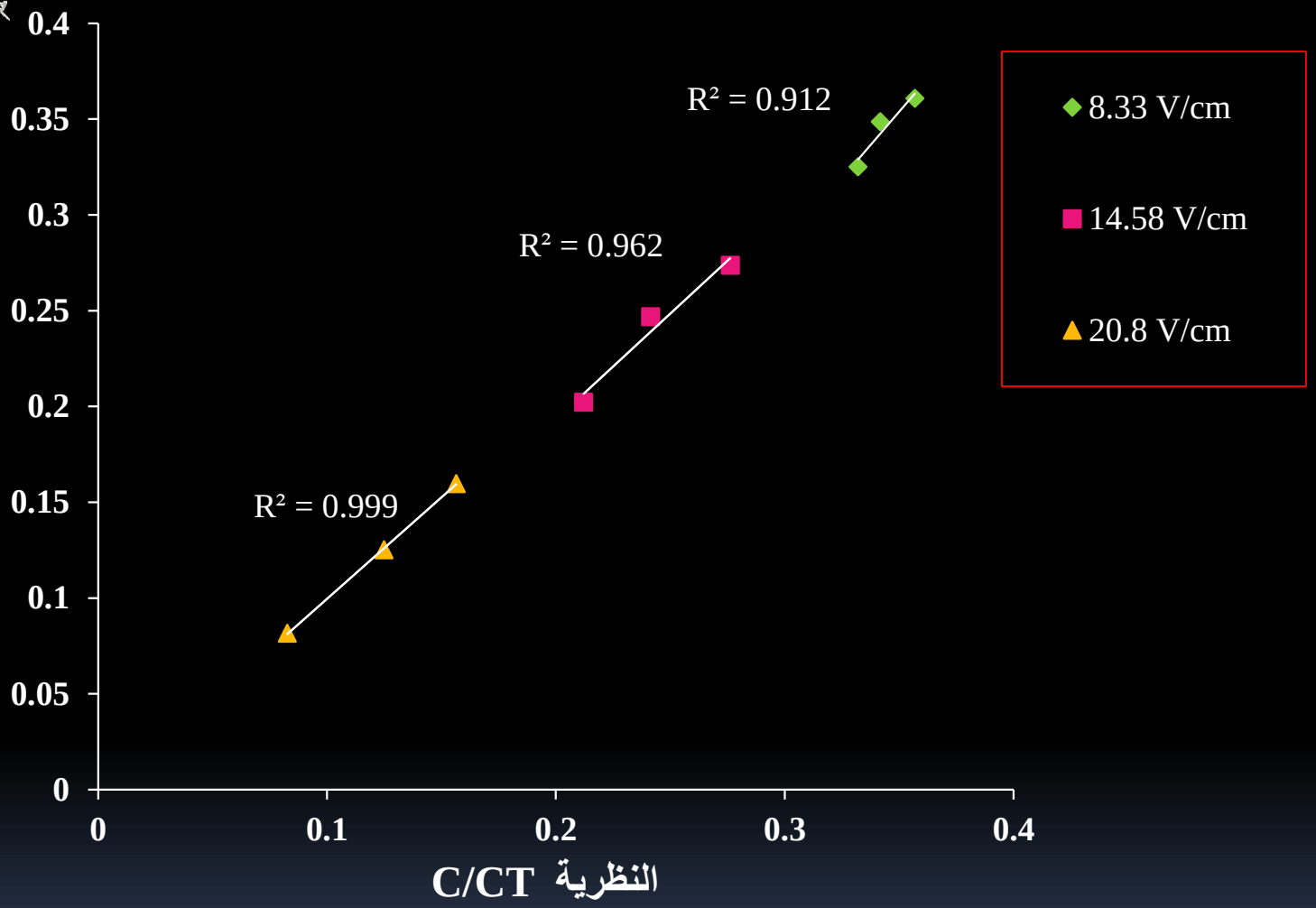
شدة المجال الكهربائي (V/cm)	الجريان الكتلي (kg/sec.)	العد الكلي ($CFU/ml \times 10^2$)				
		العد الكلي للبكتريا	عد بكتريا القولون	عد بكتريا المكورات العنقودية	عد الكلي للبكتريا المحبة لبرودة	عد الخمائر والأعفان
8.33	0.0185	291^{d}	Zero	Zero	Zero	Zero
	0.0425	312^{c}	Zero	Zero	Zero	Zero
	0.0774	323^{b}	Zero	Zero	Zero	Zero
14.58	0.0185	181^{g}	Zero	Zero	Zero	Zero
	0.0425	221^{f}	Zero	Zero	Zero	Zero
	0.0774	245^{e}	Zero	Zero	Zero	Zero
20.8	0.0185	73^{k}	Zero	Zero	Zero	Zero
	0.0425	112^{j}	Zero	Zero	Zero	Zero
	0.0774	143^{i}	Zero	Zero	Zero	Zero
البسترة التقليدية		162^{h}	Zero	Zero	Zero	Zero
العينة الضابطة		٨٩٥^{a}	٢٣١	٢١٦	٦٤	٠,٤



