

تصميم وتصنيع سايلكون لفصل الحليب المجفف ودراسة تأثير درجة الحرارة وكمية الحليب المحملة على كفاءة الفصل

ليث امجد حميد

مدرس مساعد، كلية الهندسة، جامعة سامراء، العراق

Leith_al7rbee@yahoo.com & laith.amjad.alhrbee@gmail.com

(الاستلام: ٢٠١٧/٥/٢، القبول: ٢٠١٧/٨/١٦)

الخلاصة

السايلكون جهاز لفصل الجزيئات العالقة بالهواء او اي غاز اخر بدون استخدام الفلاتر بالاعتماد على عملية الطرد المركزي والدوامات. في هذا البحث تم تصميم سايلكون لفصل الحليب المجفف الخارج من مجفف الرذاذ (الموجود في مختبرات كلية الهندسة جامعة تكريت) حيث تم تصنيع السايلكون بالاعتماد على حسابات التصميم وكان هناك نسبة تطابق عالية جدا بين نتائج التصميم ونتائج السايلكون المصنع. تم الاعتماد في حسابات التصميم على طريقة Lapple حيث تم حساب الابعاد والكفاءة لمختلف اقطار جزيئات الحليب وكذلك حساب فرق الضغط . وكذلك تم اجراء تحليل احصائي للنتائج حيث بينت وجود ترابط قوي $R^2 = 97.8\%$ بين المتغير المعتمد (كفاءة الفصل) عند Z من مدى اقطار الجزيئات (η_j) والمتغيرات المستقلة: قطر الجزيئات عند Z من مدى الاقطار (d_j) بوحدة (الميكرومتر) ودرجة الحرارة (T) بوحدة ($^{\circ}C$) وكمية الحليب المحملة (L_p) بوحدة (كغم/ثا). معدل التدفق الحجمي 0.14 م^٣/ثا والسرعة 12.5 م/ثا ودرجة حرارة الهواء وكمية الحليب المحملة المعتمدة في تصنيع الجهاز هي 200 م^٣ و 0.45 كغم/ثا على التوالي. اظهرت النتائج ان هناك تناسب طردي بين كفاءة الفصل مع كمية الحليب المحمل وعكسيا مع درجة الحرارة. نسبة كفاءة الفصل التصميمية الكلية هي 99.58% ، وكفاءة الفصل للجهاز المصنع هي 98.24% .

الكلمات الدالة: السايلكون، كفاءة فصل الحليب المجفف، كمية الحليب المحملة بدرجة الحرارة.

المقدمة

السايلكون جهاز واسع الاستخدام يعمل على فصل الجزيئات العالقة والمحمولة بالهواء او اي غاز اخر بالاعتماد على الطرد المركزي. يستخدم السايلكون بشكل واسع في تلوث الهواء وكيفية تنقية وتخليص الهواء من الملوثات وطرحه بشكل نظيف الى الجو وكذلك يمكن استخدامه في فصل المواد الغذائية عن الهواء^(١). تم اختيار السايلكون لعدة اسباب منها رخص الكلفة التصنيعية للجهاز وقلة الكلفة التشغيلية وكذلك قلة فرق الضغط^(٢) كما ان كلفة الصيانة قليلة ومن الممكن تصنيعه من اي مادة توفر متطلبات درجة الحرارة وفرق الضغط^(١) ^(٢) ^(٣). ومن مساوئ هذا الجهاز هو كفاءة الفصل القليلة للجزيئات التي اقطارها اقل من $310 \mu m$ ^(٤) لكن هذا لم يشكل مشكلة لكون مدى اقطار جزيئات الحليب المراد فصلها عالي (اكبر من $60 \mu m$). عملية فصل الحليب المجفف ذات اهمية اقتصادية للمحافظة على الحليب وعدم طرحه الى الخارج وكذلك لفصل الحليب ومنع تراكمه مما يؤدي الى تلفه نتيجة الحرارة العالية الناتجة من مجفف الرذاذ. قام Lapple بتطوير طريقة لتصميم السايلكون وحساب كفاءته وفرق الضغط له والطاقة المستهلكة وكلفته الانشائية^(٥) وهي طريقة سهلة ودقيقة لأقطار الجزيئات العالية. هذه الطريقة تحتاج معرفة معدل التدفق الحجمي والسرعة الداخلة للجهاز لتحديد بقية معالم الجهاز من حيث الابعاد وتحتاج لمعرفة درجة حرارة الهواء ومدى اقطار الجزيئات لحساب الكفاءة^(٦).

