

## الترويق

### Clarifying

تعبير يستخدم لوصف العمليات التي تتضمن ازالة أو فصل صلب من مائع أو مائع من مائع آخر حيث ام المائع يمكن ان يكون هواء أو ماء يمكن تحقيق الترويق باستخدام الترشيح أو التثقيب.

#### الغاية من الترويق

- 1- فصل الصلب غير المرغوب من سائل أو هواء
- 2- جمع الصلب كمنتج بحد ذاته مثل جمع الصلب بعد عملية البلورة.

### أولاً: الترشيح Filtration

#### انماط الترشيح

##### 1- الترشيح صلب/مائع

هو فصل الصلب غير المنحل من مائع بوسيلة وسط مسامي بحجز الصلب ويسمح للمائع بالمرور. هذا النمط هو الاكثر شيوعا خلال عملية التصنيع الصيدلاني. يقسم الترشيح صلب مائع بدوره الى نوعين ترشيح صلب-سائل و ترشيح صلب-غاز.

##### الترشيح صلب – سائل

من تطبيقات هذا النوع من الترشيح:

- 1- تحسين مظهر المحاليل والغسولات الفموية لاعطائها المظهر اللامع المتألق
- 2- ازالة المخثرات كما في المستحضرات العينية أو المحاليل المطبقة على الاغشية المخاطية
- 3- الحصول على المادة الصلبة المرغوبة من معلق أو معلق مركز slurry (كما بعد البلورة)
- 4- الحصول على مركب غير عكر كما بعد الاستخلاص من العقاقير النباتية
- 5- عند عمليات التعقيم حيث يجب ان تكون المستحضرات راتقة
- 6- الكشف عن الجراثيم باختيار الفلتر المناسب الذي يحجز الجراثيم (الكشف عن فعالية المواد الحافظة).

##### الترشيح صلب – غاز

يوجد تطبيقان صيدلانيان مهمان لهذا النوع من الترشيح ازالة المواد الصلبة المعلقة في الهواء وذلك للحصول على هواء بنوعية وفق المعايير المطلوبة للتجهيزات ولمناطق التصنيع ويتضمن هذا Provision للهواء اللازم للتجهيزات مثل السرير الهوائي وأجهزة التلبس بالفلم ولأجهزة غسل الزجاجات وبالتالي يتم الحفاظ على مظهر ونوعية المنتج. ان استعمال فلاتر مناسبة يسمح كذلك بان تبقى الملوثات ضمن حدودها المسموح بها مثل الهواء الخالي من الجراثيم المغذي لحجر التصنيع العقيمة.

كما انه من الضروري ازالة المواد الصلبة العالقة في الهواء بعد عمليات التصنيع لمنع ضخ المادة المصنعة في الجو مثل ترشيح الهواء الخارج مع عملية السرير الهوائي والتلبس.

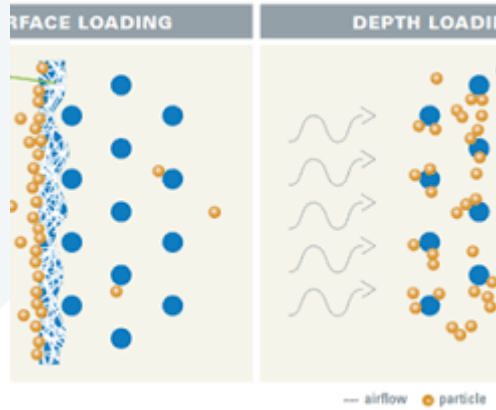
## 2- الترشيح مانع/ مانع

تضاف احيانا الزيوت المنكهة الى المستحضرات الصيدلانية السائلة على شكل ارواح spirits (منحلة في الكحول) وعندما تضاف هذه الأرواح الى صيغة مائية يمكن ان ينفصل قسم من الزيت مما يعطي مظهرا عكراً للمستحضر. يمكن ان تزال القطرات الزيتية وذلك بامرارها على فلتر مناسب عملية ترشيح سائل/ سائل. يستعمل الهواء المضغوط في عدد من العمليات الصيدلانية: مرذاذ التلييس بالفلم تجهيزات غسل الزجاجات والطواحين ذات الطاقة المائية. قبل الاستعمال يجب ترشيح الهواء لضمان ان اي قطيرات مائية أو زيتية قد تم ازلتها وهذا مثال عن عملية ترشيح سائل-غاز.

