



المحاضرة السابعة : المعادن

المعادن والترميد في الأغذية

أولاً- المعادن في الأغذية

مقدمة:

يجب معرفة و/ أو مراقبة مستويات المعادن لأنها ذات أهمية تغذوية ووظيفية. تتواجد بعض المعادن بنسب عالية في بعض الأغذية الطبيعية. على سبيل المثال، الحليب مصدر جيد للكالسيوم حيث يحتوي حوالي 300 مغ من الكالسيوم في كوب، بالمقابل يمكن أن يتم خسارة جزء من المعادن أثناء عملية تصنيع الأغذية فمثلاً الجبنه البيضاء (المحضرة بإضافة الحمض) تحوي تراكيز منخفضة من الكالسيوم بسبب تأثير الحمض على الرابطة بين الكالسيوم والكالسيوم مسبباً تحرر الأخير إلى مصهل الحليب. وبشكل مشابه، تتم خسارة جزء كبير من الفوسفات، الزنك، المنغنيز، الكروم والنحاس الموجود في لب الحبوب عند إزالة طبقة النخالة أثناء المعالجة.

1- الأهمية التغذوية للمعادن

تعتبر الكالسيوم، الفوسفور، الصوديوم، البوتاسيوم، المغنيزيوم، الكلور والكبريت المعادن الأساسية في الحميات الغذائية حيث يحتاجها البالغ بكميات أكثر من 50 مغ/اليوم. يوجد معادن أخرى تكون الحاجة إليها من رتبة الميليغرام أو الميكروغرام في اليوم وتسمى trace minerals مثل الحديد، اليود، الزنك، النحاس، الكروم، المنغنيز، الفلور، السيلينيوم وغيرها. يمكن ان تكون بعض المعادن سامة للجسم مثل الرصاص والزرنيق ولذلك يجب تجنب وجودها في النظام الغذائي. فيما يلي لمحة عن المعادن الهامة في الغذاء والتغذية:

1- الكالسيوم: يشكل الكالسيوم حوالي 1-1.5 كغ من وزن الشخص البالغ ويدخل القسم الأعظمي من كمية الكالسيوم في الجسم (أكثر من 99%) بتركيب العظام والأسنان. يلعب الكالسيوم دوراً هاماً في معظم الأنشطة الحيوية مثل نقل النبضات العصبية وتخثير الدم

مصادر الكالسيوم: الحليب، الحليب المجفف، الأجبان، البيض، عظام السمك، الطحين المدعم، الماء العسر

2- الفوسفور: يحتوي الجسم حوالي 900 غ فوسفور فهو المعدن الثاني في الجسم من حيث الكمية. يرتبط 80 % من الفوسفور في الجسم مع الكالسيوم في العظام والأسنان. وهو يعتبر من مكونات الخلايا كما يلعب دوراً في تحرر الطاقة من الكربوهيدرات والدهن

مصادر الفوسفور: يتم الحصول عليه بالأطعمة الغنية بالبروتين مثل اللحوم والسمك والدواجن والبيض والحليب. إن

المنتجات الحيوانية أكثر غنى بالكالسيوم والفوسفور من المنتجات النباتية

3- الحديد: يدخل بتركيب جزيئة الهيموغلوبين التي تدخل بدورها بتركيب الكرية الحمراء المسؤولة عن نقل الأكسجين

وثاني أكسيد الكربون. كمية الحديد في جسم الإنسان حوالي 4 غرام يخزن منها 0.5-1 غرام في الفريتين و الهيموسيديرين.

مصادر الحديد: مصدر حيواني للحديد (الهيموغلوبين)، مصدر نباتي للحديد حيث يكون الحديدي بشكل أملاح ومعقدات

ولذلك الاستفادة منه أقل من الحديد ذو المصدر الحيواني.