اقترح Stairmand (7) نموذج للتصميم يعرف بنظرية الجزيئة الساكنة حيث يعتمد هذا الموديل على موازنة القوى الموجودة بين الجزيئات الداخلة الى السايكلون والدوامات الداخلية وتأثير الاقطار عليها حيث تنتج هذه الموازنة جزيئات حرجة تمتلك فرصة متعادلة بين الفصل وعدمه تعرف بـ(d₅₀). الجزيئات التي تمتلك اقطار اعلى من (d₅₀) تفصل والتي اقل لا تفصل وتخرج من السايكلون مع الغاز.

كما ذكر Cooper (8) بان نموذج التصميم الكلاسيكي الموضوع من قبل Lapple هو مقبول هندسياً كما ودرس تأثير سرعة الغاز الداخلة للسايكلون على ابعاد الجهاز عند التصميم.

قام Carlos A. Herrera et al. (16) بفصل دقيق الطحين (اصغر من 44µm) عن الطحين الغني بالألياف الخشنة (اكبر من 44µm) حيث اظهر السايكلون امكانيات جيدة من ناحية كفاءة الفصل كما وان كلفته الاقتصادية قليلة. كفاءة الفصل للدقائق اصغر من 44µm هي ٦٠٪.

درس Konal و Wanjari (17) السايكلون واستخدامه في المطاحن حيث وجده مناسباً جداً لهذا الاستخدام لقلّة كلفته التشغيلية وكلفة الصيانة وكفاءة الفصل العالية والتي تصل الى ٩١.١٪.

قام Marijana (18) باستخدام السايكلون في فصل الحليب بعد خروجه من مجفف الرذاذ واستنتج عدم تأثير خصائص باوذر الحليب بعد فصله في السايكلون.

كما قام Phisut (19) بفصل بودر عصير الفواكه باستخدام السايكلون بعد تجفيفه بمجفف الرذاذ. كانت جزيئات عصير الفواكه رطبة وهذا ادى الى تكتل الجزيئات على جدران السايكلون مما ادى الى تقليل كفاءة الفصل وتم التخلص من ذلك بوضع فلتر للتخلص من الرطوبة قبل السايكلون مما ادى الى زيادة الكفاءة واستنتج وجود تناسب عكسي بين الرطوبة وكفاءة الفصل.

الجزء النظري

تصميم الجهاز

تم تصميم الجهاز بالاعتماد على نموذج Lapple وكذلك من البيانات الخارجة من جهاز مجفف الرذاذ (Spray dryer) المعتمدة من قبل Laith (10) كما موضح في الجدول (١) واقطار جزيئات الحليب والنسب الوزنية لها تم احتسابها باستخدام التحليل المنخلي وهي مبينه بالجدول (٢).

❖ **حساب الابعاد:** يتم حساب الابعاد بالاعتماد على علاقات قياسية تربط الابعاد بالقطر الاسطواني للجهاز وكما مبين بالجدول (٣). الشكل (١) يبين شكل السايكلون القياسي.

❖ **حساب الكفاءة:** لحساب الكفاءة نظرياً يتم اولا حساب قطر الجزيئات عندما الكفاءة 50% (d_{pc}) (1)(5)(8) :

$$d_{pc} = \sqrt{\frac{9 \mu W}{2 \pi Ne V \Delta \rho}} \dots \dots \dots (1)$$

- μ = لزوجة الهواء (لزوجة الهواء عند ٢٠٠ م° هي ٠.٠٠٠٠٠٢٥٧ كغم.م.ثا)
- Ne = عدد دورات الدوامة

يتم حساب عدد الدورات من خلال المعادلة:

$$Ne = \frac{1}{H} \left(L_b + \frac{L_c}{2} \right) \dots \dots \dots (2)$$

- $(\rho_p - \rho_a) = \Delta \rho$

ρ_a = كثافة الهواء (الكثافة عند درجة حرارة ٢٠٠ م° هي ٠.٧٤٦ كغم م^٣)

ρ_p = كثافة الجزيئات (كغم م^٣)

يتم حساب d_{pc} من المعادلات اعلاه (d_{pc} = ٨.٨٧ مايكرومتر) وكذلك يتم حساب الكفاءة لكافة الاقطار من خلال المعادلة التالية:

$$\eta_j = 1 / 1 + (d_{pc}/d_{pj})^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

- η_j = الكفاءة عندما قطر الجزيئات Z من مدى اقطار الجزيئات
- d_{pj} = قطر الجزيئات عند Z من مدى اقطار الجزيئات

يتم حساب الكفاءة الكلية من المعادلة التالية:

$$\eta_o = \sum \eta_j wt_j\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

η_o = الكفاءة الكلية

wt_j = النسبة الوزنية عند Z من مدى اقطار

❖ **حساب فرق الضغط**: يتم حساب فرق الضغط وذلك من المعادلة التالية (8)(5)(1):

$$\Delta P = 0.5 * k * \rho_a * v^2 * (HW/D_e^2) \quad \dots\dots\dots (5)$$

ΔP = فرق الضغط (باسكال)

k = ثابت يعتمد على شكل السايلون والظروف التشغيلية، وقد حدد Caplan (11) قيمة الثابت تتراوح من ١٢-١٨، وقد

حدد Licht (12) قيمة الثابت k بعد عدد من المعادلات وكانت قيمته ١٦.

v = سرعة الهواء الداخلة (م\ثا).

