دراسة العلاقة بين تراكيز محاليل مختلفة (ملح , سكر, حليب) باستخدام تقنية التبخير الفراغي [+]

إيمان حسين زين العابدين [*]

المستخلص:

لكون التبخير الفراغي من أساسيات عملية تركيز المحاليل في المصانع الإنتاجية لما لها من أهمية في ضبط نوعية المنتوج وتركيزه ولتجنب حدوث تبلور للمواد المراد تركيزها أثناء عملية التبخير ، إجريت هذه الدراسة بهدف إيجاد العلاقة بين تراكيز مختلفة (0.125 كغم , 0.25 كغم , 0.5 كغم في 3 لتر ماء لكل وزن) لمحاليل ثلاث مواد (السكر والملح والحليب) في خواصها الفيزيائية أثناء تركيزها في جهاز المبخر الفراغي ، ولوحظ بأن العلاقة بين الكسر الوزني للمحلول قبل التركيز وبعدها علاقة عكسية حيث أن بزيادة تركيز المحلول الداخل إلى الجهاز يكون نسبة الزيادة في التركيز المحلول الخارج أقل) للسكر وطردية لكل من الملح والحليب .

كما لوحظ عند ثبوت الظروف التشغيلية للمواد المختلفة فإن تركيز محلول السكر يتطلب مدد أطول من تركيز محلولي الملح والحليب .

STUDY THE RELATION BETWEEN THE CONCENTRATION OF DIFFERENT MATERIALS (SALT, SUGAR AND MILK) USING VACUUM EVAPORATION TECHNIQUE

Iman Hussain Zain alabideen

Abstract :

The fact that evaporation vacuum from the basics of the concentration process of solutions in production plants , because of their importance in controlling the quality of the product , concentration and to avoid crystallization during the evaporation process , conducted this study in order to find the relationship between different concentrations (0.125 kg, 0.25 kg, 0.5 kg in 3 liters of water per weight) for the solutions of three items (sugar, salt and milk) in their physical properties during the concentration in the system evaporator vacuum , it was noted that the relationship between the fraction weighted of the solution by concentration and then an inverse relationship as the increase of concentration of the solution inside the device is the rate of increase in concentration the solution outside less) of sugar and the direct correlation of each of salt and milk.
also observe when it proven the operating conditions for different materials, the concentration of sugar solution requires longer periods than salt and milk.

[+] تاريخ استلام البحث 2012/2/16 , تاريخ قبول النشر 2012/9/11 .

[*] مدرس مساعد / الكلية التقنية / كركوك

المقدمـــة :

يعتبر التبخير من أهم الطرق المستخدمة في العديد من الصناعات ومنها الصناعات الغذائية لغرض تركيز المحاليل المخففة والحصول على مركزات ذات نسبة عالية من المواد [1] – [2] ، فضلاً عن تخفيفه في الوزن وتقليصه من حجم المادة وهي ذات فائدة إقتصادية خاصة في عمليات الشحن والخزن [3] . وتتكون المحاليل عادة من مذاب ومذيب ويحدث التركيز عن طريق التخلص من كميات كبيرة من المذيب للحيلولة دون حدوث اي تغيير كيمياوي أو تحلل حراري للمذاب ، وفي معظم عمليات التبخير يكون المذيب عادة (الماء) حيث يتم ازالته من المحاليل بواسطة غليانه في وعاء مناسب يعرف بجهاز التبخير (Evaporator) ، ثم سحب البخار الناتج للحصول على المحلول المثخن [4] ، وفي كثير من المواد الغذائية (كعصائر الفاكهة والخضر والسكر والحليب وغيرها من المواد الحساسة للحرارة) تعتبر هذه الطريقة طريقة حفظ مناسبة [2] – [3] ، وتتم عملية التبخير بتعريض المحلول مباشرة لمصدر الطاقة الحرارية أو بصورة غير مباشرة من خلال انتقال الحرارة داخل الانابيب المغمورة في المحلول المراد تركيزه .