الحاجة الغذائية من الحديد: الحديد ضروري لتشكيل الهيموغلوبين والميوغلوبين والإنزيمات التنفسية. تتراوح الحاجة

للحديد ما بين:

- حاجة الرضع 1.7 مغ باليوم.

1- 10 أعوام: 6-8.9 مغ باليوم

11- 49 عام: للرجال 9 مغ باليوم، للنساء 15 مغ باليوم

4- اليود عنصر ضروري جداً لإنتاج هرمونات الغدة الدرقية (T3, T4) والتي تقع إلى جانب الحنجرة في الجزء الأمامي من

الرقبة. تنظم هذه الهرمونات معدل الاستقلاب في الجسم.

تقدر الحاجة اليومية من اليود ب 150 ميكروغرام.

المصادر: تعتبر الأسماك البحرية والثمار البحرية غنية باليود. كمية اليود في الخضار تعتمد على غنى التربة التي تزرع بها

باليود. يتم إضافة اليود لمخ الطعام لضمان الحصول الكاف عليه حيث يؤمن كل واحد غرام ملح حوالي 10 ميكروغرام.

5- الفلور: يحتوي الجسم على آثار فقط من الفلور وهو يتواجد بشكل أساسي في الأسنان. له دور في الوقاية من تسوس

الأسنان (إلا أنه لا يمنع النخور 100% وإنما يقلل من الإصابة بها)، لذلك يتم إضافته إلى مياه الشرب بنسبة 1 جزء

بالمليون 1 PPM

المصادر: مياه الشرب، الشاي، معاجين الأسنان والملح المفلور

6- **الصوديوم:** يحتوي جسم البالغ حوالي 100 غرام صوديوم منها 10% في السوائل داخل الخلية و50% في السوائل خارج الخلية (متضمنة الدم) بينما يحوي العظام على كمية الصوديوم المتبقية حيث تستخدم هذه الكمية كاحتياطي عند نقصان مستوياته في الدم. للصوديوم دور هام في الحفاظ على الضغط الأوسموزي كما يلعب دوراً في نقل النبضات العصبية وتقلص العضلات ونقل المواد داخل وخارج الخلايا.

مصادر الصوديوم: المصدر الأساسي هو ملح الطعام، كما يوجد منه آثار في الحليب والأجبان واللحوم.

7- **البوتاسيوم:** هو مكون هام داخل الخلايا، يلعب دوراً هاماً بالعديد من التفاعلات الحيوية مثل المحافظة على الضغط الحولي ونقل النبضات العصبية واصطناع البروتين والمحافظة على ضغط الدم، لذلك ينصح به لمرضى الأمراض القلبية الوعائية.

مصادر البوتاسيوم: يتواجد في الخضار والفاكهة وبشكل كبير في الموز كما يتواجد في البرتقال

8- **المغنيزيوم:** يحتوي جسم الإنسان حوالي 20-30 غرام من المغنيزيوم. يمتلك المغنيزيوم العديد من الوظائف في الجسم فهو ضروري لعمل بعض الإنزيمات، ضروري لتطور العظام وله دور في استرخاء العضلات مصادر المغنيزيوم: أفضل مصادر المغنيزيوم الخضار الخضراء كما تعتبر الأحشاء والعضلات وكذلك المكسرات والشوكولا من المصادر الجيدة.

9- **الزنك:** عنصر غذائي ضروري حيث تحتاجه العديد من الإنزيمات الخلية التي تشترك في عملية التمثيل الغذائي للكربوهيدرات والبروتين والدهون وتركيب البروتين وDNA. كما أن له دور في التئام الجروح. مصادر الزنك: المنتجات الحيوانية مثل اللحوم والدواجن والكبد والحبوب الكاملة والبقول

10- **النحاس:** ضروري لعمل العديد من الإنزيمات ولامتصاص الحديد ولاصطناع الخضاب ولتكوين كريات حمراء سليمة. مصادر النحاس: الأغذية الأكثر غناءً بالنحاس هي الكبد والخضراوات ذات اللون الأخضر الداكن والحبوب الكاملة والمكسرات