H = ارتفاع السايلون (م)

W = عرض السايلون (م)

D_e = قطر فتحة خروج الغاز من السايلون (م)

الجزء العملي

تصنيع الجهاز

تم الاعتماد في تصنيع الجهاز على الابعاد المبينة في الجدول (٤) من الحسابات التصميمية المذكورة في النتائج.

الشكل (٢) يبين شكل جهاز السايلون المصنع والذي تم ربطه مع جهاز مجفف الرذاذ كما مبين في الشكل (٣). تم

تصنيع الجهاز من الحديد المغلون بسمك ٤ ملم لكي يكون مقاوم للتآكل في حال وجود رطوبة او بخار ماء.

النتائج والمناقشة

الجدول (٤) يبين ابعاد الجهاز بالاعتماد على الابعاد القياسية من الحسابات التصميمية (جدول ٣). ويتم حساب

الابعاد بالاعتماد على البيانات المذكورة في جدول (١) وكما مبين في الخطوات التالية:

$$\text{معدل التدفق الحجمي (Q)} = \text{السرعة (v)} * \text{المساحة (A)}$$

$$\frac{\text{معدل التدفق الحجمي (Q)}}{\text{السرعة (v)}} = \text{المساحة (A)}$$

$$0.0112 \text{ م}^2 = \frac{0.14}{12.5} = A$$

لكن A (مساحة دخول الهواء للجهاز) = $W * H = 0.5D * 0.25D = 0.125D^2$ $D = 0.2993 \approx 0.3$ م

يبين الجدول (٥) الكفاءة المحسوبة من الحسابات التصميمية لمختلف الاقطار (معادلة ٣،٢،١) وكذلك الكفاءة الكلية (معادلة ٤).

تم حساب فرق الضغط من المعادلة (٥) حيث كانت قيمته:

$$\Delta P = 466.25 \text{ باسكال} = 0.466 \text{ كيلوباسكال}$$

لذلك فان كمية الحليب المفصولة من الهواء في السايلون بالاعتماد على الكفاءة التصميمية من الجدول (٥) هي:

كمية الحليب المفصول = كفاءة الفصل * كمية الحليب الكلية (الداخلة للسايلون)

$$0.996 * 0.4 = 0.378 \text{ كغم}$$

∴ كمية الحليب الغير مفصول = كمية الحليب الكلية (الداخلة للسايلكون) - كمية الحليب المفصولة

$$0.4 - 0.378 = 0.022 \text{ كغم}$$

تم الاعتماد في تصنيع الجهاز على الابعاد القياسية المحسوبة من الحسابات التصميمية (جدول ٤) وكذلك تم ادخال نفس كمية الحليب المجفف وتحت نفس الظروف الى السايلكون المصنع لمعرفة كفاءة الفصل فكانت النتائج كما موضحة في الجدول (٦). من خلال الجدول (٥) و (٦) نلاحظ بان الفرق بين الكفاءة التصميمية وكفاءة الجهاز المصنع هي %1.331، والشكل (٤) يبين مقارنة بين الكفاءة التصميمية وكفاءة الجهاز المصنع. كمية مادة الحليب الداخلة الى الجهاز هي نفسها المعتمدة في التصميم وهي ٥.٤ كغم (جدول ٢) لذلك فان كمية الحليب المفصول من الهواء في السايلكون المصنع هي:

$$\text{كمية الحليب المفصول} = 0.982 * 0.4 = 0.305 \text{ كغم}$$

∴ كمية الحليب الغير مفصول = ٥.٤ - ٥.٣٠٥ = ٠.٠٩٥ كغم

من الشكل (٤) نلاحظ تناسب الكفاءة طرديا مع اقطار جزيئات الحليب المجفف فعند زيادة الاقطار هذا يؤدي الى زيادة كفاءة الفصل وهذا يتناسب مع قانون الكفاءة (معادلة ٣).