### آليات الترشيح

#### 1- التصفية/التنخيل Straining/Sieving

إذا كانت مسام الفلتر أصغر من أبعاد المادة المراد ترشيحها. يمكن ان تحتجز المادة على سطح الفلتر (الشكل 1) وهناك يحدث الترشيح على السطح لذلك يجب ان يكون الفلتر قليل السماكة وبشكل كبير وتسمى هذه المراحل بالمراشح الغشائية Membrane filters. ولان الفلتر تتم على السطح يكون هناك ميل لان تنسد إذا لم يكن الفلتر مصمماً بشكل جيد.



الشكل 1: الترشيح على السطح وبالعمق

على المستوى الصغير تستخدم الفلاتر التي تعتمد آلية التنخيل أو التصفية عندما يكون مستوى التلوث منخفضاً وعندما يكون المطلوب ترشيح حجوم صغيرة. من التطبيقات الصيدلانية باستخدام هذا النوع من المراحل التخلص من الجراثيم والخيوط أو الالياف من المستحضرات الزرقية.

#### 2- الارتطام أو الصدم Impingement

عندما يقترب مانع جار ويعبر مادة ما مثل خيوط الفلتر فان نموذج جريان المائع يضطرب. تملك المواد الصلبة المعلقة كمية حركة كافية بحيث لاتنسب على طول مسار المائع ولكن ترتطم على خيوط المرشحة وتحتجز نتيجة قوى التجاذب بين الجسيمات وخيوط الفلتر. عندما تكون المسامات بين الياف أو خيوط الفلتر اكبر من جسيمات المادة المراد ترشيحها يمكن لبعض الجسيمات ان تجري بشكل صفائحي مع المائع وتترك الخيوط ويكون هذا الفصل فعالاً مع الجسيمات الصغيرة نتيجة كمية حركتها الصغيرة وتزداد فعاليته مع كبر المسافة بين مركز الفلتر والمكان الذي يمكن ان يصل اليه الصلب. يجب ان يكون هذا الفلتر سميكاً كفاية بحيث ان الجسيمات غير المحتجزة على اول خيوط تحتجز على التالية لذلك تسمى هذه المراحل بمراشح العمق Depth filters (الشكل 1). يجب ان يجري المائع عبر وسط الترشيح بطريقة صفائحية لضمان ان الفلتر يعمل بشكل فعال حيث ان الجريان المضطرب turbulent يمكن ان يسمح للجسيمات بالعبور عبر الغشاء. هذه المراحل هي الاساسية المستعملة لازالة المواد من الغازات.

### 3- قوى التجاذب Attractive forces

يمكن ان تكون قوى التجاذب الكهربائي الساكن أو اي قوة سطحية اخرى كافية لتتنجذب الجسيمات الى السطح كما يحدث في الية الارتطام. يمكن ان يتم التخلص من الغبار في الهواء ضمن حجر كهربائية ساكنة وذلك بتمرير الهواء بين سطحين مشحونين بشكل كبير يقومان بجذب الغبار.

### 4- الترشيح الذاتي

تعبير يستخدم عندما تكون المادة المرشحة (كعكة الفلتر filter cake) تتصرف كأنها وسط ترشيح وهذه الالية تستعمل مع Metafilter.

### العوامل المؤثرة على معدل الترشيح

على طريقة الترشيح المختارة ان تزيل المواد الملوثة من الوسط ولكن ايضا يجب ان تتم الازالة بمعدل سريع لضمان ان عملية تصنيع تنجز بشكل اقتصادي. يعتبر قمع بوخنر (الشكل 2) باستخدام فلتر مناسب نموذجاً لتوضيح العوامل المؤثرة على سرعة الترشيح. هذا الفلتر مصمم للترشيح صلب-سائل ولكن ينطبق على كل انواع الترشيح الاخرى.