2- **الغاية من إضافة المعادن في الصناعات الغذائية:**

أحياناً يتم إضافة بعض المعادن للأغذية في الصناعات الغذائية ويكون ذلك للغايات التالية:

1. لرفع القيمة التغذوية:
 - يمكن أن يتم تدعيم حبوب لبعض الأغذية بالمعادن كالكالسيوم، الحديد والزنك التي اعتقد سابقاً أنها محدودة التواجد في الحمية الغذائية وذلك بهدف رفع القيمة التغذوية.
 - كما يكمن أن تكون الغاية من الإضافة الحصول على فائدة صحية مثل تدعيم الملح باليود الذي ساهم بالحد من انتشار تضخم الغدة الدرقية.
2. في حالات أخرى، يمكن إضافة المعادن بسبب وظائفها أي لغايات تقنية بالصناعة الغذائية:
 - يضاف الملح للنكهة، لتعديل القدرة الأيونية التي تؤثر على انحلالية البروتين ومكونات الغذاء الأخرى وكما مادة حافظة، لكن إضافة الصوديوم يسبب زيادة ملحوظة في محتوى الصوديوم في المنتجات مثل اللحوم المعالجة والمخللات المعالجة.
 - يمكن إضافة الفوسفور بشكل فوسفات لزيادة القدرة على احتباس المياه.
 - يمكن إضافة الكالسيوم لتحفيز تهلم البروتينات والعلكة.
- 3- التأثيرات غير المرغوبة للمعادن في الأغذية
لقد تم مناقشة دور المعادن في الأغذية سواء من ناحية تغذوية ومن من ناحية دورها ووظيفتها في الصناعات الغذائية، بالمقابل في بعض الحالات تقوم بعض المعادن (سواء من الغذاء نفسه أو مضافة أثناء التصنيع والتخزين) بالتأثير على نوعية الغذاء، فعلى سبيل المثال:
 - يمكن أن تسبب تلون الخضار والفواكه
 - يمكن أن تسبب خسارة بعض المغذيات عبر تفاعلات متواسطة بالمعادن مثل حمض الأسكوربيك،
 - يمكن أن تكون هذه المعادن مسؤولة عن طعم أو رائحة غير مرغوبة كنتيجة لأكسدة الدسم.
 - يعد الماء جزءاً مكماً في عمليات معالجة الطعام إذ يستخدم الماء للغسل، الشطف، التبييض، التبريد وغيرها، بالتالي فإن جودة المياه عاملاً هاماً يجب أن يؤخذ بعين الاعتبار في مجال صناعة الأغذية. عادة ما يتم التركيز على السلامة

الميكروبيولوجية للمياه المستخدمة في تجهيز الأغذية لكن يمكن القول ان المحتوى المعدني للمياه المستخدمة في معالجة الأغذية من الأمور الهامة فعلى سبيل المثال إن المياه الحاوية على كميات كبيرة من المعادن تسبب تعكر المشروبات. لذلك يكون من الضروري التخلص من المعادن التي تسبب هذه التداخلات غير المرغوبة باستخدام العوامل المشكلة للمعقدات أو غير ذلك

ثانياً- تحديد الرماد

1- أهمية تحديد الرماد في تحليل الأغذية

يشير الرماد إلى البقايا اللاعضوية المتبقية بعد حرق المادة العضوية أو أكسدها الكاملة في المواد الغذائية، وللتحديد أهمية كبيرة في تحليل الأطعمة لعدة أسباب فهو جزء من تقدير القيمة الغذائية، وهو الخطوة الأولى في إعداد عينة من الغذاء لتحليل عناصر معدنية محددة. يمكن توقع محتوى الرماد في عينة ذات منشأ حيواني، أما العينات النباتية فمحتواها متغير.