لدراسة تأثير كمية الحليب المحمل على كفاءة الفصل تم تغيير كمية الحليب المحملة الداخلة الى الجهاز من ٠.٤٥ كغم/ثا الى (٠.٣٣, ٠.٢٥) كغم/ثا وحساب كفاءة الفصل لمختلف الاقطار مختبريا من الجهاز المصنع. الجدول (٧) والجدول (٨) يبين كفاءة الفصل للسايلكون المصنع عندما كمية الحليب المحمل الداخلة الى السايلكون (٠.٣٣, ٠.٢٥) كغم/ثا على التوالي.

الشكل (٥) يبين مقارنة بين كفاءة الفصل عندما كمية الحليب المحمل (٠.٢٥, ٠.٣٣, ٠.٤٥) كغم/ثا. الشكل (٥) يبين وجود علاقة طردية بين كمية الحليب المحمل وكفاءة الفصل فعند زيادة كمية الحليب المحمل هذا يؤدي الى زيادة كمية الحليب المتجه نحو الجدار والذي ينحدر على طول الجدار بشكل جدائل وهذا يتوافق مع نتائج F. Qian, et al⁽²⁰⁾. بزيادة اقطار الجزيئات يقل الفرق بين كفاءات الفصل المختلفة وبالتالي يقل تأثير كمية الحليب المحملة.

لدراسة تأثير درجة الحرارة على كفاءة الفصل تم تغيير درجة الحرارة من ٢٠٠ م° الى (٢٢٥-٢٥٠) م° وحساب كفاءة الفصل لمختلف الاقطار مختبريا من الجهاز المصنع. الجدول (٩) والجدول (١٠) يبين كفاءة الفصل للسايلكون المصنع عندما درجة حرارة الهواء (٢٢٥, ٢٥٠) م° على التوالي.

الشكل (٦) يبين مقارنة بين كفاءة الفصل عند درجة حرارة (٢٠٠, ٢٢٥, ٢٥٠) م°. من الشكل (٦) نلاحظ تأثر الكفاءة عكسيا مع درجة الحرارة فزيادة درجة الحرارة تؤدي الى نقصان الكفاءة. بزيادة اقطار الجزيئات يقل الفرق بين كفاءات الفصل المختلفة وبالتالي يقل تأثير درجة الحرارة.

التحليل الاحصائي

استخدم برنامج SPSS 19 للتحليل الاحصائي لايجاد العلاقة بين المتغيرات الاتية:

$$\eta_j = 0.91\epsilon + 0.0005185d_j - 0.000191T + 0.069L_p$$

حيث وجد ان هناك مؤشر معامل ارتباط عالي جدا $R^2 = 97.8\%$ بين المتغير المعتمد كفاءة الفصل عند z من اقطار الجزيئات (η_j) والمتغيرات المستقلة: قطر الجزيئات عند z من مدى الاقطار (d_j) بوحدة (المايكرومتر) ودرجة الحرارة (T) بوحدة (م°) وكمية الحليب المحملة (L_p) بوحدة (كغم/ثا) حيث وجد هناك تناسب طردى للكفاءة مع اقطار الجزيئات وكمية الحليب المحملة وعكسيا مع درجة الحرارة وهذا يتناسب مع النتائج العملية للسايلكون المصنع.

الاستنتاجات

تم في هذا البحث تصميم سايكلون لفصل مادة الحليب المجفف بالاعتماد على الحسابات التصميمية لنموذج Lapple وهو الاول من نوعه في هذا المجال في الدراسات السابقة وتم تصنيع الجهاز بالاعتماد على تلك الحسابات. دلت النتائج ان الحسابات التصميمية لنموذج Lapple هي حسابات صحيحة لأقطار الجزيئات العالية. تتأثر كفاءة الفصل قليلا مع كمية الحليب المحملة ودرجة الحرارة عند مدى الاقطار العالية حيث يقل هذا التأثير بزيادة قطر الجزيئات. تتأثر كفاءة الفصل طرديا مع كمية الحليب المحملة وعكسيا مع درجة الحرارة. الفرق بين الكفاءة التصميمية وكفاءة الجهاز المصنع هي 1.339% وهو فرق ضئيل ويدل على نجاح الجهاز المصنع. كفاءة الجهاز المصنع هي 98.244% وهي كفاءة عالية جدا حيث اعتبر Niki⁽⁹⁾ ان الكفاءة المرغوبة للسايكلون 90% لذلك فان الجهاز المصنع ذو كفاءة ممتازة وناجح في عملية فصل الحليب المجفف.