وتعتبر التبخير الفراغي من الطرق الحديثة المستخدمة من قبل الشركات المصنعة للمنتجات الغذائية والمشروبات المختلفة وتعمل هذه الطريقة على بقاء الاطعمة والمشروبات لفترات اطول من الوقت دون ان تفسد ، ويتضمن عمل المبخر الفراغي ثلاث مراحل اساسية عند التشغيل وهي التسخين بواسطة المبادل الحراري حيث تنتقل الحرارة من البخار الى المغذي والثانية عملية فصل البخار من المحلول السائل عن طريق سحب البخار من أعلى البرج بالمضخة الفراغية والثالثة عملية فصل المحلول المركز [4] وتختلف المبخرات من حيث تصاميمها حسب نوع المحلول المراد تركيزه والمطلوب من الناتج النهائي مع مراعاة العوامل المهمة التي تشتمل الخصائص الأتية (التركيز ، الرغوة ، درجة الحرارة ، زمن البقاء ، الجودة ونكهة الانتعاش) فضلاً عن عامل الكلفة لدى المصنعين وأصحاب المعامل [1] – [5] .

تركيز المحلول السكري:

يعد السكر من المحاصيل الرئيسية في العالم ويستخلص من عصير قصب السكر والبنجر السكري بعملية التبخير الفراغي ومن ثم بلورة المحلول المركز للحصول على الناتج النهائي [6] ، يقطع القصب أو البنجر الى اطوال مناسبة بواسطة سكاكين تدور بسرعة ثم تمرر المادة الخام في عصارات اسطوانية حيث يستخرج العصير بالضغط . ويستخدم الماء لاستخلاص السكر في العصارات والناتج منها يكون عصيراً مخففاً ، ينقل العصير الناتج إلى المبخرات مباشرة لتركيزه بعد ترويقه وفصل الشوائب عنه [3] ويجب مراعاة شرطين أساسين عند تركيز المحلول السكري هما ايجاد طريقة مستمرة ومناسبة لازالة البلورات المتكونة من وعاء التبخير وتحت الضغط الفراغي والثاني نقل حرارة البخار الى المحلول السكري وبصورة مثالية دون السماح بتكوين ترسبات على الاسطح مما يؤدي الى تقليل الكفاءة [1] .

تركيز المحلول الملحي :

هناك ثلاثة طرق رئسية لانتاج الملح في العالم وهي التبخير للمحلول المائي بالطاقة الشمسية والتبخير الفراغي والتعدين في الصخور. ويعد التبخير الفراغي للمياه المالحة من أحدث الطرق لإنتاجه ملح ذات نقاوة عالية جداً وناعمة وتستخدم اساساً في التطبيقات التي تتطلب أعلى المستويات الجودة للملح [7] ويوفر إقتصاد في الطاقة والمدة اللازمة

للتبخير [6] ويعد تركيز الملح من النقاط الاساسية حيث يشير [3] إلى أن تركيز الملح إلى نسبة 18 – 25% سوف يمنع كل مظاهر النمو للأحياء الدقيقة في الغذاء ، كما وإن التراكيز الملحية تستخدم كوسيلة لتشخيص وتقسيم الكائنات الدقيقة إلى مجاميع حسب تحملها لتركيز الملح [8] .

إن تبخير محلول الملح تشابه عملية تبخير المحلول السكري . وتسمى الاولى بـــ (التمليح) والثانية (بالبلورة) وتستخدم هذه العملية لانتاج الملح المتبلور [9] .

تركيز الحليب :

هناك فرق كبير بين الحليب المكثف والحليب الجاف ، حيث ان الحليب المكثف يتم تبخيره بواسطة المبخر الفراغي ومن ثم اضافة السكر للتحلية . أما الحليب الجاف فيتم تبخيره بالمبخر الفراغي ومن ثم عملية البلورة والطحن . ويستخدم المبخر الفراغي لتركيز الحليب لكونه يعمل تحت الضغط الفراغي وهذا يعمل على تقليل درجة غليان الماء وبذلك لايسمح بفساد الحليب في درجات الحرارة العالية. كما و يقلل أيضاً من تكون الرغوة اثناء عملية التبخير . ويمكن الحصول على حليب مكثف بالتراكيز المطلوبة باستخدام مبخر واحد أوعدة مبخرات مع مراعاة الكلفة الكلية والكفاءة حيث يتم سحب مايعادل 60 % من محتوى الماء في الحليب وبعدها عملية التجانس ومن ثم تعقيمه لتوفير فترة أطول ومدة صلاحية وفقاً لمعايير ادارة الاغذية والعقاقير [10] – [11] .