1- طرق الترميد

يتم استخدام نوعان أساسيان من الترميد:

1-2- الترميد الجاف:

استخدام الفرن بدرجة بين 500 إلى 600 درجة مئوية، يتم تبخير الماء والمواد المتطايرة، وحرق المواد العضوية في وجود الأكسجين إلى ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النتروجين.

1-1-2- خصائص طريقة الترميد الجاف:

تتميز طريقة الترميد الجاف التقليدي في أنها طريقة آمنة، ولا تتطلب أي كواشف مضافة، يمكن معالجة عدد كبير من البوتقات في وقت واحد، ويمكن استخدام الرماد الناتج في تحليلات أخرى لمعظم العناصر الفردية

من مساويء طريقة الترميد الجاف طول الوقت المطلوب (12-18 ساعة أو بين عشية وضحاها) والمعدات باهظة الثمن، يحدث ضياع للعناصر المتطايرة وتفاعلات بين المكونات المعدنية والبوتقات. قد تتطاير بعض العناصر مثل Fe و Se و Pb و Hg لذلك تستخدم طرق أخرى إذا كان الترميد خطوة أولى لتحليل معين ويتطلب مزيداً من الدقة. تشمل العناصر المتطايرة المعرضة لخطر الضياع As و B و Cd و Cr و Cu و Fe و Pb و Hg و Ni و P و V و Zn. الترميد في حرارة 500-525 ثد ينتج عنه محتوى رماد أكثر بسبب حدوث تخرب أقل لأملح الكربونات وبسبب حدوث ضياع أقل للمواد العطرية

2-2- الترميد الرطب (الأكسدة):

يعتمد على أكسدة المواد العضوية باستخدام الأحماض والعوامل المؤكسدة، لا يحدث تطاير للمعادن بهذه الطريقة، غالباً ما يكون الترميد الرطب أفضل من الجاف.

استخدامه الأساسي هو التحضير لتحليل عنصر معدني محدد مثل الإعداد لتحليل الحديد والنحاس والزنك والرصاص (لا يستخدم في مثل هذه الحالات الترميد الجاف إذ يحدث خسارة في المعادن بسبب التطاير).

2-2-1- خصائص طريقة الترميد الرطب:

هناك العديد من المزايا للترميد الرطب حيث تبقى المعادن عادة في المحلول، خسارة ضئيلة أو معدومة إذ لا تتطاير بسبب انخفاض الحرارة، وقت الأكسدة قصير

من مساويء الترميد الرطب أنه يتطلب انتباهاً شديداً من قبل الشخص الذي يقوم بالتجربة ويتطلب غطاء وظيفحة ساخنة وملقط طويل، بالإضافة لمعدات أمان. يمكن التعامل مع عدد قليل من العينات في وقت واحد، وفي حال استخدم حمض البيركلوريك فيجب استخدام غطاء باهظ الثمن يسمى غطاء حمض البيركلوريك لأن الترميد الرطب مع حمض البيركلوريك خطير للغاية بسبب ميله للانفجار وخاصة عندما تكون العينات لأغذية دهنية.

من السيئات أيضاً أنه لا يكفي حمض واحد في الترميد الرطب لإعطاء أكسدة كاملة لذلك غالباً نستخدم مزيج من الأحماض ومن المحاليل الحمضية المستخدمة عادة: حمض الأزوت، حمض الكبريت بيروكسيد الهيدروجين، حمض البيركلوريك.

3-2- الترميد بالميكروبيف:

يمكن القيام بالترميد الرطب والترميد الجاف باستخدام الميكروبيف حيث يختصر ذلك زمن تحضير العينات إلى دقائق مما يزيد معدل الإنتاج بشكل كبير، وهذه الميزة فتحت مجال واسع لاستخدام الترميد بالميكروبيف سواء داخل المختبرات التحليلية أو مختبرات مراقبة الجودة داخل شركات الأغذية. يكون الترميد بالميكروبيف ترميد جاف أو ترميد رطب.