المصادر

- (1) C. David cooper, F.C. Alley, 2002, " Air pollution control book ", Third edition, ISBN: 1-57766-218-0
- (2) Sinclair Knight Merz, 2000, " Performance criteria of Air pollution control equipment Book "
- (3) M.N. Rao and H.V.N. Rao, " Air Pollution Book ", Tata McGraw-hill Publishing Company Limited, New Delhi, Page No 160-167
- (4) Wang, L., C. B. Parnell and B. W. Shaw, 2002, " Study of the cyclone fractional efficiency curves ", Agricultural Engineering International: The CIGR Journal of Scientific Research and Development, (4).
- (5) Lapple, C. E., 1951, " Processes use many collector types ", Chemical engineering, 58(5).
- (6) Wang, L., M. D. Buser, C. B. Parnell and B. W. Shaw, 2003, " Effect of air density on cyclone performance and system design ", Transactions of the ASAE 46 (4): 1193-1201
- (7) Stairmand, C.J., 1951, " The design and performance of cyclone separators ", Transactions of industrial chemical engineers, 29
- (8) F.C. Alley, C. David cooper, 1994, " Air pollution control book ", second edition.
- (9) Niki Gopani, A. B., 2011, " Design of high efficiency cyclone for tiny cement industry ", International journal of environmental science and development, (2)5
- (10) Laith Amjad Hameed, (2014), "Simulation and Experimental Work of Air Flow Pattern in a spray Dryer by Using CFD", M.Sc. Thesis, Tikrit University, Iraq.
- (11) Caplan, K.J., 1962, "Source control by centrifugal force and gravity", in Air pollution, vol. 11, A.C., stern, Ed., New York: Academic press.
- (12) Licht, W., 1984, " Control of particles by mechanical collectors ", Chapter 13 in handbook of air pollution technology, S. Calvert and H. M. Englund, Eds., New York: Wiley.
- (13) Wang, L., M. D. Buser, C. B. Parnell and B. W. Shaw, 2003, " Effect of air density on cyclone performance and system design ", Transactions of the ASAE 46 (4): 1193-1201

- (14) Silva, P. D., C. Briens., and A. Bernis, 2003, " Development of a New Rapid Method to Measure Erosion Rates in Laboratory and Pilot Plant Cyclones ", Powder Technology. 131: 111-119.
- (15) Radhe Shyam Verma, Prakash Kumar Sen, Shailendra Kumar Bohidar, 2015, " Study of design of cyclone separator under collection efficiency and air density effect ", International Journal of Advance Research In Science And Engineering, (1)4, Special Issue (01).
- (16) Carlos A. Herrera, Miguel E. Rosillo & Alberto García, 2007, "Cassava flour separation using inverse cyclone", Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, (11)5, p.515–520
- (17) Konal Singh, Tushar Wanjari, 2016, " Wheat Flour Mill Cyclone Separator ", An International Journal of Engineering & Technology, ISSN: 2394-627X, (3)4.
- (18) Marijana Caric, Miloslav Kalab, 1987, " Effects of Drying Techniques on Milk Powders Quality and Microstructure ", Food microstructure, (6), pp.171 180.
- (19) Phisut, N., 2012, " Spray drying technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product", International Food Research Journal 19(4): 1297-1306
- (20) F. Qian , et al. , 2007, " Numerical study of the separation characteristics in a cyclone of different inlet particle concentrations", Computers and Chemical Engineering 31, 1111–1122

جدول (١) معلومات الحليب المجفف والهواء الخارج من مجفف الرذاذ

المتغير	القيمة
السرعة v	١٢.٥ م/ثا
التدفق الحجمي Q	٠.١٤ م ^٣ /ثا
درجة حرارة الهواء T	٢٠٠ م°
كثافة الحليب ρ_p	٥١١.٤٤ كغم/م ^٣
مدى الاقطار d_p	(٦٠-٢٠٠) مايكرومتر
كمية الحليب المحملة	٠.٤٥ كغم/ثا

جدول (٢) توزيع اقطار جزيئات الحليب مع الوزن والنسب الوزنية لها

مدى الاقطار (μm)	wt%	wt(kg)
٦٠-٨٠	١	٠.٠٥٤
٨٠-١٠٠	٣	٠.١٦٢
١٠٠-١٢٠	١٧	٠.٩١٨
١٢٠-١٤٠	٢٠	١.٠٠٨
١٤٠-١٦٠	٢١	١.١٣٤
١٦٠-١٨٠	٢٣	١.٢٤٢
١٨٠-٢٠٠	١٥	٠.٨١
	$\Sigma\text{wt}\%=100$	$\Sigma\text{wt}=5.4$

جدول (٣) الابعاد القياسية لسايلون^(١)