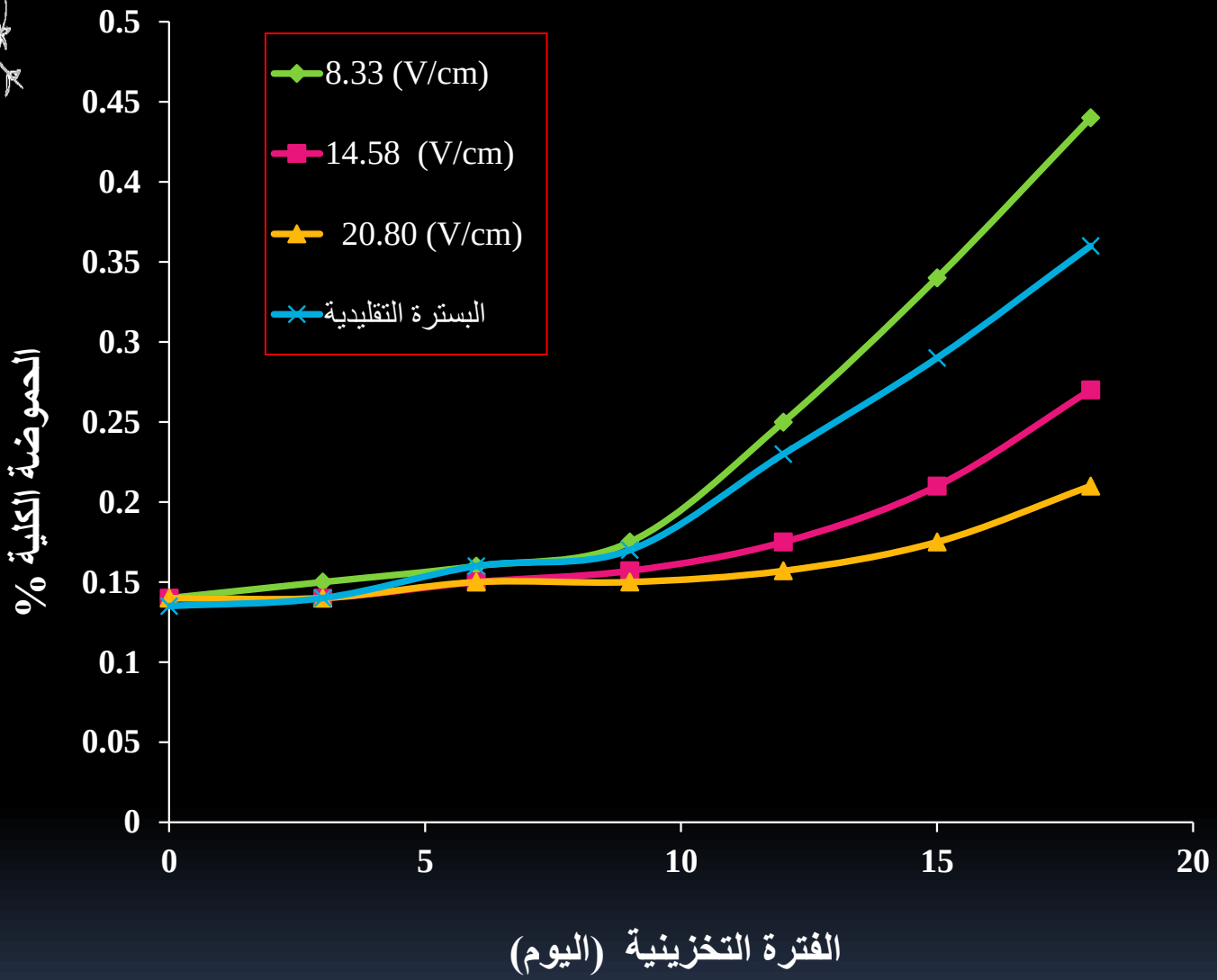
الشكل (24) : العلاقة بين الطاقة الداخلة إلى الحليب و لوغاريتم الأعداد الميكروبية لشدة مجال كهربائي ومعدلات جريان مختلفة.