1-3-2- الترميد الرطب بالميكروبيف:

يمكن أن يتم تنفيذ الترميد الرطب بالميكروبيف في نظام مغلق أو مفتوح حسب كمية العينة ودرجات الحرارة التي تتطلبها عملية الترميد. تكون الأوعية المغلقة قادرة على تحمل ضغط أعلى، ويمكن تحليل ما يقارب 40 عينة في مثل هذه الأنظمة، وتستغرق العملية عادة أقل من 30 دقيقة، كما تسمح للكيميائي باستخدام حمض الازوت بدلا من حمض الكبريت والبيركلوريك. يستخدم النظام المفتوح للعينات ذات الحجم الكبير ويمكنها تحليل ما يصل إلى ست عينات، ويتم استخدام أحماض الكبريت والنتريك في أغلب الأحيان في هذا النظام.

2-3-2- الترميد الجاف بالماكروبيف:

يمكن لأفران الماكروبيف أن تحدد كمية الرماد في عينة ما بدقائق قليلة، مما يقلل من وقت التحليل بنسبة تصل إلى 97 % بالمقارنة مع الترميد الجاف التقليدي على سبيل المثال: تجفيف النباتات المختلفة لمدة 40 دقيقة باستخدام الماكروبيف يحتاج 4 ساعات في الفرن التقليدي.

يمكن لبعض أنظمة الترميد الجاف بالميكروبيف معالجة ما يقارب 15 بوتقة في وقت واحد، وعلى الرغم من أن الماكروبيف لا يتسع للعدد نفسه من العينات في الفرن التقليدي، إلا أن السرعة تسمح بتحليل عدد أكبر من العينات بنفس الوقت.

يمكن استخدام أي بوتقة تستخدم في الفرن التقليدي بما في ذلك المصنوعة من البورسلان والبلاطين والكوارتز

2- البوتقة المستخدمة في الترميد:

يعتمد اختيار البوتقة المستخدمة في تحديد الرماد على نوع العينات المطلوب تحديد الرماد فيها

- البوتقات الخزفية غير مكلفة نسبياً وعادة ما تكون الأكثر استخداماً.
- البوتقات الفولاذية مقاومة لكل من الأحماض والقلويات وهي غير مكلفة، ولكنها تتكون من الكروم والنيكل، وهما مصدران محتملان للتلوث.
- البوتقات البلاستينية خاملة للغاية وربما تكون أفضل البوتقات، لكنها عالية الثمن حالياً للاستخدام الروتيني
- البوتقات الكوارتز مقاومة للأحماض والهالوجين ولكن ليس للمواد القلوية في درجات حرارة عالية.
- تستخدم لأعداد كبيرة من العينات البوتقات الكوارتز وهي تتميز بأنها غير قابلة للكسر، ويمكن أن تحمل درجات حرارة تصل إلى 1000 درجة مئوية، مسامية مما يسمح للهواء بإحاطة العينة وسرعة الاحتراق. يبرد الكوارتز أيضاً في ثوانٍ مما يقلل فعلياً من خطر الحروق.

3- محتوى الرماد في بعض الأغذية:

- يمكن التعبير عن محتوى الرماد في الأطعمة إما بالوزن الرطب كما هو أو على أساس الوزن الجاف تظهر نسب الرماد في الجدول التالي:
- نسبة الرماد لمعظم الأطعمة من النادر أن تتجاوز 5%
- تحتوي الزيوت والدهون حتى 4.1% من الرماد
- تحتوي منتجات الألبان من 0.5 إلى 5.1%
- تحتوي الفواكه وعصير الفواكه والبطيخ على 0.2 إلى 0.6% من الرماد بينما تحتوي الفواكه المجففة على نسبة أعلى من 2.4 إلى 3.5%
- النشاء النقي يحوي 0.3%، وجنين القمح يحتوي 4.3% من الرماد، ومن المتوقع أنّ الحبوب ومنتجات الحبوب مع النخالة تميل لأن تكون أعلى محتوى من الرماد مقارنة مع هذه المنتجات بدون نخالة
- يحتوي الجوز والمكسرات على 0.3 إلى 3.4% من الرماد
- تحتوي اللحوم والدواجن والمأكولات البحرية على 0.7 إلى 1.3% من الرماد.