الهدف من البحث

1. من المعادلات المستخرجة من هذه التجربة نستطيع تحديد تركيز المحلول الخارج والسيطرة عليها من خلال ضبط تركيز الداخل وزمن البقاء في المبخر الفراغي .
2. معرفة زمن التغير في خواص المحلول المخفف إلى المحلول المركز من خلال تباين قراءات درجات الحرارة للمحلول وللبخار المسحوب بعد التركيز .
3. تمكين أصحاب المصانع المنتجة للحليب المركز والمجفف والسكر والعصائر وغيرها من المنتجات من خلال إستخدام هذه المعادلات بضبط نوعية المنتوج وسهولة الحصول على التراكيز المطلوبة .
4. تحديد (B.P.R. boiling point rise) لكل منتوج أو محلول لتجنب مشاكل التركيز الزائد داخل المختبرات والمصانع .

الجانب العملي:

الطرق والمواد المستخدمة:

أخذت ثلاث أوزان (0.5 kg , 0.25 kg , 0.125 kg) من مادة السكر والملح والحليب كل على انفراد وإذيبت في 3 لتر ماء ثم وضع المحلول داخل جهاز التبخير الفراغي (Evaporator) شكل (1) بواسطة القمع المربوط مباشرة بالوعاء الذي يقع في اعلى الجهاز، أغلقت بعدها صمامات القمع والمستقبل الذي يستقبل البخار المتكثف وصمام اعادة توازن الضغط داخل الجهاز . تم تشغيل الجهاز ومن ثم تشغيل مضخة الضغط الفراغي لافراغ الضغط من داخل الجهاز ، ثم فتح صمام vaccum بصورة كاملة مع صمام البخار(للتحكم في كمية البخار القادم من المرجل البخاري وتنظيمه الى الضغط المطلوب (0.5 kg/cm2) بواسطة مؤشر ضغط البخار) مع فتح صمام الماء

الذي يمر بالمكثف لتكثيف بخار الماء . عند وصول ضغط البخار الى 0.5 cm kg/2 تم تسجيل الوقت الى حد 30 دقيقة وأخذت القراءات كل 5 دقائق لكل من درجة حرارة المحلول (Ts) ودرجة حرارة البخار المسحوب (Tv) والضغط الفراغي(Pv) . يتم غلق صمام البخار المجهز بعد 25 دقيقة من التشغيل مع استمرار التشغيل لجهاز (pump Vaccum) لغرض تكثيف بخارالماء الموجود داخل الانابيب وداخل الوعاء ، تم بعدها اطفاء الجهاز وفتح الصمام المستقبل وحسب حجم الماء المسحوب من الجهاز بإستخدام إسطوانة مدرجة وحسب التركيز النهائي بإستخدام المعادلات الآتية إستناداً للطرق المتبعة من [1] :-

$W = V_w * p$..... (1)

حيث أن : W = وزن الماء المسحوب و V_w حجم الماء المسحوب و p = كثافة الماء .

$$X = \frac{W\,sample}{W\,solution}$$ ..... (2)

حيث أن : X = الكسر الوزني .

$F = L + V$ ..... (3)

حيث أن : F = كمية المحلول المراد تركيزه . و L = كمية المحلول المركز .

$F * X_F = L * X_L$ ..... (4)

حيث أن : X_L = كسر وزني للمحلول المتبقي . و X_F = كسر وزني للمحلول الداخل (محلول أصلي) .

الشكل (1) جهاز التبخير (Evaporator)

النتائج والمناقشة :

النتائج :

إدرجت البيانات المختلفة المستحصلة من قراءات جهاز التبخير الفراغي عند تشغيلها لتركيز المحاليل الثلاثة لمواد (السكر والملح والحليب) في الجداول (رقم 1 ، 2 ، 3) المرفقة أدناه كما وأدرجت النتائج المستحصلة من تطبيق المعادلات الرياضية توضح العلاقة بين الكسر الوزني للمحلول الأصلي (XF) والكسر الوزني للمحلول بعد التبخير وكما موضح في الجدول (رقم 4) :-

(جدول رقم 1) نتائج تركيز المحلول السكري

الأوزان المستخدمة للمواد كغم	الزمن (دقائق)	القراءات		
		درجة حرارة المحلول Ts	درجة حرارة البخار المسحوب Tv	الضغط الفراغي Pv
0.125	5	49	49	60
	10	40	40	64
	15	43	43	64
	20	44	36	65
	25	45	35	65
0.25	5	43	43	62
	10	48	48	62
	15	52	49	61
	20	59	52.5	59
	25	71	54	58
0.5	5	37	37	65
	10	40	40	65
	15	45	42	64
	20	49	45.8	64
	25	55	46	63
حيث أن العلاقة بين الكسر الوزني للمحلول الأصلي (XF) والكسر الوزني للسكر بعد التبخير : $XL = 4.3906XF + 0.8221$				