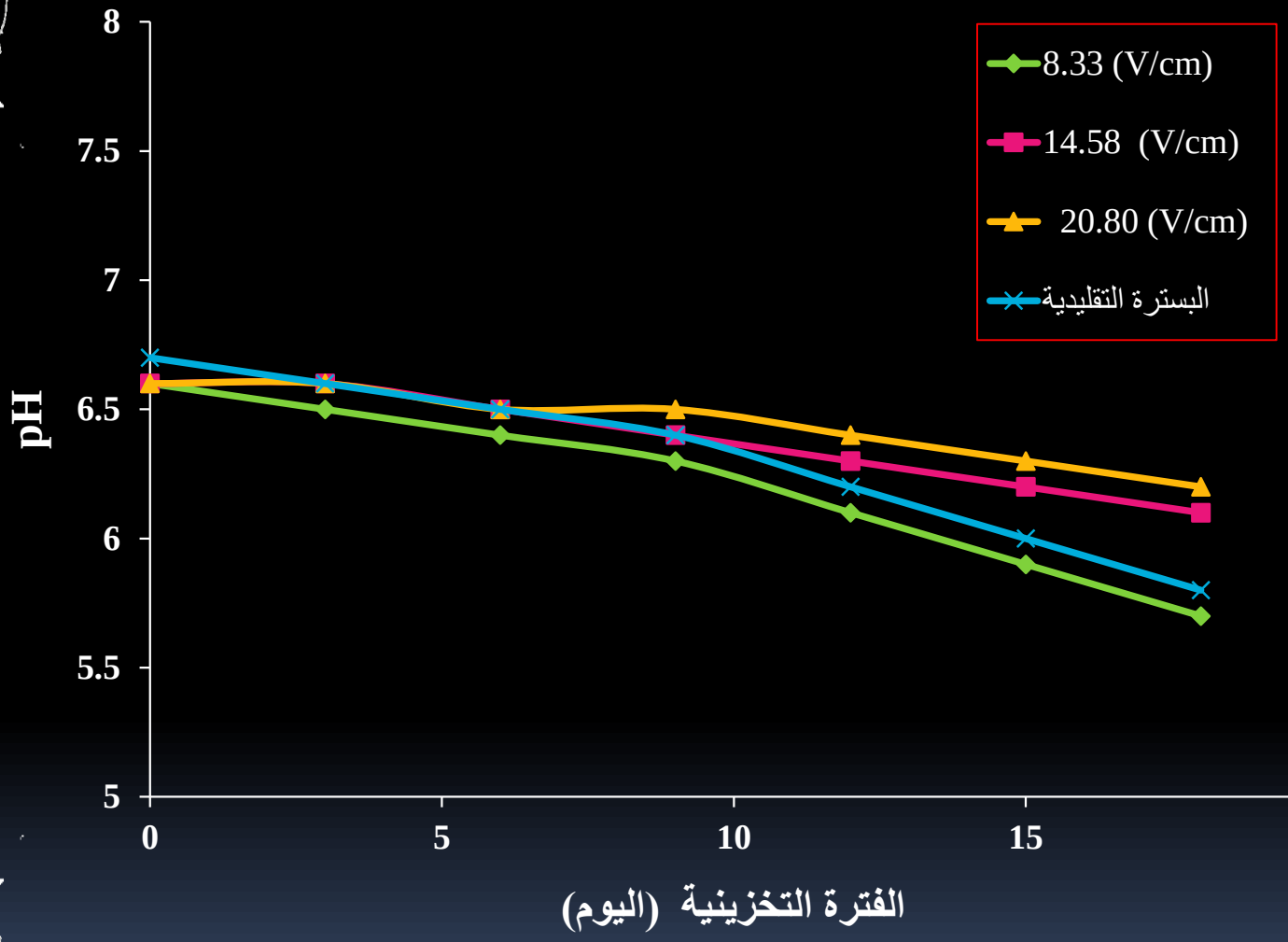
الشكل (25) : العلاقة بين شدة المجال الكهربائي ونسبة الأحياء المجهرية المتبقية إلى الكلية C/CT لمعدلات جريان كتلي مختلفة.