الشكل 2: قمع بوخنر

يعتمد معدل الترشيح (حجم المادة المرشحة Filtrate  $v$  مقدراً بـ  $m^3$ ) الناتجة ضمن وحدة الزمن ( $t$  مقدراً بالثانية) على العوامل التالية:

- 1- مساحة السطح المعرضة للترشيح ( $A$  مقدراً بـ  $m^2$ ) وهي المساحة المقطعية للقمع
  - 2- اختلاف الضغط ( $P$  مقدراً بالباسكال Pa) عبر سرير المرشحة وسط المرشحة واي كعكة يمكن ان تتشكل. وفي حال قمع بوخنر يعود هذا الاختلاف الى ارتفاع المادة غير المرشحة وتنقص مع استمرار عملية الترشيح وهبوط مستوى المادة غير المرشحة. يجب الانتباه الى ان فرق الضغط هم المهم في عملية الترشيح ويمكن زيادة فرق الضغط هذا بتطبيق خلاء في الوعاء المستقبل. يصبح الضغط مؤلفاً من 3 مكونات فرق الضغط بين الخلاء والضغط الجوي النظامي والضغط الناتج عن عدم ترشيح المستحضر وذلك لإعطاء فرق الضغط الكلي.
  - 3- لزوجة المائع المر عبر الفلتر ( $\eta$  مقدرة بالباسكال ثا Pa s) حيث انه مع زيادة اللزوجة ينقص معدل الترشيح نتيجة زيادة المقاومة على الحركة
  - 4- سماكة الفلتر واي كعكة متشكلة ( $L$  مقدرة بالمتراً) حيث ان الكعكة ستزداد سماكتها مع استمرار عملية الترشيح وإذا لم تتم ازالتها سيقبل معدل الترشيح ويتوقف.
- وكل هذه العوامل تجتمع في علاقة Darcy بالشكل التالي:

$$\frac{v}{t} = \frac{KA\Delta P}{\eta L}$$

تعبر  $K$  ( $m^2$ ) عن النفوذية وسط المرشحة والكعكة المتشكلة وتزداد مع زيادة مسامية السرير. يجب ان تكون قيمة  $K$  كبيرة لزيادة معدل الترشيح. إذا كانت  $K$  تعبر عن النفوذية الكعكة فعندها يكون:

$$K = e \frac{3}{5} (1 - e) 2S^2$$

حيث ان  $e$  هي المسامية,  $S$  هي مساحة السطح المشكلة لجسيمات الكعكة.

إذا كانت المادة الصلبة تميل لتشكيل كعكة غير نفوذة فمن المفيد اضافة مساعد فلتر filter aid بحيث يساعد على تشكيل كعكات مفتوحة المسام.

### الطرائق المستخدمة لزيادة معدل الترشيح

يتبين من معادلة Darcy انه يمكن استنتاج الطرائق لزيادة معدل الترشيح:

- 1- زيادة مساحة الترشيح: اما بزيادة السطح أو زيادة عدد وحدات الترشيح على التوازي مما يؤدي في كلتا الحالتين الى توزيع الكعكة على مساحة أكبر وبالتالي ينقص  $L$  ويزداد معدل الترشيح
- 2- زيادة فرق الضغط عبر الكعكة المتشكلة: احيانا لا تكفي الجاذبية للترشيح ولزيادته يطبق الخلاء أو يمكن زيادة الضغط المطبق على السائل المراد ترشيحه. ولكن هنا يجب الحذر من ان زيادة الضغط المطبق يمكن ان يقود الى انضغاط الكعكة نتيجة إنقاص الفراغات بين الجزيئات حيث يتبين ان نقصان  $e$  بشكل قليل تنقص  $K$  بشكل كبير. كقاعدة عامة يجب ان تبدأ الفلترتة تحت ضغط متوسط ولكن يمكن ان يزداد مع تقدم عملية الترشيح وعندما تأخذ الكعكة سماكتها الخاصة.
- 3- خفض لزوجة السائل المراد ترشيحه: ان الانسياب عبر الكعكة هو انسياب عبر الانابيب الشعرية المتشكلة من الفراغات بين الجسيمات وان الانسياب عبر كل انبوب شعري يحكمه قانون بوازويه اي ان اللزوجة تتحكم بمعدل الانسياب أو الفلترتة. ولذلك فانه لزيادة معدل الترشيح يجب انقاص اللزوجة ويمكن ان يتحقق هذا بتسخين العينة. كما توجد في التجارة انواع من الفلاتر مثل metafilters يمكن ان يكون لها جدار مسخن يتم التحكم بحرارته وبالتالي بلزوجة العينة ولكن يجب الانتباه الى المركبات الطيارة أو المركبات الحساسة للحرارة وعندها قد يكون التمديد بالماء حل لهذه المشكلة.
- 4- إنقاص سماكة كعكة حيث انه مع زيادة السماكة ينقص معدل الترشيح. إذا سمح للكعكة ان تتشكل لوحدها فان معدل الترشيح سينقص بشكل غير مقبول أو تتوقف العملية. في هذه الحالات يجب ازالة الكعكة بشكل دوري أو المحافظة عليها بسماكة ثابتة فمثلا يمكن إنقاص السماكة بزيادة سطح الترشيح.
- 5- زيادة نفوذية الكعكة: وذلك بوضع مساعدات فلترتة filter aids. يعرف مساعد الفلترتة بانه مادة عندما توضع للصبغة تتشكل كعكة ذات طبيعة مسامية وبالتالي تزداد قيمة  $K$  وفق معادلة Darcy. كما يمكنها ان تنقص انضغاطية الكعكة و/أو تمنع المادة المرشحة من ان تسد وسط الترشيح. من المواد المستخدمة perlite, diatomite (زجاج بركاني)....

### تجهيزات الترشيح

#### اختيار المرشحة المناسبة

يجب ان تسمح المرشحة بمعدل ترشيح سريع لتقليل تكلفة المنتج ويجب ان يكون رخيصا وسهل التنظيف ومقاوم للتآكل وقادر على ترشيح كميات كبيرة من المستحضر. وهناك عوامل تتعلق بالمنتج نفسه:

- 1- طبيعة المنتج الكيميائية: لا يجب ان تؤدي طبيعة المنتج الى تفاعلات أو انتفاخ أو تترك أو ادمصاص
- 2- حجم المنتج ومعدل الترشيح المطلوب: مما يؤثر على اختيار حجم ونوع التجهيزات وعدد مرات عملية الترشيح
- 3- الضغط المطلوب: إذا كان الخلاء Vacuum سيطبق فالفرق محدد ب  $10^5$  باسكال واذا كان زيادة الضغط هي التي ستطبق فيجب ان تكون التجهيزات قوية كفاية لهذا الضغط المرتفع.

- 4- درجة الترشيح المطلوبة وهذا يتوقف على حجم المسامات أو نوع الفلتر. وإذا كانت العقامة مطلوبة عندها ستكون التجهيزات قابلة لأن تعقم ويجب أن تؤمن أن التلوث لن يحصل بعد عبور المنتج للفلتر.
- 5- اللزوجة والحرارة مع زيادة اللزوجة يجب زيادة الضغط ويمكن أيضا التسخين أو استخدام فلاتر محاطة بجدار مسخن.