القيمة (بدون وحدات)	البعد
٠.٥	نسبة ارتفاع الدخول (H/D)
٠.٢٥	نسبة عرض الدخول (W/D)
٠.٥	نسبة قطر خروج الغاز (D_e/D)
٠.٦٢٥	نسبة الطول المطلوب لتتكون الدوامة (S/D)
٢	نسبة طول الجزء الاسطواني (L_b/D)
٢	نسبة طول الجزء المخروطي (L_c/D)
٠.٢٥	نسبة قطر خروج الجزيئات المفصولة (D_d/D)

جدول (٤) ابعاد السايكلون

الابعاد (سم)	المتغير
٣٠	D
١٥	H
٧.٥	W
١٥	D _e
١٨.٧٥	S
٦٠	L _b
٦٠	L _c
٧.٥	D _d

جدول (٥) الكفاءة التصميمية لفصل جزيئات الحليب ولمختلف الاقطار

مدى الاقطار (μm)	d _{pj} (μm)	d _{pc} /d _{pj}	η_j	wt _j %	$\eta_j \text{wt}_j\%$
٦٠-٨٠	٧٠	٠.١٢٦٦	٠.٩٨٤٢	١	٠.٩٨٤٢
٨٠-١٠٠	٩٠	٠.٠٩٨٥	٠.٩٩	٣	٢.٩٧
١٠٠-١٢٠	١١٠	٠.٠٨٠٦	٠.٩٩٣٥	١٧	١٦.٨٩
١٢٠-١٤٠	١٣٠	٠.٠٦٨٢١	٠.٩٩٥٣	٢٠	١٩.٩٠٧
١٤٠-١٦٠	١٥٠	٠.٠٥٩١١	٠.٩٩٦٥	٢١	٢٠.٩٢٧
١٦٠-١٨٠	١٧٠	٠.٠٥٢١٦	٠.٩٩٧٣	٢٣	٢٢.٩٣٧٩
١٨٠-٢٠٠	١٩٠	٠.٠٤٦٦٧	٠.٩٩٧٨	١٥	١٤.٩٦٧٤
					$\eta_o = 99.5835$

جدول (٦) كفاءة السايكلون المصنع لفصل جزيئات الحليب ولمختلف الاقطار

مدى الاقطار (μm)	η_j	wt%	$\eta_j \text{wt}\%$
٦٠-٨٠	٠.٩٤٥	١	٠.٩٤٥
٨٠-١٠٠	٠.٩٥٣	٣	٢.٨٥٩
١٠٠-١٢٠	٠.٩٦٤	١٧	١٦.٣٨٨
١٢٠-١٤٠	٠.٩٧٣	٢٠	١٩.٤٦
١٤٠-١٦٠	٠.٩٩	٢١	٢٠.٧٩
١٦٠-١٨٠	٠.٩٩٤	٢٣	٢٢.٨٦٢
١٨٠-٢٠٠	٠.٩٩٦	١٥	١٤.٩٤
			$\eta_o=98.244$

الجدول (٧) كفاءة السايكلون المصنع عندما كمية الحليب الداخلة (٠.٣٣) كغم/ثا

مدى الاقطار (μm)	η_j	wt%	$\eta_j \text{wt}\%$
٦٠-٨٠	٠.٩٣٦	١	٠.٩٣٦
٨٠-١٠٠	٠.٩٤٧	٣	٢.٨٤١
١٠٠-١٢٠	٠.٩٥٥	١٧	١٦.٢٣٥
١٢٠-١٤٠	٠.٩٦٧	٢٠	١٩.٣٤
١٤٠-١٦٠	٠.٩٨١	٢١	٢٠.٦٠١
١٦٠-١٨٠	٠.٩٩	٢٣	٢٢.٧٧
١٨٠-٢٠٠	٠.٩٩٥	١٥	١٤.٩٢٥
			$\eta_o=97.648$

الجدول (٨) كفاءة السايكلون المصنع عندما كمية الحليب الداخلة (٠.٢٥) كغم/ثا

مدى الاقطار (μm)	η_j	wt.%	$\eta_j \text{wt}_j\%$
٦٠-٨٠	٠.٩٢٨	١	٠.٩٢٨
٨٠-١٠٠	٠.٩٣٧	٣	٢.٨١١
١٠٠-١٢٠	٠.٩٤٤	١٧	١٦.٠٤٨
١٢٠-١٤٠	٠.٩٥٨	٢٠	١٩.١٦
١٤٠-١٦٠	٠.٩٧٢	٢١	٢٠.٤١٢
١٦٠-١٨٠	٠.٩٨٤	٢٣	٢٢.٦٣٢
١٨٠-٢٠٠	٠.٩٩٣	١٥	١٤.٨٩٥
			$\eta_o=96.886$