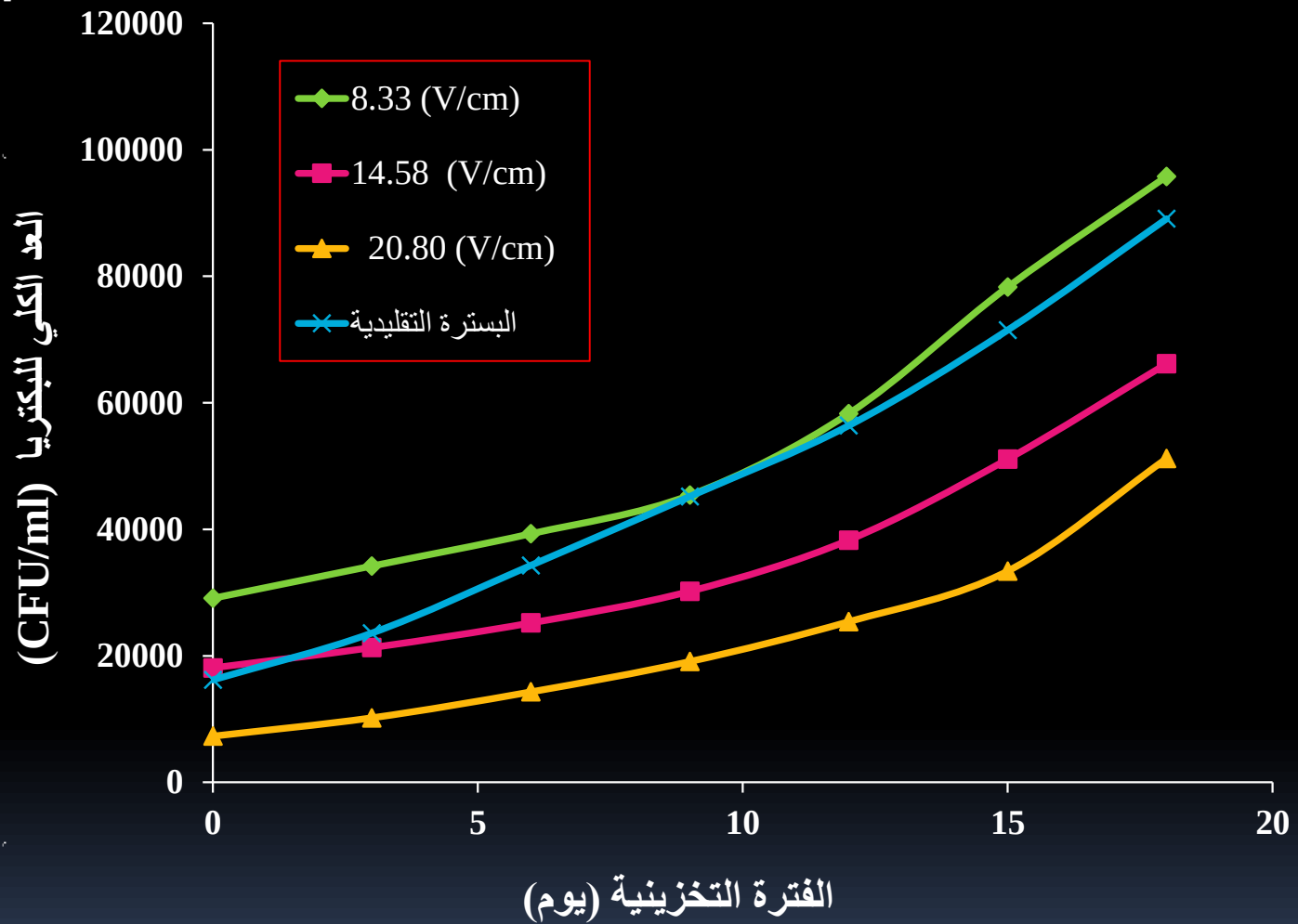
الشكل (26) : علاقة الارتباط بين C/CTالنظرية و C/CT العملية لشدة مجال كهربائي مختلفة.