(جدول رقم 2) نتائج تركيز المحلول الملحي

الأوزان المستخدمة للمواد كغم	الزمن (دقائق)	القراءات		
		درجة حرارة المحلول Ts	درجة حرارة البخار المسحوب Tv	الضغط الفراغي Pv
0.125	5	40	40	64
	10	38	38	65
	15	39	39	65
	20	39	36	65
	25	36	34	65
0.25	5	35	35	64
	10	38	38	65
	15	39	36	65
	20	39	36	65
	25	40	39	65
0.5	5	38	38	65
	10	38	38	65.5
	15	39	37	65.5
	20	40	38	65.5
	25	42	39	65.5

حيث أن العلاقة بين الكسر الوزني للمحلول الأصلي (XF) والكسر الوزني للملح بعد التبخير :

$$XL = 1.2065XF + 0.0042$$

(جدول رقم 3) نتائج تركيز محلول الحليب

الأوزان المستخدمة للمواد كغم	الزمن (دقائق)	القراءات		
		درجة حرارة المحلول Ts	درجة حرارة البخار المسحوب Tv	الضغط الفراغي Pv
0.125	5	40	40	63
	10	36	36	64
	15	36	36	64
	20	35	36	64
	25	35	36	64
0.25	5	44	44	63
	10	38	38	64
	15	37	37	65
	20	36	38	65
	25	36	39.5	65
0.5	5	40	40	64.5
	10	36	36	65
	15	33	35	65
	20	34	36	64
	25	35	38	64

حيث أن العلاقة بين الكسر الوزني للمحلول الأصلي (XF) والكسر الوزني للحليب بعد التبخير :

$$XL = 1.5766XF + 0.032$$

(جدول رقم 4) نتائج الحسابات النهائية للمحاليل المركزة

المادة	الأوزان المستخدمة للمواد كغم	الكسر الوزني للمحلول الداخل X_F	كمية الماء المسحوب من المحلول المركز V كغم	كمية المحلول المركز L كغم	الكسر الوزني للمحلول الخارج X_L
السكر	0.125	0.0400	2.96	0.165	0.757
	0.25	0.0769	2.45	0.800	0.312
	0.5	0.1428	1.56	1.940	0.257
الملح	0.125	0.0400	0.39	2.735	0.0457
	0.25	0.0769	0.35	2.9	0.086
	0.5	0.1428	0.55	2.95	0.169
الحليب	0.125	0.0400	1.075	2.05	0.0609
	0.25	0.0769	2.04	1.21	0.2065
	0.5	0.1428	1.4	2.1	0.238

المناقشة:

من خلال تجارب تركيز المحلول السكري الثلاثة (جدول 4) لوحظ ان العلاقة بين الكسر الوزني للمـــغذي (المحلول الاصلي X_F) تكون علاقة عكسية مع الكسر الوزني للمحلول بعد التبخير(X_L) أي كلما زاد تركيز المحلول الداخل يكون نسبة الزيادة في تركيز المحلول الخارج أقل . ومن خلال تجارب تركيز محلول الملح الثلاثة (جدول 4) لوحظ ان العلاقة بين الكسر الوزني المغذي (المحلول الاصلي X_F) تكون علاقة طردية مع الكسر الوزني للمحلول بعد التبخير(X_L) , اي ان X_L يزداد بزيادة X_F وذلك بزيادة كمية الملح . أما بالنسبة لتجارب تركيز الحليب الثلاثة (جدول 4) وجد بان العلاقة بين (الكسر الوزني المحلول الاصلي X_F) تكون علاقة طردية مع الكسر الوزني للمحلول بعد التبخير (X_L) , اي معناه ان X_L يزداد بزيادة X_F وذلك بزيادة كمية الحليب .