جدول (٩) كفاءة الفصل عند ٢٢٥ م°

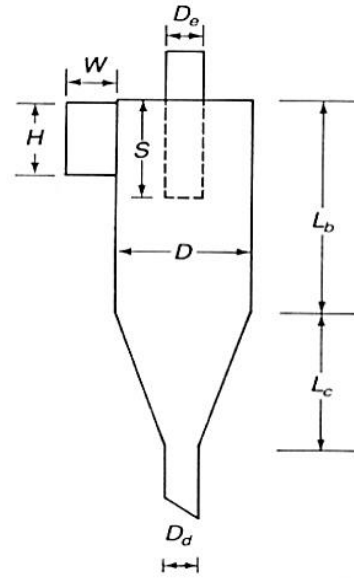
مدى الاقطار (μm)	η_j	wt.%	$\eta_j \text{wt}_j\%$
٦٠-٨٠	٠.٩٣٩	١	٠.٩٣٩
٨٠-١٠٠	٠.٩٤٨	٣	٢.٨٤٤
١٠٠-١٢٠	٠.٩٥٥	١٧	١٦.٢٣٥
١٢٠-١٤٠	٠.٩٧	٢٠	١٩.٤
١٤٠-١٦٠	٠.٩٨٦	٢١	٢٠.٧٠٦
١٦٠-١٨٠	٠.٩٩٢	٢٣	٢٢.٨١٦
١٨٠-٢٠٠	٠.٩٩٥	١٥	١٤.٩٢٥
			$\eta_o=97.865$

جدول (١٠) كفاءة الفصل عند ٢٥٠ م°

مدى الاقطار (μm)	η_j	wt%	$\eta_j \text{wt}\%$
٦٠-٨٠	٠.٩٣٥	١	٠.٩٣٥
٨٠-١٠٠	٠.٩٤٢	٣	٢.٨٢٦
١٠٠-١٢٠	٠.٩٥١	١٧	١٦.١٦٧
١٢٠-١٤٠	٠.٩٦٣	٢٠	١٩.٢٦
١٤٠-١٦٠	٠.٩٧٨	٢١	٢٠.٥٣٨
١٦٠-١٨٠	٠.٩٨٩	٢٣	٢٢.٧٤٧
١٨٠-٢٠٠	٠.٩٩٤	١٥	١٤.٩١
			$\eta_o=97.383$