<i>Food Item</i>	<i>Percent Ash (Wet Weight Basis)</i>
Cereals, bread, and pasta	
Rice, brown, long-grain, raw	1.5
Corn meal, whole-grain, yellow	1.1
Hominy, canned, white	0.9
White rice, long-grain, regular, raw, enriched	0.6
Wheat flour, whole-grain	1.6
Macaroni, dry, enriched	0.9
Rye bread	2.5
Dairy products	
Milk, reduced fat, fluid, 2%	0.7
Evaporated milk, canned, with added vitamin A	1.6
Butter, with salt	2.1
Cream, fluid, half-and-half	0.7
Margarine, hard, regular, soybean	2.0
Yogurt, plain, low fat	1.1
Fruits and vegetables	
Apples, raw, with skin	0.2
Bananas, raw	0.8
Cherries, sweet, raw	0.5
Raisins	1.9
Potatoes, raw, skin	1.6
Tomatoes, red, ripe, raw	0.5
Meat, poultry, and fish	
Eggs, whole, raw, fresh	0.9
Fish fillet, battered or breaded, and fried	2.5
Pork, fresh, leg (ham), whole, raw	0.9
Hamburger, regular, single patty, plain	1.9
Chicken, broilers or fryers, breast meat only, raw	1.0
Beef, chuck, arm pot roast, raw	1.1

ثالثاً- الطرق التقليدية في تحليل المعادن

1- تحليل المعادن:

إن الهدف من تحليل المعادن هو تحديد نوعية المعادن وكميتها. يتضمن فصل المعدن إجراءات غير نوعية مثل الترميد أو الاستخلاص الحمضي يلي ذلك اتباع إجراءات نوعية مثل المعايرات اللونية، الأقطاب النوعية، الامتصاص الذري وغيرها.

يندرج ضمن تحليل المعادن بالطرق التقليدية ما يلي:

- معايرات تشكيل المعقدات

- معايير الترسيب

- المعايير اللونية

- الأقطاب النوعية

وقبل استخدام الطرق التقليدية لابد من القيام بعملية تحضير للعينة

2- تحضير العينة أثناء تحليل المعادن بالطرق التقليدية:

تتطلب الطرق التقليدية في تحليل المعادن بعض التحضير للعينة عموماً للحصول على عينة ممزجة جيداً وممثلة للأصل ولتحضيرها للإجراءات اللاحقة:

1) . يجب الانتباه من تلوث العينة أثناء التحضير: إن السحق (الطحن) والتقطيع والمزج باستخدام أدوات معدنية يمكن أن يضيف معادن بشكل ظاهر للعينة لذلك يجب أداء هذه العمليات باستخدام أدوات غير معدنية أو أدوات غير مكونة من معادن العينة نفسها. على سبيل المثال استخدام طاحونة المنيوم لتنعيم عينات اللحم التي ستخضع لتحليل الحديد فيها

2) تركيب نظام مائي عالي النقاوة في المخبر

3) يجب خلو الكواشف والمحلات من الشوائب المعدنية

4) العمل بوجود البلانك في حال عدم توفر الكواشف والمحلات النقية

5) الطرق التقليدية تتطلب عزل المعدن أو تحريره من المطرق matrix بطريقة ما (مثل: الترميد)

3- الطرائق التقليدية المتبعة في تحليل المعادن:

3-1- المعايرة بتشكيل المعقدات باستخدام EDTA:

المبدأ:

يشكل EDTA (Ethylene Diamine Tetra Acetate) معقدات مستقرة 1:1 مع العديد من أيونات المعادن بالتالي لهذا النوع من المعايير تطبيقات واسعة في تحليل المعادن. تتأثر هذه الطريقة ب pH فعندما تنخفض pH توضع البروتونات على المواقع الممخلة في EDTA بالتالي ينخفض التركيز الفعال منه لذلك عند تحديد قساوة الماء يجب أن تكون درجة ال

pH=10 ± 0.1

تحدد نقطة نهاية المعايرة باستخدام المشعرات اللونية مثل الكالماجيت Calmagite وأسود الإيروكروم حيث يتغير لونها من الأزرق إلى الزهري عند نهاية المعايرة

تطبيقات معايير تشكيل المعقدات:

التطبيق الأهم هو تحديد قساوة المياه يتم تحديد قساوة المياه باستخدام EDTA التي تعير المغنيزيوم والكالسيوم الكلي بوجود مشعر Calmagite. ويعبر عنها بالمكافئ من كربونات الكالسيوم بـ mg/l

تحديد الكالسيوم في رماد الفواكه والخضار والأغذية الأخرى التي تحتوي على Ca بدون كميات ملموسة من المغنيزيوم والفوسفور.

2-3- معاير الترسيب:

المبدأ: عندما ينتج عن تفاعل معايرة ما راسب واحد على الأقل يشار لهذا التفاعل بأنه معايرة بالترسيب. هناك طريقتين من معاير الترسيب مستخدمة بشكل واسع في الصناعة الغذائية وهما:

– طريقة مور Mohr method، طريقة فولهارد Volhard method لتحديد الكلور

تطبيقات معايير الترسيب:

يمكن تطبيقها في أي غذاء يحوي نسبة عالية من الكلوريدات بسبب ملح كلور الصوديوم المضاف إليها وخاصة في الأجبان واللحوم المعالجة إليها، بالتالي يمكن تحديد الكلوريد ثم تحسب كمية الملح المضاف.

كما يمكن أتمته هذه الطريقة بسهولة فعلى سبيل المثال يتم حالياً استخدام نظام المعايرة الآلية للقياس السريع للمحتوى الملحي في رقائق البطاطا بإجراء معايرة مور

3-3- الطرق اللونية

المبدأ:

الكروموجينات أو مولدات اللون: هي مركبات تعطي عند تفاعلها مع المركب الهدف مركباً ملوناً عند منحل تقاس امتصاصيته عند طول موجة محدد ويتم تحديد تركيز المعدن في العينة من خلال منحنى عياري والمعادلة الخطية. تتفاعل بانتقائية مع عدد كبير من المعادن.

من التطبيقات نذكر: تحديد كمية الحديد في اللحوم حيث يتم القياس عند طول موجة 562 nm ونحصل على تركيز الحديد في العينة عبر منحنى المعايرة والمعادلة الخطية

3-4- الأقطاب الانتقائية لأيون (ISEs) Ion-Selective Electrodes:

المبدأ:

الأقطاب الانتقائية الأيونية (ISEs): هي مستشعرات أيونية كهروكيميائية تحول نشاط الأيون المستهدف إلى جهد كهربائي كإشارة قابلة للقياس.

تم تطوير العديد من الأقطاب الكهروكيميائية الانتقائية لقياس الكاتيونات والأنيونات المختلفة مثل أقطاب البروميد، الكالسيوم، الكلوريد، الفلورايد، البوتاسيوم، الصوديوم وغيرها. ويشكل قطب الـ pH مثلاً للأقطاب الانتقائية للبروتون

تطبيقات الطريقة:

- الملح والنترات في اللحوم المعالجة
- المحتوى الملحي في الجبنة والزبدة
- الصوديوم في الثلجات منخفضة الصوديوم

- مستويات الصوديوم والبوتاسيوم في النبيذ

- النترات في الخضار المعلبة