### تجهيزات الترشيح الصناعية

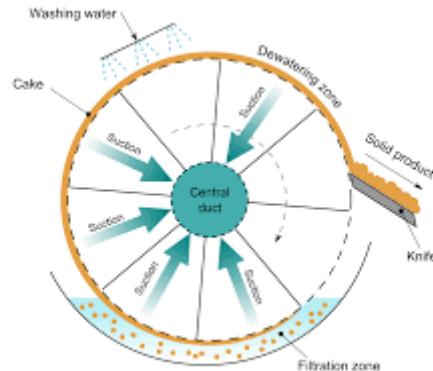
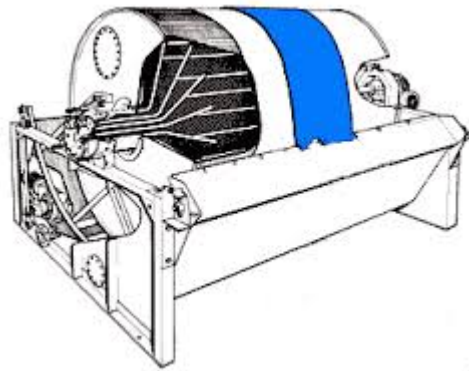
1- فلاتر الجاذبية Gravity filters الفلاتر التي تعتمد فقط على الجاذبية يكون الضغط المطبق عليها منخفضا وبالتالي فإن استعمالها على المستوى الكبير يبقى محدودا. هذه الفلاتر بسيطة ورخيصة وتستخدم مخبريا حيث الحجم صغيرة ومعدل الترشيح البطيء ليس مهما.

### 2- فلاتر الخلاء أو مراشح التفريغ Vacuum filters

مراشح الخلاء الدوارة Rotatory vacuum filters (الشكل 3) وعلى المستوى الكبير يكون الترشيح المستمر غالبا مرغوب به ويمكن أن يكون صعبا إذا كان معلق المراد ترشيحه حاويا على جسيمات صلبة بشكل كبير. تعتبر مرشحة الخلاء الدوارة مستمرة العمل ولها نظام لإزالة الكعكة المتشكلة وبالتالي لها القدرة أن تعمل لفترات طويلة. تتكون هذه المرشحة من اسطوانتين متحدتي المركز بينهما فراغ حلقي مقسم الى عدد من الحواجز بتوزعات شعاعية. تكون الاسطوانة الخارجية مثقبة ومغطاة بالفلتر ولكل حاجز اتصال شعاعي مع صمام دوار معقد يقوم بانجاز العمليات المبينة في الجدول التالي:

المنطقة أو الوظيفة	الموقع	الخدمة	موصول الي...
التقاط العينة Pick up	حوض المنتج المراد ترشيحه	خلاء	مستقبل الرشاحة
التصريف Drainage	-	خلاء	مستقبل الرشاحة
الغسل Washing	مرذات الغسل	خلاء	مستقبل ماء الغسل
التجفيف Drying	-	خلاء	مستقبل ماء الغسل
ازالة الكعكة	سكين كاشط	هواء مضغوط	مكان استرداد الكعكة

تدور الاسطوانة ببطء ضمن المنتج المراد ترشيحه الذي يكون تحت التحريك ويقوم الخلاء المطبق بسحب الرشاحة الى الحواجز مما يؤدي الى توضع الكعكة على الفلتر. عندما تغادر الكعكة حوض المنتج يحافظ على الخلاء لسحب الهواء عبر الكعكة وبالتالي المساعدة على التصريف. يتبع هذا بغسيل وتصريف آخر في منطقة التجفيف والكعكة المتشكلة تزال بواسطة شفرة كاشطة وبمساعدة الهواء المضغوط. وتكون وظيفة الصمام الدوار توجيه هذه الخدمات الى الحواجز وفق ما هو مطلوب.



الشكل 3: مرشحة التفريغ (الخلاء) الدوارة

يمكن ان يصل قطر مرشحة الخلاء الدوارة الى 2م وطولها الى 3.5م وتكون مساحة الترشيح حوالي 20م<sup>2</sup>.

المزايا

- اوتوماتيكية ومستمرة وبالتالي فان تكلفة العمال labour منخفضة جداً
- للغشاء قدرة استيعابية كبيرة
- يمكن التحكم بسماكة الكعكة من خلال سرعة الدوران. وبالنسبة للمواد الصلبة التي تشكل كعكة صعبة الاختراق يمكن ان تكون حدود السماكة هي 5 ملم وإذا كانت المواد الصلبة كبير وخشنة وترافق ذلك مع تشكل كعكة مسامية يمكن ان تصل السماكة الى 100 ملم أو أكثر.