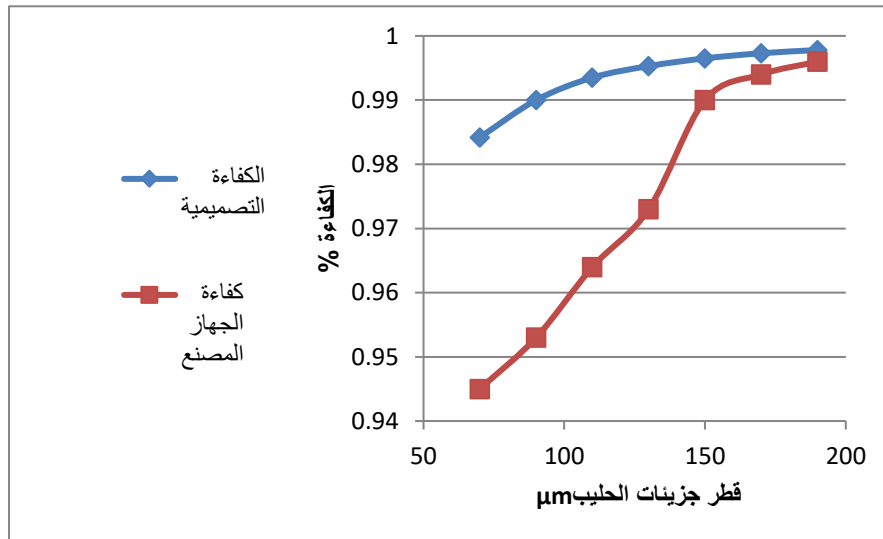
شكل (٢) السايكلون المصنع



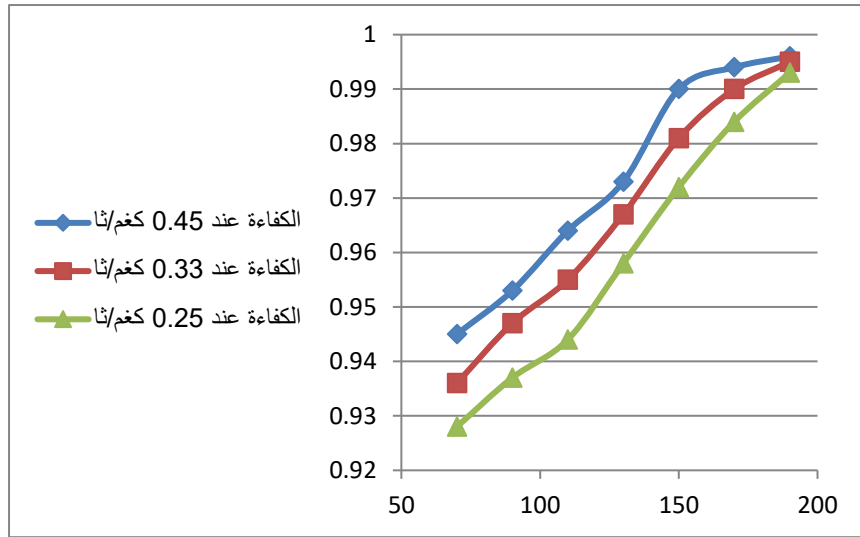
شكل (١) ابعاد السايكلون القياسي (١)



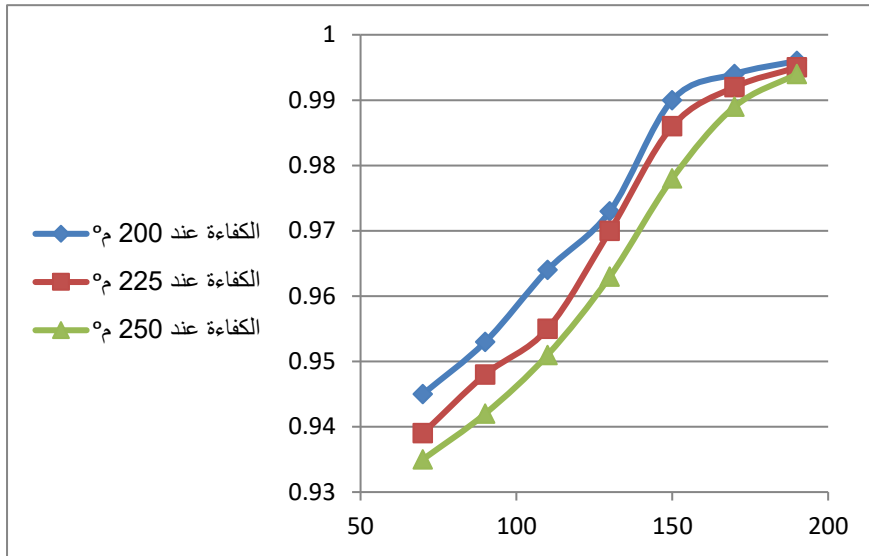
شكل (٣) جهاز السايكلون مع مجفف الرذاذ



شكل (٤) مقارنة بين الكفاءة التصميمية وكفاءة الجهاز المصنع



شكل (٥) كفاءة الفصل لمختلف كميات الحليب المحملة



شكل (٦) كفاءة الفصل لمختلف درجات الحرارة

Design and Manufacture of Cyclone to Separate the Dried Milk and Study the Effect of Temperature and Particles Loading on Separated Efficiency

Laith Amjad Hameed

Assistant lecturer, College of Engineering, Samarra University, Iraq

Leith_al7rbee@yahoo.com

Abstract

Cyclone is a device used to separate the suspended particles in the air or any other gases depending on centrifuge process and swirls without using filters. In this research, a cyclone was designed to separate the dried milk that exit from spray dryer (exist in the Labs of engineering college/University of Tikrit) and then manufacturing the cyclone by depending on the design calculations. The results showed a very high agreement between the design results and the manufactured cyclone results. Design calculations were carried through based on Lapple's method where the cyclone dimensions, efficiency, and pressure drop for various diameters of milk particles were calculated. Statistical analysis was performed and the results showed that correlation of ($R^2=97.8\%$) between the dependent variable (the separated efficiency) at (j) range of particles diameters (η_j) and Independent variables including: (the particles diameter) at (j) range of particles diameters (d_j) at (μm), the temperature (T) at ($^{\circ}\text{C}$) and particles loading (L_p) at (kg/s). The separated efficiency effect proportional with particles loading and inversely proportional with temperature. Volumetric flow rate was $0.14\text{m}^3/\text{s}$, velocity was 12.5m/s , the temperature of air and particles loading that depended in manufactured cyclone was 200°C and 0.45kg/s respectively. The collection efficiency for the design calculations was 99.58% and efficiency for the manufactured cyclone was 98.24% .

Key words: cyclone, separation efficiency of dried milk, milk particles loading, temperature.