من خلال الجدول (4) لكل من السكر , الملح والحليب نجد ان محلول السكر يركز بنسبة أكبر من الحليب والملح مع ثبوت الظروف التشغيلية لجميع الحالات من ناحية الزمن وكمية البخار المجهز . حيث أن السكر يمتاز بأنه من المواد الماصة للحرارة ولهذا يتركز بسرعة [12] . اما الملح في المحلول واثناء التبخير الفراغي فإنه يمتاز بكونه مقاوم للحرارة فعندما يذوب الملح (NaCl) في الماء فان أيونات لصوديوم والكلورين تنفصل عن بلورات الملح وتختلط على حدة مع جزيئات الماء حيث هذه الأيونات تؤثر على جزيئات الماء ودرجة حرارة غليانها لانها تقلل من حركة تصادم جزيئات الماء ولذا يحتاج الى زمن أطول للتركيز وهذا ينطبق مع ماذكره [12] عند تفسيره للحالة , اما بالنسبة للحليب في المحلول اثناء التبخير فيؤدي الى تكوين الرغوة وهذا يسبب انتقال جزيئات قليلة منها الى بخار

الماء والذي يكون سببا في ضياع الطاقة وسببا في بطئ عملية التركيز [10] . من خلال الجداول (1 ، 2 ، 3) نلاحظ بأن الاختلاف في درجة الحرارة للمحلول (Ts) ودرجة الحرارة للبخار المسحوب(Tv) بعد مرور فترة من الزمن ، وقد يعزى هذا الى أن الضغط البخاري لمعظم المحاليل المائيه أقل من الضغط البخاري للماء في نفس درجة الحرارة. ونتيجة لذلك فأنه لضغط معين يكون درجة غليان المحلول أكبر من درجة غليان الماء النقي والزيادة في درجة الغليان فوق تلك التي للماء النقي سببها الارتفاع بدرجة غليان المحلول [13] . بالنسبة للمحلول السكري نلاحظ من خلال (الجدول رقم 1) أن التغير بين درجة حرارة المحلول درجة حرارة البخار المسحوب للتركيز الأول ظهر بعد 15 دقيقة من البدأ بالتبخير ، أما بقية التراكيز (الثانية والثالثة) حيث يبدأ الإختلاف في درجات الحرارة بعد عشر دقائق من بدأ عملية التبخير وهذا يعزى إلى أن التركيز الأول عبارة عن محلول مخفف يشبه الماء ولهذا يحتاج إلى زمن أطول لبدأ عملية التركيز .

المصادر :

1. J.M.coulson , J.R. Backhurst & J.F. Richardson , Chemical engineering volume two - University of Wales Swansea – collage of Chemical engineering . (1978) .
2. Saravacos , G.D. ; J.C.Moyer & D.Wooster , Concentration of liquid Foods in a pilot Scale falling film evaporation (1970) .
3. الأسود ، ماجد بشير وعمر فوزي عبد العزيز وأمجد بويا سولاقا ، مبادئ الصناعات الغذائية – طبعة ثانية منقحة ومزيدة . دار الكتب للطباعة والنشر – جامعة الموصل . (2000) .
4. إسماعيل ، عزام عبد العزيز و هادي محمد هادي و عبد الكريم علي جبار ، تشغيل الوحدات الحرارية . دار الكتب للطباعة والنشر – جامعة الموصل – هيئة المعاهد التقنية . (1992) .
5. Charity , Delich , Vaccum Evaporator . Evaporation conjecture corporation Co . (2010) .
6. D.E.H. , New South Wales Sugar industry , Renewable Electricity Generation . Education for sustainable future , university of Balcarbat . Australia . (2003) .
7. M.I. , Salt production & process . Morton International Inc . Morton R . Salt Salt production & processing Htm . (2010) .
8. الحكيم ، صادق حسن و عبد علي مهدي ، تصنيع الأغذية . مطبعة دار إبن الأثير للطباعة والنشر – جامعة الموصل . (1987) .
9. BEEC. , Salt production a reference book for the industry . Beijing Energy conservation & Environment production center . China . (2009) .
10. السفر ثابت عبد الرحمن و رعد صالح الحمداني و محمود عيد العمر ، الحليب السائل لكليات الزراعة العراقية . الطبعة الأولى . جامعة بغداد . (1982) .
11. Jr., Milk production . www.authorstream.com - Our industry today James C.Craig . 2008
12. Seed Store , Physical of Salt . Schluberger Excellence in Educational Development IN (2011) .
13. الحسين ، محمود شاكر و فاضل بندر عيسى ، الصناعات الكيمياوية . دار التقي للطباعة والنشر (1989) .