#### المساوي

- تجهيز معقد وهو غالي جدا بحد ذاته أو بملحقاته (مثل مضخات الخلاء)
- تميل الكعكة لان تتكسر بسبب الهواء بحيث يصبح الغسل والتجفيف غير فعالين
- فرق الضغط محدد بـ 1 بار والرشاحات الساخنة يمكن ان تغلي

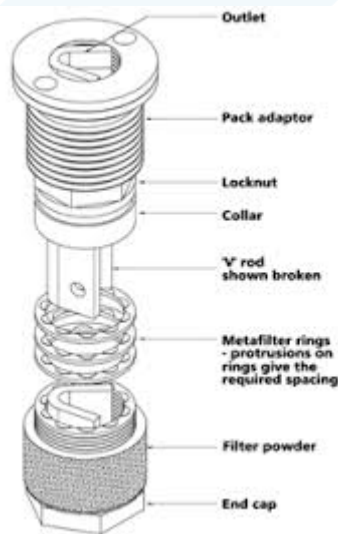
#### الاستعمالات

- مناسبة للعمليات المستمرة وللكميات الكبيرة وخاصة إذا احتوت المنتجات المراد ترشيحها كميات كبيرة من الصلب 30-15%
- تستخدم في الحصول على كربونات الكالسيوم, كربونات المغزيوم والنشاء.

#### مراشح الضغط Pressure filters

تغذي هذه المرشاح المنتج الى المرشحة تحت ضغط أكبر من ذلك الناتج عن الجاذبية فقط. وهذه المرشاح هي الاكثر شيوعا في التطبيق الصيدلاني.

الـ Metafilter: في ابط شكل له (الشكل 4), يتكون هذا الفلتر من قضيب تصريف ذي اثلام أو أخاديد وعليه تنطبق مجموعة من الحلقات المعدنية المصنوعة عادة من الفولاذ غير القابل للصدأ, وهذه الحلقات ذات قطر داخلي 15 ملم وقطر خارجي 22 ملم وذات سماكة 0.8 ملم مع العديد من الاندفاعات نصف الكروية على سطحها. ارتفاع هذه الاندفاعات وشكل مقطع الحلقات يكونان بحيث عندما تركيب الحلقات مع بعضها تشد على قضيب التصريف بواسطة عزقة فنتشكل قنيات متناقصة من 250 ميكرون الى 25 ميكرون. يوضع فلتر أو أكثر في الوعاء الحاوي على المستحضر المراد ترشيحه ويعمل الفلتر بضخ المستحضر تحت الضغط.



الشكل 4: Metafilter

في هذا الشكل يمكن أن يستخدم metafilter كمصفاء للجسيمات الخشنة ولكن من اجل الجسيمات الناعمة يوضع سرير من مادة مناسبة عادة مساعد فلتر فوق الحلقات. ويستخدم ظهر الحلقات بشكل رئيسي كاساس لوضع وسط الترشيح الحقيقي.



### المزايا

- 1- يمكن استعمال ضغوط عالية
- 2- لا يوجد فلتر وبالتالي انخفاض التكلفة
- 3- يمكن ان يصنع من الفولاذ غير القابل للصدأ وبالتالي مقاومة ضد التآكل ويجنب التلوث
- 4- باختيار مناسب للمادة التي ستشكل سرير الفلتر يمكن ان تزال الجسيمات الناعمة جدا وكذلك يمكن تعقيم السائل باستعمال هذا الفلتر.

### الاستعمالات

تمنع مساحة السطح الصغيرة ترشيح كميات كبيرة من الصلب. هذا وبالإضافة الى فصل جسيمات ناعمة جدا فهذا يعني ان هذه الفلتر يستعمل لترويق السوائل ذات التلوث المنخفض. كما يمكن استخدامه للسوائل عالية اللزوجة لأنه يستطيع تحمل ضغوط عالية حتى 15 بار. يستخدم لترويق الشرابات والمحضرات الزرقية ومستحضرات الانسولين.