الشكل (27) : العلاقة بين الفترة التخزينية والحموضة الكلية لمعدل الجريان الكتلي .185 kg/sec ٠,٠ وشدة مجال كهربائية مختلفة والبسترة التقليدية.



الشكل(٢٨): العلاقة بين الفترة التخزينية والدالة الحامضية pH لمعدل الجريان الكتلي 0.0185 kg/sec. ولشدة مجال كهربائية مختلفة والبسترة التقليدية.



الشكل(29) العلاقة بين الفترة التخزينية والعد الكلي للبكتريا في الحليب لمعدل الجريان الكتلي .0.0185 kg/sec ولشدة مجال كهربائية مختلفة والبسترة التقليدية.

الاستنتاجات و التوصيات

Conclusions & Recommendations

الاستنتاجات:

- إمكانية بسترة الحليب لا حرارياً بالمجال الكهربائي و بفولتيات منخفضة تتراوح بين ١٠ -٢٥volt والتي تقابلها شدة مجال كهربائي ٨,٣٣ -٢٠,٨ V/cm وبدرجات حرارية منخفضة لا تزيد على 22 ºC .
- أمكانية المحافظة على الصفات الحسية الفيزيوكيميائية للحليب المبستر لا حرارياً بالمجال الكهربائي مقارنة مع البسترة التقليدية السريعة.
- انخفض العد الكلي البكتيري معنوياً ($P< 0.05$) مع زيادة شدة المجال الكهربائي وانخفاض معدل الجريان الكتلي ، وإن أقل عد بكتيري كان عند معدل الجريان الكتلي 0.0185 kg/sec.لجميع قيم شدة المجال الكهربائي.
- بلغت أعلى إنتاجية لجهاز البسترة الكهربائي ٢٧٨,٦٤L/hr لمعدل الجريان الكتلي 0.0774 kg/sec. وعند جميع قيم شدة المجال الكهربائي مقارنة بالبسترة التقليدية التي بلغت إنتاجيتها للحليب المبستر بحدود ٥ L/hr .
- أثبتت الاختبارات الميكروبية و اختبار إنزيم الفوسفاتيز كفاءة الجهاز في عملية البسترة .
- أعطت عينات الحليب المبسترة لا حرارياً على شدة المجال الكهربائي 14.58 , 20.80 V/cmأعلى فترة صلاحية من عينات الحليب المبسترة على شدة المجال الكهربائي 8.33 V/cm وكذلك عينات الحليب المبسترة بالطرق التقليدية و المحفوظ بدرجة حرارة ٥ °C .
- أمكانية التنبوء بالقتل اللاحراري للأحياء المجهرية عن طريق المعادلات الرياضية التي أعطت نتائج متقاربة جداً الى القيم العملية وبمعامل ارتباط عالي.

التوصيات:

- . دراسة استعمال الجهاز في سترة بعض الأغذية السائلة مثل العصائر و أنواع الحليب الأخرى.
- 2 ـ دراسة استعمال الجهاز في البسترة الومضية للأغذية السائلة.
- 3. تحوير الجهاز لإمكانية استعماله كمعقم لا حراري لتعقيم الأغذية السائلة.
- 4. دراسة إمكانية زيادة كفاءة الصعق الكهربائي للجهاز عن طريق استخدام مدى واسع من الفولتيات الكهربائية وباستعمال المجالات الكهربائية النبضية.
- ٥. التوسع بدراسة مدى تثبيط الإنزيمات المحللة للبروتين Protease و المحللة للدهون Lipase التي مصدرها الحليب والأحياء المجهرية.

شكراً لحسن إصغائكم