مراشح الخرطوشات Cartidge filters: تستعمل حالياً بشكل شائع للمستحضرات الصيدلانية لانها تملك مساحة سطح واسعة وهي بسيطة ورخيصة. بشكلها البسيط تتكون من خرطوشة اسطوانية حاوية على مادة مطوية بشكل كبير مثل PFET أو النيلون أو مادة تشكل خيوطاً ملتفة مثل خيوط الجرح. توضع هذه الاسطوانة في اسطوانة معدنية داعمة ويضخ المستحضر بالضغط في احدى نهايتي الاسطوانة المحيطة بالخرطوشة الفلتر. تدخل الرشاحة من محيط الخرطوشة الى القلب المجوف حيث تخرج من النهاية الاخرى للاسطوانة الداعمة. هذه الطريقة مناسبة للمستحضرات ذات التلوث المنخفض.

### ثانياً: التثقيب Centrifugation

يمكن ان تستخدم قوة التثقيب اما لاعطاء فرق ضغط أو لتحل مكان الجاذبية الارضية وتزيد بذلك معدل الترسيب.

### مبادئ التثقيب

اذا درات جسمية كتلتها  $m$  في مثقلة ذات نصف قطر  $r$  بسرعة  $v$  عندها تكون قوة التثقيب  $F = mv^2/r$  ونفس الجسيمة عندما تخضع فقط لقوة الجاذبية الارضية  $G$  المساوية الى  $mg$ . عندها يكون التأثير المثقل  $C$  معبراً عن كبر  $F$  بالمقارنة مع  $G$  أي  $C = F/G$ . لذلك لزيادة التأثير المثقل اما نزيد من سرعة التثقيب أو نزيد قطر المثقلة وعادة نزيد السرعة في نفس المثقلة.

### المثقلات الصناعية

#### المثقلات ذات السلة المثقبة (Perforated –basket centrifuge (centrifugal filters)

تتكون هذه المثقلة (الشكل 5) من سلة مثقبة مصنوعة من الفولاذ غير القابل للصدأ ويكون قطرها 1-2م مبطنة بالفلتر. تدور السلة بسرعة منخفضة اقل من 25 تا-1. يدخل المستحضر مركزياً ويرمى خارجاً عبر القوة النابذة الى الفلتر الذي يحتجز الجسيمات ويسمح للسائل بالعبور الى مخرج السائل. يمكن ان تغسل الكعكة المتشكلة برذ الماء في المثقلة.



الشكل 5: المثقلة ذات السلة المثقبة

من استخدامات هذه الطريقة: في مستحضرات الاسبرين والتخلص من البروتينات المترسبة من الانسولين. تعتبر هذه المثقلة فعالة حيث أن المثقلة ذات القطر 1م تستخدم للعمل مع 200 كغ في عشر دقائق. وتستخدم كذلك للمستحضرات المركزة وتمتاز بالتخلص من الرطوبة بكمية كبيرة بحيث لا تتجاوز الرطوبة المتبقية 2% وبذلك تسهل عمليات التجفيف اللاحقة.

### المثقلات ذات الحوض الأنبوبي (centrifugal sedimenters) tubular-bowl centrifuges

تتكون من حوض أسطواناني بطول 1م وبقطر 100 ملم وتدور بسرعة 300-1000 ثا<sup>-1</sup> (الشكل 6). يدخل المستحضر من الاسفل وبسبب القوة التثقيبية توضع الجسيمات على الجدار عند المرور بالحوض ويخرج السائل من الاعلى. يمكن ان تستعمل كذلك لفصل السوائل غير الممتزجة عند تصنيع الصادات وتنقية زيوت السمك. كذلك تستخدم للتخلص من الجسيمات الناعمة والجسيمات القابلة للانضغاط التي تسد وسط الترشيح, للحصول على البلازما (تكون C=3000) وفحص ثبات المستحلبات.....



الشكل 6: المثقلة ذات الحوض الأنبوبي

انتهت المحاضرة

المراجع المعتمدة

Michael E. Aulton: Pharmaceutics, The Science Of Dosage Form Design, 2<sup>nd</sup> edition, 2002.